

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIDAD DE POST GRADO
MAESTRIA EN RECURSOS ACUATICOS**



**EFFECTO DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL SOBRE EL
CRECIMIENTO DE LA SARDINA, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842)**



TESIS

**Para optar el Grado Académico de Magister
en Recursos Acuáticos**

Mención: Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros

Bach. GLADYS SARA CARDENAS QUINTANA

Lima - Perú

———— 2001 ————

A la memoria de mi Papá Isaías, quién fue mi guía en el camino de la superación, siempre perdura en mi corazón

A mi Mamá Sara, por su amor y permanente preocupación en mi formación y superación personal

A la memoria de mi hijo José Antonio, quién perdura en mi corazón y desde lo alto, ha intercedido ante el Creador, al darme la fuerza necesaria para culminar esta Tesis.

A mi esposo José e hijos Fernando y Oscar, por su amor y comprensión

AGRADECIMIENTOS

- A la Doctora Beatriz Morales-Nin, especialista en estudios de edad y crecimiento en peces, del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados de España, mis sinceros agradecimientos por la revisión crítica y sugerencias para mejorar la tesis.
- A la Dra. Noemí Ochoa López, por el asesoramiento y apoyo constante en el desarrollo del presente trabajo.
- A los Biólogos Andrés Chipollini Montenegro y Renato Guevara Carrasco, por sus comentarios críticos y sugerencias durante la etapa de análisis de datos y discusión de los resultados.
- Al Tecnólogo Pesquero José Pellón Farfán, por su valioso y permanente apoyo en el procesamiento y análisis estadísticos de los datos.
- Al Técnico Erasmo Diaz Aguilar mi especial agradecimiento por la preparación y montaje de otolitos de sardina para la lectura de los incrementos de crecimiento.
- A la Sra. Zaida Apari y Srta. Gisella Sarmiento por el apoyo secretarial y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo.
- Deseo expresar mi especial agradecimiento al Instituto del Mar del Perú, por haberme permitido hacer uso de la información biológico-pesquera y las muestras necesarias para la elaboración de esta tesis. Asimismo, al personal de los Laboratorios Costeros de Paita, Chimbote, Huacho, Callao y Pisco por la obtención de datos biológicos básicos provenientes de los muestreos biométricos y biológicos.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCION	5
1.1. Antecedentes	6
1.2. Importancia	10
II. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo General	
2.2. Objetivos Específicos	
III. MATERIAL Y METODOS	14
IV. RESULTADOS	18
4.1. Patrón de formación de incrementos de crecimiento	18
4.2. Estructuras por edades de las capturas	21
4.3. Relación edad – longitud	22
4.4. Relación edad – peso	23
4.5. Comparación de curvas de crecimiento	24
4.6. Estimación de parámetros de crecimiento	25
V. DISCUSION	27
VI. CONCLUSIONES	33
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35
VIII. TABLAS	
IX. FIGURAS	

RESUMEN

En el ecosistema marino peruano, los peces pelágicos pequeños como la anchoveta, *Engraulis ringens* y sardina, *Sardinops sagax sagax* constituyen los principales recursos pesqueros bajo explotación, por sus altos niveles de abundancia y capturas.

La importancia socio-económica que representa para el Perú la pesquería de sardina, hace necesario mantener una vigilancia permanente sobre la situación de su stock y sobre todo los efectos que generan las condiciones ambientales anómalas y la actividad pesquera.

El objetivo principal es analizar el efecto de los cambios ambientales sobre el crecimiento de la sardina, a fin de considerar el impacto de estas variaciones en la evaluación de sus stocks; para este fin se realizó el análisis del crecimiento de la sardina proveniente del stock norte-centro (03° - 16° S), en la serie histórica desde 1978 a 1998, en base a la lectura e interpretación de incrementos de crecimiento en otolitos, teniéndose en cuenta que en ese lapso de tiempo ocurrieron cambios drásticos en las condiciones ambientales propias de los eventos El Niño 1982-83, La Niña 1996 y El Niño 1997-98.

Los análisis de los incrementos de crecimiento de sardinas de 4 años de edad, es decir con 4 incrementos o marcas, en relación con el radio total del otolito, han permitido demostrar que los cambios ambientales drásticos ocurridos durante los períodos El Niño y La Niña, no han modificado el patrón de formación de estos incrementos (r_1 , r_2 y r_3); el Test de Student-Newman-Keuls demostró que no existen diferencias significativas en el patrón de formación de los incrementos.

Es importante señalar que no se formaron anillos supernumerarios (anillos falsos) que pudieran inducir a una sobre estimación de la edad, pero si se observó un gran número de otolitos translúcidos durante los eventos El Niño, de gran intensidad, 1982-83 y 1997-98, debido al desgaste energético por cambios en el comportamiento, falta de alimento y el esfuerzo por migrar a zonas distantes en busca de mejores condiciones ambientales para su sobrevivencia.

La composición por edades de la sardina en la serie histórica, muestra una estructura constituida principalmente por ejemplares adultos, siendo éstos más abundantes en el período comprendido entre 1985 y 1990. Los reclutamientos más importantes a la pesquería, en orden de magnitud fueron observados en 1984, 1988, 1998 y 1995; mientras que los individuos longevos fueron disminuyendo marcadamente desde fines de la década de los 80', haciéndose esto más evidente en la actualidad.

No existen variaciones significativas en el crecimiento en longitud de esta especie a diferencia del crecimiento en peso que sufrió cambios importantes, es decir una disminución marcada en los pesos medios a la edad a partir del cuarto año de vida, durante los períodos El Niño de 1982-83 y 1997-98, siendo el impacto de éste último Niño menor al del evento 1982-83, no obstante la similitud en la intensidad de ambos eventos, lo que debe considerarse en la estimación de sus biomásas. Los índices de rendimiento del crecimiento en peso presentan las mayores variaciones en relación con los índices de rendimiento en longitud, lo cual confirma los resultados de las relaciones edad – peso y edad – longitud. Los mejores rendimientos del crecimiento en peso corresponden a la década de los 80', período donde las condiciones ambientales fueron ligeramente más cálidas y la población de anchoveta estaba deprimida, situación que favoreció a la sardina, excepto durante el evento El Niño 1982 – 83.

Los índices de rendimiento del crecimiento en longitud muestran cierta tendencia similar a las variaciones de la temperatura superficial del mar (TSM), es decir que los valores más altos de este índice corresponden a un incremento de la TSM.

Los valores de las constantes de crecimiento (K) de la serie histórica siguen la tendencia de la TSM, es decir son mayores cuando la TSM se eleva; mientras que las longitudes asintóticas (L_{∞}) guardan una relación inversa con la TSM y más bien alcanzan los valores más altos en la década de los 80', en comparación con la década de los 90'.

Los valores de los parámetros de crecimiento que mejor representan el crecimiento de la sardina son: $K = 0,22$ y $L_{\infty} = 38,71$.

ABSTRACT

In the Peruvian Marine Ecosystem, small pelagic fish as anchovy, *Engraulis ringens* and sardine, *Sardinops sagax sagax* are the main fishing resources under exploitation, due to their high levels of abundance and catches.

Sardine Fishery represents a very important socio-economical issue in Perú; it makes necessary a permanent watch on its stocks situation, specially in the effects of abnormal environmental conditions and fishery activity.

The main purpose of this research, is to analyze the effect of the environmental changes on the growth of sardine, relating the impact of this variations in its stock assessment. An analysis of the growth of the Northern – Central stock of sardine (03°-16° S) has been performed, from 1978 to 1998, based in growth increments readings in otoliths. In this period, strong changes had occurred in the environmental conditions as El Niño 1982-83, La Niña 1996 and El Niño 1997-98.

Growth increments of sardines of 4 years old, it means with 4 rings, related to the total radius of the otolith, demonstrate that strong environmental changes occurred during El Niño, La Niña, have not modified growth increment pattern (r_1, r_2 y r_3); the Student- Newman- Keuls Test has demonstrated that there is no significant differences. It is also important to notice that there was no supernumerary rings (false rings) that could lead to an overestimation of age, but most of the otoliths sampled during El Niño 1982-83 and 1997-98, were transparent, because of the spent of energy to change their behavior, lack of food and the effort to migrate to far areas looking for better conditions.

Sardine age composition in the series, shows a structure composed mainly by adults during 1985 – 1990. The most important recruitments to the fishery were observed in 1984, 1988, 1998 y 1995; while the older individuals were disappearing since the end of the 80's.

There was no significant variation in growth of length, but there was significant differences in the weigh of sardine, it means a remarked decrease in the mean weigh from the fourth year of age, during El Niño 1982-83 y 1997-98, been the impact of the last one less than 1982-83, despite of the similar intensity of both events, this is to be taken in account in the biomass estimation.

Yield in weighth growth index present larger variations related to yield in length index, this confirm the results of age – weight and age – length results. The best yield in weight growth corresponds to the 80's, period when the environmental conditions were slightly warmer and the anchovy population was too small, This situation was in favor of sardine, except in El Niño 1982-83.

Yield in length growth index shows similar trends to sea surface temperature, the higher yield in length growth correspond to an increment of sea surface temperature (SST). The growth constant (K) values in the series, follow the trend of sea surface temperature, they are higher when SST increase; while L_{∞} has an inverse relationship with SST and reach the higher values in the 80's compared to the 90's.

The growth parameters values which represent best the growth of sardine are: $K= 0,22$ and $L_{\infty}= 38,71$ cm.

I. INTRODUCCION

Los peces pelágicos pequeños como la anchoveta y la sardina pertenecen a un grupo dominante de capturas a nivel mundial, representan casi un 30% de la captura total de peces.

La pesquería industrial peruana estuvo dominada por la anchoveta, (*Engraulis ringens*) hasta 1970, pero luego, con la disminución de este recurso, cobró gran importancia y se incrementaron significativamente la población y las capturas de sardina (*Sardinops sagax sagax*) en todo el litoral.

El incremento de los desembarques de sardina en el Perú se inicia a partir de 1973 (ZUZUNAGA, 1985) y coincidió con la expansión del área de distribución y de la abundancia de este recurso en el Perú, Ecuador y Chile.

Los desembarques de sardina tuvieron un rápido y progresivo incremento hasta alcanzar la cifra récord de 3,5 millones de toneladas en 1988. A partir de 1990, las capturas comenzaron a disminuir hasta llegar a niveles del orden de un millón de toneladas anuales en los últimos años. El incremento marcado de las capturas y su posterior disminución a partir de 1990 parecen estar estrechamente relacionados a los cambios y fluctuaciones en la abundancia de este recurso (Fig. 1).

Hasta 1990; el 96% de las capturas de sardina eran destinadas a la producción de harina y aceite de pescado y sólo el 4% era destinado a la industria conservera.

Durante los últimos años, con la disminución de la población de sardina, se ha privilegiado la captura de esta especie para la producción de conservas. Así en 1995 se registró un desembarque de sardina de 1,3

millones de toneladas, de los cuales 204 000 toneladas fueron destinadas a la producción de conservas, una fracción mínima se destinó a carnada para la pesca de atunes y el resto a la producción de harina y aceite de pescado.

En 1999 las capturas de este recurso disminuyeron notoriamente (326 000 toneladas), debido a su menor disponibilidad por encontrarse en zonas alejadas de la costa por las condiciones ambientales frías imperantes en ese año, que favorecieron mas bien a la recuperación de la anchoveta (Instituto del Mar del Perú, 1999).

Dada la gran importancia de la sardina desde el punto de vista socio-económico para el país, se hace necesario conocer el impacto de las condiciones ambientales sobre los principales parámetros poblacionales, entre los que destaca el crecimiento, que sirva de base para el asesoramiento científico y adecuado manejo de la pesquería de este recurso, a partir de modelos de dinámica de poblaciones.

1.1 Antecedentes

La sardina, ***Sardinops sagax sagax* (Jenyns,1842)** se distribuye en el Pacífico Sur-oriental, desde Manta (Ecuador) hasta el norte de Chile. Longitudinalmente alcanza las 200 millas náuticas de distancia a la costa e incluso sobrepasa esta distancia en condiciones anómalas frías según referencias de flota internacional que opera frente a las costas de Perú y Chile (**Anuario Estadístico de Pesca de la FAO**). La sardina puede vivir en un rango de temperaturas superficiales del mar comprendido entre 14° y 25°C y salinidades entre 34,8 y 35,6 UPS, rangos que son más amplios que los requeridos por la anchoveta.

Estudios realizados por **DE BUEN (1960)** en base a relaciones merísticas y morfométricas considera la existencia de dos unidades poblacionales de sardina, una que se extiende desde el sur del Ecuador y el norte – centro de Perú y otra que abarca desde el sur de Perú y el norte de Chile. Estos estudios han sido corroborados con investigaciones sobre marcaciones y parásitos, llevados a cabo por el Instituto del mar del Perú y el Instituto Nacional de Pesca del Ecuador. La primera unidad poblacional es el motivo de esta tesis, por corresponder al Perú la mayor parte de esta unidad, por consiguiente las mayores capturas, biomasas, etc.

AGUAYO et al. 1985, reportaron que los peces pelágicos propios de las zonas de afloramiento costero se vieron más afectados por las condiciones drásticas del ambiente, disminuyendo su condición y actividad reproductiva, parámetros relacionados con la formación de anillos hialinos y opacos en otolitos.

AGUAYO et al. 1987, realizaron estudios de edad y crecimiento de la sardina chilena y estimaron parámetros de crecimiento por dos métodos: Ford - Walford y el no lineal, reconociendo a este último como el que más se ajusta. Los valores de estos parámetros son: $L_{\infty} = 40,26$ cm, $K = 0,20$ y $t_0 = -0,934$.

ALVARADO y URAGA 1996, mediante lectura de otolitos de sardina (*Sardinops caeruleus*) de la Isla Cedros de Baja California, México, durante los años 1985 y 1986, encontraron que el 87 % de los otolitos fueron legibles, observando que el crecimiento de la sardina durante el primer año de vida es muy acelerado.

CARDENAS 1987, determinó la edad y crecimiento de la sardina (*Sardinops sagax sagax*) en la región central del Perú

durante 1980, estimando parámetros de crecimiento por conteo de anillos de crecimiento: $L_{\infty} = 39,8$ cm, $K = 0,22$ y $t_0 = 0,841$ y por retrocálculo: $L_{\infty} = 37,49$ cm, $K = 0,25$ y $t_0 = 0,71$.

