

04534



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**  
**DEPARTAMENTO DE PLANCTON Y ECOLOGIA MARINA**



**DIFERENCIACION LARVAL DE LAS ESPECIES DEL GENERO Auxis**  
**Y LA VARIACION ESPACIO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES**  
**LARVALES DE TRES ESPECIES DE LA FAMILIA Scombridae**  
**EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO.**

**TESIS**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE**  
**CIENCIAS MARINAS**

**BIBLIOTECA**

**I. P. N.**

**DONATIVO**

**QUE PRESENTA**

**RENE REBOLLAR PRUDENTE**

**COMO UN REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**La Paz, Baja California Sur, México. marzo de 2000.**

**INDICE**

	PAGINA
GLOSARIO.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACION.....	5
OBJETIVOS.....	6
AREA DE ESTUDIO.....	6
METODOLOGIA.....	8
RED DE ESTACIONES.....	9
METODO MORFOLOGICO.....	12
METODO ESTADISTICO.....	13
ESTRUCTURAS OSEAS.....	14
NORMALIZACION DE DATOS.....	14
DIVISION DEL GOLFO DE CALIFORNIA POR REGIONES.....	15
INDICE LARVAL.....	16
ABUNDANCIA LARVAL CON RESPECTO A LA TEMPERATURA.....	17
RESULTADOS.....	18
RECONOCIMIENTO ESPECIFICO DE LARVAS.....	18
Género <i>Euthynnus</i> .....	18
Género <i>Auxis</i> .....	18
DISTRIBUCION DE TEMPERATURA Y LARVAS.....	33
ABUNDANCIA TEMPORAL DE LARVAS DE ATUNES.....	44
INDICE LARVAL.....	46
ABUNDANCIA LARVAL CON RESPECTO A LA TEMPERATURA.....	47
ANALISIS.....	48
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	60

# GLOSARIO

**Arco hemal:** Estructura de hueso formada por la unión de las haemapófisis.

**ENSO:** Desequilibrio de la interacción océano-atmósfera en donde el gradiente de la presión atmosférica se invierte, provocando el debilitamiento de los vientos alisios del Este, el cual favorece la invasión anormal de aguas cálidas del trópico hacia latitudes altas, afectando en gran parte a las costas del Pacífico Oriental

**Especie:** En los organismos que se reproducen sexualmente, es un grupo que se entrecruza entre sí y está reproductivamente aislado de otro. Las especies son las unidades evolutivas distintas e independientes.

**Flexión:** Estadio larval donde la parte distal del notocordio se flexiona y empiezan a formarse los elementos hipurales y para hipurales.

**Huesos hipurales:** Elementos óseos que forman parte de la placa hipúrica y que sirven para la inserción de los radios de la aleta caudal.

**Juvenil:** Estadio donde comienza la formación de las escamas, y finaliza cuando los organismos se incorporan a la población adulta.

**Larva:** Etapa del ciclo de vida de un pez en donde no ha completado el número total de radios de las aletas.

**Merístico:** Características ó estructuras óseas que se pueden contar.

**Miómeros:** Paquetes musculares insertados en el esqueleto a lo largo del tronco de las larvas, posteriormente darán origen a los miótomos.

**Morfometría:** Estructuras ó características óseas factibles de ser medibles.

**Opérculo:** Hueso láminar de origen dérmico, que cubre las cavidades branquiales de los peces.

**Osteológico:** Formación de las estructuras esqueléticas a lo largo del desarrollo de un organismo.

**Parapófisis:** Proyecciones laterales de las vértebras ubicadas en la región abdominal, y de las cuales se unen las costillas.

**Preflexión:** Estadio de los peces que comienza con la terminación de la etapa de saco vitelino y finaliza con la flexión inicial del notocordio.

**Posflexión:** En las larvas de peces, en éste estadio, el notocordio se encuentra flexionado completamente, los elementos hipurales presentan mayor grado de osificación.

**Preopérculo:** Hueso láminar que cubre la rama preopercular del canal mandibular de los peces, puede ser dentado o con espinas.

**Urostilo:** Segmento en forma de abanico articulado por varios huesos y que forma parte de la última vértebra verdadera de la columna en los peces.

Figura 1.- Toponimia del área de estudio.....	7
Figura 2.- Cobertura de los cruceros GOLCA 8404; GOLCA 8407; GOLCA 8412 y GOLCA 8504.....	9
Figura 3.- Cobertura de los cruceros GOLCA 8606; GOLCA 8608 GOLCA 8611; GOLCA 8709; GOLCA 8711 y GOLCA 8802.....	10
Figura 4.- Características morfométricas de una larva de pez.....	12
Figura 5.- División del ojo.....	13
Figura 6.- División del Golfo de California por regiones.....	16
Figura 7.- Separación de <i>Auxis</i> TIPO I y TIPO II con base en una combina ción de variables discriminantes.....	21
Figura 8.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO I, LP 5.6 t 6.3mm.....	23
Figura 9.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO I, LP 5.0 y 6.6 mm.....	24
Figura 10.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO I, LP 8.0. mm. ....	26
Figura 11.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO I, LP 13.0 mm.....	27
Figura 12.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO I, LP 15.53 mm.....	28
Figura 13.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO II, LP 10 mm.....	30
Figura 14.- Desarrollo osteológico de <i>Auxis</i> TIPO II, LP 16.20 mm.....	31
Figura 15.- Distribución de la temperatura superficial y abundancia larval para el crucero GOLCA 8404.....	34
Figura 16.- Distribución de la temperatura superficial y abundancia larval para el crucero GOLCA 8407.....	36
Figura 17.- Distribución de la temperatura superficial y abundancia larval para el crucero GOLCA 8504.....	38
Figura 18.- Distribución de la temperatura superficial y abundancia larval	

para el crucero GOLCA 8606.....	39
Figura 19.- Distribución de la temperatura superficial y abundancia larval para el crucero GOLCA 8608.....	41
Figura 20.- Distribución de la temperatura superficial y abundancia larval para el crucero GOLCA 8709.....	44
Figura 21.- Abundancia larval temperatura superficial para todo el período de estudio.....	44
Figura 22.- Abundancia larval por estadio de preflexión para todo el periodo de estudio.....	45
Figura 23.- Índice larval por región.....	46
Figura 24.- Abundancia larval por cada grado centígrado.....	47
Figura 25.- Forma de la cabeza.....	49

# INDICE DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 1.- Cobertura y fecha de los cruceros.....	11
Tabla 2.- Areas calculadas por region.....	17
Tabla 3.- Características morfométricas.....	18
Tabla 4.- Características de referencia.....	19
Tabla 5.- Combinación de características morfométricas.....	20
Tabla 6.- Combinación de características morfométricas .....	20
Tabla 7.- Características óseas de <i>Auxis</i> TIPO I y <i>Auxis</i> TIPO II .....	29
Tabla 8.- Características óseas de juveniles de <i>Auxis</i> .....	32

## RESUMEN

Se estableció la diferenciación larval de las especies del género *Auxis*, y se analizó la distribución y abundancia de sus larvas, así como las de *Euthynnus lineatus* en el de Golfo de California. El material biológico fue obtenido de 545 muestras de zooplancton obtenidas en 10 cruceros oceanográficos realizados de 1984 a 1988, por medio de arrastres oblicuos con una red tipo Bongo. Se registraron un total de 4439.3 larvas (10m<sup>2</sup> de sup.mar), de las cuales 1525 larvas/10m<sup>2</sup> correspondieron a *Euthynnus lineatus* y 2914 larvas/10m<sup>2</sup> al género *Auxis*. De acuerdo con el análisis del método morfológico, se determinó la presencia de dos tipos de larvas de *Auxis*; *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II, cuyas principales diferencias se encontraron en la región cefálica. Mediante el análisis de discriminantes, en el cual se incluyeron caracteres morfológicos, merísticos y de referencia, se confirmó la identidad de los dos tipos de *Auxis*; con un porcentaje de clasificación para el primero de 98.4% y 100% para el segundo. Con el análisis del desarrollo osteológico de las larvas de *Auxis* mediante la técnica de transparentación, se determinó que a tallas similares se presentan diferencias en el grado de osificación de la región cefálica y caudal, siendo menor en *Auxis* TIPO I que en *Auxis* TIPO II, lo cual coincide con los antecedentes, por lo que se designó al tipo I como *Auxis rochei* (Risso, 1810), y al tipo II como *Auxis thazard* (Lacépède, 1802). El análisis de la distribución y abundancia mostró que *Auxis rochei* fue la especie más abundante con el 46% de la abundancia total, seguida de *Euthynnus lineatus* (34.36%) y *Auxis thazard* (18.89%). La mayoría de las larvas se colectaron durante la temporada cálida principalmente en la región Central del golfo, asociadas a temperaturas superficiales entre los 28 y 32 °C. La variación espacial de las densidades larvales presentó un gradiente ascendente de sur a norte, el cual se inicia en la boca del golfo a finales de la temporada fría. Durante los meses de verano incrementan sus concentraciones larvales en la región Central, y para finales del año su presencia es escasa.

## ABSTRACT

Larval differentiation of the species of the genus *Auxis* was made. The distribution and abundance of these larvae, as well as the *Euthynnus lineatus* larvae, was analyzed in the Gulf of California. The biological material was obtained from 545 zooplankton samples, gathered during 10 oceanographic cruises realized between 1984 and 1988. Samples were taken by oblique hauls with a Bongo-type net. 4439.3 larvae/10 m<sup>2</sup> were recorded, from which 1525 larvae/10 m<sup>2</sup> of *Euthynnus lineatus* and 2914 larvae/10 m<sup>2</sup> of *Auxis* spp. A morphologic analysis determined the presence of two *Auxis* larval types; *Auxis* type I and *Auxis* type II. The main differences between them were found in the cephalic region. A discriminate analysis including morphologic, meristic and reference characters, confirmed the identity of the two *Auxis* types, with a percentage of clasification was 98.4 % for *Auxis* type I and 100 % for *Auxis* type II. The osteological development analysis of the *Auxis* larvae, observed by a clearing and staining technique, showed differences in the degree ossification in the cephalic and caudal regions, at similar larval sizes. The degree ossification was less in *Auxis* type I than in *Auxis* type II, coinciding with the previous reports about the *Auxis*. Based on these analysis, it was possible to identify *Auxis* type I as *Auxis rochei* (Risso, 1810), and *Auxis* type II as *Auxis thazard* (Lecépède, 1802). The distribution and abundance analysis in this larvae tuna species, showed *Auxis rochei* as the most abundant species with 46% of the total abundance, followed by *Euthynnus lineatus* (34.36%), and *Auxis thazard* (18.89%). Most of the larvae were collected during the warm season in the central region of the Gulf, and related to sea surface temperatures between 28 to 32 °C. The spatial variation of larval density showed an increasing gradient from south to north beginning at the Gulf entrance at the end of the cold season. During summer months, larval density increases in the central region, and to end of the year, the larvae are scarce.

# INTRODUCCIÓN

La familia Scombridae está constituida por 15 géneros y 44 especies, y en ella se agrupa a los atunes, bonitos, macarelas y sierras. En el grupo de los atunes, se incluye a especies cosmopolitas que se distribuyen a lo largo y ancho de los principales mares del mundo, encontrándose en aguas templadas, tropicales y subtropicales. De acuerdo a la información que se ha generado en los últimos años, se conoce que en aguas mexicanas se encuentran distribuidas prácticamente todas las especies de atunes (Fritzche, 1978; Joseph *et al.*, 1980; Nelson, 1984 y Compean, 1985).

Debido a la importancia comercial que representan especies como *Katsuwonus pelamis* (barrilete), *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla), *Thunnus thynnus* (atún aleta azul ) y *Sarda spp.* (Compean, 1985 y García-Borbón, *et al.*, 1991), se han generado amplios estudios sobre la biología general. Sin embargo, poco se sabe acerca del ciclo de vida del resto de los atunes (Schaefer, 1987), principalmente de las especies de tallas pequeñas.

Dentro de este grupo destacan los géneros *Auxis* y *Euthynnus* cuya importancia radica en que constituyen parte de la dieta de los atunes de mayor talla, especialmente del atún aleta amarilla, así como de marlins, tiburones, delfines y dorados, (Galván, com. pers.)<sup>1</sup>, en aguas del Océano Pacífico Oriental (OPO), además de ser capaces de aportar grandes volúmenes de captura (Klawe, 1963).

En trabajos como los de Schaefer y Marr (1948), Klawe (1963), Calkins y Klawe (1963), Yoshida (1979) y Schaefer (1987), se menciona que el género *Euthynnus* incluye tres especies costeras, localizadas en aguas tropicales y subtropicales. De estas especies, *Euthynnus alletteratus* y *Euthynnus affinis* presentan una amplia distribución en todos los océanos, mientras que la distribución de *Euthynnus lineatus* está restringida al Océano Pacífico, entre los 35° Norte y 12° Sur. Dentro de esta región, el registro de *Euthynnus lineatus* en el Golfo de California se basa sólo en la captura de juveniles, distribuidos, desde el sur de las grandes islas (Tiburón y Angel de la Guarda) hasta la boca del golfo (Klawe, 1963).

En lo que se refiere al género *Auxis*, Schaefer y Marr (1948), Klawe (1963) y Uchida (1981), mencionan que su distribución para la parte norte del OPO, comprende desde la Isla Santa Catalina e Isla San Clemente en California, E.U.A., hasta los 18° de Latitud Sur, incluyendo el Golfo de California. La distribución que se menciona tanto para adultos como para larvas, es casi siempre a nivel genérico, debido a que existen controversias en lo referente a su reconocimiento específico.

Es generalmente aceptado, desde hace varios años la existencia de dos especies de *Auxis*, sin embargo, las primeras descripciones que se hicieron en organismos adultos, basadas en el tamaño y forma del corselete, son las que de cierta manera crearon confusión. *Auxis thazard* (Lacépède, 1802), se caracterizó desde un principio por presentar un corselete corto, sin embargo, al describir la segunda especie la cual se caracterizaba por presentar un corselete largo, algunas de las características descritas para ésta especie coincidían con las de *Auxis thazard*. De hecho la segunda especie fue descrita como *A. tapeinosoma* por Bleeker, 1854 (en Matsumoto, 1959) la cual en

<sup>1</sup> Galván, M.F. Septiembre de 1999. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. IPN s/n. Col. Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S.

realidad correspondía a la descripción de la forma del corselete corto (Matsumoto, 1959).

Sin embargo, las evidencias en la morfología de adultos encontradas por Mead (1951), Jones y Silas (1962), Jones (1963), Watanabe (1964), Yoshida y Nakamura (1965), las cuales se basan en la forma del corselete, la posición que muestran los músculos internos, la cavidad intestinal, así como en los procesos hemales y la aparición de la parapófisis libres, han demostrado que en realidad se trata de dos especies; *Auxis rochei* (Risso, 1810 ) y *Auxis thazard*, y que es posible su presencia en aguas del Pacífico Oriental, donde incluso han sido capturados ejemplares de las dos especies en los mismos cardúmenes (Matsumoto, 1959).

Por la gran semejanza que presentan estas dos formas, solo una de ellas (*A. thazard*), había sido reconocida hasta hace poco en aguas del Pacífico Central, ya que con la información más reciente de Collette y Aadland (1996), la idea de que se tratara de dos especies de *Auxis* se confirma, no sólo por el tamaño y forma del corselete, sino por una serie de características morfométricas como la longitud de la cabeza, longitud de la aleta pectoral, la forma del cuerpo, así como: la distancia entre la parte final de la aleta pectoral y el inicio de la segunda aleta dorsal, que hacen pensar a estos autores, que las especies que son localizadas en aguas del Pacífico presentan características diferentes a las encontradas en los océanos Atlántico e Índico.