CARDENAS y CHIPOLLINI 1988, estimaron el crecimiento y la estructura de la población por edades de sardina (*Sardinops sagax sagax*) de los puertos de Callao y Pisco entre 1981 y 1985 en base al conteo de anillos, encontrando valores promedios de $K = 0,22$, $L_{\infty} = 37,82$ cm y $W_{\infty} = 526,5$. Asimismo, reportaron que los desembarques de sardina en la región central estuvieron constituidos por individuos de 1 y 2 años de edad, con longitudes promedios de 12 y 18 cm, excepto durante 1983 donde el mayor porcentaje correspondió a ejemplares adultos mayores de 4 años.

CARDENAS 1989, mediante lectura de anillos de crecimiento en otolitos de sardina de la región norte del Perú en los años comprendidos 1981 a 1986, estableció las relaciones edad-longitud y edad-peso; reportando además que los peces de 4 y 5 años son los más numerosos con longitudes medias alrededor de 26 y 28 cm.

CASTILLO et al. 1985, determinaron la tasa de crecimiento de Sardina (*Sardinops sagax sagax*) mediante el análisis de incrementos diarios en otolitos sagitta de larvas recolectadas en el área de Talcahuano. El radio de los otolitos se relacionó alométricamente con la talla y con la edad, creciendo 0,4 mm/día.

CSIRKE et al. 1996, dan a conocer la situación poblacional de los recursos anchoveta y sardina a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú.

DAWSON 1986, mediante la interpretación de anillos de crecimiento en otolitos de sardina (*Sardinops sagax*) del Ecuador, estimó los parámetros de crecimiento: $L_{\infty} = 31,3$, $K = 0,48$ y $t_0 = -0,44$.

GARLAND 1988, mediante análisis de microincrementos en otolitos sagitta de sardina chilena realizó el ajuste de los parámetros de crecimiento: $L_{\infty} = 33,25$ cm, $K = 0,60$ y $t_0 = 0,1084$.

LLUCH BELDA et al. 1992, plantearon la existencia de alternancia en los niveles de biomasa de anchovetas y sardinas en cuatro regiones del mundo, a los que denominó "cambios de régimen", es decir que cuando las biomásas de anchoveta se encuentran en fase ascendente, las biomásas de sardina están en fase descendente.

PATTERSON et al. 1992, estimaron el nivel de abundancia de la sardina sudamericana (*Sardinops sagax*) en el ecosistema de afloramiento en la parte norte de Perú y sur del Ecuador después del colapso de la anchoveta.

RODRÍGUEZ Y URAGA 1986, mediante la lectura e interpretación de marcas periódicas en otolitos de *Sardinops caeruleus*, identificaron posibles relaciones del crecimiento con la reproducción.

SAMAME 1977, al relacionar la edad con las tallas de capturas para los años 1973 y 1974, determinó la predominancia del grupo de edad 4 años en 1973, al año siguiente se experimentaron cambios en la estructura poblacional presentándose una

predominancia del grupo de edad 2 conjuntamente con el de 3 años de edad.

SERRA y TSUKAYAMA 1988, dan referencia sobre la identidad, distribución, ciclo vital, estructura y dinámica de poblaciones, así como sobre la explotación y medidas para la protección de la sardina (*Sardinops sagax sagax*).

1.2 Importancia

Los recursos pesqueros experimentan variaciones en casi todas las escalas cronológicas. Además de la variabilidad biológica influyen notablemente la variabilidad física o ambiental por un lado y la variabilidad del sector extractivo por otro.

La actividad pesquera se lleva a cabo sobre un recurso autorenovable y para mantener un nivel poblacional adecuado, es necesario buscar un punto óptimo de explotación que permita obtener, a largo plazo, el rendimiento máximo en peso de una pesquería.

El punto óptimo de explotación depende no solo del valor de la tasa de explotación, sino también de sus características: composición por edades de las capturas etc. Para determinarlo es necesario conocer los principios que rigen la dinámica del stock, que van a determinar el comportamiento de éste, frente a la explotación y su mecanismo de generación de biomasa.

La dinámica de una población de peces en explotación, descrita mediante un modelo matemático fue propuesto por Russell

(1931). Este modelo resume el concepto general de la dinámica de poblaciones de peces en una sencilla ecuación, de la forma:

$$S2 = S1 - (C + M) + (G + R)$$

donde S1 y S2 son los valores de biomasa del stock al principio y al final de un período de tiempo determinado; C representa la cantidad de peces muertos por la pesca en ese mismo período de tiempo; M representa la cantidad de peces muertos por causas naturales; G representa el crecimiento en peso de los miembros de la población que han sobrevivido a las dos causas de mortalidad y R representa la cantidad de reclutas o de nuevos individuos que han ingresado a formar parte de la población en ese mismo tiempo.

De acuerdo a este modelo, la población se mantiene en equilibrio en tanto el incremento natural de la población (G + R) se mantenga igual al decremento (C + M) producido por la pesca y por las muertes naturales, de otra forma la población tenderá a aumentar o a disminuir según sean mayores los incrementos o los decrementos.

Es por lo tanto el crecimiento uno de los parámetros poblacionales fundamentales que influye positivamente en la producción del excedente de una población de peces.

Frente a condiciones anómalas provocadas por fenómenos tipo "EL NIÑO" (condiciones cálidas) o "LA NIÑA" (condiciones frías), se pretende conocer el impacto de estas anomalías sobre el crecimiento en longitud y peso de la sardina, cambios que juegan un rol importante en la estimación del nivel de abundancia de su población.

Entonces para evaluar los cambios que se producen en el nivel poblacional de la sardina, ya sea por causas naturales o por efectos de la pesca es importante conocer diferentes parámetros poblacionales entre los que destacan el crecimiento, mortalidad, edad de reclutamiento, etc; parámetros imprescindibles para el asesoramiento científico y adecuado manejo de la pesquería de este recurso en base a la aplicación de modelos de dinámica de poblacionales.

La edad y crecimiento se determinan mediante la lectura e interpretación de incrementos de crecimiento en estructuras óseas como son los otolitos. Por lo tanto se hace necesario conocer como éstos cambian frente a la variabilidad ambiental.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Analizar el efecto de las condiciones ambientales anómalas sobre el crecimiento de la sardina, a fin de considerar el impacto de estas variaciones en la evaluación de sus stocks.

2.2. Objetivos Específicos

- Conocer la existencia o no de cambios en el patrón de formación de los incrementos de crecimiento frente a cambios drásticos de las condiciones ambientales.
- Conocer las estructuras por edades de las capturas de sardina en la serie histórica: 1978 -1998.
- Analizar las posibles variaciones en las relaciones longitud - edad y peso - edad de la sardina en años tipificados como anómalos: fenómeno "EL NIÑO" o "LA NIÑA".
- Comparar las curvas de crecimiento mediante el índice de rendimiento del crecimiento en longitud y en peso.
- Estimar parámetros de crecimiento a partir del seguimiento de cohortes y pseudocohortes (Grupos de edad pertenecientes a diferentes años de nacimiento).

III. MATERIAL Y METODOS

El material analizado en el presente trabajo proviene de los muestreos biométricos (diarios) y biológicos (semanalmente), llevados a cabo por el personal del Instituto del Mar del Perú en sus Laboratorios Costeros de Paita, Chimbote, Huacho, Callao y Pisco, que conforman el Stock Norte-Centro de esta especie, durante los años comprendidos entre 1978 y 1998.

Los muestreos de peces se realizaron en Plantas de harina y aceite de pescado, en muelles pesqueros, a bordo de embarcaciones pesqueras (bolicheras) y buques de investigación. En estos lugares se tomaron muestras de peces al azar y se determinó la composición por especies de las capturas; una vez identificada la sardina, se procedió a realizar el muestreo biométrico o de mediciones de peces al azar, seguidamente se efectuó el muestreo biológico estratificado comprendiendo 10 ejemplares por rango de talla, a los cuales se les consideró la longitud, peso, sexo, grado de madurez sexual, peso de gónadas y colecciones de estómagos para estudios de alimentación y estructuras óseas como otolitos para estudios de edad y crecimiento.

Se analizaron 10 000 pares de otolitos de sardina proveniente del stock norte-centro, correspondiente a la serie histórica comprendida entre los años 1978 y 1998. Asimismo se procesó información sobre la composición de longitudes de las capturas procedentes de la pesquería industrial y de consumo humano directo, para la región norte-centro de Perú (03°-16° S) para el período antes mencionado.

El rango de tamaños de los ejemplares estudiados fluctuó entre 5 y 39 cm de longitud total, tanto en los muestreos biológicos como en los individuos de la pesca.

Los otolitos enteros fueron limpiados y luego montados sobre placas de acrílico de color negro y cubiertos por una resina poliéster transparente, que una vez endurecida permite la conservación y lectura adecuada.

Para la lectura, medición e interpretación de los incrementos de crecimiento en otolitos se utilizó un microscopio estereoscópico, a 20 aumentos y con una fuente de iluminación externa (lámpara), de acuerdo a la metodología empleada por CARDENAS (1987).

Los análisis de la edad y crecimiento de la sardina se sustentan en los trabajos previos de validación relacionados con la evolución de la naturaleza del borde del otolito y microincrementos realizados por CARDENAS (1987) y análisis de frecuencias de tallas, realizados por CARDENAS y MENDO (1985).

Asimismo, para conocer las alteraciones en el patrón de formación de los incrementos de crecimiento, se efectuaron mediciones de las marcas en los otolitos de la sardina de los años: 1981, 1982, 1983, 1994, 1996, 1997 y 1998.

La proporción de diferentes grupos de edad presentes en una captura o en una población se denomina estructura por edades y se obtuvo a partir de claves talla – edad trimestrales e información sobre composición por tamaños de las capturas . De esta estructura y para cada grupo de edad se estimó la longitud media a la edad, así como también la desviación estándar y la varianza.

Los datos de longitud –edad se ajustaron al modelo de crecimiento clásico de von Bertalanffy. La utilización del software FISAT (FAO - ICLARM Stock Assessment Tools), permitió analizar el crecimiento y de esta forma estimar los parámetros de crecimiento.

Mediante los índices de rendimiento del crecimiento (\emptyset) se compararon las curvas de crecimiento en longitud y en peso. Para el cálculo de éstos índices se han utilizado las ecuaciones desarrolladas por MUNRO Y PAULY (1983) y PAULY y MUNRO (1984):

$$\emptyset L = \log K + 2 \log L_{\infty}$$

$$\emptyset W = \log k + 2/3 \log W_{\infty}$$

Donde:

- $\emptyset L$: Índice de rendimiento del crecimiento en longitud
- $\emptyset W$: Índice de rendimiento del crecimiento en peso
- K : Constante de crecimiento
- L_{∞} : Longitud Asintótica
- W_{∞} : Peso infinito

A fin de conocer si existen o no diferencias significativas en el patrón de formación de la primera marca o radio de crecimiento (r_1), se aplicó el Test de Student – Newman - Keuls para muestras de diferentes tamaños, que permitirá hacer comparaciones múltiples entre las medias de r_1 de las cohortes 1979, 1980, 1981, 1989, 1990, 1991 y 1992. Para esta prueba estadística se consideraron los tamaños de muestras de los r_1 de cada cohorte con su respectivas varianzas; también se confeccionó una tabla de doble entrada de diferencias entre medias, las cuales fueron ordenadas de menor a mayor. También se calcularon los mínimos rangos significativos (LSR) mediante la siguiente fórmula:

$$LSR = Q_{\alpha(k, v)} \sqrt{MS_{dentro}} \sqrt{(n_1 + n_2) / 2(n_1 * n_2)}$$

Donde:

$Q_{\alpha(k, v)}$ = Valor crítico en la tabla U para un rango de muestras Studentizado.

$\sqrt{MS_{dentro}}$ = Varianza promedio ponderada = $(\sum (n_i - 1) S_i^2) / \sum (n_i - 1)$

α = Porcentaje de significancia, para este caso se considerará el 0,05

k = Rango superior de datos

v = Grado de libertad de la desviación típica

$\sqrt{(n_1 + n_2) / 2(n_1 * n_2)}$ = Ponderación según tamaño de muestra.

Con los valores calculados de LSR se confeccionó otra tabla, que permitió la comparación con las diferencias de medias y así determinar el nivel de significancia al 0,05%.

Para el procesamiento de la información se utilizó un Computador PENTIUM 133 MHz de 32 MB de memoria RAM.

IV. RESULTADOS

4.1 Patrón de formación de incrementos de crecimiento

El conjunto de puntos que representa a cada incremento de crecimiento, determina líneas de regresión, entre el radio total del otolito (R) y las marcas o incrementos de crecimiento (r_n) correspondientes a ejemplares con 4 incrementos de crecimiento para los años: 1994 (condiciones ambientales normales), 1996 (La Niña), 1997 y 1998 (Años Niños); cuya pendiente expresa la proporcionalidad que existe entre la medida de las marcas (o radios) de cada incremento y el radio total del otolito (R), es decir se aprecia un patrón de formación de incrementos de crecimiento (r_n) proporcional al radio total del otolito (R) con una disminución constante de marca a marca conforme las sardinas se van haciendo más longevas, indicando que para todos los otolitos analizados y para cualquier grupo de edad hay una similitud del tamaño de marca (Fig. 2a y 2b).

De otro lado, del análisis de la primera marca de crecimiento (r_1) de las cohortes de 1979, 1980 y 1981 (peces nacidos en esos años) en relación con las temperaturas superficiales del mar (TSM) y el factor de condición, se deduce que no existen cambios marcados en la formación de la primera marca o incremento de crecimiento (r_1) de las diferentes cohortes analizadas, es decir cuando las sardinas cumplieron 1 año de edad en los años de 1980, 1981 y 1982; en este último año, donde se presentaron alteraciones de las condiciones ambientales, tampoco se observó cambio en la formación de la primera marca de crecimiento. Los valores del factor de condición se mantuvieron constantes (alrededor de 1.00), mientras que los

valores de la temperatura superficial del mar se encontraban entre los 19° y 20°C (Fig.3a).

Para el caso de la formación de la segunda marca de crecimiento (r_2) para las mismas cohortes analizadas y que en los años 1981, 1982 y 1983 cumplieron 2 años de edad, de manera similar al caso anterior no se observaron cambios en el patrón de formación de estas marcas (r_2) frente a los cambios drásticos de las condiciones ambientales durante El Niño extraordinario de 1982-83; a diferencia los valores del factor de condición se encontraron bajos (entre 0.87 y 0.97), debido a cambios en el comportamiento de esta especie al tener que realizar migraciones en busca de mejores condiciones para su supervivencia (Fig.3b). La formación de la tercera marca (r_3) de los peces que cumplieron 3 años de edad en los años 1982 y 1983, en pleno Niño de gran intensidad tampoco ha sufrido modificación frente a las condiciones ambientales drásticas propias del referido evento (Fig. 3c).