A nivel larvario, no se han podido establecer los criterios adecuados que permitan reconocer las especies de *Auxis* spp, ya que la mayoría de los trabajos se han basado principalmente en una sola característica, como ha sido el patrón de pigmentación, con el cual se identificaban dos formas, pero debido a su inconsistencia, autores como Matsumoto (1959), llegaron a considerar que en realidad se trataba de dos variantes de una misma especie.

De esta manera, el propósito de este trabajo es proporcionar nuevos caracteres con valor taxonómico, los cuales permitan la diferenciación específica de las larvas del género *Auxis*, a través de la combinación de características morfométricas, merísticas, referencia, así como los patrones de desarrollo osteológico, aplicados en diferentes estadios, y una vez clasificadas las especies, aportar información sobre el patrón de distribución y abundancia larval de *A. rochei*, *A. thazard* y *E. lineatus*, así como las condiciones ambientales en que se presentan dentro del Golfo de California.

## ANTECEDENTES

La información generada en el Golfo de California sobre el estudio de los atunes, en especial el de los géneros *Auxis* y *Euthynnus*, es escasa tanto en espacio como en tiempo. Dentro de este tema la información que destaca es la proporcionada por Moser *et al.* (1973), quienes mencionan que para los años de 1956 y 1957, las larvas tanto de *Auxis* como de *Euthynnus* se encontraban localizadas principalmente en las regiones Centro y Sur del golfo, y que dentro de éstas, las larvas de *Auxis rochei* presentaban una amplia distribución en toda el área de estudio. En otros trabajos similares Gutiérrez-Hernández (1974) y De la Campa y Ortiz (1975), agrupan las larvas de atunes a nivel de familia (Scombridae), y sólo mencionan que estas se localizaron en la región Centro y Sur del

Golfo de California. Por su parte Compean (1988), presenta información general, citando las especies de los escómbridos: *Sarda chiliensis*, *E. lineatus*, *Scomber japonicus* y *Auxis* spp.

Con la información generada hasta el momento, se sabe que en el Golfo de California se presentan aproximadamente 6 especies de atunes (Compean, 1985). Para *S. chiliensis*, *K. pelamis*, *T. albacares* y *E. lineatus*, se conocen las descripciones de sus estadios larvarios, hasta el juvenil, donde se destacan sus caracteres diagnósticos (Schaefer y Mar, 1948; Yoshida, 1979; Shaefer 1987 y Collette et al., 1984), que permiten su reconocimiento inmediato, a diferencia de las especies del género *Auxis*, donde su diferenciación específica resulta difícil.

A pesar de que, en los trabajos de Mead (1951) y Klawe (1963) realizados en aguas del Pacífico Oriental, se ha aceptado que el género *Auxis* comprende dos especies, la gran semejanza entre ellas son tales, que los patrones para diferenciarlas han provocado ciertas confusiones. A nivel larvario uno de los trabajos más importantes es el de Matsumoto (1959), quien hace una de las primeras descripciones con fines taxonómicos, basándose principalmente en el patrón de pigmentación. Sin embargo, debido a la inconsistencia de éste patrón, el autor considera la posibilidad de que se tratara de dos variantes de una misma especie.

En la etapa larvaria (aproximadamente en la posflexión) y juvenil se ha propuesto la diferenciación de *A. rochei* y *A. thazard*, de acuerdo a características como: el grado de osificación, en donde la primera especie presenta un grado menor comparada con la segunda (Gorbunova, 1974), así como por la aparición del primer arco hemal, el cual está relacionado con la talla, y puede localizarse al menos para *A. thazard*, a en la vértebra 17 (Schaefer y Marr 1948), o en la vértebra 21 para organismos mayores a los 30 cm. (Clothier, 1950)

Watanabe (1964), diferencia ambas especies por la forma de las parapófisis libres ubicadas en las vértebras caudales, así como por los procesos hemales que se presentan de la vértebra 21 a la 24. Estas últimas estructuras en *A. rochei* se forman a partir de la vértebra 21 o 22, mientras que en *A. thazard* son más frecuentes en la vértebra 23.

En lo que se refiere a la fase adulta, hay características que distinguen *A. rochei* de *A. thazard*, tales como el tamaño del corselete, la cavidad intestinal, y el arreglo que presentan los músculos internos (Wade, 1949; Jones y Silas, 1962; Jones, 1963). En el trabajo más reciente de Collette y Aadland (1996), sobre diferenciación, se confirma la existencia de las dos especies de *Auxis*, a través de una serie de características morfométricas, que hacen pensar a estos autores que las especies localizadas en aguas del Pacífico son diferentes a las del Atlántico e Índico.

## JUSTIFICACIÓN

La administración de recursos que se explotan masivamente, como el caso de los atunes, requiere de una correcta identificación de los organismos capturados, con el fin de aplicar las técnicas de evaluación básicas con las cuales se puedan establecer las cuotas de captura, para ello es necesario

tener la certeza de que se está trabajando con la misma especie, ya sea a nivel de larva o de adulto.

Este problema es más complejo cuando se realiza a partir de especies del mismo género, ya que desde el nivel de huevo sus características son muy parecidas, lo que dificulta su identificación, haciendo que ésta se tenga que realizar en estadios más avanzados de desarrollo, como pueden desde el juvenil hasta el adulto.

La identificación de la mayoría de las especies de atunes en estadios larvales, se realiza generalmente a través de los patrones merísticos y de pigmentación; sin embargo, en algunas ocasiones éste último criterio no siempre es posible aplicarlo, debido a la pérdida natural del color que sufren las larvas por efecto del conservador, o bien, por la variación del mismo patrón de pigmentación.

Por tal motivo, en éste trabajo se propone una combinación de caracteres morfométricos, merísticos y de referencia, apoyados a través del análisis estadístico, para proporcionar nuevos criterios en la identificación a nivel de especie de las larvas del género *Auxis*, y con estos analizar su presencia junto con las larvas de *Euthynnus lineatus* en el Golfo de California y las condiciones ambientales en que se presentan.

## OBJETIVOS:

- Determinar caracteres taxonómicos que permitan el reconocimiento y diferenciación de las larvas del género *Auxis*.
- Establecer el patrón de distribución de las larvas de *Auxis* spp. y *Euthynnus lineatus* en el Golfo de California, en el periodo de 1984 –1988.

## AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California está ubicado entre los 23° 27' y 32° de Latitud Norte y entre los 106° y 114° 30' de Longitud Oeste. Limitado al Norte por el delta del Río Colorado, al Occidente por los estados de Baja California y Baja California Sur y al Oriente por los estados de Sonora y Sinaloa, y al Sur tiene comunicación con el Océano Pacífico (Roden, 1964)(Figura 1)

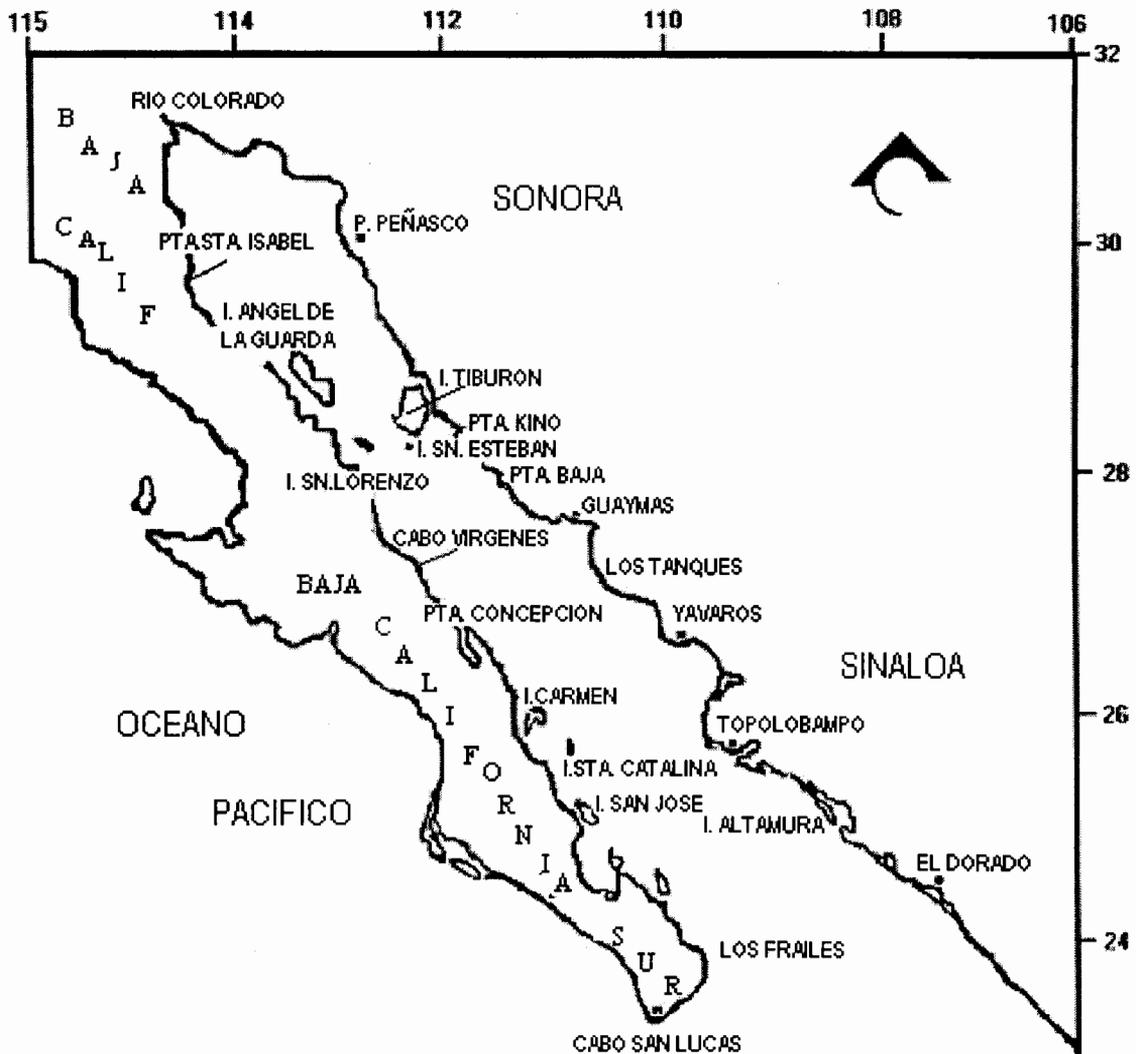


Figura 1.- Toponimia del área de estudio.

El golfo tiene una forma aproximadamente rectangular, con una anchura que va de 100 a los 200 Km, una longitud de 1000 Km, y está orientado de noroeste a sureste. Cuenta con una área de aproximadamente 150 000 Km<sup>2</sup>, cuya batimetría es extremadamente variable (Walker, 1960).

Los efectos climáticos del Océano Pacífico sobre el golfo se ven reducidos fuertemente por una ininterrumpida cadena montañosa de 1 a 3 Km de alto en la península de Baja California, dando al

golfo un clima más continental que oceánico. Las variaciones de temperatura anuales y diurnas muy grandes, fluctúan estacionalmente entre los 30 a 34°C en el verano y entre los 10 a 13°C durante el invierno (Roden, 1964 y Rozo y Vera, 1984). Este amplio intervalo de temperatura tiene un efecto sobre la flora y la fauna, el cual se ve reflejado en la presencia de especies tropicales, templadas y endémicas las cuales se localizan principalmente en la parte norte del Golfo de California (Moser *et al.*, 1973 y Brinton *et al.*, 1986).

Los vientos que prevalecen en el Golfo de California son predominantemente del noroeste en el invierno y primavera y del suroeste durante el verano y otoño. Durante el invierno, los vientos del noroeste impulsan las aguas superficiales hacia la costa peninsular, causando áreas de surgencias muy intensas en la costa oriental del golfo. Durante el verano sucede lo inverso, los vientos del suroeste empujan el agua superficial hacia la costa continental, causando un incremento en las surgencias a lo largo de la costa occidental del golfo (Rosas-Cota, 1977; Badan-Dangon *et al.*, 1985 y Brinton *et al.*, 1986).

En la parte norte del golfo existe un efecto de acumulación de agua, debido a la topografía del fondo, esta agua se canaliza a través del Canal de Ballenas y la Cuenca de Salsipuedes, ocasionando una gran turbulencia y mezcla vertical de la columna de agua (Badan-Dangon *et al.*, 1985).

En la región Sur del golfo se presenta una estructura oceanográfica muy compleja y dinámica, ya que en esta convergen tres masas de agua con características diferentes en cuanto a la temperatura y la salinidad se refiere. La masa de agua del golfo presenta una temperatura alta (30°C), y una salinidad alta ( $S‰ \leq 34.9$ ). La masa de agua del Pacífico Tropical con una temperatura ( $>25^\circ\text{C}$ ) y una salinidad baja ( $34.65 \leq S‰ \leq 34.85$ ) la cual fluye durante el verano hacia el norte del Golfo por el lado oriental y por la masa de agua de la Corriente de California con una temperatura y salinidad baja (15-20°C)( $S‰ \leq 34.6$ ) que fluye hacia el sur por el lado oeste de la península de Baja California y penetra al golfo por el lado occidental de éste (Roden, 1964; Wyrski, 1967; y Alvaréz-Borrogo, 1983).

La circulación termohalina del golfo consiste en tres capas, una superficial que se extiende de los 0 a los 50 m de profundidad y que invierte la dirección de su flujo estacionalmente de acuerdo a la dirección del viento. Por debajo de esta capa superficial y hasta los 250 m se encuentra una capa intermedia que fluye hacia fuera del golfo y finalmente una capa entre los 250 m y 500 m que fluye hacia dentro del golfo (Bray, 1988).

## MATERIAL Y METODOS

El material ictioplanctónico proviene de 10 cruceros oceanográficos (Figura 2a, b, c, d, y 3a, b, c, d, e, f) realizados entre 1984 y 1988 en el Golfo de California (Tabla 1), por el personal del Departamento de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR. Los muestreos se realizaron de acuerdo a la metodología de Smith y Richardson (1979) con una red cilindro-cónica tipo "Bongo"

de 3 metros de longitud, mangas de 505 y 333 $\mu$ m luz de malla, diámetro de boca de 0.6 m, equipada con flujómetros digitales para determinar el volumen de agua filtrado. Los lances de la red se realizaron a una profundidad máxima de 250 m dependiendo de la profundidad de la estación de muestreo.

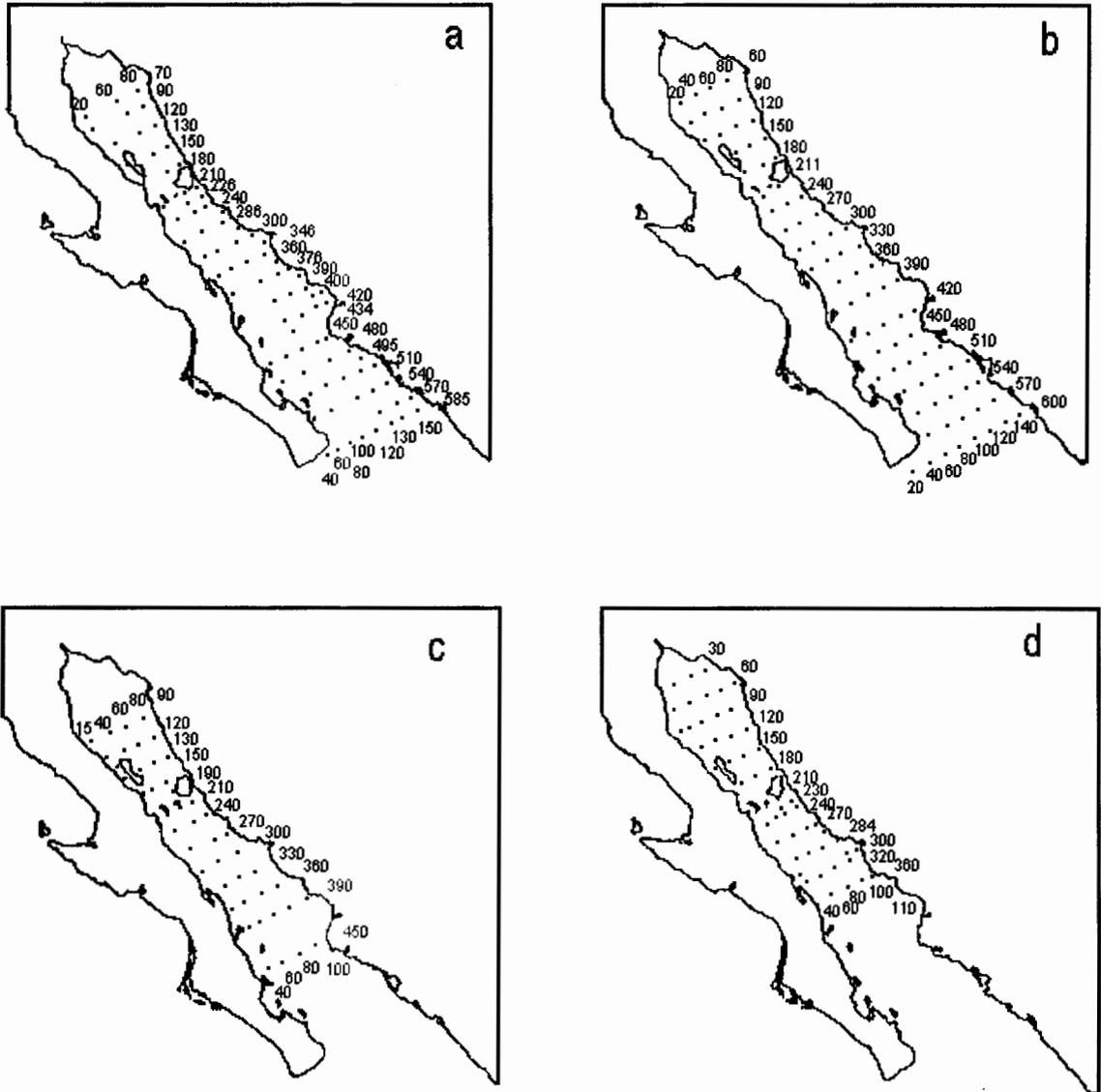


Figura 2.- Cobertura de los cruceros: (a) GOLCA 8404; (b) GOLCA8407; (c) GOLCA 8412, y (d) GOLCA 8504

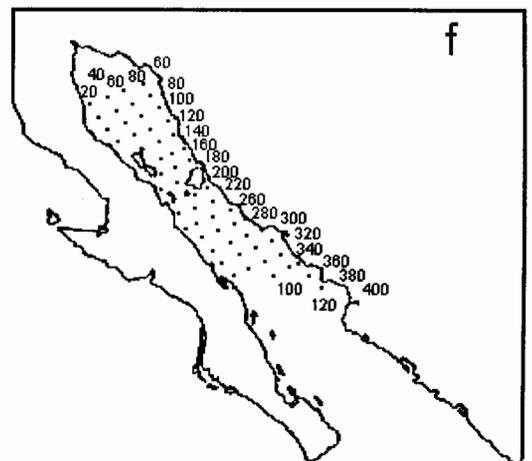
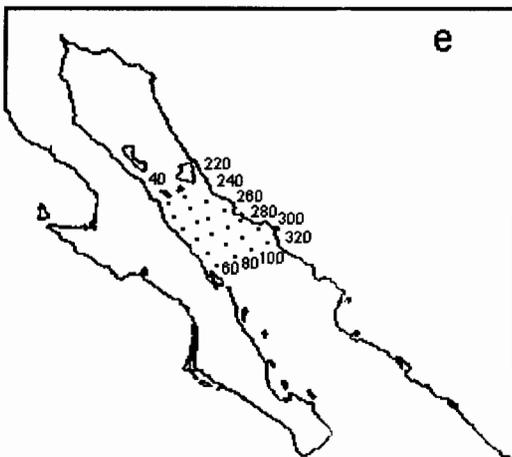
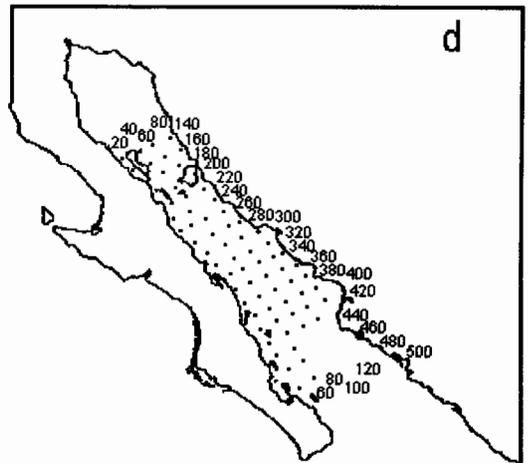
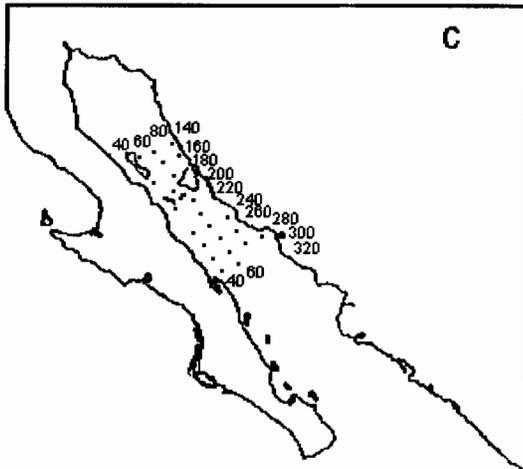
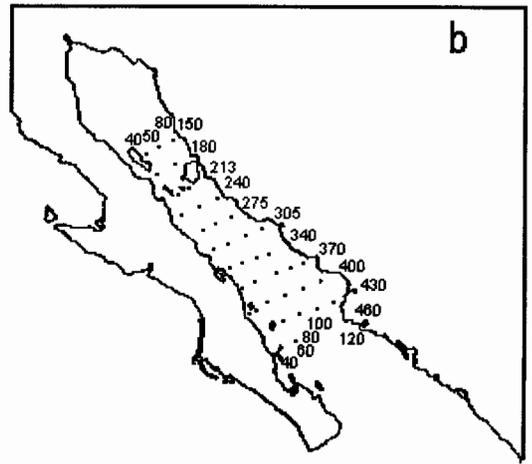
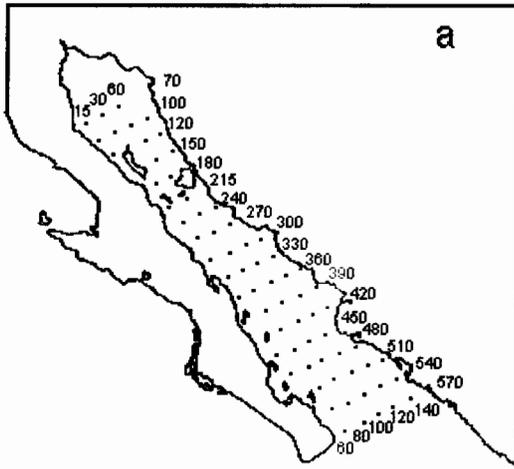


Figura 3.- Cobertura de los cruceros: (a) GOLCA 8606; (b) GOLCA 8608; (c) GOLCA 8611; (d) GOLCA 8709; (e) GOLCA 8711 y (f) GOLCA 8802

Tabla 1.- Cobertura y fecha de los cruceros realizados en el Golfo de California entre 1984 a 1988

CRUCERO	FECHA	No. DE ESTACIONES
GOLCA 8404	marzo-abril de 1984	88
GOLCA 8407	julio-agosto	76
GOLCA 8412	noviembre-diciembre de 1984	43
GOLCA 8504	marzo-abril de 1985	53
GOLCA 8606	junio de 1986	70
GOLCA 8608	agosto de 1986	38
GOLCA 8611	noviembre de 1986	22
GOLCA 8709	septiembre de 1987	69
GOLCA 9711	noviembre de 1987	21
GOLCA 8802	febrero de 1988	56

Las muestras de zooplancton fueron fijadas con formaldehído al 4% y neutralizado con una solución saturada de borato de sodio. La temperatura superficial en la mayoría de los casos fue registrada con termómetros de cubeta. Sólo para el crucero GOLCA 8606, ésta se midió con termómetros reversibles.

Las larvas de atunes fueron extraídas en su totalidad de las muestras obtenidas en la manga de 505µm de luz de malla, la medición de los organismos se realizó con la ayuda de un microscopio estereoscópico provisto de un micrómetro; posteriormente fueron agrupados en categorías de acuerdo al estadio de desarrollo: Preflexión, Flexión, Posflexión (Kendall et al., 1984) y Transformación (Moser, 1996).

Para llevar a cabo el reconocimiento de las larvas de *Euthynnus lineatus* (barrilete negro) se emplearon las siguientes características: cabeza relativamente larga (alrededor del 37% del total de la longitud del cuerpo), la boca es grande y contiene cerca de 8 dientes en cada mandíbula. La parte abdominal es corta y de forma triangular y el ano se localiza cerca de la mitad del cuerpo, el número total de miómeros es de 37 incluyendo el urostilo, así como el patrón de pigmentación, el cual consta de pequeñas manchas redondas en el cerebro anterior, en el cerebro medio, en la sínfisis del cleitro y cerca de la apertura anal. En organismos entre los 3.0 y 6.9 mm de LP se observa pigmentación en forma de pequeños guiones a lo largo de la mandíbula inferior y otros en forma de pequeños puntos en la parte ventral del cuerpo, desde el origen de la aleta anal hasta la base de la aleta caudal (Matsumoto, 1951; Mead, 1951; Fritzsche, 1978; Yoshida, 1979; Collette et al., 1984 y Uchida, 1981).

Para el caso del reconocimiento de las larvas del género *Auxis* se utilizaron como base las siguientes características: presentan 39 miómeros, 12 preanales y 27 postanales, la boca es relativamente corta con pequeños dientes, los cuales pueden variar de número. El abdomen es corto y en forma de un pequeño triángulo, la pigmentación se presenta en toda la región abdominal, en el cerebro anterior, central y posterior; se localiza un pigmento en la parte anterior a la zona anal, así como en la sínfisis del cleitro (Clothier, 1950; Matsumoto, 1951; Jones y Silas, 1962; Yosida y Nakamura, 1965 y Collette et al., 1984).

Se propusieron dos métodos alternos, para llevar a cabo la diferenciación específica de las larvas del genero *Auxis*: El método **Morfológico** y el método **Estadístico**.

**MÉTODO MORFOLÓGICO.**- Este método fue dividido en tres partes, con la finalidad de encontrar algunas proporciones, así como estructuras y formas que nos permitieran identificar grupos de larvas, para lo cual se utilizaron características morfométricas, merísticas y de referencia.

### 1. Características morfométricas (Figura 4).

- 1.a) Longitud patrón (LP).- Distancia horizontal que va desde la punta del hocico hasta el extremo posterior del notocordio.
- 1.b) Longitud cefálica (LC).- Distancia horizontal, que va desde la punta del hocico hasta el margen posterior del opérculo.
- 1.c) Longitud preanal (LPA).- Distancia horizontal que va desde la punta del hocico hasta el borde posterior del ano.
- 1.e) Altura de la cabeza (AC).- Distancia vertical que va del supraoccipital (margen dorsal) al itmo.
- 1.f) Altura máxima del cuerpo (MC).- Distancia vertical que va de la parte posterior del supraoccipital hasta el margen ventral de la masa viseral (abdomen).
- 1.g) Altura del pedúnculo (AP).- Distancia vertical de va del margen ventral a la margen dorsal del pedúnculo caudal.
- 1.h) Diámetro del ojo (DO).- Distancia que va del margen anterior al posterior del ojo.
- 1.i) Distancia del hocico al ojo (HO).- Distancia horizontal que va desde la punta del hocico hasta el margen anterior del ojo.

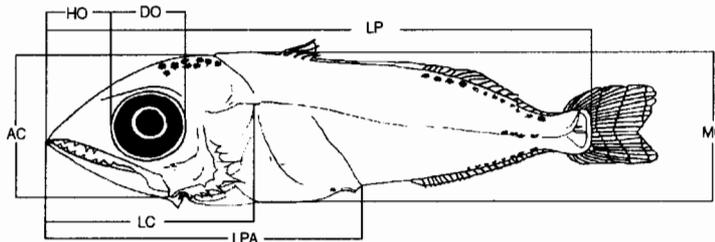


Figura 4.- Características morfométricas utilizadas

### 2. Características merísticas.

- 2.a) Número de espinas preopéculares.
- 2.b) Número de espinas opéculares.

### 3. Características de referencia.

- 3.a) Posición de la mandíbula con respecto al ojo (PM)- El ojo se dividió verticalmente en tres zonas; anterior, centro y posterior tomando como base el cristalino, para ubicar la colocación posterior de la mandíbula (Fig. 5a).
- 3.b) Posición del hocico con respecto al ojo (PH).- El ojo se dividió horizontalmente en tres zonas; superior, centro e inferior, tomando como base el cristalino de ojo, para ver a que altura se ubica la punta del hocico (Fig. 5b).

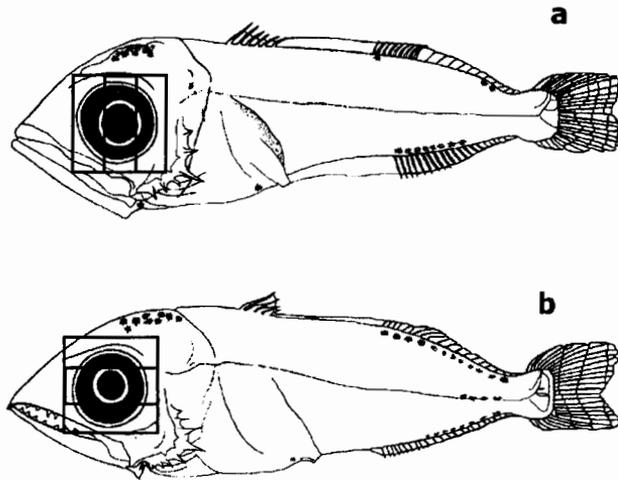


Figura 5.- División del ojo; a) Posición de la mandíbula; b) Posición del hocico

### MÉTODO ESTADÍSTICO

En este método se combinaron características morfométricas (LC, AC, DO y HO) y características de referencia (PH) a través del método multivariado de análisis discriminante diseñado para encontrar funciones de clasificación. Dicho método prueba el valor potencial que pueden tener algunas características morfométricas ó de referencia en la separación de grupos asignados a priori, en este caso las especies.