También fue necesario conocer lo que sucedió en la década del 90', para ello se analizó la primera marca de crecimiento (r_1) de las cohortes de 1989, 1990, 1991 y 1992 (peces nacidos en esos años), en relación con las temperaturas superficiales del agua de mar (TSM) y el factor de condición, encontrándose también de manera similar a la década anterior que no existen cambios marcados en la formación de la primera marca o incremento de crecimiento (r_1) de las diferentes cohortes, frente a las fluctuaciones de la temperatura superficial, pero si guardan una relación directa con los valores del factor de condición (Fig. 4). Para el caso de la segunda marca (r_2) y tercera marca (r_3) de manera similar a la primera marca, no se evidencian cambios en su formación que sean influenciados por la variación de la TSM y el factor de condición, siendo los valores de

éstos últimos relativamente inferiores (entre 0.93 y 0.99) en los años analizados (Fig. 4b y 4c).

Mediante la aplicación del Test de Student- Newman- Keuls, se demostró que *no existen diferencias significativas en el patrón de formación de la primera marca o incremento de crecimiento (r1) a un nivel de significancia del 0.05%, es decir que los mínimos rangos significativos (LSR) para los r1 calculados, fueron menores a los valores de la Tabla U de Rangos Studentizados; los resultados de este test se presentan en la Tabla 1.*

Del presente análisis se deduce que las condiciones ambientales drásticas propios del fenómeno El Niño y los eventos La Niña, no han modificado el patrón de formación de los incrementos o marcas de crecimiento (r1, r2 y r3) de las sardinas provenientes de las diferentes cohortes analizadas. En las edades mayores debido al crecimiento lento, donde se superponen las marcas de crecimiento esta variación es aún menor.

Es importante también señalar que no se formaron anillos supernumerarios (anillos falsos) que pudieran inducir a una sobreestimación de la edad, pero si se observó que los otolitos de la mayor parte de las sardinas provenientes de períodos anómalos, de gran intensidad, tipo El Niño 1982-83 y 1997-98, presentaron *apariencia translúcida, debido probablemente al desgaste energético de la sardina durante ese lapso de vida, en el que estuvo sometido a condiciones de stress, además de la falta de alimento y el esfuerzo por migrar a zonas distantes en busca de mejores condiciones para su sobrevivencia, habiendo sido más evidente durante el evento El Niño 1982-83.*

4.2 Estructura por Edades de las Capturas

Del análisis de las estructuras por edades en la serie histórica se desprende que, a inicios de la pesquería industrial en 1978, las capturas de sardina, estuvieron conformadas principalmente por ejemplares juveniles de 1, 2 y 3 años de edad (48%); mientras que en 1979 cambió esta estructura, siendo los individuos adultos los más importantes, predominando los individuos de 4 y 5 años de edad (53%).

En la década de los 80', las capturas de esta especie, en la mayoría de años, estuvieron conformadas principalmente por ejemplares adultos de 4 a 8 años de edad, en porcentajes que variaron entre el 37% en 1988 y cerca del 90% en los años 1983, 1986 y 1987, siendo los ejemplares de 4 y 5 años de edad, los más abundantes. Cabe mencionar el importante ingreso de peces reclutas de 1 y 2 años a la pesquería en los años 1984 y 1988 (Fig. 5a).

En el período comprendido entre 1990 y 1998, de manera similar a la década anterior, los ejemplares adultos fueron los que más predominaron; con escasa presencia de ejemplares longevos de 7 y 8 años de edad; lo destacable en este lapso de tiempo fueron los buenos reclutamientos de individuos de 0, 1 y 2 años de edad en 1995 y principalmente durante 1998 (98% de reclutas) en un año tipificado como un Niño de gran intensidad (Fig.5b).

El análisis comparativo del número de individuos en las capturas de sardina, por grupos de edad, considerándose como juveniles a los Grupos de 0, 1, 2 y 3 años; adultos de edad intermedia a los de 4, 5 y 6 años y longevos aquellos mayores de 7 años de

edad; permitió evidenciar el importante ingreso a la pesquería de peces reclutas o juveniles, según orden de magnitud, en los años: 1984, 1988, 1998 y 1995; mientras que los ejemplares con edades intermedias estuvieron bien representados a lo largo de la serie histórica; siendo más abundantes desde 1985 hasta 1990, para posteriormente observarse una disminución de éstos indicándonos el ingreso a una etapa de declinación poblacional y por ende de sus capturas.

En relación con los ejemplares longevos, éstos fueron escasos y fueron disminuyendo marcadamente desde fines de la década de los 80', haciéndose esto más evidente en la actualidad (Fig. 6).

4.3. Relación edad – longitud

Las curvas de crecimiento en longitud de la sardina en los diferentes años analizados indicaron un crecimiento progresivo, siendo éste más acelerado en los tres primeros años de vida, destacando el crecimiento en el primer año de vida, donde alcanza aproximadamente los 12 - 13 cm de longitud total; luego, el ritmo de crecimiento se hace más lento conforme el pez se va haciendo más longevo.

Las curvas de crecimiento en longitud, según pseudocohortes (grupos de edad pertenecientes a diferentes años de nacimiento) en períodos de condiciones ambientales normales (curva patrón) y durante los Niños de gran intensidad como ocurrió en los años 1982-83 y 1997-1998 (Fig. 7), se muestran similares, con cierta variabilidad natural en las edades muy jóvenes y en las edades longevas. Asimismo la comparación de curvas de crecimiento en base a cohortes de los años 1980, 1982, 1983 y 1990, también son parecidas (Fig. 8), lo que nos permite señalar que el crecimiento en

longitud de la sardina no se modifica frente a los cambios en las condiciones ambientales, ni siquiera en los períodos con anomalías drásticas tipo El Niño.

4.4 Relación edad – peso

A diferencia del crecimiento en longitud, la comparación de curvas de crecimiento en peso, según pseudocohortes (pesos medios a la edad pertenecientes a diferentes años de nacimiento), nos muestra cambios importantes, como una disminución marcada en los pesos medios a la edad a partir del 4to. año de vida, en los períodos anómalos tipo Niños de gran intensidad, como el de los años 1982-83 y 1997-98 si se compara con una curva patrón (Fig.9 a).

Las variaciones porcentuales de los pesos medios a la edad de la sardina adulta (con 4 ó más años), en los períodos El Niño de 1982-83 y 1997-98, en comparación con períodos normales indicaron reducciones en los pesos, cuyos valores variaron entre el 3% y el 21%. Los mayores porcentajes de decremento en los pesos a la edad (9% - 21%) se observaron en 1983, mientras que en los años 1982, 1997 y 1998 también se observaron estas reducciones pero en menor porcentaje (4% - 13%), lo cual nos sugiere que las condiciones ambientales anómalas propias de El Niño Extraordinario en 1983 causó un mayor impacto en los pesos medios a la edad que durante El Niño de 1997 –98, reducciones que tienen efecto marcado en la estimación de la biomasa de este recurso en los años anómalos (Fig. 10).

4.5 Comparación de Curvas de Crecimiento

Con la finalidad de comparar las curvas de crecimiento en longitud y en peso de la sardina se empleó el índice de rendimiento del crecimiento (\emptyset), tanto para el caso del análisis por pseudocohortes como por cohortes.

Los valores de los índices de rendimiento del crecimiento en longitud ($\emptyset L$) y en peso ($\emptyset w$) para la serie histórica de 1978 a 1998 y para las cohortes desde 1978 hasta 1990 se presentan en las Tablas 2 y 3.

Los índices de rendimientos del crecimiento en longitud ($\emptyset L$) y en peso ($\emptyset w$) promedios patrón fueron 2,31 y 1,40, respectivamente (Tabla 2).

Para el caso de las cohortes de peces que nacieron desde 1978 hasta 1990, los valores de los índices de rendimiento del crecimiento en longitud variaron entre 2,24 y 2,36; mientras que los índices de rendimiento del crecimiento en peso fluctuaron entre 0,89 y 1,23 (Tabla 3).

Este análisis muestra que los índices de rendimiento del crecimiento en peso presentan las mayores variaciones si se comparan con los de longitud, permitiendo corroborar los resultados de la comparación de curvas de crecimiento en longitud y peso.

El análisis comparativo del índice de rendimiento del crecimiento en longitud ($\emptyset L$) y la temperatura superficial del mar (TSM) indican que los valores de éste índice muestran cierta tendencia similar a los datos de la TSM en casi todo el período

analizado, excepto en el período comprendido entre 1978 y 1982, donde los valores del índice de rendimiento en crecimiento en longitud fueron los más altos y la temperatura superficial del mar fluctuó entre 18° y 20° C y en los años 1997 y 1998 donde estos índices fueron bajos y la TSM varió entre 18° y 23° C; en general se puede decir que existe una relación directa, que cuando sube la TSM se incrementan los valores del índice de rendimiento en crecimiento en longitud de la sardina y que el rango de TSM entre los 18° y 20° C sería el óptimo para alcanzar los mejores rendimientos en crecimiento (Fig. 11a).

Los índices de rendimiento del crecimiento en peso presentaron las mayores fluctuaciones frente a los cambios de la TSM, con los mejores rendimientos en peso en la década de los 80' donde las condiciones ambientales fueron ligeramente más cálidas que favorecieron a esta especie, que en la década de los 90' que fue un período con tendencia al enfriamiento hasta 1996, situación que le favoreció más al recurso anchoveta (Fig. 11b).

4.6 Estimación de Parámetros de Crecimiento

Los valores de los parámetros de crecimiento K , L_{∞} , t_0 y W_{∞} para las pseudocohortes de la serie histórica 1978 – 1998, para el patrón de años normales y para las cohortes desde 1978 a 1990 se presentan en las Tablas 4 y 5.

Los valores promedios de estos parámetros, indican que a inicios de la pesquería de la sardina (1978-79), la constante de crecimiento K fue 0,29, la longitud asintótica (L_{∞}) fue 36,67 y el peso infinito (W_{∞}) de 492 gramos; en la década de los 80', K fue de 0,24; L_{∞} de 36,83 y el W_{∞} de 476 g; mientras que en la década

de los 90' el valor de K fue de 0,27; L_{∞} de 34,72 y el W_{∞} de 398 g. De este análisis se puede deducir que tanto las longitudes asintóticas como los pesos infinitos han ido disminuyendo en el tiempo, de acuerdo con el desarrollo de esta pesquería, desde una fase de crecimiento hasta una fase de plena explotación.

Es pertinente indicar que en algunos años analizados, la falta de representatividad de ejemplares de tallas extremas (mínima y máxima) ocasionaron a una sobreestimación o subestimación del coeficiente de crecimiento (K) y la longitud asintótica (L_{∞}).

De manera similar al análisis del índice de rendimiento del crecimiento, los valores de la constante de crecimiento (K) de la serie histórica analizada, siguen la tendencia de las TSM, es decir se incrementan conforme se elevan las TSM excepto en algunos años, principalmente en el período 1994 –1996 (Fig. 12a). En el caso de la longitud asintótica, sus valores guardan una relación inversa con la TSM, y más bien son mayores durante la década de los 80' con relación a la del 90' (Fig.12b).

Los parámetros de crecimiento k y L_{∞} , estimados por diferentes métodos y autores se presentan en la Tabla 6. Los valores más representativos del crecimiento de la sardina peruana son: $K = 0,22$ y $L_{\infty} = 38,71$ obtenidos en el presente estudio.

V. DISCUSIÓN

Estudios realizados por CÁRDENAS (1987), con la finalidad de validar la edad y crecimiento de la sardina, mediante la evolución de la naturaleza del borde del otolito, permitió conocer la periodicidad en la formación de los incrementos de crecimiento en la sardina, encontrando que cada año se forma un incremento de crecimiento, que empieza a formarse en el invierno, continuando en el resto del año; teniéndose en cuenta que esto se da simultáneamente en la población, respondiendo a un evento vital cíclico. Cada incremento de crecimiento está formado por una zona opaca y otra hialina, la zona opaca es más gruesa que la translúcida.

Según MORALES-NIN (1987) la periodicidad de los incrementos anuales puede deberse a un ciclo fisiológico interno, sincronizado con el ambiente a través de una fluctuación estacional del mismo (temperatura, producción, etc.). La alta variabilidad interanual del ecosistema peruano, se refleja en la complejidad de las estructuras presentes en los órganos calcificados, como son los otolitos.

También se validaron éstos estudios mediante el análisis de frecuencia de tallas, CÁRDENAS y MENDO (1985) y realizando mediciones de incrementos de crecimiento, a fin de aplicarse el retrocálculo, así como también se utilizó la microestructura del otolito (incrementos diarios) para Sardinas de un año de edad, CÁRDENAS (1987).

Sobre esta base se planteó la realización del presente trabajo, en el que se analiza el crecimiento de esta especie en la serie histórica 1978 – 1998, cuyos resultados permitirán mejorar los resultados del análisis poblacional de la sardina, mediante la aplicación de los modelos indirectos

de evaluación, lo cual redundará en el correcto manejo de este recurso de gran importancia socioeconómica para el país.

Como resultado del análisis del crecimiento según cohortes y pseudocohortes se observó que el patrón de formación de los incrementos de crecimiento de la sardina no se altera frente a la variabilidad ambiental, principalmente en los períodos donde las condiciones del ambiente son drásticas, tipo Niños de 1982 - 1983; 1997 - 1998, similar situación fue reportada por AGUAYO et. al. (1985), para el caso de la sardina chilena en el período El Niño 1982-83. En el presente análisis, la formación de la tercera marca de crecimiento de la sardina (ejemplares de 3 años de edad), en pleno Niño de gran intensidad de 1982-83, no ha sufrido modificación alguna frente a las condiciones ambientales drásticas, a pesar también de mostrar valores bajos del factor de condición, indicando un grado de bienestar no óptimo, debido principalmente a cambios en el comportamiento de este recurso que tuvo que migrar en busca de condiciones ambientales favorables para su supervivencia y además de requerir de la energía necesaria para la maduración gonadal que empieza a los 3 años de vida, según los estudios de primera madurez sexual, realizados por Peña (1983), cuando las sardinas tienen 21 –22 cm de longitud.

Es importante destacar que no se formaron anillos supernumerarios (anillos falsos), que conllevara a la sobreestimación de la edad de la sardina, lo que afectaría el seguimiento de las cohortes al aplicarse los métodos indirectos de evaluación, como lo son los Análisis de población Virtual o Análisis de Cohortes, con serias implicancias en el manejo de este recurso.

Los otolitos de sardinas provenientes de períodos anómalos tipo El Niño 1982-83 y 1997-98 de gran intensidad presentaron apariencia translúcida, debido probablemente al desgaste energético de esta especie durante ese lapso de vida, en el que estuvo sometido a condiciones de

stress, además de la falta de alimento y el desgaste energético al realizar migraciones a zonas distantes en busca de condiciones ambientales favorables para su sobrevivencia, habiendo sido más evidente durante el evento El Niño 1982-83.