El análisis de discriminantes (AD) se basa en matrices de correlación, para determinar el grado en que los diferentes grupos se sobrepone o divergen entre sí (Sokal y Rohlf, 1979). Funciona con base en una selección de variables discriminantes que miden características en las que se espera que los grupo difieran.

Dicho método, pondera y combina linealmente las variables discriminantes, maximizando las diferencias entre los grupos en el espacio multivariado de las variables morfométricas.

Las combinaciones lineales que resultan, son llamadas funciones discriminantes o de clasificación, y el número de funciones será igual a  $n-1$  grupos procesados. La función discriminante puede realizarse de 2 formas: la primera es por pasos, en donde las variables se van incluyendo en el análisis de acuerdo a sus poder discriminante, y el segundo se hace de forma directa, en donde las variables se incluyen en conjunto para elaborar las funciones discriminantes, sin considerar el valor discriminante de cada variable, al irse combinando con las demás que ya han sido incluidas (Klecka, 1975).

En este trabajo se tomó la segunda opción, debido a que ya se tenía una idea de cuáles eran algunas de las características que permitirían una segregación entre los dos grupos procesados.

La importancia relativa de la función se puede determinar por medio de su propio valor o "eingevalor" ya que mide la varianza total de la variables discriminantes. La razón de  $F$ , que es en este caso la prueba multivariante general de las diferencias entre las medias de las funciones discriminantes de un grupo dado o de centroides; proporciona una medida de la discriminación entre grupos y determinará si una variable debe ser incluida o no en la función, con base en su poder discriminante.

## ESTRUCTURAS OSEAS

Adicionalmente se analizaron las características óseas y cartilaginosas de las larvas de *Auxis* en los estadios de preflexión, flexión, posflexión y transformación, a través de la técnica de transparentación descrita por Potthoff (1984), para tratar de encontrar las diferencias específicas entre los grupos de larvas.

Asimismo, con fines comparativos se utilizaron ejemplares prejuveniles del género *Auxis* de la región de Panamá, proporcionados por el Dr. Robert Olson del la Comisión Interamericana del Atpun Tropical, así como esqueletos en etapa juvenil extraídos de estómagos de Marlin Negro (*Makaira indica*) capturados en la región de la Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, donados por el Dr. Felipe Galván Magaña del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

## NORMALIZACIÓN DE DATOS

La estandarización de los cruceros analizados fue realizada por el personal del Departamento de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR-IPN. Con los valores del factor estándar de arrastre (FEA), se normalizó el número de larvas por especie obtenidas por estación para cada una de los cruceros, a una superficie marina de 10 m<sup>2</sup> según la metodología de Smith y Richardsom (1979),

siguiendo la fórmula:

$$C = (cd/ab) * 10$$

Donde:

- C = Número de organismos en 10 m<sup>2</sup> de superficie marina
- a = Area de la boca de la red en metros cuadrados
- b = Largo de la trayectoria de arrastre en metros
- c = Número de organismos en la muestra
- d = Profundidad de lance

Con los valores de la abundancia larval normalizada se elaboraron mapas de distribución cuantitativa de larvas de atunes para cada especie en cada uno de los cruceros, de acuerdo a una escala logarítmica base 10, estableciéndose las siguientes categorías:

CATEGORIA	DENSIDAD
Muy bajas	0.1-1 (no. org en 10m <sup>2</sup> de sup.mar.)
Bajas	1.1-10 “ “
Medias	10.1-100 “ “
Altas	100.1-1000 “ “

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo de las abundancias larvales entre los cruceros, se dividió el Golfo de California en tres grandes regiones, aunque la división fue de manera arbitraria se consideró la cobertura del muestreo, así como las características oceanográficas que se presentan en el golfo; la región Norte se encuentra dividida del resto del Golfo, debido a una barrera hidrográfica natural, que impide en condiciones normales el paso de las formas de origen tropical hacia la cabecera del golfo, la región Central se caracteriza por presentar zonas de surgencias en ambos litorales de la costa occidental y oriental, con diferencias notables en su plataforma tanto continental como en la peninsular, y en la región Sur se presenta una estructura hidrográfica compleja, donde convergen tres diferentes masas de agua (Roden, 1984; Roden y Emilson, 1980 y Brinton et al., 1986), tomando estos criterios se establecieron las siguientes regiones (Figura 6):

**REGION NORTE.**- Comprende el norte del Golfo de California, desde altura de Pto. Peñasco, Sonora y San Felipe, B.C. (Línea 60), al norte, hasta el sur de las grandes islas (Línea 210).

**REGION CENTRO.**- Comprende el centro del Golfo de California, desde el sur de las grandes islas (Línea 210), hasta una línea imaginaria entre la parte sur de la isla San José y Topolobampo, Sin. (Línea 430).

**REGION SUR.** Comprende el sur del Golfo de California, desde una línea imaginaria de la parte norte de la isla San José y Topolobampo, Sin. (Línea 430), hasta la entrada de la boca del Golfo de California, en una línea imaginaria entre El Dorado, Sinaloa y el sur de Cabo San Lucas, B.C.S. (hasta la Línea 600).

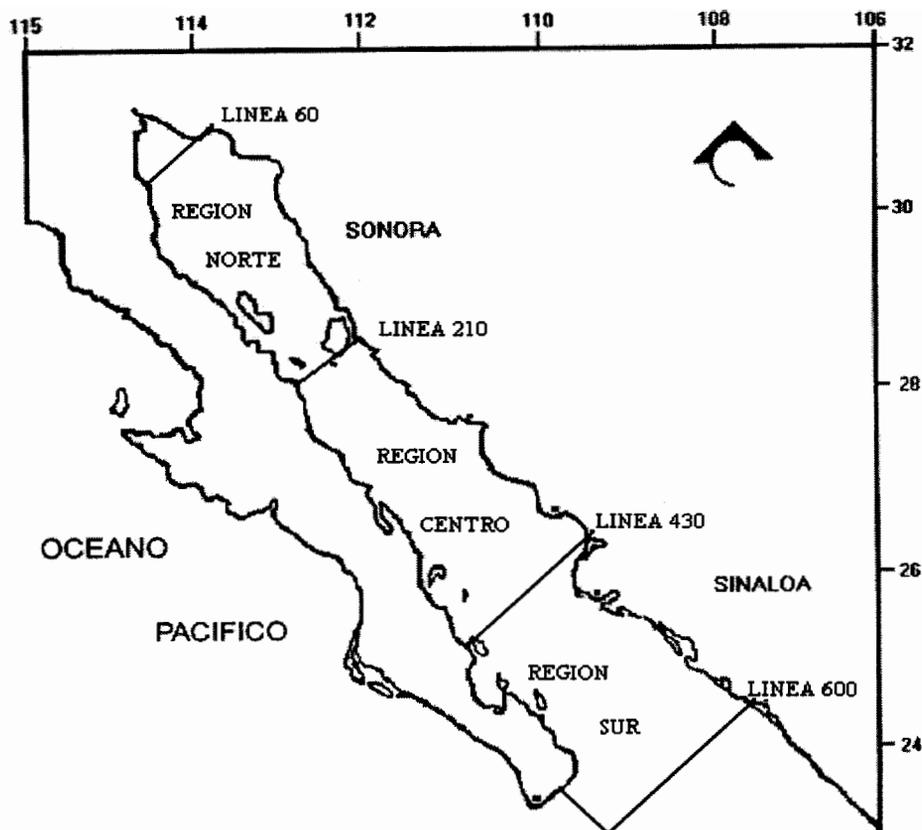


Figura 6.- División del Golfo de California por regiones

## ÍNDICE LARVAL

Se calcularon los índices de abundancia larval por especie y por región, de acuerdo a la metodología de Smith y Richardson (1979), por medio de la fórmula:

$$IL = [(\sum Ci/Nli) * (Nli/Nti)] * (UA)$$

Donde:

IL = Índice larval

Ci = Número total de larvas en la región i

Nli = Número de estaciones positivas de la región i

Nti = Número total de estaciones para la región i

UA = Número de unidades de área (número de áreas de 10 m<sup>2</sup> que existen dentro de cada región de muestreo)

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS MARINAS

**BIBLIOTECA**

**I.P.N.**

**DONATIVO**

Las unidades de área se calcularon partiendo de que cada una de las estaciones representa una área determinada, la cual está en función de la distancia que existe entre una estación y otra, considerando que entre cada estación existe una distancia de 20 millas náuticas, el área teórica que representa cada una de ellas es de 400 m<sup>2</sup>. De esta forma, el área teórica muestreada en cada crucero se calculó a partir de la sumatoria del área que representa cada estación de muestreo. Las áreas calculadas de muestreo por región para cada una de los cruceros se presentan en la tabla 2.

Tabla 2- Áreas calculadas para cada una de las regiones del Golfo de California por crucero

CRUCEROS	REGIONES DE MUESTREO		
	NORTE	CENTRO	SUR
GOLCA 8404	3.6E+9	5.9E+9	5.8E+9
GOLCA 8407	3.6E+9	5.9E+9	6.8E+9
GOLCA 8412	3.1E+9	5.2E+9	5.4E+9
GOLCA 8504	4.01E+9	4.4E+9	*****
GOLCA 8606	3.4E+9	5.9E+9	5.8E+9
GOLCA 8608	1.1E++9	5.9E+9	5.4E+9
GOLCA 8611	1.1E+9	2.9E+9	*****
GOLCA 8709	1.1E+9	5.9E+9	1.7E+9
GOLCA 8712	*****	2.9E+9	*****
GOLCA 8802	3.6E+9	4.7E+9	*****

\*\*\*\*sin datos

## ABUNDANCIA LARVAL CON RESPECTO A LA TEMPERATURA SUPERFICIAL

Para establecer el patrón de distribución de la temperatura superficial en el Golfo de California, se construyeron mapas con la distribución de las isotermas superficiales a través del programa GOLDEN GRAPHYCS, utilizando los registros de temperatura de cada estación de muestreo para cada uno de los cruceros.

Para obtener la temporalidad de la abundancia larval de los atunes en el Golfo de California y la temperatura superficial del mar, se tomaron en cuenta los valores promedio de cada crucero para todo el periodo de estudio de 1984 a 1988, agrupándolos conforme a los meses del año. El índice larval se utilizó con el fin de hacer comparaciones entre las tres regiones en que fue dividido el golfo, para establecer cual de las tres presenta la mayores concentraciones de larvas.

Para conocer las preferencias térmicas de las larvas de atunes recolectadas en el golfo durante el periodo de estudio, se sumaron las abundancias larvales por grado centígrado de la temperatura superficial registrada.

# RESULTADOS

## RECONOCIMIENTO ESPECÍFICO DE LARVAS DE ATUNES

Se reconocieron tres tipos de larvas de atunes en el Golfo de California entre 1984 y 1988. De acuerdo a los criterios de identificación empleados, se reconoció a *Euthynnus lineatus* y a dos tipos de *Auxis*.

Los resultados obtenidos en la identificación específica para larvas del género *Auxis*, para cada uno de los métodos propuestos, fueron los siguientes:

### MÉTODO MORFOLÓGICO

Este método fue aplicado a 198 larvas con un intervalo de tallas entre los 2.6 mm y los 6.8 mm de LP, y en el cual se incluyeron larvas en estadios de preflexión hasta posflexión.

#### 1. Características morfométricas

De acuerdo con el análisis de las características morfométricas como: Altura máxima del cuerpo (MC), altura del pedúnculo (AP), Longitud patrón (LP), Longitud preanal (LPA), Longitud cefálica (LC), Altura de la cabeza (AC), Diámetro del ojo (DO) y Distancia del hocico al ojo (HO) (Figura 4), que se tomaron en cuenta en este método, sólo se registraron diferencias importantes entre la LC vs AC y entre la DO vs HO, permitiendo de esta manera identificar de una manera empírica a dos grupos de larvas, a las cuales se les designó tentativamente como *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II.

En las larvas agrupadas como *Auxis* TIPO I, se encontró que la LC es muy aproximada a la AC, y la DO es igual a HO. En las larvas que fueron ubicadas en el grupo *Auxis* TIPO II, la LC es mayor que la AC, y la DO es ligeramente menor a HO (Tabla 3).

Tabla 3. Características morfométricas

	No. ORGANISMOS	LC vs AC			DO vs HO		
		LC<AC %	LC=AC %	LC>AC %	DO<HO %	DO=HO %	DO>HO %
<i>Auxis</i> TIPO I	82	2.48	<b>89.02</b>	8.5	12.2	<b>80.5</b>	7.3
<i>Auxis</i> TIPO II	51	4	13.7	<b>82.3</b>	<b>76.5</b>	17.6	9.4

## 2. Características merísticas

Para esta parte del método se revisaron 2 características merísticas: número de espinas preoperculares y número de espinas operculares, provenientes de organismos con tallas entre los 2.6 y 7.0 mm de LP.

2.a) **Número de espinas del preopérculo.**- En las larvas menores a los 3.0 mm de LP no se observaron éstas estructuras en ambos tipos, mientras que en larvas mayores a los 3.4 mm LP se encontró que tanto en *Auxis* TIPO I como en *Auxis* TIPO II, están presentes tres pequeñas espinas.

2.b) **Número de espinas del opérculo.**- En organismos con tallas entre 4.0 y 7.0 mm de LP se observó diferencias en el número de espinas entre los dos tipos, en *Auxis* TIPO I, el número más frecuente es de 5 a 6 espinas pudiendo en algunos caso llegar hasta 7, mientras que en *Auxis* TIPO II, la frecuencia en que se presentaron estuvo entre 7 a 9 espinas.

## 3. Características de referencia

a) **Posición de la mandíbula con respecto al ojo.**- Esta característica se observó en larvas mayores a los 3.5 mm de LP desde la flexión hasta la posflexión. En larvas reconocidas como *Auxis* TIPO I, la posición de la parte posterior de la mandíbula con respecto al ojo se localizó a la altura de la zona central, mientras que en larvas del grupo *Auxis* TIPO II, se observó a la altura de zona posterior del ojo (Tabla 4).

b) **Posición de la punta del hocico con respecto al ojo.**- Esta característica se registró a partir de larvas en estadio de preflexión tardía (tallas mayores a los 3.5 mm de LP). En el caso de las larvas reconocidas como *Auxis* TIPO I, se determinó que en el mayor porcentaje de ellas, la punta del hocico se encontró a la altura de la zona central del ojo, y en *Auxis* TIPO II se localizó en la zona inferior del ojo (Tabla 4).

Tabla 4. Características de referencia

	No.org.	POSICION DEL HOCICO CON RESPECTO AL OJO				POSICION DE LA MANDIBULA RESPECTO AL OJO			
		NO DETERMINADO %	SUPERIOR %	CENTRO %	INFERIOR %	NO DETERMINADO %	ANTERIOR %	CENTRO %	POSTERIOR %
<i>Auxis</i> TIPO I	134	18.7	---	81.3	---	15	---	85	---
<i>Auxis</i> TIPO II	64	15.6	---	---	84.4	18.7	---	---	81.3

## MÉTODO ESTADÍSTICO

En este método se combinaron características morfométricas (LC, AC, DO y HO) y de referencia (PM) de 119 larvas con una longitud patrón entre 3.0 y 7.0 mm, las cuales fueron estandarizadas a unidades de LP a través de dos corrimientos del Análisis de Discriminantes (AD).

En el primer AD se utilizaron 65 ejemplares de *Auxis* TIPO I y 54 de *Auxis* TIPO II, con 3 características morfométricas, LC, AC y DO. Los resultados mostraron que de los 65 organismos sometidos de *Auxis* TIPO I, 53 fueron separados correctamente con el 81.54% de clasificación, mientras que, en *Auxis* TIPO II, 44 de los 54 organismos sometidos se separaron correctamente, obteniendo así el 81.48% de clasificación (Tabla 5). El valor propio o "eigenvalor" de la función discriminante fue de 0.52057 el cual explicó el 100% de la varianza total existente en las variables discriminantes, con una  $X^2 = 48.404$  y una  $P < 81\%$ , lo que proporcionó una buena confiabilidad en el análisis.

Tabla 5. Combinación de características morfométricas (LC, AC y DO) de *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II

GRUPO OBSERVADO	GRUPO CALCULADO (PORCENTAJE)		
	<i>Auxis</i> TIPO I	<i>Auxis</i> TIPO II	TOTAL DE ORGANISMOS
I	81.54% (53)	18.46% (12)	65 100%
II	18.52% (10)	81.48% (44)	54 100%

En el segundo AD, se sometieron 4 características morfométricas (LC, AC, DO y HO), más una característica de referencia (PM), a la cual se le asignó un valor arbitrario y se estandarizaron a unidades de LP a 65 organismos de *Auxis* TIPO I y 54 de *Auxis* TIPO II.

De acuerdo, con esta combinación de variables, se obtuvo para *Auxis* TIPO I, que 63 organismos se separaron correctamente, obteniendo el 96.92% de clasificación, mientras que, para *Auxis* TIPO II se obtuvo el 100 % de clasificación (Tabla 6). El valor propio o "eigenvalor" de la función discriminante fue de 2.9345 el cual explicó el 100% de la varianza total existente en las variables discriminantes, con una  $X^2 = 156.842$  y  $P < 95\%$ , lo que proporcionó la mayor confiabilidad encontrada para éste tipo de análisis.

Tabla 6. Combinación de características morfométricas (LC, AC, DO y HO) y de referencia (PM) de *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II

GRUPO OBSERVADO	GRUPO CALCULADO (PORCENTAJE)		
	<i>Auxis</i> TIPO I	<i>Auxis</i> TIPO II	TOTAL DE ORGANISMOS
I	96.92% (63)	3.08% (2)	65 100%
II	0%	100% (54)	54 100%

Las puntuaciones discriminantes calculadas a partir de la combinación de las características morfométricas y de referencia fueron graficadas, mostrando la segregación entre *Auxis* TIPO I con un valor del centroide de 1.5482 y *Auxis* TIPO II un valor del centroide de -1.8636 (Figura 7).

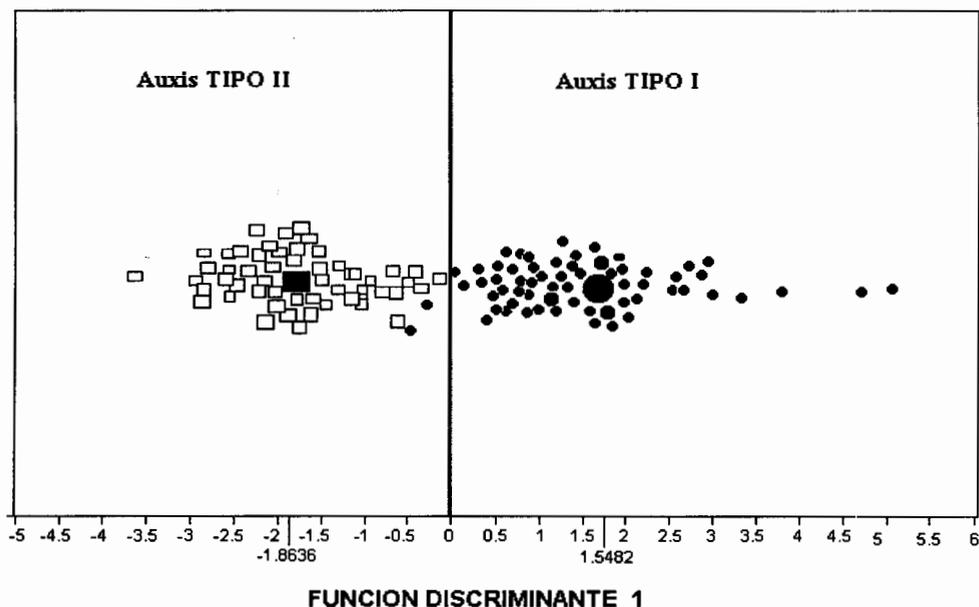


Figura 7.- Separación de *Auxis* TIPO I (centroide ● 1.5482) y *Auxis* TIPO II. (centroide ■ -1.8636) a través de una combinación de variables discriminantes: LC, DO, HO, AC y PM.

La función de clasificación derivada del análisis comparativo entre *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II quedó formada por 5 variables con sus respectivos coeficientes estandarizados:

$$A = -0.10755 (LC) + -0.09909 (DO) + 0.31766 (AC) + -0.19034 (HO) + 0.95795 (PH)$$

Con ésta función se puede obtener un valor de clasificación (A) para larvas del género *Auxis*, y determinar a que tipo corresponden: los valores positivos corresponderán al *Auxis* TIPO I, y valores negativos corresponderán al *Auxis* TIPO II.

## DESARROLLO OSTEOLÓGICO

El seguimiento del desarrollo osteológico de las larvas de *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II se realizó con organismos desde el estadio de preflexión hasta la posflexión, con tallas entre los 2.6 y los 7.0 mm de LP aproximadamente. Asimismo, los organismos que estaban en la fase final de la etapa de postflexión con tallas de más de 7.1 mm de LP y los menores a los 17.3 mm de LP, se incluyeron en la fase de transformación. Las diferencias encontradas en ambos tipos están referidas a la

aparición y desarrollo de estructuras óseas, principalmente en la región caudal y abdominal. El desarrollo osteológico de ambos tipos se presenta a continuación:

### **Larvas en preflexión**

#### ***Auxis* TIPO I**

Se observó que en larvas menores a los 3.1 mm de LP, el preopérculo no presentó procesos óseos que indicarán la formación de espinas, mientras que en el opérculo presentó tres espinas. Cuando las larvas habían alcanzado los 3.8 mm de LP, el número de espinas en la región del preopérculo y del opérculo fue de 3, la diferencia es que en esta última región las estructuras fueron de mayor tamaño.

#### ***Auxis* TIPO II**

Las larvas con tallas de 2.6 mm de LP presentaron una espina tanto en el preopérculo como en el opérculo. Cuando alcanzaron los 3.1 mm de LP el número de espinas aumentó a 2 en el preopérculo y a 3 en el opérculo. En larvas que habían alcanzado los 3.4 mm de LP el número de espinas se igualó a 3 en ambas estructuras.

### **Larvas en flexión**

#### ***Auxis* TIPO I**

Cuando alcanzaron las larvas esta etapa de desarrollo, el número de espinas en el opérculo varió entre 6 y 7, en la mayoría de los casos la espina central fue la más grande, mientras que en el preopérculo el número de espinas se siguió manteniendo en 3.

En las larvas que alcanzaron tallas superiores, entre los 5.0 y 5.6 mm de LP, se observó en la región caudal el inicio de osificación del esqueleto, principalmente en el urostilo (Figura 8a). Cuando las larvas alcanzaron tallas de aproximadamente 6.0 mm de LP, se presentó osificación de la parte central del urostilo y de los hipurales 1 y 2, así como algunos de los radios de la aleta caudal (Figura 8b).

#### ***Auxis* TIPO II**

Como en el caso anterior, las espinas operculares se incrementaron en número, llegando a presentarse de 7 a 8 según la talla, siendo la espina central (número 4) la más desarrollada, mientras que en el preopérculo se mantuvo en 3 el número de espinas. En larvas con tallas mayores a los 5.0 mm de LP, se registró el inicio de la osificación principalmente de la región caudal, en donde el urostilo junto con algunos de los elementos de la placa hipúrica fueron los primeros en evidenciarse, así como algunas de las últimas vértebras (de la 36 a la 38) que estaban ligeramente diferenciadas (Figura 9a). Cuando las larvas alcanzaron tallas mayores a los 5.6 mm de LP, el grado de osificación fue más evidente, observándose estructuras bien diferenciadas como el urostilo, los huesos hipurales 1 y 2, así como algunos de los radios de la aleta caudal (Figura 9b).

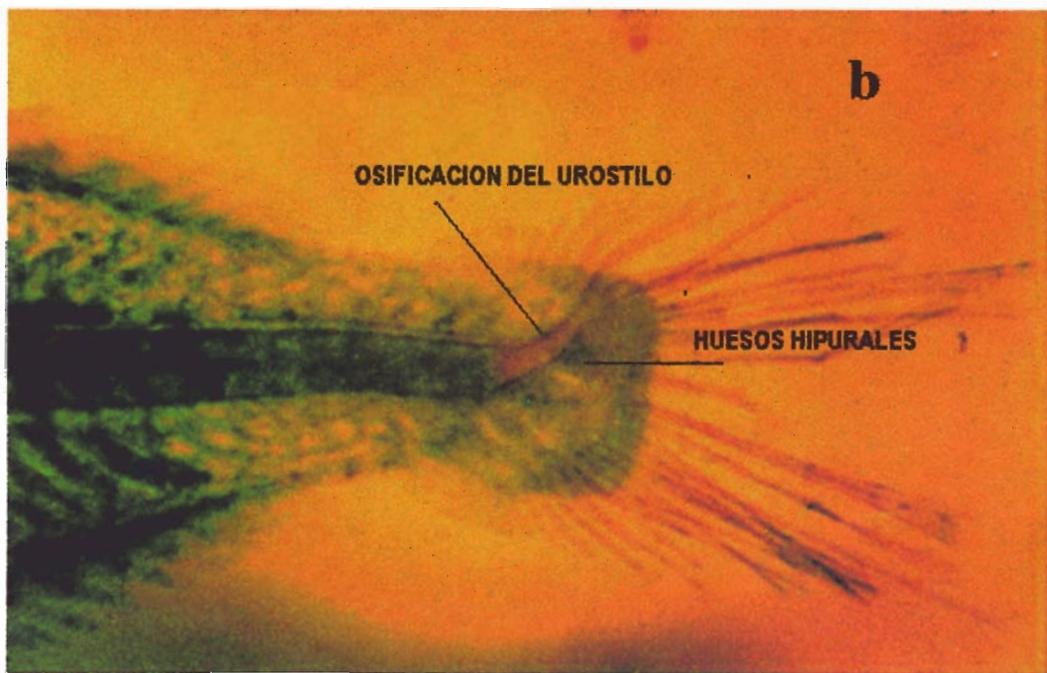
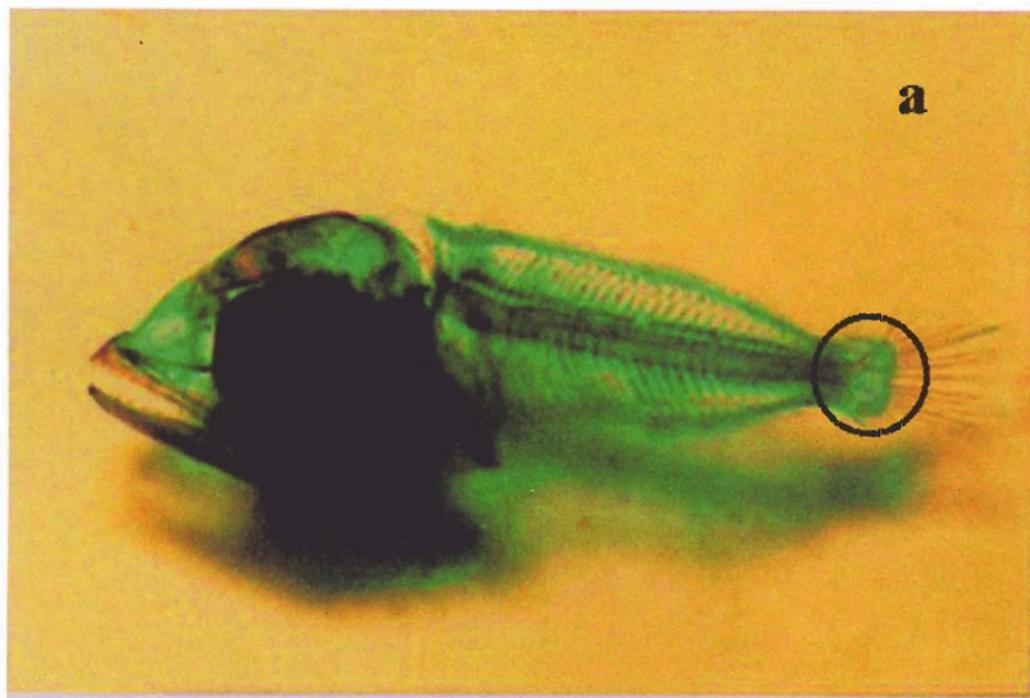


Figura 8-Esqueleto de la región caudal de *Auxis* Tipo I en etapa de flexión: a) Osificación inicial a los 5.6mm de LP, y b) Osificación del urostyle y los hipurales 1 y 2 a los 6.0 mm de LP.

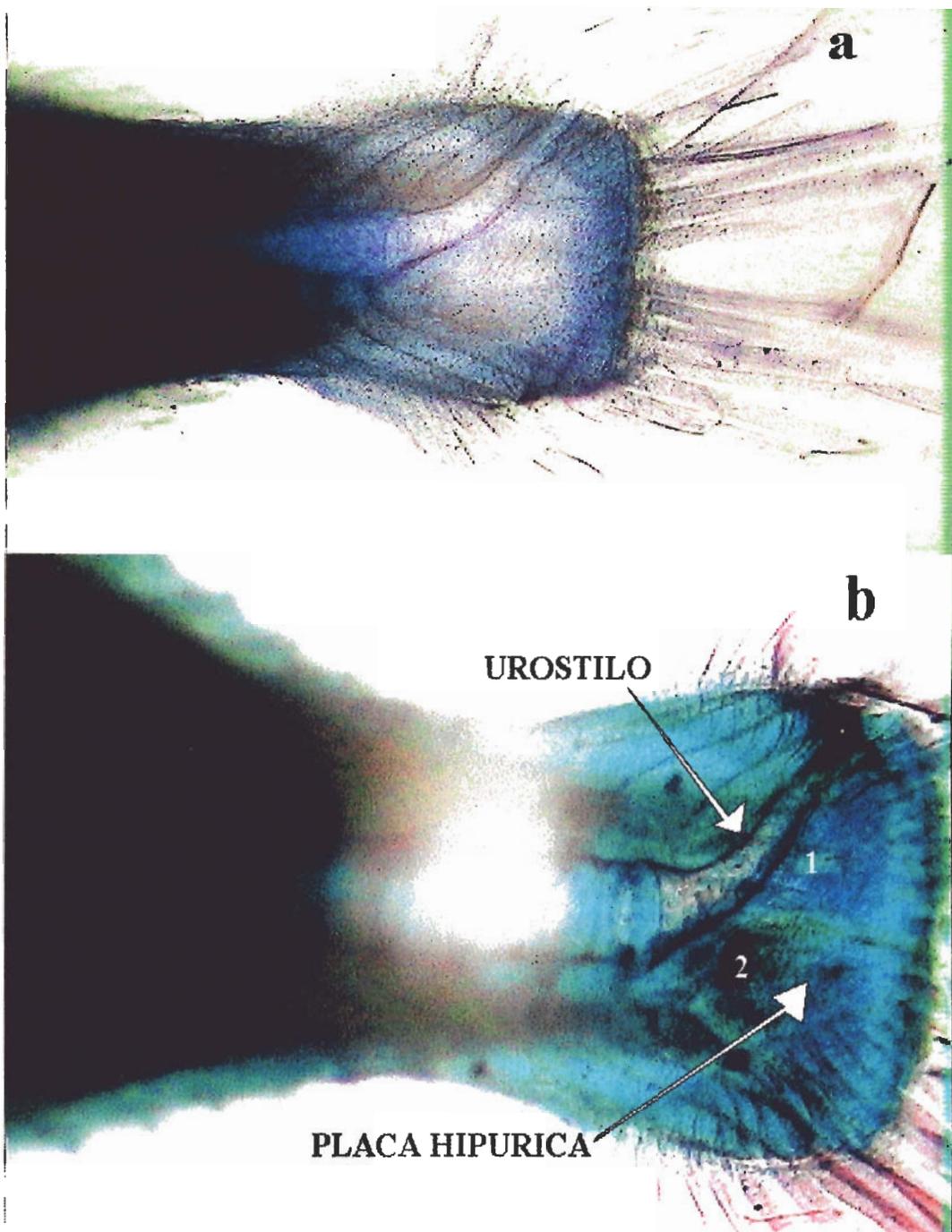


Figura 9.- Esqueleto de la región caudal de *Auxis* Tipo II en etapa de flexión: a) Osificación inicial de la región caudal a los 5.0 mm de LP, y b) Osificación del urostilo y los hipurales 1 y 2, a los 5.6 mm de LP

## Larvas en posflexión

### *Auxis* TIPO I

Cuando las larvas de *Auxis* TIPO I, alcanzaron tallas entre los 6.1 y los 7.9 mm de LP, se observó una incipiente osificación en todas las vértebras.