Los pesos medios a la edad de la sardina muestran variaciones en la serie histórica analizada, debido a muchos factores entre ellos la falta suficiente de alimento, cambios en el comportamiento debido a la presencia de condiciones ambientales anómalas y porque no decirlo algunas veces a sesgos de medición. En el presente estudio se ha podido demostrar que durante los períodos de ocurrencia de los Fenómenos El Niño de gran intensidad como fueron los Niños de 1982-83 y 1997-1998 se produce una disminución marcada de los referidos pesos a la edad (hasta en un 21% de su peso normal en las sardinas adultas mayores de 26 cm, durante 1983), los cuales deben ser considerados cuando se estiman las biomásas de este recurso. Estos cambios en la relación peso-edad han sido reportados también para la sardina chilena por AGUAYO, et al. (1987).

Las condiciones ambientales drásticas, con períodos muy cálidos, tipo Niños de gran intensidad como son los Niños de 1982-83 y 1997-98 y los períodos muy fríos tipo La Niña de 1996 y 1999 con características de La Niña, han alterado el comportamiento de la sardina, evidenciados en cambios en su distribución y concentración, factor de condición, fisiología reproductiva y sobretodo en el crecimiento en peso a la edad en los años El Niño 1982 –83 y El Niño 1997 – 98, afectando sus niveles de abundancia, al encontrarse los individuos con bajos pesos. Sin embargo, a pesar de esta serie de respuestas a la fuerte variabilidad ambiental, ha quedado demostrado que el patrón de formación de los incrementos de crecimiento de la sardina no se modifica.

VELA y RUBIO (1985) mediante análisis cartográficos de los movimientos migratorios de sardinas marcadas en Perú, indicaron que durante períodos con características oceanográficas normales (1979 – 1981), las sardinas se mueven en zonas cercanas a aquellas donde se efectuó el marcaje; pero que durante las anomalías de El Niño 1982 – 83 efectuaron grandes desplazamientos hacia el sur e inclusive se recuperaron marcas en el norte de Chile. Estas observaciones son coherentes con la reducida disponibilidad de sardinas en la costa peruana, según lo reportado por ZUTA et al. (1983). En los Informes Técnicos de Gestión emitidos por IMARPE (Informes Instituto del Mar: 1997, 1998 y 1999) de acuerdo al seguimiento de la pesquería pelágica se dio a conocer también estos cambios en el comportamiento de la sardina como consecuencia del Fenómeno El Niño 1997 – 98. Este desgaste de energía durante las migraciones se reflejan en la marcada reducción (hasta del 21%) de los pesos medios a la edad de la sardina, habiendo sido el evento el Niño 1982 – 83 el que mayor impactó, habiéndose encontrado los pesos más bajos de toda la serie histórica analizada, como se demuestra en el presente trabajo. El patrón de migración de la sardina en Chile analizado por TORRES et al. (1985) también muestra notables diferencias durante el fenómeno El Niño de 1982 – 83.

Los antecedentes también demuestran que las anomalías oceanográficas intensas como el fenómeno El Niño de 1982 – 83 afectan el crecimiento en peso y la fisiología reproductiva de la sardina, disminuyendo la producción de huevos del stock adulto, lo que queda demostrado por los bajos valores del Índice Gonadosomático, según lo reportado por el Instituto del Mar (1983); MARTINEZ et al. (1984), TSUKAYAMA y SANTANDER (1986). Durante el fenómeno El Niño 1997 – 98, de manera similar a lo ocurrido en el anterior Niño, también se produjeron alteraciones en la fisiología reproductiva, con bajos valores de los índices gonadosomáticos,

según lo reportado en los Informes del INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (1997 – 98).

En el período 1991 y 1994 se ha venido observando una declinación de los niveles de reclutamiento de la sardina, a pesar de haberse mantenido adecuados niveles de biomasa desovante, situación que puede ser debida al crecimiento poblacional de la anchoveta, por sus exitosos reclutamientos y a las condiciones ambientales imperantes que favorecieron a este recurso. Este período guarda relación con los cambios de régimen a macroescala entre las poblaciones de anchoveta y sardina de acuerdo a lo reportado por CSIRKE et. al. (1996); sin embargo es importante mencionar que las condiciones anómalas propias de El Niño 1997 – 98, de gran intensidad, no habrían afectado el reclutamiento de la sardina, habiéndose observado en 1998, la presencia notoria de ejemplares juveniles con edades de 1, 2 y 3 años, que corresponden a diferentes clases anuales, lo que podría permitir su incremento poblacional en los próximos años, si las condiciones ambientales se tornaran favorables para este recurso.

En relación con las sardinias longevas, éstas fueron escasas y fueron disminuyendo marcadamente desde fines de la década de los 80', haciéndose esto más evidente en la actualidad, lo cual podría deberse a razones de comportamiento, debido a una mayor profundización de éstos ejemplares, no estando disponibles a la pesca y también porque no decirlo a la declinación de sus niveles de abundancia.

Los parámetros de crecimiento k y L_{∞} estimados por diferentes métodos y autores indican que los valores calculados para la sardina peruana, guardan gran similitud, excepto con los estimados para la sardina ecuatoriana por SALDAÑA (1983). Las diferencias en los valores de los parámetros de crecimiento K y L_{∞} de la sardina peruana con la ecuatoriana se debería a la escasa presencia de ejemplares juveniles en las capturas de esta especie en el Ecuador, hecho que conlleva a una

sobreestimación del valor de K y subestimación de la L_{∞} ; en la serie histórica analizada en el presente trabajo se ha tenido la oportunidad de observar ejemplares hasta de 40 cm de longitud total, por lo que los valores de L_{∞} de 34 cm y 31,3 cm reportados para la sardina ecuatoriana estarían subestimados. En el caso de la sardina de Chile, las diferencias se deberían principalmente al método de longitudes empleado por VIDAL (1985); mientras que AGUAYO, et al. (1983), mediante el conteo de incrementos de crecimiento en otolitos calcula parámetros similares a los obtenidos en este trabajo y por la mayoría de autores.

VI. CONCLUSIONES

1. Los cambios drásticos en las condiciones ambientales tipo La Niña de 1996 y los Niños de 1982-83 y 1997-98 no han modificado el patrón de formación de los incrementos de crecimiento de la sardina.
2. La composición por edades de la sardina en la serie histórica, muestra una estructura constituida principalmente por ejemplares adultos, siendo éstos más abundantes en el período comprendido entre 1985 y 1990. Los reclutamientos más importantes a la pesquería, en orden de magnitud, fueron observados en 1984, 1988, 1998 y 1995; mientras que los individuos longevos fueron disminuyendo marcadamente desde fines de la década de los 80', haciéndose esto más evidente en la actualidad.
3. No existen variaciones significativas en el crecimiento en longitud de la sardina; mientras que el crecimiento en peso sufrió cambios importantes, es decir una disminución marcada en los pesos medios a la edad a partir del cuarto año de vida, durante los períodos El Niño de 1982-83 y 1997-98, hecho que debe considerarse en la estimación de sus biomásas.
4. Los índices de rendimiento del crecimiento en peso presentan mayores variaciones en relación con los índices de rendimiento en longitud, lo cual confirma los resultados de las relaciones edad – peso y edad – longitud.
5. Los índices de rendimiento del crecimiento en longitud muestran cierta tendencia similar a las variaciones de la temperatura superficial del mar

(TSM), es decir que los valores más altos de rendimiento del crecimiento en longitud corresponden a un incremento de la TSM.

6. Los mejores rendimientos del crecimiento en peso corresponden a la década de los 80', período donde las condiciones ambientales fueron ligeramente más cálidas que favorecieron a la sardina, excepto en los años 1982-83 (Niño Extraordinario).
7. Los valores de los parámetros de crecimiento que mejor representan el crecimiento de la sardina peruana son: $K = 0,22$ y $L_{\infty} = 38.71$.
8. Los valores de las constantes de crecimiento (K) de la serie histórica siguen la tendencia de la TSM, es decir son mayores cuando la TSM se eleva; mientras que las longitudes asintóticas (L_{∞}) guardan una relación inversa con la TSM y más bien alcanzan los valores más altos en la década de los 80', en comparación con la década de los 90'.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUAYO, M., V. ERBS y E. ESTAY. 1985.** Influencia del fenómeno "EL NIÑO" 1982-83 en el crecimiento de sardina española (*Sardinops sagax*) y jurel (*Trachurus murphyi*) en el norte de Chile. Inst. Fom. Pesq. Chile. Ser. Invest. Pesq. 32: 175-184.
- AGUAYO, M., V. ERBS, E. ESTAY, R. GILI y H. STEFFENS. 1983.** Elaboración de claves edad-talla de sardina española, jurel, anchoveta y caballa para el año 1982. Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-33). Inst. Fom. Pesq. Chile. 84 p.
- AGUAYO, M., R. GILI y V. ERAS. 1987.** Estudio de edad y crecimiento en sardina (*Sardinops sagax*) del norte de Chile. Instituto de Fomento Pesquero. Inv. Pesquera Chile N° 34:85-98
- ALVARADO, C. y F. URAGA. 1996.** EDAD y Crecimiento de la sardina de Monterrey (*Sardinops caeruleus*) (pisces clupeidae) en la Isla Cedros, Baja California, México, durante 1985 y 1986. Bol. Invest. Mar. Cost. Sta. Marta – Colombia. Vol. 25:77-86
- BUTLER, J., M. GRANADOS, J. THOMAS y B. MACEWICZ. 1996.** Age Composition, Growth and Maturation of the pacific sardine *Sardinops sagax* during 1994. CALCOFI Rep. Vol. 37.
- CARDENAS, G. y A. CHIPOLLINI. 1988.** Crecimiento de la sardina (*Sardinops sagax sagax*) y composición por edades de sus desembarques durante 1981-1985. En Salzwedel y A. Landa "Recursos y Dinámica del Ecosistema del Afloramiento Peruano" Bol. Inst. Mar Perú-Callao Vol. Extraordinario: 279-284

- CARDENAS, G. 1987.** Estudios de la edad y crecimiento de la sardina (*Sardinops sagax*) de la Región Central del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. 11 N° 3: 118-145.
- CARDENAS, G. 1989.** Crecimiento y estructura por edades de las capturas de sardina (*Sardinops sagax sagax*) en la región Norte del Perú de 1981 a 1986. Memorias de Simposio de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sud Este, Viña del Mar – Chile 09-13 Mayo de 1988. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Rev. Pacífico Sur. Número Especial 1989: 261-265
- CARDENAS, G. y J. MENDO. 1985.** Preliminary length-based growth parameter estimates of peruvian sardine (*Sardinops sagax*). Fishbyte, Vol. 3 N° 3. 10-12
- CASTILLO, G., E. AGUILERA, G. HERRERA, P. BERNAL, J. BULTLER, J. CHONG, H. GONZALEZ, C. OYARZON y C. VELOSO. 1985.** Tasa de crecimiento larvario de la sardina española (*Sardinops sagax*) frente a Chile Central, determinada por el conteo de anillos diarios en otolitos. Biología Pesquera 14: 3-10
- CSIRKE, J., R. GUEVARA, G. CARDENAS, M. ÑIQUEN y A. CHIPOLLINI. 1996.** Situación de los Recursos de Anchoveta (*Engraulis ringens*) y Sardina (*Sardinops sagax sagax*) a Principios de 1994 y Perspectivas para la Pesca en el Perú, con particular referencia a la Región Norte-Centro de a Costa Peruana. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. 15 (1): 1-23.

DAWDSON, W. A. 1986. The interpretation of otolith structure for the assessment of age and growth some pelagic fishes from the coast of Ecuador. Mackerel, pacific sardine, pacific thread herrings and round herrings. Bol.Cient. Tec.Ins.Nac.Pesca 9 (1): 24pp.

DE BUEN, F. 1960. La sardina y sardina española (*Sardinops sagax*) en la costa sur de América del Océano Pacífico (Chile, Perú e Islas Galápagos). Proc. World Sci. Meet. Biol. Sardines Relat. Spec. FAO: 2: 265-286 p.

GARLAND, D. 1988. Validación de la lectura de edades por el método de incremento diarios de la sardina española (*Sardinops sagax música*) en el norte de Chile. Univ. Arturo Prat Depart. de Ciencias del Mar, Chile UNAP/DCM (1) : 411p.

IMARPE. Situación biológica de los recursos anchoveta y sardina, durante el fenómeno El Niño 1982-1983. Diciembre 1983. Callao, Instituto del Mar del Perú.

IMARPE, Desarrollo de la Pesquería Pelágica en el Litoral Peruano durante 1996. Febrero 1997. Callao, Instituto del Mar del Perú.

IMARPE, Monitoreo y Evaluación de Recursos Pelágicos (Anchoveta, Sardina, Jurel y Caballa) en el Litoral Peruano durante 1997. Abril 1998. Callao, Instituto del Mar del Perú.

IMARPE, Investigación de la Anchoveta y Otros Recursos Pelágicos el Litoral Peruano durante 1998. Febrero 1999. Callao, Instituto del Mar del Perú.

IMARPE, Investigación de la Anchoveta y Otros Recursos Pelágicos en el Litoral Peruano durante 1998. Febrero 2000. Callao, Instituto del Mar del Perú.

LLUCH BELDA, D., R. SCHAWARTZLOSE, R. SERRA, R. PARRISH, T. KAWASAKI, D. HEDGECK and R. CRAWFORD. 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans a Workshops report. Fish Oceanogr. 1:4, 339-347.

MARTINEZ C., C. SALAZAR y G. BOHM. 1984. La Pesquería Cerquera ejercida en la zona norte de Chile y su relación con los cambios biológicos-pesqueros asociados al fenómeno "EL NIÑO 1982-1983". Rev. Com. Perm. Pacífico Sur (15): 203-221.

MORALES-NIN, B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. Inf. Tecn. Inv. Pesq. N° 143. Inst. Cien. Mar, Barcelona.