La región caudal fue la parte que presentaba una mayor osificación, en donde los hipurales 1, 2 y 3 se encontraron ya diferenciados y empezaban a formar lo que posteriormente sería la placa hipúrica, el urostilo mostraba una mayor osificación, los radios de las aletas dorsal ( $\pm 6$ ) y anal ( $\pm 7$ ) eran más evidentes, y el número de radios de la aleta caudal ( $\pm 8$ ), se mantuvo igual que en la etapa anterior (Figura 10a).

### *Auxis* TIPO II

En larvas que presentaron tallas entre los 6.0 y 7.8 mm de LP se observó como en el caso anterior a las larvas del tipo I, una incipiente osificación de todas las vértebras. En la región caudal, continuaron desarrollándose los elementos caudales (hipural 1, 2 y 3). Además se observó un incipiente desarrollo del parahipural; igualmente se comenzaron a manifestar los radios de las aletas dorsal (7), anal ( $\pm 8$ ) y caudal ( $\pm 9$ ), así como la osificación inicial de las vértebras caudales (37, 38 y 39 incluyendo el urostilo) (Fig. 10b).

## Larvas en transformación

### *Auxis* TIPO I

Durante esta etapa en que las larvas alcanzaron tallas de aproximadamente 8.0 mm de LP sucedieron varios eventos importantes. A partir de éstas tallas, la osificación del urostilo fue mayor, la placa hipúrica se hizo más evidente y los elementos que la constituyen se diferenciaron uno de otro.

Cuando los organismos presentaron tallas de entre 9.0 y 13.0 mm de LP la placa hipúrica estuvo formada por los hipurales 1, 2 y 3 (al parecer el hipural 1 y 2 se fusionan posteriormente), el parahipural se diferenció y las vértebras caudales comenzaron a presentar sus procesos hemales y neurales. (Figura 11a).

Cuando los organismos de *Auxis* TIPO I, alcanzaron tallas de aproximadamente 15.0 mm de LP la primera parapófisis se registró en la vértebra 8 (Figura 11b) y el primer arco hemal se observó en la vértebra 14 (Figura 12a) y el primer proceso hemal en la vértebra 21 (Figura 12b) (Tabla 7).

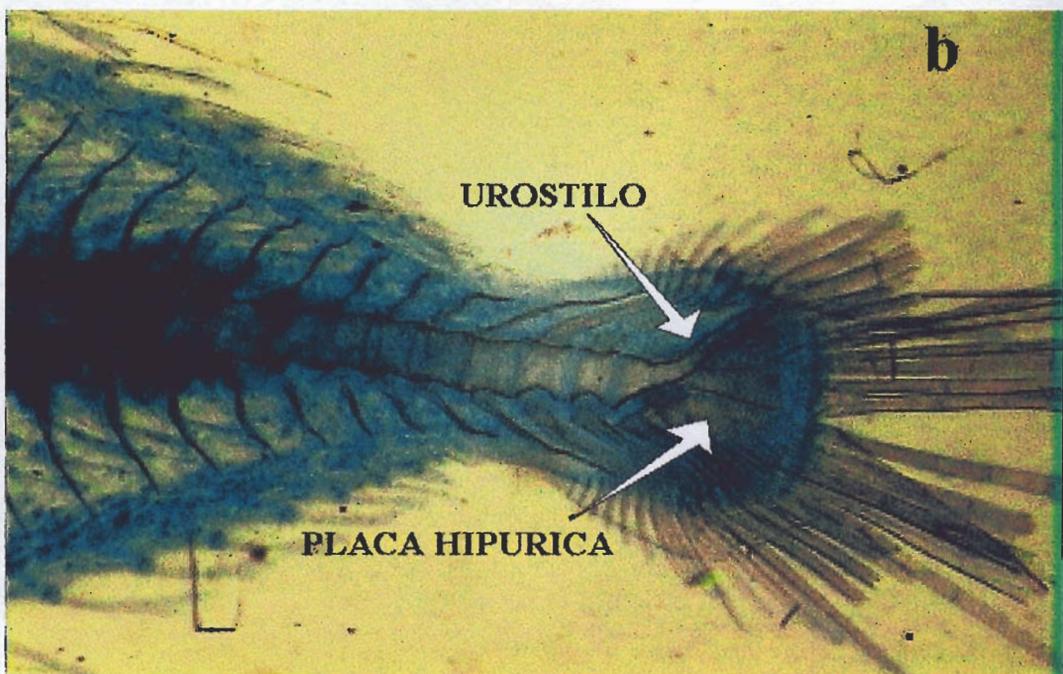
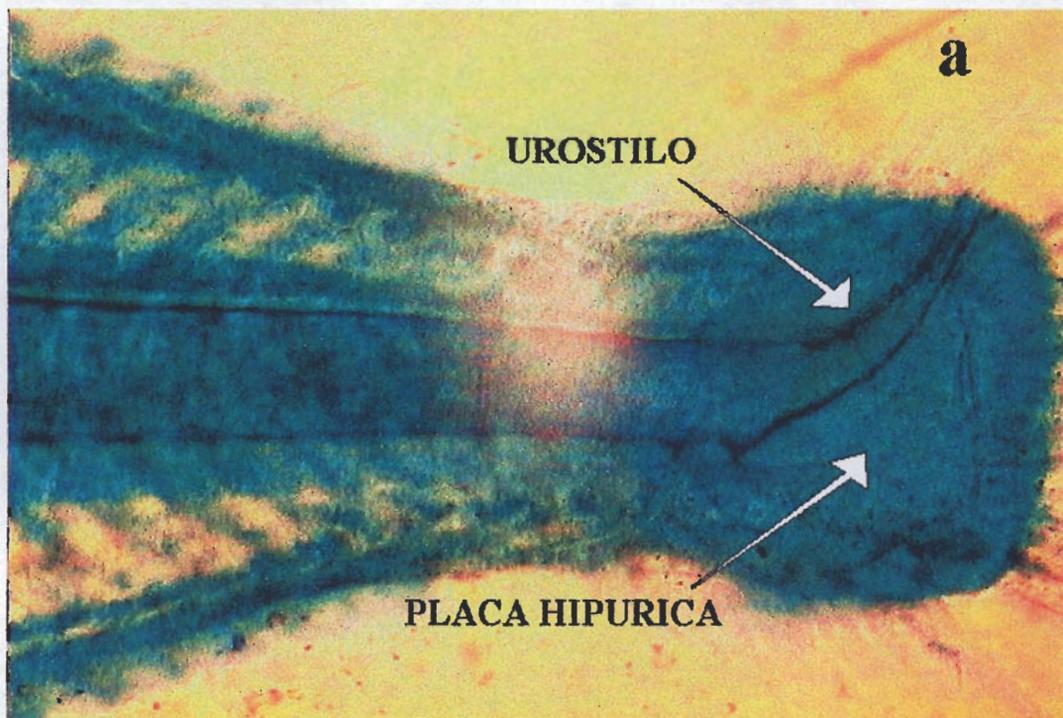


Figura 10.-Esqueleto de la región caudal en etapa de posflexión de: a) *Auxis* Tipo I, con 8.0 mm de LP, con formación de la placa hipúrica y osificación del urostilo; y b) *Auxis* Tipo II, con 7.8 mm de LP, con diferenciación de los hipurales, los procesos hemales y neurales de la región caudal.

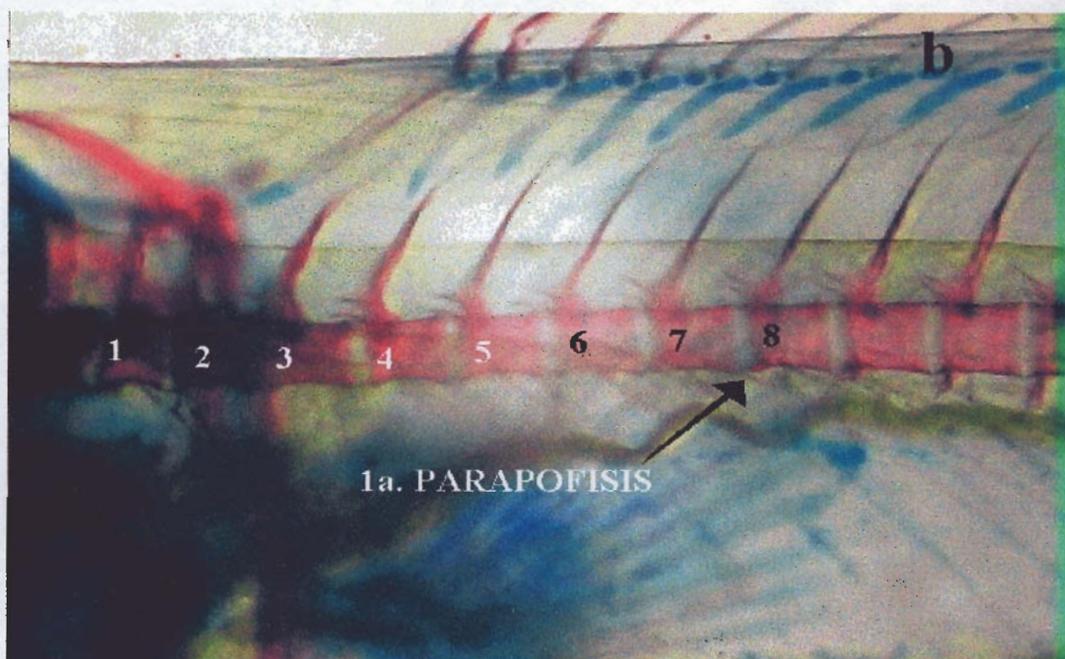
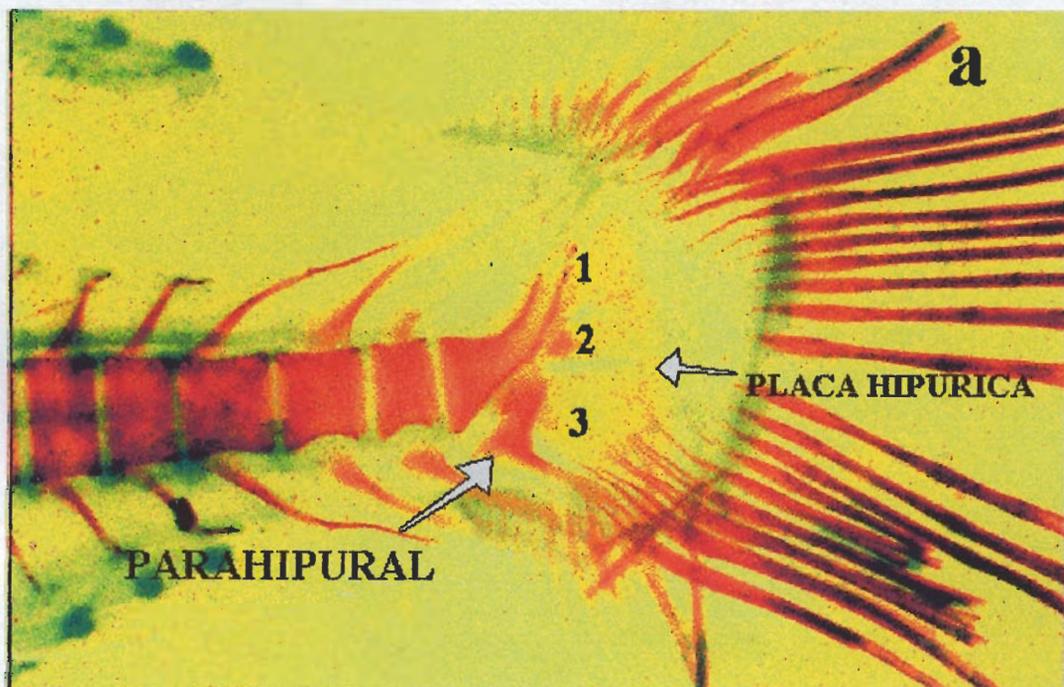


Figura 11.-Esqueleto de la región caudal y abdominal de *Auxis* Tipo I, en etapa de transformación: a) Formación completa de placa hipúrica y el parahipural a los 13 mm de LP; y b) Aparición de la primera parapófisis en la vértebra 8 a los 15.3 mm de LP.

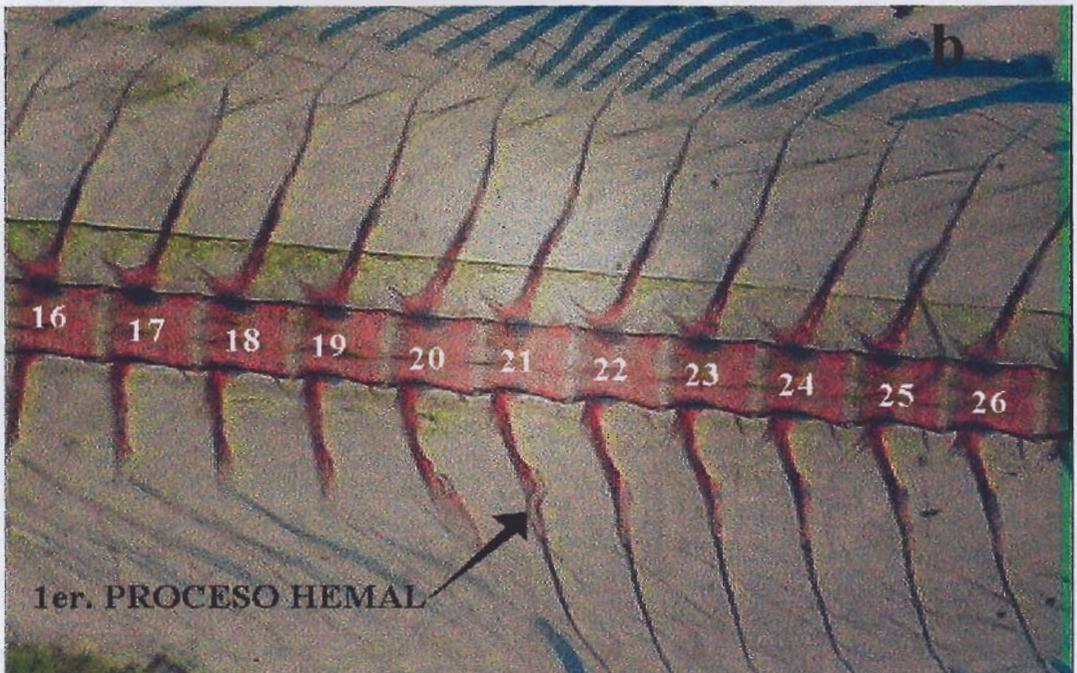
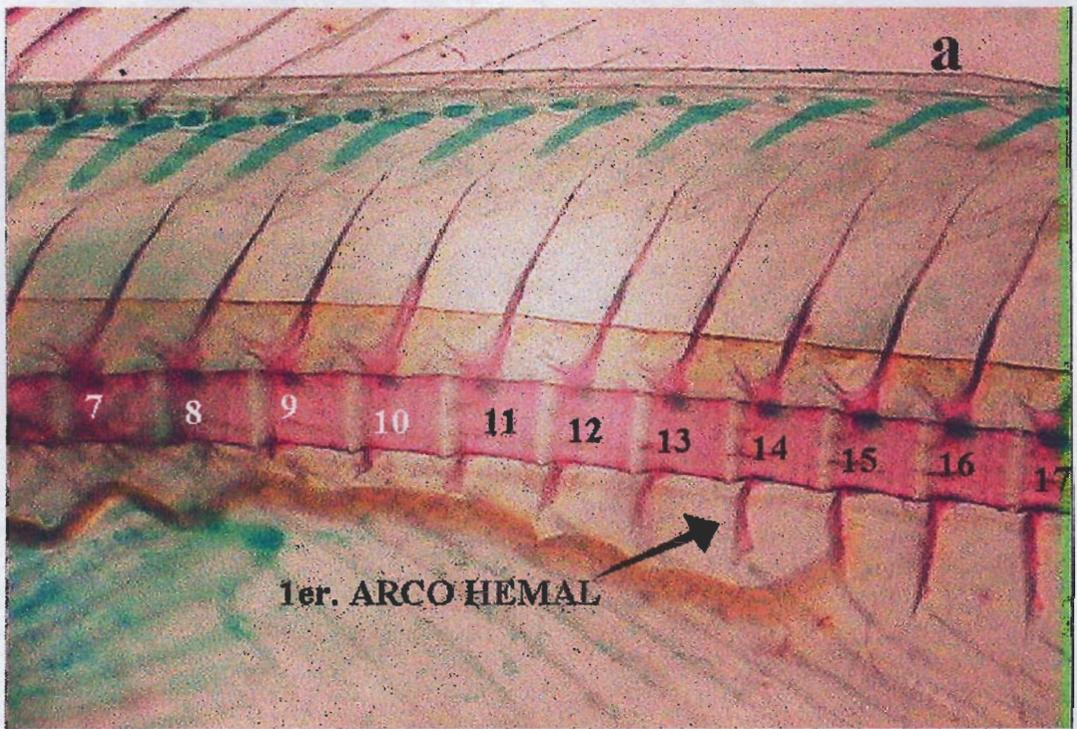


Figura 12.-Esqueleto de la región abdominal de *Auxis* Tipo I en etapa de transformación a los 15.5 mm de LP: a) Formación del primer arco hemal en la vértebra 14; y b) Primer proceso hemal, en la vértebra 21.

## Auxis TIPO II

Cuando los organismos alcanzaron tallas de aproximadamente 7.0 mm de LP, se observó en la región caudal, mayor osificación de las vértebras caudales incluyendo el urostilo. La placa hipúrica estuvo compuesta por los hipurales 1, 2 y 3 así como del parahipural (Figura 13a y 13b).

En organismos mayores a los 10 mm de LP (Figura 14a y 14b) se observó que la mayor parte de los caracteres óseos se habían osificado en la placa hipúrica se observó que los hipurales 1 y 2, comenzaron a fusionarse. La primera parapófisis se observó en la vértebra número 9. El primer arco hemal se localizó entre las vértebras 13 ó 14, y el primer proceso hemal se registró en las vértebras 21, 22 ó 24 (Tabla 7).

Tabla 7.- Características óseas de juveniles de *Auxis* spp. : P=Parapófisis; V=Vértebras abdominales; Z=Zigoapófisis; PH=Procesos hemales; N=Arco neural; H=Arco hemal; F=Último proceso hemal; E=Primera espina hemal

		Auxis TIPO I																																						
		VERTEBRAS																																						
TALLA (cm)		1	2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	32	33	34	35	36	37	38	39												
6.35		SÓLO PRESENTAN CARACTERÍSTICAS OSTEOLÓGICAS DIFERENCIA BLES, EN LA																																						
6.93		PARTE CAUDAL: EL UROSTILO Y TRES HUESOS DE PLACA HIPÚRICA																																						
10.61		N	P							H							V	PH																			F			
																	E																							
16.3		N	P				Z			H							V	PH																				F		
																	E																							
17.3		N	P				Z			H							V	PH																					F	
																	E																							
		Auxis TIPO II																																						
TALLA (cm)		1	2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	32	33	34	35	36	37	38	39												
6.3		SÓLO PRESENTAN CARACTERÍSTICAS OSTEOLÓGICAS DIFERENCIA BLES, EN LA																																						
7.28		PARTE CAUDAL: EL UROSTILO Y TRES HUESOS DE PLACA HIPÚRICA																																						
9.94		N		P						H							V	E	PH																					
10.1		N		P						H							V	E	PH																				F	
										Z																														
10.7		N		P						H							V	E		PH																		F		
12.28		N		P						H							V	E	PH																				F	
13.24		N		P		Z											V	PH																					F	
																	H	E																						
14.2		N		P		Z				H							V	PH																					F	
																	E																							
16.3		N		P		Z				H							V	PH																					F	
																	E																							

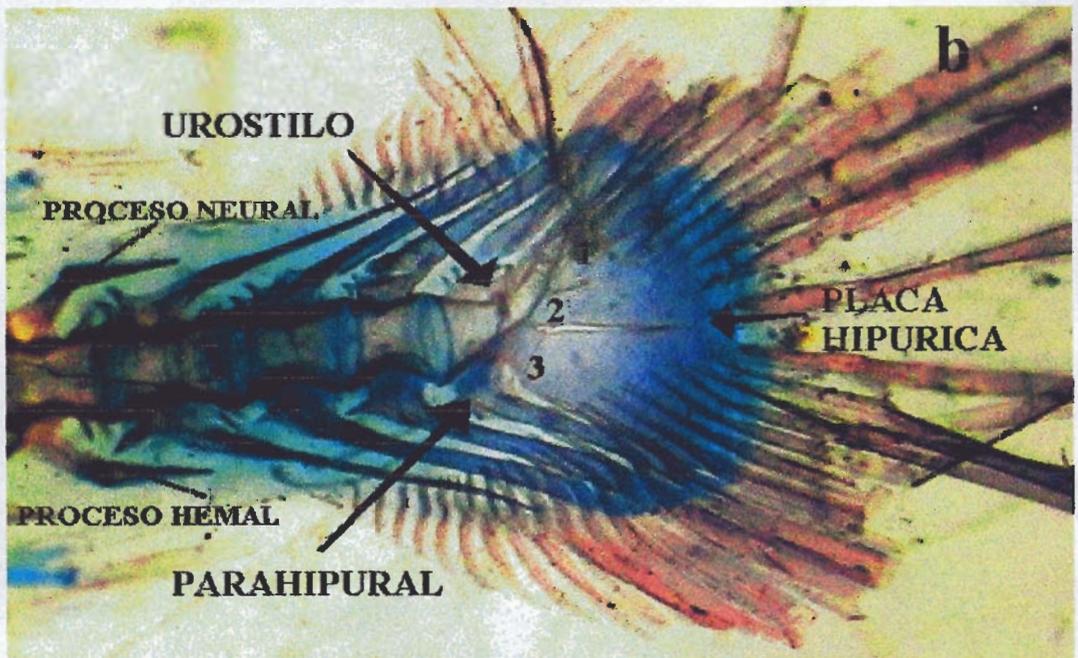
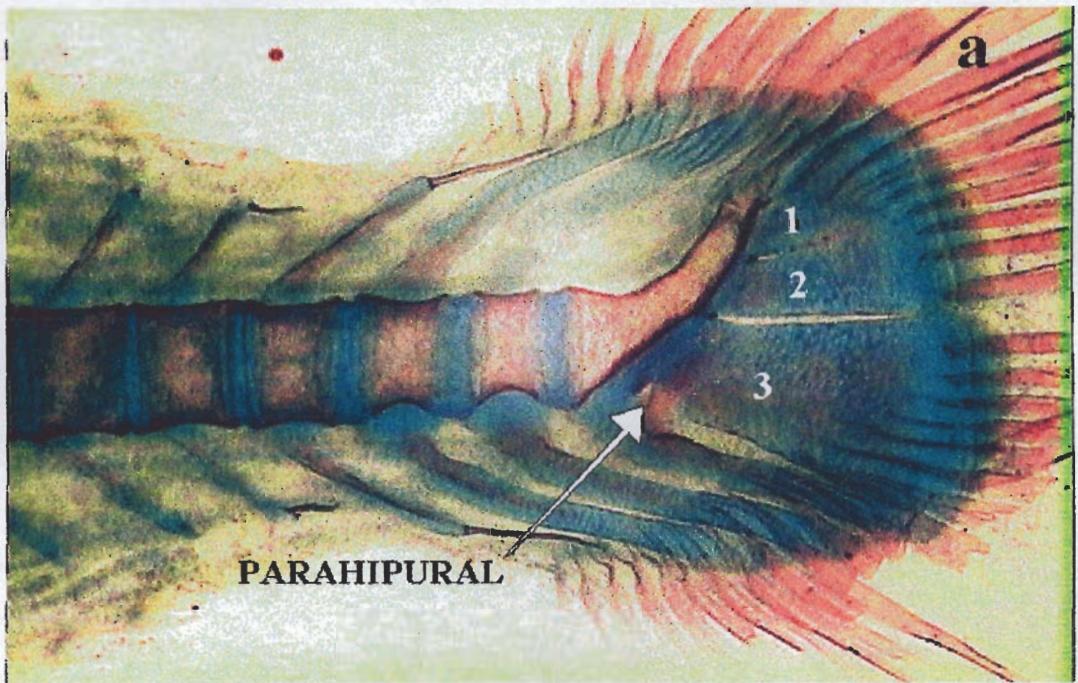


Figura 13.-Esqueleto de la región caudal de *Auxis* Tipo II en etapa de transformación: a) Desarrollo de la placa hipúrica a los 10 mm de LP; y b) Osificación completa de la placa hipúrica (hipurales 1, 2 y 3) y los procesos hemales y neurales a los 16.2 mm de LP.

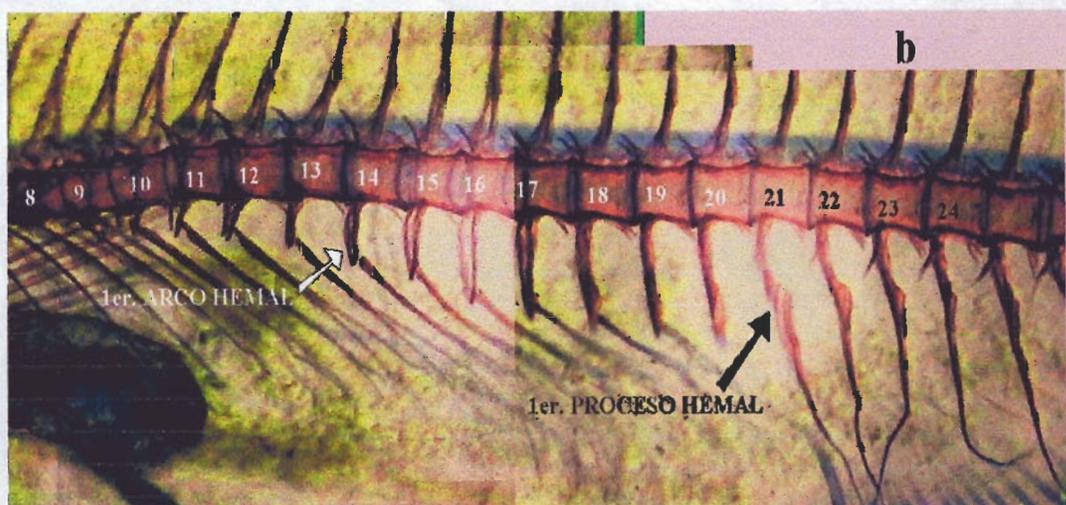
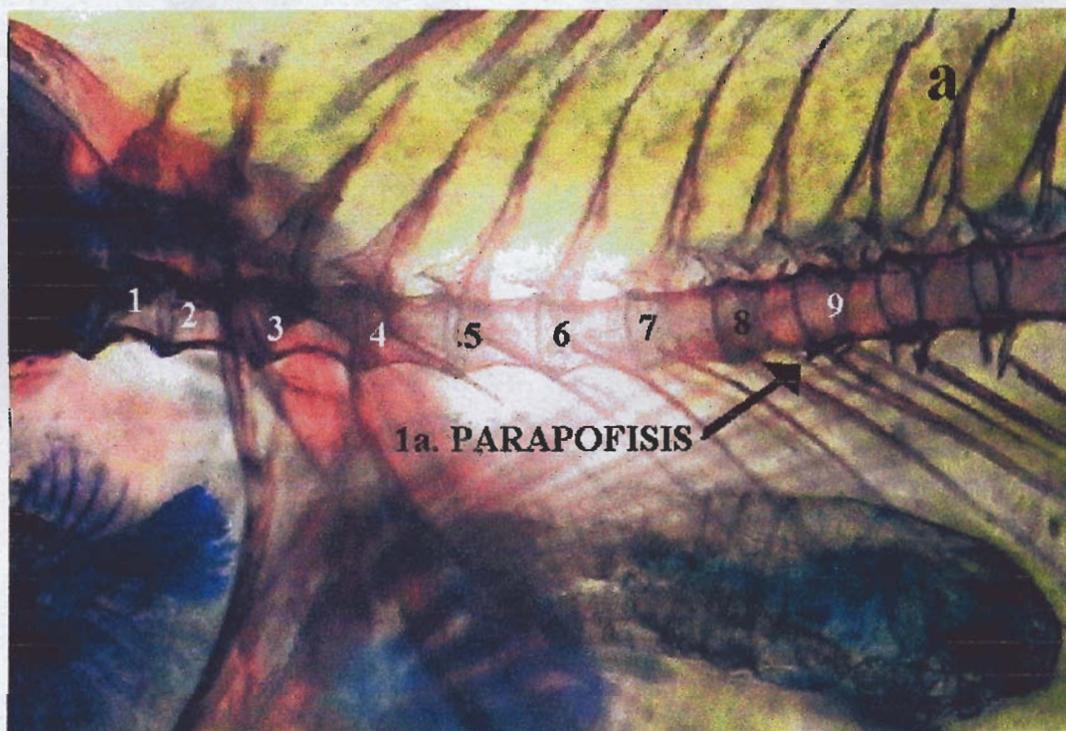


Figura 14.-Esqueleto de la región abdominal de *Auxis* Tipo II en etapa de transformación con 16.2 mm de LP: a) Formación de la primera parapófisis en la vértebra 9; y b) Formación del primer arco hemal en la vértebra 14 y los primeros procesos hemales en la vértebra 21.