MUNRO, J. y D. PAULY. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. Fishbyte 1: 5-6

PATTERSON, K., 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 anchovy (*Engraulis ringens*) stocks. Can. J. Fish. Aquat. Sci: 49:1762-1769

PAULY, D. y J. MUNRO. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates . Fishbyte 2: 21-25

- PEÑA, N. 1983.** Estimación del tamaño de primera madurez sexual de la sardina peruana (*Sardinops sagax*) (J). En: Taller de dinámica de poblaciones. Guayaquil, Ecuador, 5-17 diciembre, 1983. Inst. Mar Perú, Callao.
- RODRIGUEZ, M. Y F. URAGA. 1986.** Marcas periódicas en otolitos de (*Sardinops caeruleus*) y posibles relaciones con su reproducción en Bahía Magdalena, México. Inv. Mar. CICIMAR. Vol 3 N° 1:20-28
- RUSSELL, F. F. 1931.** Some theoretical considerations on the overfishing problem. J. Cons. CIEM, 16: 3-27
- SALDAÑA, Y. 1983.** Estudio Preliminar de la estimación de la edad y crecimiento de (*Sardinops sagax sagax*). Rev. Cien. Mar. Limn. 2 (1): 97-108.
- SAMAME, M. 1977.** Determinación de la edad y crecimiento de la sardina (*Sardinops sagax sagax*). Bol. Inst. Mar Perú. Vol. 3 N° 3: 65-112.
- SERRA, R. 1983.** Changes in the abundance of pelagic resources along the chilean coast. FAO Fish Rep. 291 (2): 255-284.
- SERRA, R. y I. TSUKAYAMA. 1988.** Sinopsis de datos biológicos y pesqueros de la sardina (*Sardinops sagax sagax*) en el Pacífico Sur Oriental. FAO Sinopsis sobre la pesca N° 13 Rev. 1:60p.
- TORRES, A., C. MARTINEZ y J. AVARIA. 1985.** Migraciones de la sardina española en el Pacífico Suroriental, durante el fenómeno EL NIÑO 1982-83 y en 1984. Invest. Pesq. Chile, 32: 95-100.

- TSUKAYAMA, I. y H. SANTANDER. 1986.** Cambios bióticos y efectos sobre recursos pesqueros y las pesquerías en Perú. En: El Fenómeno EL NIÑO 1982-1983 con particular referencia a sus efectos sobre los recursos pesqueros y las pesquerías en el Pacífico Sudeste. Rev. Com. Perm. Pacif. Sur (16).
- VELA, J. y J. RUBIO. 1985.** Movimientos migratorios de la sardina determinados por marcaciones. En: A. Tresierra (ed.). Anales 1er. Cong. Nac. Biol. Pesq. Col. Biol. Reg. Norte, Trujillo - Perú: 71-74
- VIDAL, J. 1985.** Estimaciones de edad y crecimiento para la sardina española (*Sardinops sagax música*) en la zona norte de Chile basadas en el método de Petersen. Est. Pesq. Chilenas 1985: 131-154.
- ZUTA, S., I. TSUKAYAMA y R. VILLANUEVA. 1983.** El ambiente marino y las fluctuaciones de las principales poblaciones pelágicas de la costa peruana. FAO Fish. Rep./FAO Inf. Pesca, (291) Vol. 2: 179-254.
- ZUZUNAGA, J. 1985.** Cambios del equilibrio poblacional entre la anchoveta (*Engraulis ringens*) y la sardina (*Sardinops sagax*), en el sistema de afloramiento frente a Perú. En : W. ARNTZ; A. LANDA y J. TARAZONA (Eds). "El Niño". Su impacto en la Fauna Marina. 1985. Bol. Inst. Mar Perú, Vol. Extraordinario, pp: 107-117.

VIII. TABLAS

Tabla 1. Datos de entrada (a), diferencias de medias de r_1 entre diferentes cohortes (b) y valores calculados de LSR (c), empleados en el Test de Student-Newman-Keuls.

a) Valores de medias, tamaño de muestra y varianzas de r_1 para diferentes cohortes.

		COHORTES						
Radio	valores	1979	1980	1981	1989	1990	1991	1992
r1	Medias	0,9876	1,0518	1,0466	1,0214	1,0041	0,9988	0,9966
	n	251	65	27	90	146	148	133
	S ²	0,0095	0,0143	0,0169	0,0056	0,0014	0,0029	0,0024

b) Diferencias de medias de r_1 entre diferentes cohortes

		Cohortes	1979	1992	1991	1990	1989	1981	1980
		Medias	0,9876	0,9966	0,9988	1,0041	1,0214	1,0466	1,0518
Cohorte	Medias	N	251	133	148	146	90	27	65
1979	0,9876	251							
1992	0,9966	133	0,0090						
1991	0,9988	148	0,0113	0,0022					
1990	1,0041	146	0,0166	0,0075	0,0053				
1989	1,0214	90	0,0338	0,0248	0,0226	0,0173			
1981	1,0466	27	0,0590	0,0500	0,0477	0,0425	0,0252		
1980	1,0518	65	0,0643	0,0552	0,0530	0,0477	0,0304	0,0053	

c) Valores calculados del Mínimo Rango Significativo (LSR) para los r_1 .

Orden	Valores de Q Tabla U Para n>120	1979	1992	1991	1990	1989	1981
2	2,772	0,0178					
3	3,31	0,0206	0,0237				
4	3,63	0,0227	0,0261	0,0254			
5	3,86	0,0285	0,0316	0,0310	0,0311		
6	4,03	0,0490	0,0511	0,0506	0,0507	0,0531	
7	4,17	0,0348	0,0379	0,0373	0,0373	0,0408	0,0573

Tabla 2. Índices de rendimiento del crecimiento en longitud (ϕL) y en peso (ϕw) de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), según pseudocohortes, para la región norte-centro.

AÑOS	ϕL	ϕW
1978	2,361	1,338
1979	2,403	0,941
1980	2,346	1,154
1981	2,392	1,019
1982	2,355	1,103
1983	2,371	0,972
1984	2,300	1,301
1985	2,330	1,102
1986	2,328	0,892
1987	2,351	0,982
1988	2,354	0,964
1989	2,300	1,107
1990	2,313	1,073
1991	2,317	1,089
1992	2,310	1,072
1993	2,331	0,938
1994	2,312	1,041
1995	2,338	0,997
1996	2,316	1,021
1997	2,324	1,021
1998	2,312	1,143
PATRON	2,306	1,397

Tabla 3. Índices de rendimiento del crecimiento en longitud (ϕL) y en peso (ϕw) de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), según cohortes, para la región norte-centro.

COHORTES	ϕL	ϕW
1978	2,359	0,951
1979	2,363	0,887
1980	2,321	1,185
1981	2,295	1,222
1982	2,362	0,952
1983	2,340	0,956
1984	2,242	1,206
1985	2,260	1,197
1986	2,264	1,219
1987	2,305	1,032
1988	2,290	1,082
1989	2,270	1,232
1990	2,311	1,115

Tabla 4. Parámetros de crecimiento de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), para la región norte-centro, en la serie histórica 1978 –1988.

AÑOS	K	L_{∞}	T_0	W_{∞}
1978	0,20	41,05	-0,84	745
1979	0,29	35,97	-0,44	422
1980	0,23	37,79	-0,98	515
1981	0,27	36,81	-0,49	487
1982	0,24	37,41	-0,90	468
1983	0,27	35,96	-0,80	367
1984	0,20	38,40	-1,34	618
1985	0,24	36,34	-1,09	464
1986	0,29	33,04	-1,50	308
1987	0,27	35,15	-1,00	389
1988	0,28	34,64	-1,03	412
1989	0,23	35,88	-1,51	400
1990	0,24	35,65	-1,21	396
1991	0,24	35,83	-1,10	433
1992	0,24	35,54	-1,17	393
1993	0,28	33,74	-0,97	350
1994	0,25	34,92	-1,07	393
1995	0,27	34,61	-0,87	427
1996	0,26	34,42	-1,19	416
1997	0,26	34,73	-1,11	415
1998	0,23	36,36	-1,09	485
PATRON	0,22	38,71	-1,34	612

Tabla 5. Parámetros de crecimiento de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), según cohortes, para la región norte-centro.

COHORTES	K	L_{∞}	T_0	W_{∞}
1978	0,29	34,22	-0,65	451
1979	0,30	33,81	-0,77	350
1980	0,22	37,57	-1,13	506
1981	0,21	37,29	-1,38	507
1982	0,28	34,95	-0,84	384
1983	0,27	34,70	-1,11	333
1984	0,21	35,15	-2,28	466
1985	0,21	35,85	-2,02	445
1986	0,20	36,90	-1,86	413
1987	0,25	34,62	-1,31	372
1988	0,24	34,76	-1,37	416
1989	0,20	37,14	-1,56	440
1990	0,23	36,33	-1,21	418
PROMEDIO 1978-90	0,24	35,64	-1,35	423

Tabla 6. Parámetros de crecimiento de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), estimados por diferentes métodos y autores.

PAIS	AÑOS	AREA	METODO	k	L_{∞}	AUTORES
ECUADOR	1982	Sur	Retrocálculo	0,35	34,0	Saldaña, Y (1983)
	1984	Sur	Contaje de anillos	0,48	31,3	Dawson, W (1986)
PERU	1973	Callao	Retrocálculo	0,24	41,63	Burd, A. (1982)
	1980	Centro	Elefan I	0,25	41,00	Cárdenas y Mendo (1985)
	1980	Centro	Contaje de anillos	0,22	39,80	Cárdenas, G. (1987)
	1980	Centro	Retrocálculo	0,25	37,49	Cárdenas, G. (1987)
	1981-85	Centro Callao-Pisco	Contaje de anillos	0,22	37,82	Cárdenas y Chipollini (1988)
	1981-86	Norte Paita-Chimbote	Contaje de anillos Cohorte tipo o Sintética	0,21	37,58	Cárdenas, G. (1989)
	1980	Norte Paita-Chimbote	Contaje de anillos Cohorte 1980 Cohorte 1981	0,22 0,23	36,47 35,19	Cárdenas, G. (1989)
1978-98 (Años Normales) Patron	Norte-Centro	Contaje de anillos	0,22	38,71	Cárdenas, G. (presente trabajo)	
CHILE	1978-83	Norte	Petersen	0,46	37,73	Vidal, J (1985)
	1987	Norte	Contaje de anillos	0,20	40,26	Aguayo, M (1983)

IX. FIGURAS

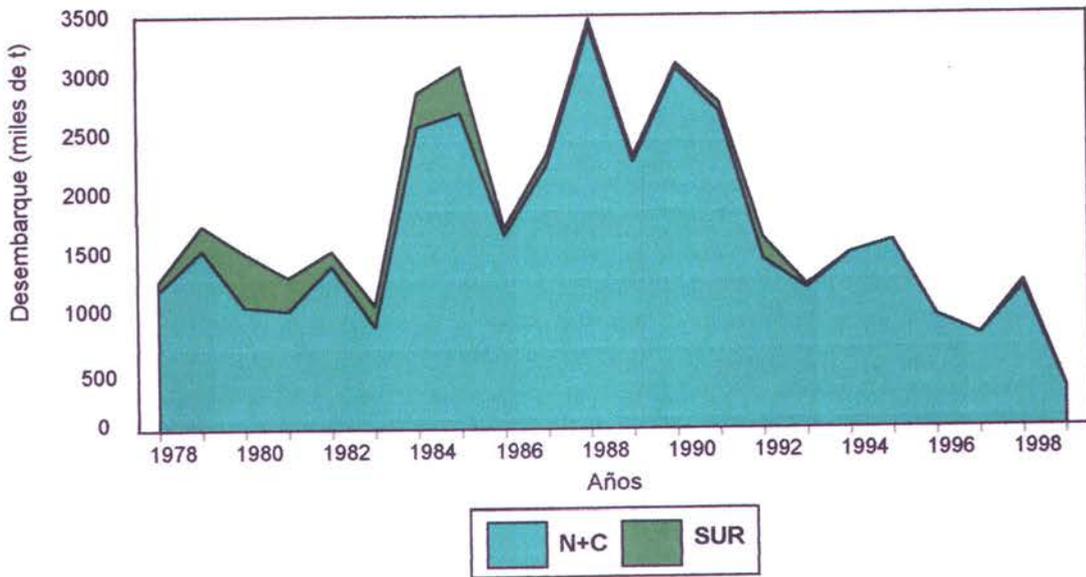


Figura 1. Desembarques históricos de la Sardina, *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), según regiones: norte-centro y sur del Litoral Peruano, desde 1978 a 1999

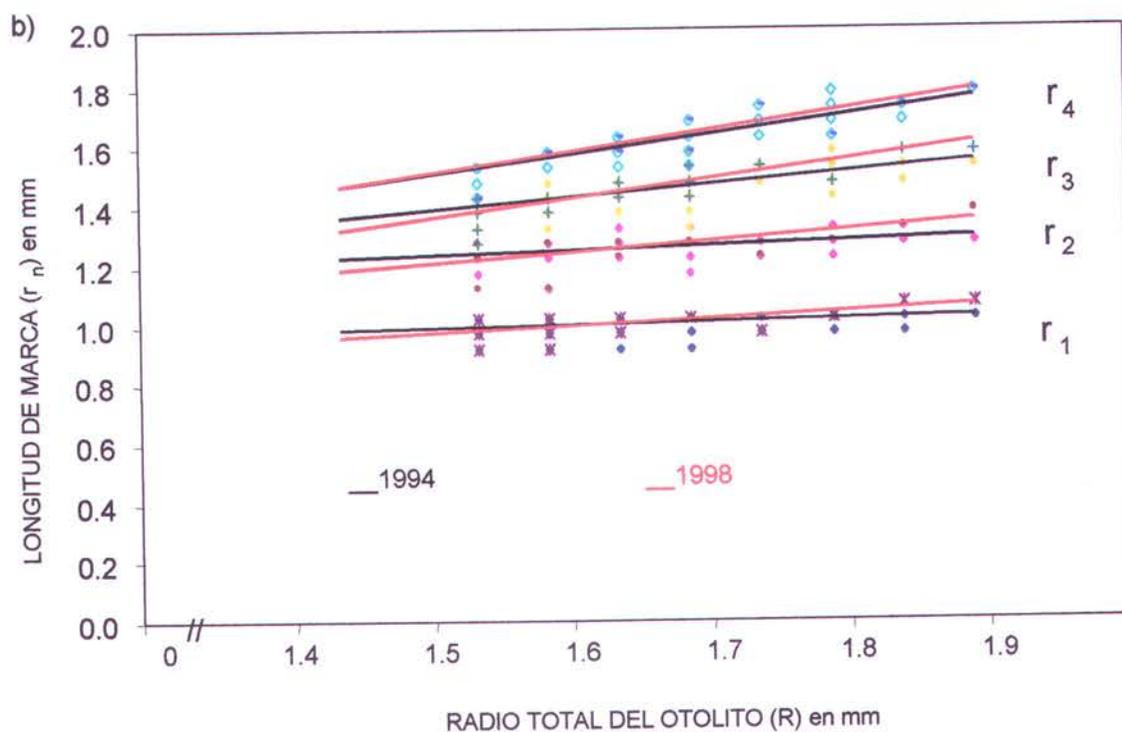
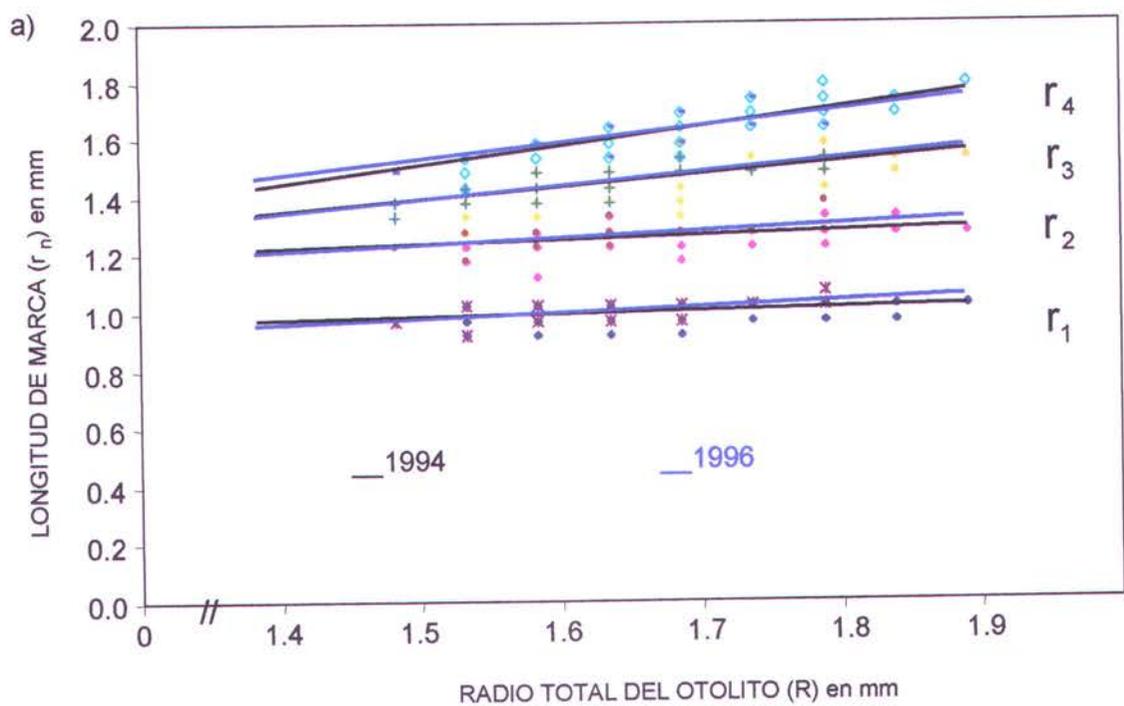


Figura 2. Relación del Radio total del otolito (R) con la longitud de las marcas o incrementos de crecimiento (r_n), en sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), de 4 años de edad.

- a) En 1994 (Condiciones ambientales normales) y 1996 (La niña)
- b) En 1994 (Condiciones ambientales normales) y 1998 (El niño 1997-98).

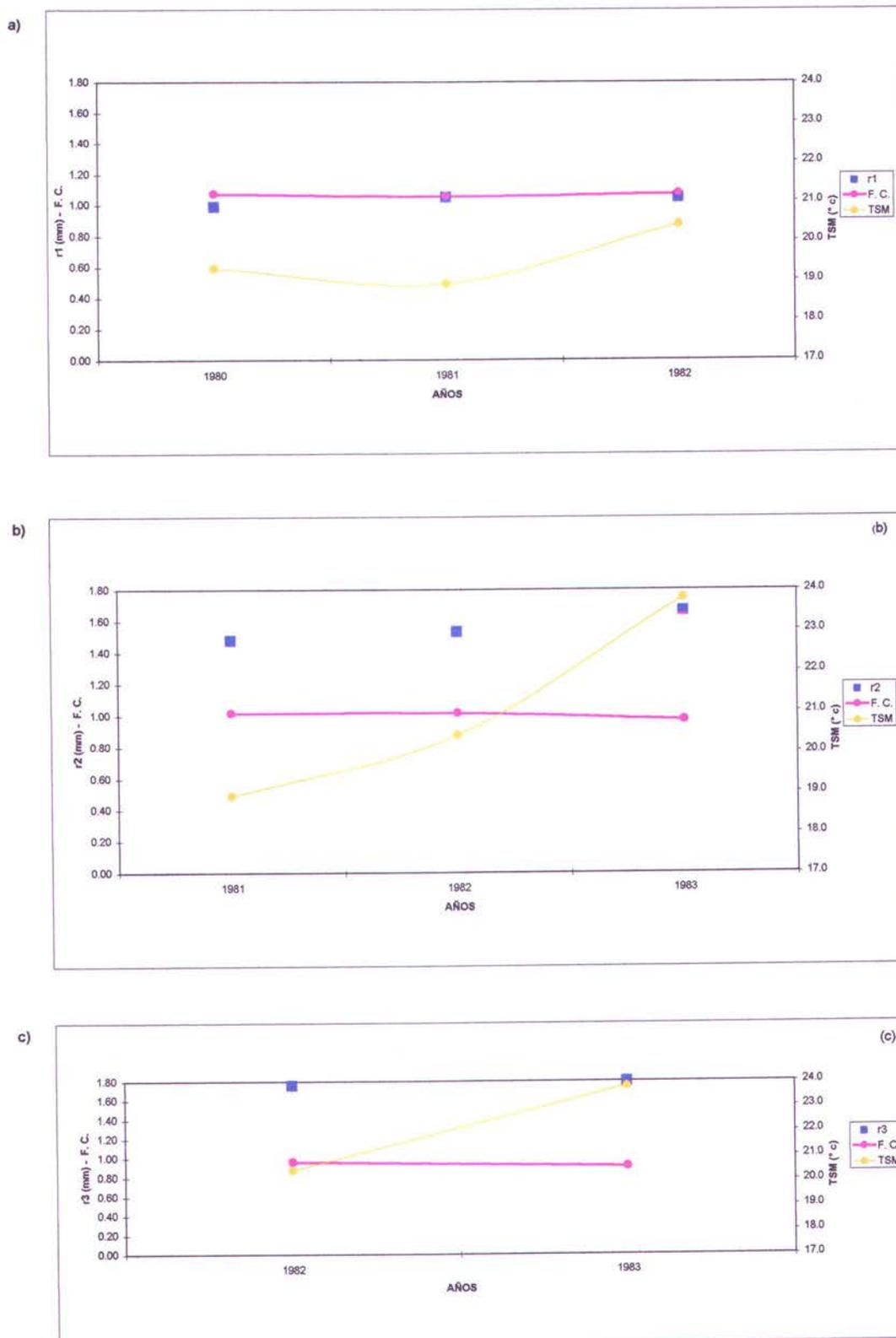


Figura 3. Relación entre: a) longitud de la primera marca de crecimiento (r_1), b) longitud de la segunda marca (r_2) y c) longitud de la tercera marca (r_3) de las cohortes de 1979, 1980 y 1981, con el factor de condición (F.C.) y la temperatura superficial del mar (TSM).

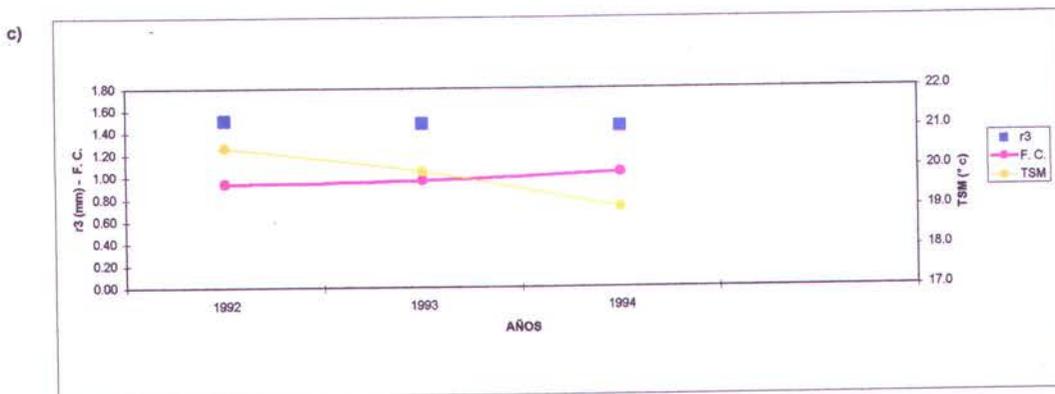
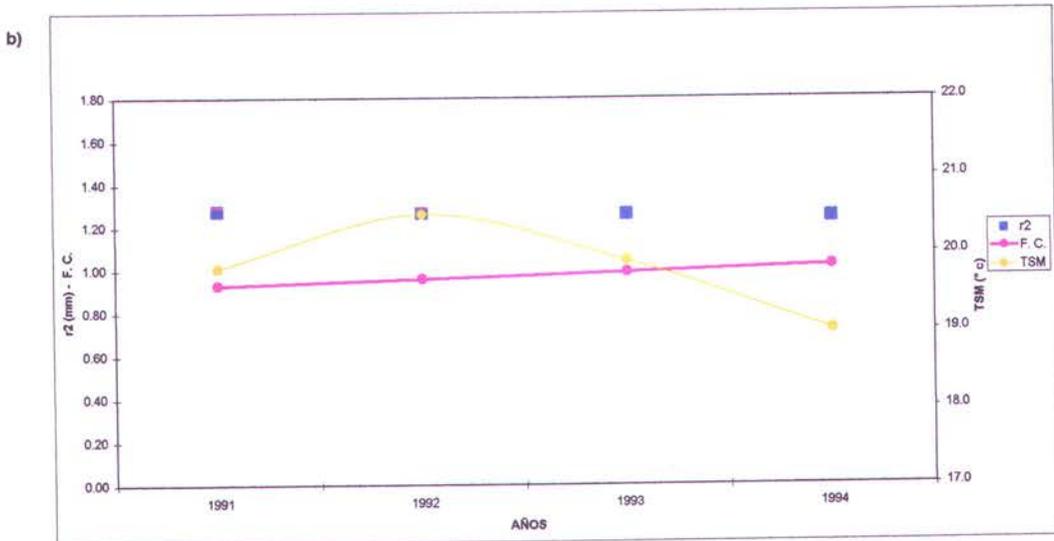
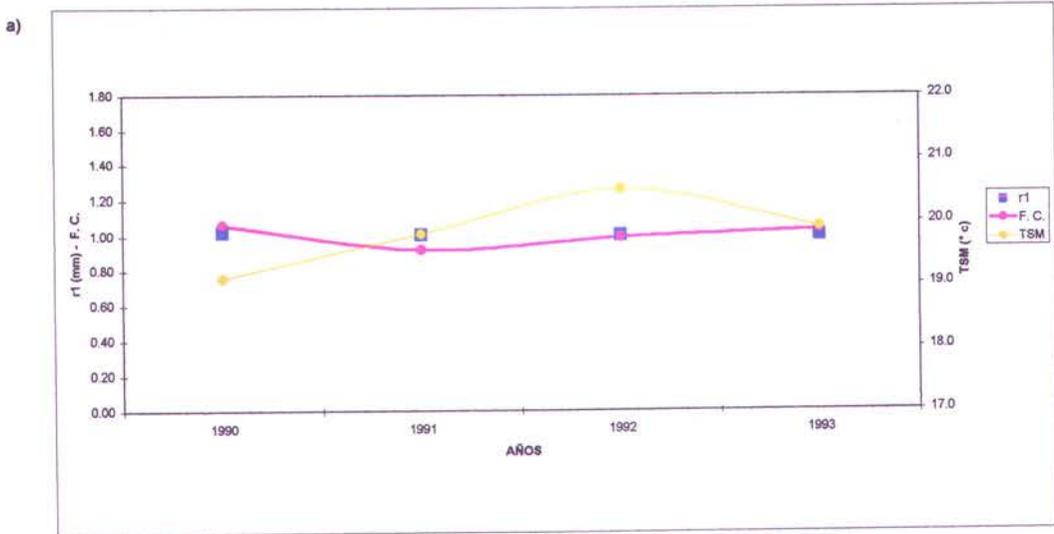


Figura 4. Relación entre: a) longitud de la primera marca de crecimiento (r1), b) longitud de la segunda marca (r2) y c) longitud de la tercera marca (r3) de las cohortes de 1989, 1990, 1991 y 1992, con el factor de condición (F.C.) y la temperatura superficial del mar (TSM).

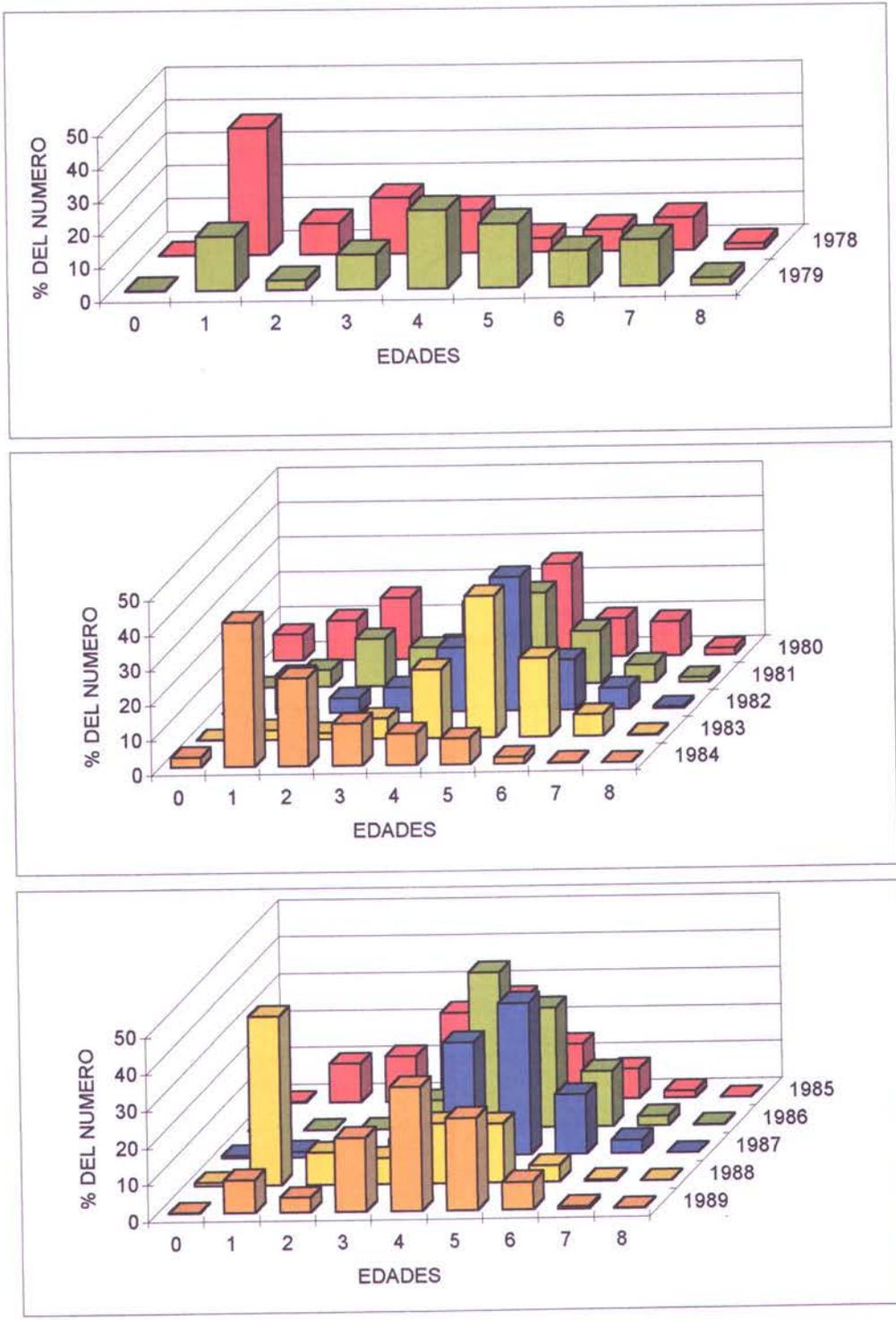


Figura 5a. Estructuras por edades de las capturas de sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), en la región norte-centro del Perú, desde 1978 a 1989

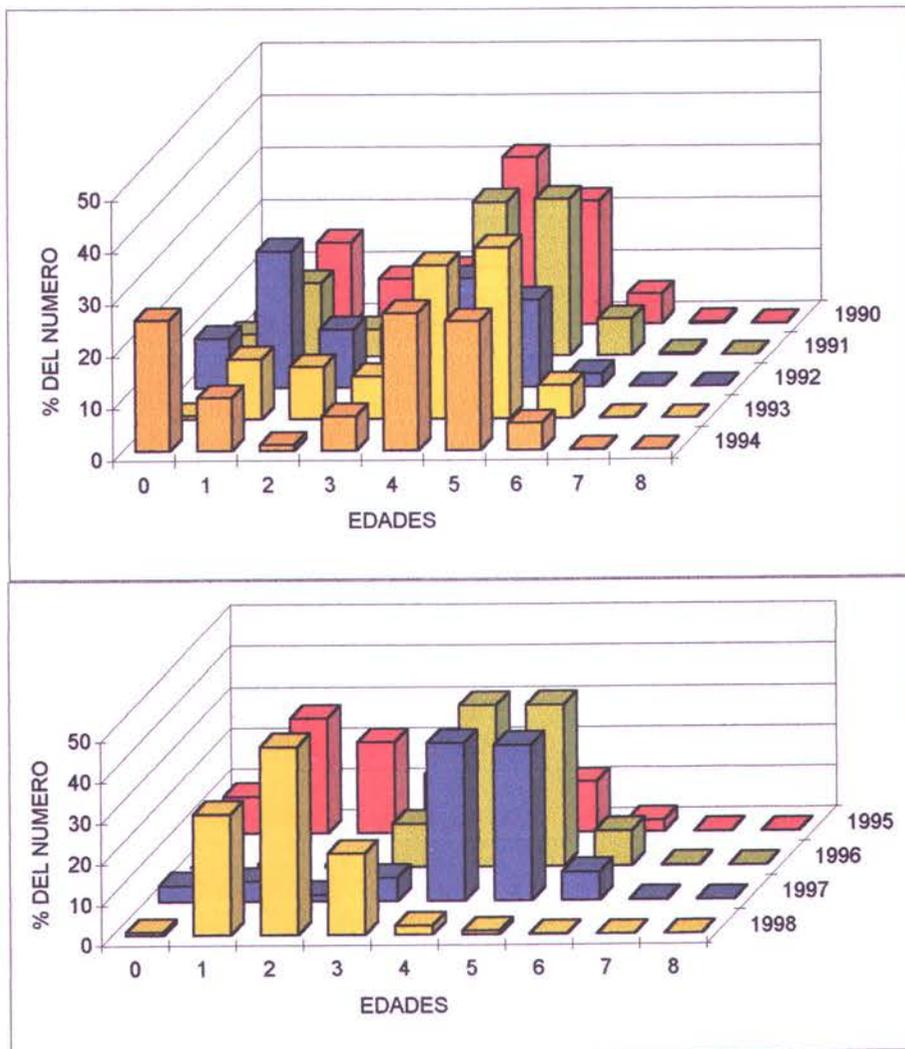


Figura 5b. Estructuras por edades de las capturas de sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), en la región norte-centro del Perú, desde 1990 1998

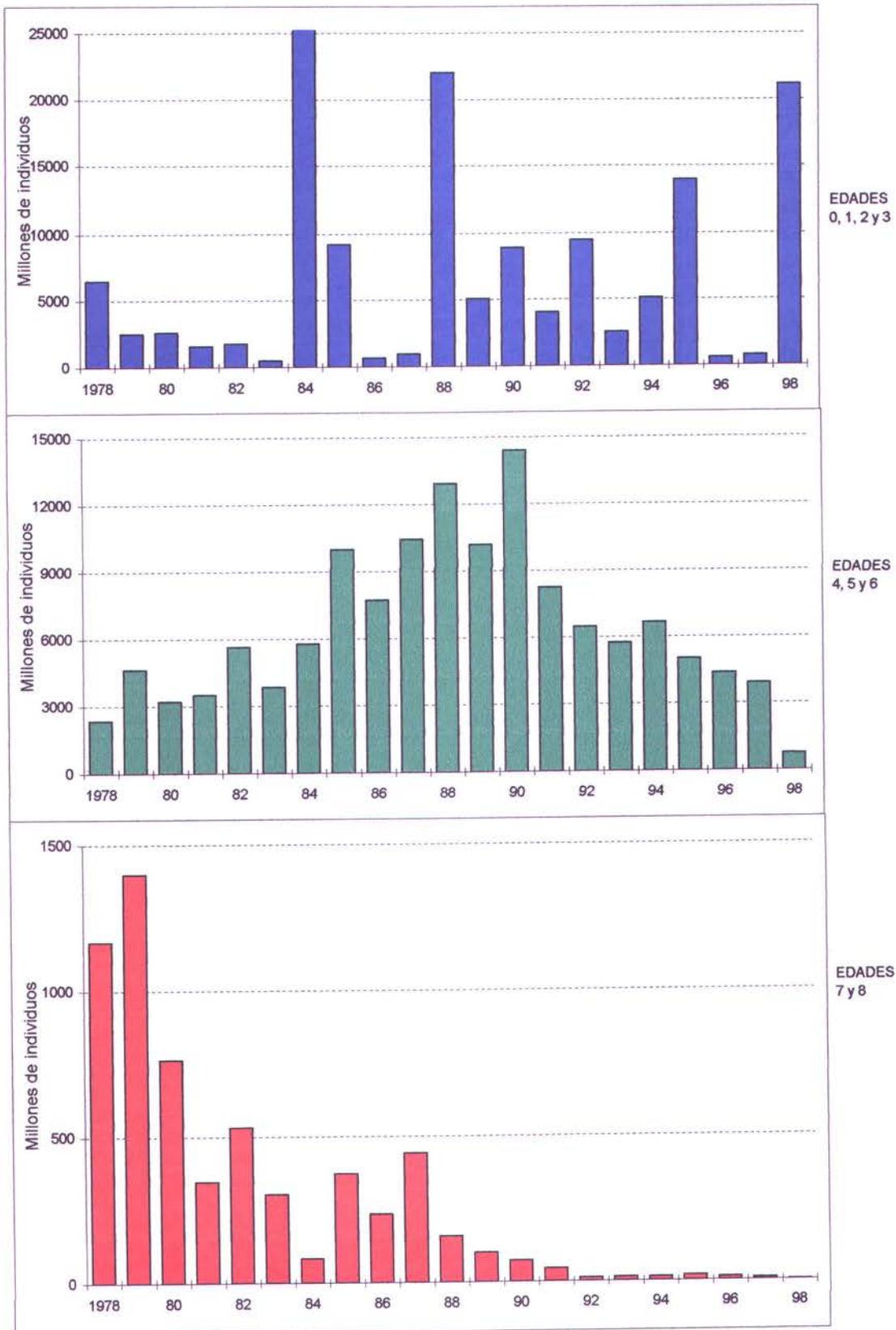


Figura 6. Variación del número de individuos por grupos de edad de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns 1842), en la serie histórica de 1978 a 1998

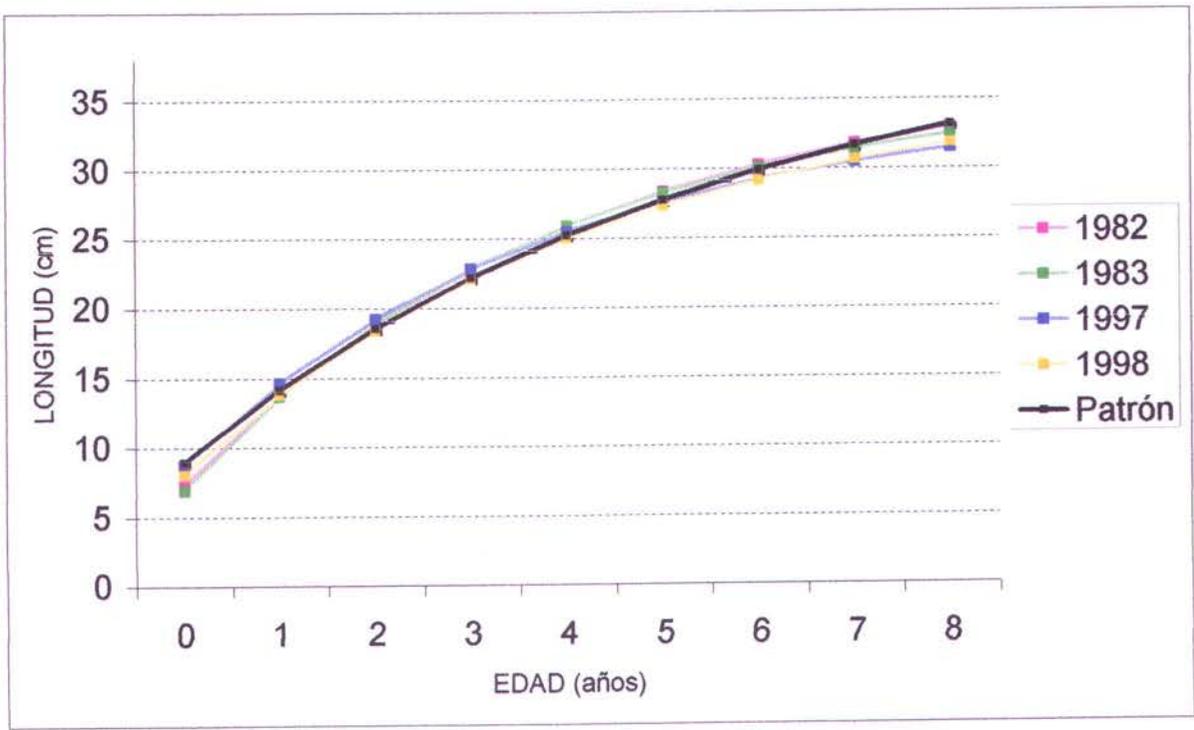


Figura 7. Curvas de crecimiento en longitud, según pseudocoherentes, para la sardina, *Sardinops sagax sagax*, (Jenyns, 1842) en la región norte-centro de Perú.

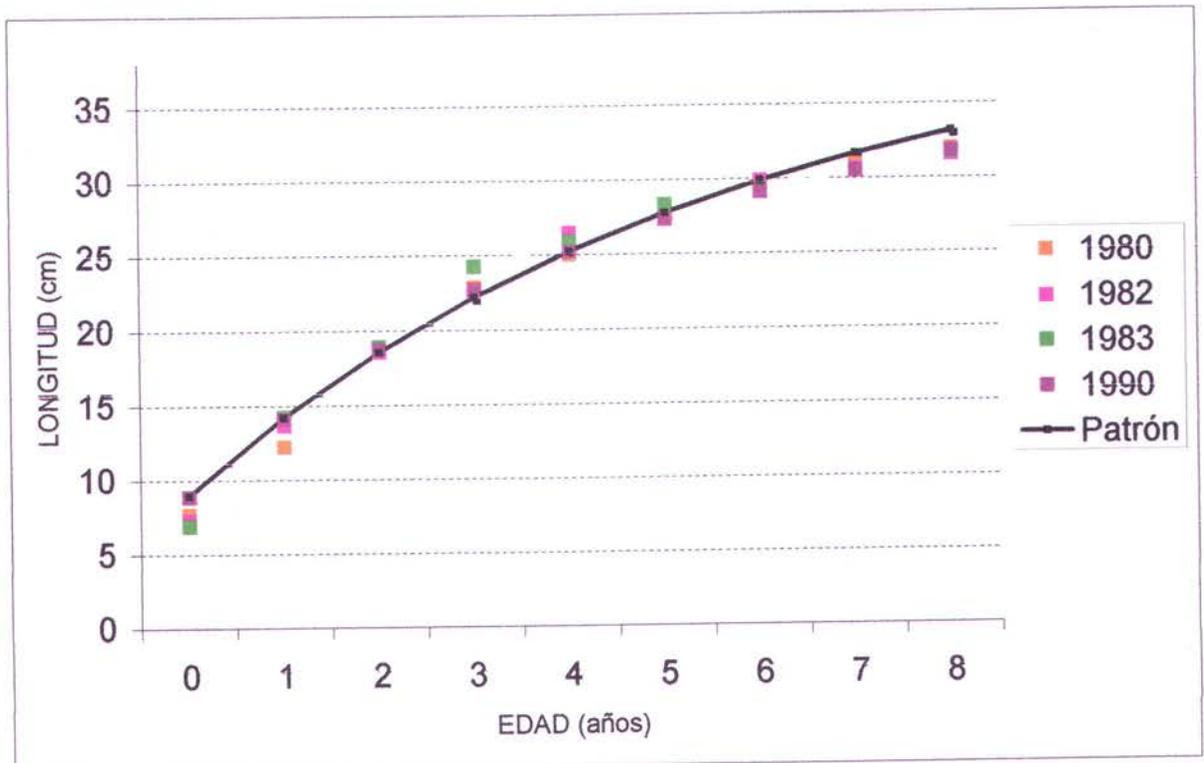


Figura 8. Curvas de crecimiento en longitud, según cohortes, para la sardina, *Sardinops sagax sagax*, (Jenyns 1842) en la región norte-centro de Perú.

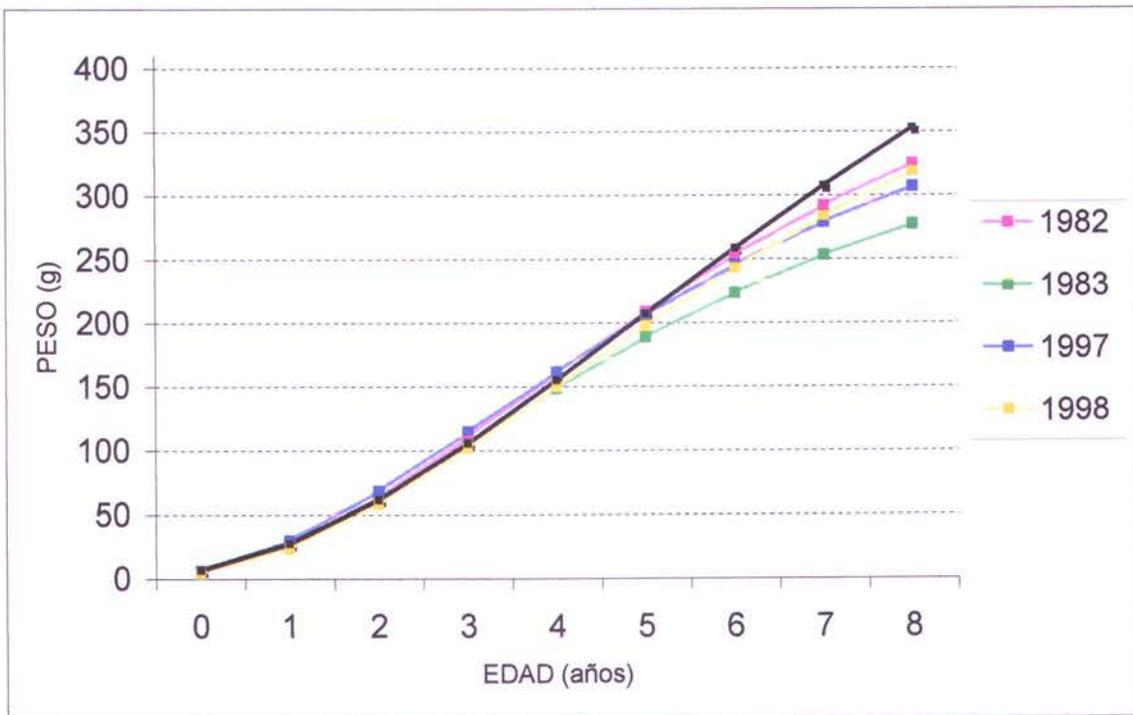


Figura 9. Curvas de crecimiento en peso, según pseudocohortes, para la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), en la región norte-centro de Perú.

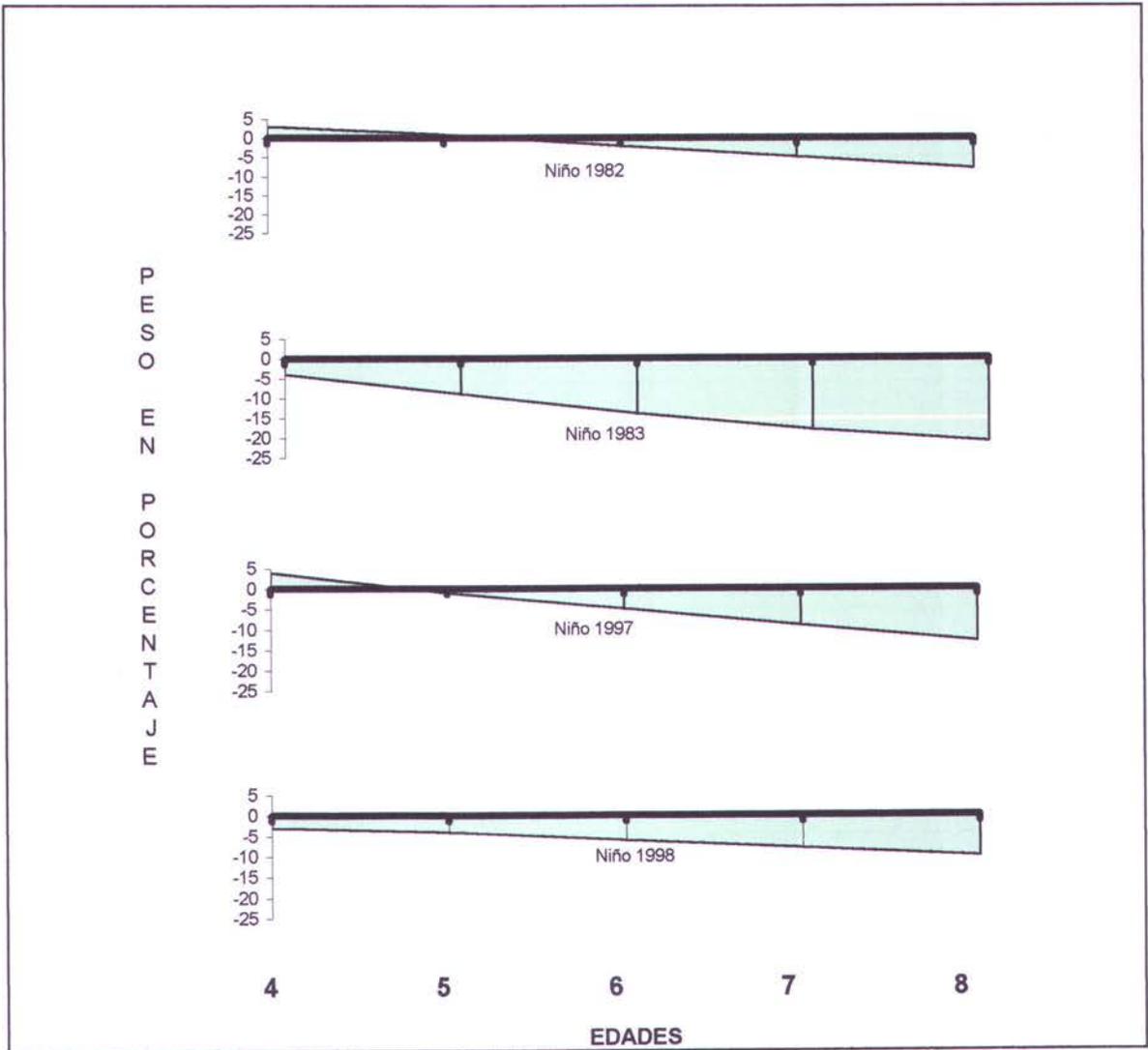


Figura 10. Variaciones porcentuales de los pesos medios a la edad de la Sardina *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842) en periodos "El Niño 1982-83 y 1997- 98"

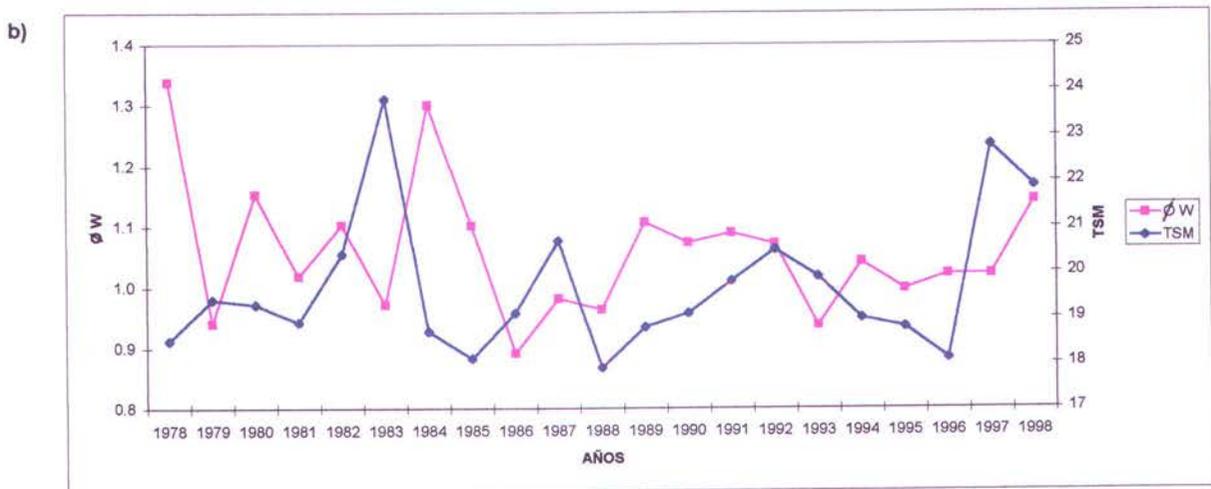
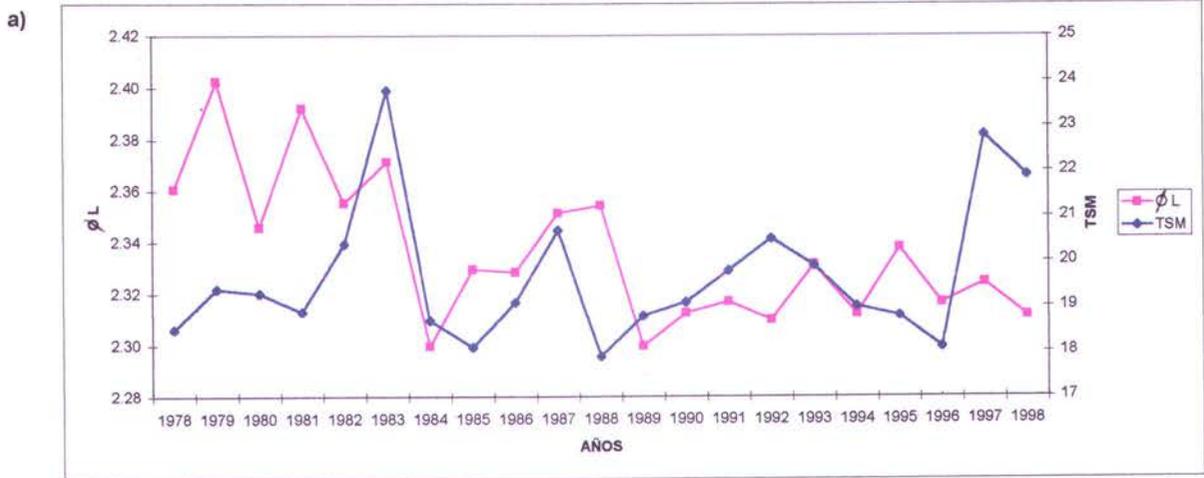


Figura 11. Relación entre: a) rendimientos del crecimiento en longitud (ϕL), b) rendimiento del crecimiento en peso (ϕW) de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), con la temperatura superficial del mar (TSM), desde 1978 a 1998

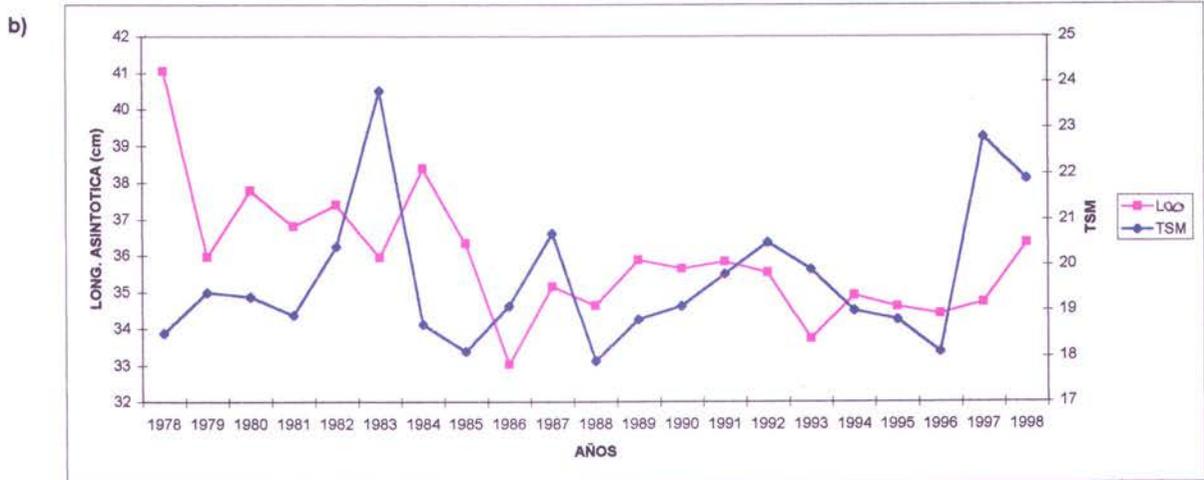
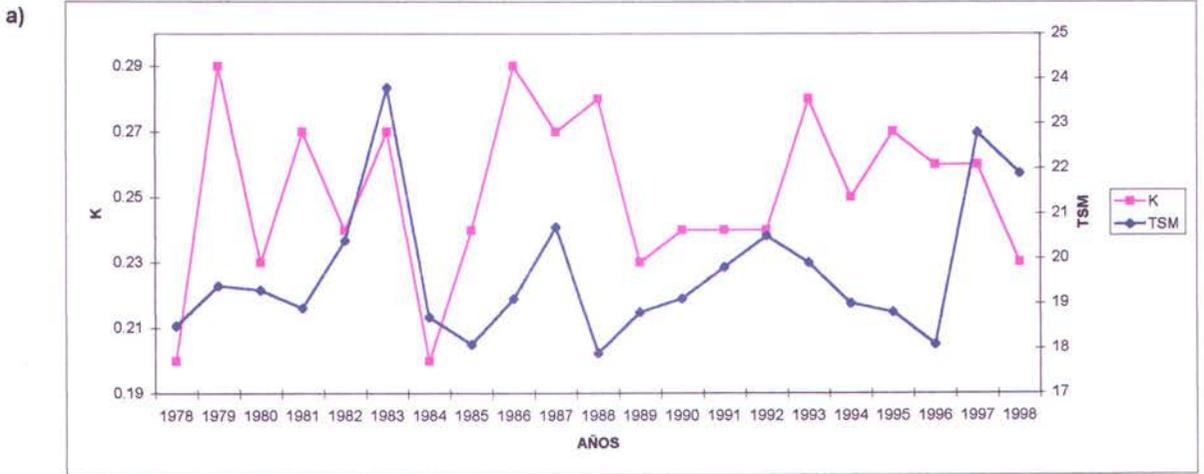


Figura 12. Relación entre: a) constante de crecimiento (K), b) longitud asintótica (L_{∞}) de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (Jenyns, 1842), con la temperatura superficial del mar (TSM), desde 1978 a 1999