## Estadio juvenil

Para este estadio se analizaron las características óseas de esqueletos de *Auxis spp.* extraídos de estómagos de Marlin Negro (*Makaira indica*), las tallas que se registraron fueron una aproximación ya que se trató de organismos en proceso de digestión, de los que sólo se preservó la parte ósea. Para éstos se utilizaron las mismas características de la tabla anterior (Tabla 7).

Se reconocieron dos grupos, tomando en cuenta la aparición de la primera parapófisis. En el grupo designado como *Auxis* TIPO I, se observó que los esqueletos con tallas entre los 7.0 y los 8.0 cm aproximadamente, presentaron la primera parapófisis en la vértebra número 8, el primer arco hemal se presentó en la vértebra 16 y el primer proceso hemal se ubicó en la vértebra 21.

En el grupo asignado como *Auxis* TIPO II con las tallas que oscilaron entre los 4.0 a 7.5 cm. se encontró que la primera parapófisis se presentó principalmente en la vértebra 9, el primer arco hemal en la vértebra 18 y el primer proceso hemal se registró entre la vértebra 21 ó 22 (Tabla 8).

Tabla 8.- Características óseas de juveniles de *Auxis spp.*: P=Parapófisis; V=Vértebras abdominales; Z=Zigoapófisis; PH=Procesos hemales; N=Arco neural; H=Arco hemal; F=Último proceso hemal; E=Primera espina hemal

		<i>Auxis</i> Tipo I																																										
TALLA		VERTEBRAS																																										
(cm)		1	2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	31	32	33	34	35	36	38	39																
4.2					P			Z									V	PH																						F				
4.5					P												V	E	PH																						F			
4.8					P									H			V	PH																						F				
5					P	Z										H	V	E	PH																					F				
5.5					P	Z										H	V	E	PH																						F			
7.3					P	Z										H	V	PH																							F			
7.5					P											H	V	E	PH																									
		<i>Auxis</i> Tipo II																																										
7					P											H			V	PH																						F		
7					P			Z											V	PH																							F	
8.5					P														V	PH																								F

## **DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL Y SU RELACIÓN CON LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE ATUNES**

Se describe el patrón de la distribución de la temperatura superficial y de la abundancia larval que exhibieron las tres especies de atunes registradas en el Golfo de California de 1984 a 1988, para cada uno de los cruceros realizados.

Asimismo, se presenta un análisis integral agrupando los cruceros de acuerdo a la secuencia de los meses del año, sólo para aquellos cruceros en que se recolectaron larvas de atunes. Se muestra también, un análisis de la abundancia larval total con relación a la temperatura superficial del agua.

### **CRUCERO GOLCA 8404**

(marzo-abril 1984)

Durante este crucero se obtuvieron un total de 87 registros de temperatura superficial cubriendo en su totalidad el Golfo de California.

Se presentó un gradiente latitudinal de la temperatura de Norte-Sur, con 17 y 18°C en la región Norte y de 22 a 23°C en la región Sur. Por otro lado, en el canal de Salsipuedes se registró un descenso brusco de temperatura superficial promedio, alcanzado los 15.3 °C.

En lo que corresponde a la boca (región Sur) el valor que se obtuvo de la isoterma fue de 23.6 °C para ambas costas (Figura 15a).

La abundancia larval en este crucero fue de 50.4 (No.de larvas/10m<sup>2</sup> de sup.mar), correspondiendo a dos especies, *Auxis* TIPO I con 34.83 y *E. lineatus* con 15.53 larvas, confinadas principalmente en la costa oriental de las regiones Centro y Sur (Figura 15b y c).

Estas concentraciones tanto de *Auxis* TIPO I como de *E. lineatus*, presentaron densidades medias asociadas a temperaturas superficiales entre los 22 y 23 °C, cerca de Yaváros, Isla de Altamura y El Dorado en el estado de Sinaloa (Figura 15b y c).

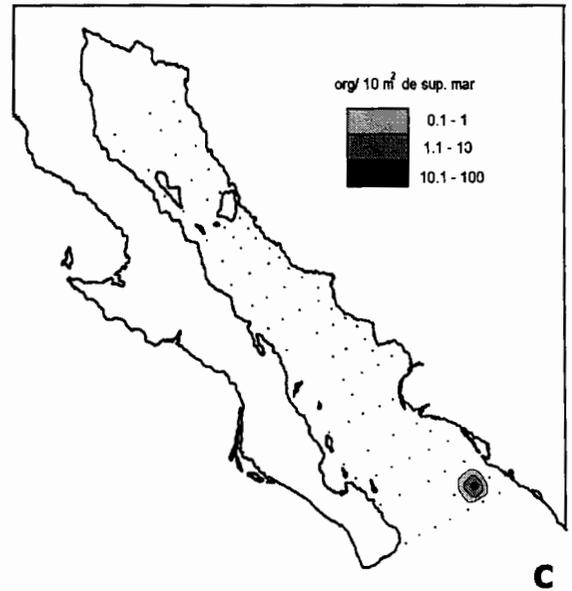
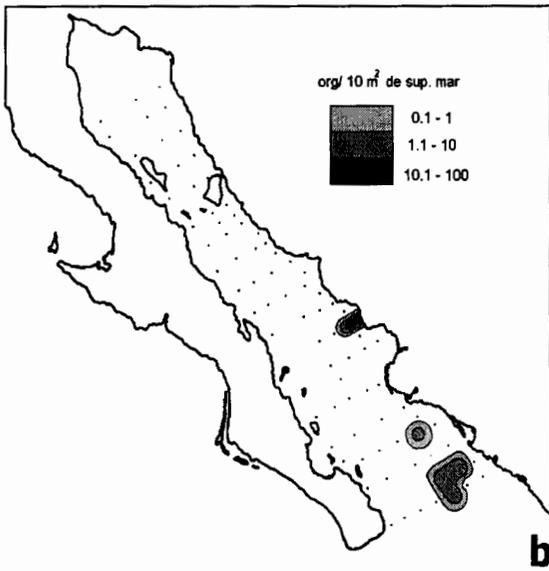


Figura 15.- Distribución de la temperatura superficial (a); distribución de la abundancia larval de: *Axiopsis* TIPO I (b) y *E. lineatus* (c) en el crucero GOLCA 8404.

## CRUCERO GOLCA 8407

(julio-agosto 1984)

Este crucero cubrió desde la altura de Pto. Peñasco al Norte, hasta el área de la boca del Golfo, caracterizándose por una homogeneidad en los valores de temperatura superficial (29.5 a 31°C). Con excepción de la región Norte, cerca de la Isla Angel de la Guarda donde los valores de temperatura superficial fueron bajos (27 °C) (Figura 16a).

Se capturaron un total de 1099.0 (10m<sup>2</sup> de sup.mar) larvas, de las cuales 619.5 fueron para *Auxis* TIPO I, mostrando un gradiente ascendente latitudinal sur-norte, con densidades medias en casi toda la región Sur, asociadas a temperaturas superficiales entre 29 y 31°C (Figura 16b)..

En la región Centro se registraron abundancias medias paara las larvas de para *Auxis* TIPO I, principalmente en la costa peninsular, cerca de la Isla Catalina, entre Cabo Vírgenes y Punta Concepción con temperaturas superficiales entre 29.5 y 30 °C y densidades bajas en la parte central y en la costas de Guaymas y los Tanques con temperaturas superficiales de 20 °C (Figura 16b)..

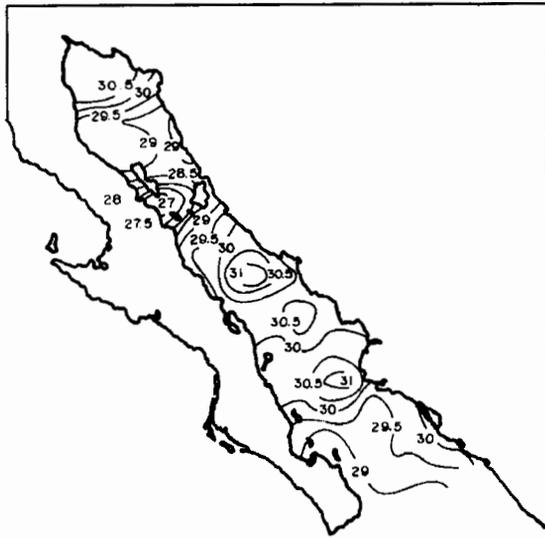
En la región Norte se colectaron densidades larvales medias para *Auxis* TIPO I, al norte de la Isla Angel de la Guarda, a temperaturas que oscilaron entre los 29.5 y los 32 °C (Figura 16b).

Las larvas de *Auxis* TIPO II sumaron un total de 271.0 larvas mostrando un patrón sur-norte. Sus principales densidades larvales fueron localizadas en ambas costas del Golfo, así como en la parte central de las regiones Centro y Sur, asociadas a temperaturas superficiales entre los 29 y los 32 °C (Figura 16c).

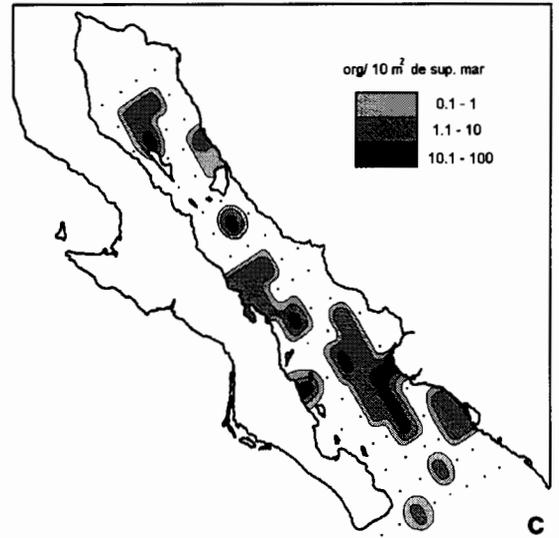
Las densidades bajas de larvas de *Auxis* TIPO II, estuvieron confinadas en la región Norte cerca de Cabo Lobos y al norte de la Isla Ángel de la Guarda, con valores de temperaturas entre los 29.5 y 30 °C (Figura 16c).

Se capturó un total de 209.1 larvas de *E. lineatus*, sus concentraciones más importantes se localizaron en las regiones Centro y Sur, a la altura de Los Tanques y Yavaros, Sonora y el sur de Topolobampo, Sin., así como cerca de la Isla Cerralvo, asociadas a temperaturas superficiales entre los 29 y 32 °C (Figura 16d).

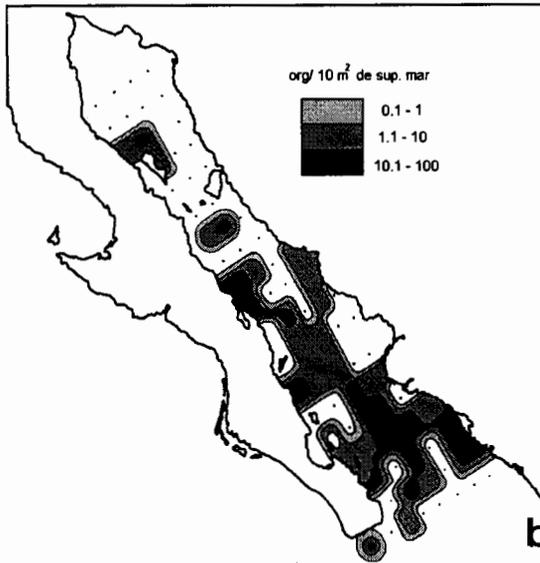
Así mismo, se localizaron densidades larvales bajas de *E. lineatus*, en la región norteña cerca de la Isla Angel de la Guarda, en combinación con valores registrados de temperatura superficial de 29 °C (Figura 16d).



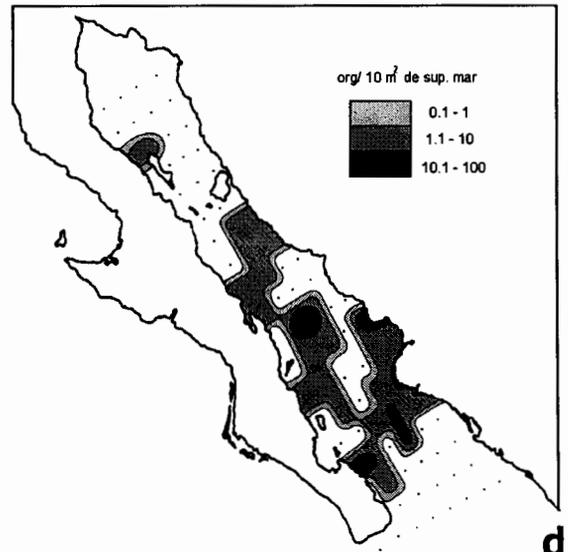
a



c



b



d

Figura 16.- Distribución de la temperatura superficial (a); distribución de la abundancia larval de: *Auxis* TIPO I (b); *Auxis* TIPO II (c) y *E. lineatus* (d) en el crucero GOLCA 8407.

## CRUCERO GOLCA 8504

(marzo-abril 1985)

Este crucero cubrió desde la altura de Pto. Peñasco hasta la altura de la Isla Carmen situada en la región Central del Golfo. Los registros de temperatura superficial estuvieron entre los 16 y los 22°C, los cuales mostraron un marcado descenso latitudinal en sentido norte-sur (Figura 17a).

En este crucero, solo *Auxis* TIPO I estuvo presente, y fue recolectada sólo en una estación con bajas abundancias dentro de la región Central del golfo, estando asociada a una temperatura superficial de 19.5 °C (Figura 17b).

## CRUCERO GOLCA 8606

(junio 1986)

Duarnte este crucero se cubrió en su totalidad el golfo, observándose un aumento gradual de temperatura superficial de sur a norte, y de este a oeste con valores de 21 a 29 °C . En la región Norte se detectaron valores entre los 23 a 28 °C (Figura 18a).

El número total de larvas capturadas fue de 155.8 (10m<sup>2</sup> de sup.mar), de las cuales *Auxis* TIPO I aportó 71.1 y estuvieron ubicadas principalmente en la región Sur, localizando sus principales abundancias a la altura de la Isla Altamura y de El Dorado, Sin., asociadas a temperaturas que oscilaron entre los 20.3 y los 29.6 °C, siendo los 26 °C en donde se registró la concentración más alta (Figura 18b).

En la región Centro se ubicaron densidades medias de *Auxis* TIPO I, con una orientación este-oeste, desde la altura de la isla Cerralvo hasta Yaváros, asociadas a temperaturas de 27 a 28 °C (Figura 18b).

Para las larvas de *Auxis* TIPO II se capturó un total de 49.6 larvas y 35.1 larvas de *E. lineatus*, ambos atunes se localizaron tanto en la región Centro como en la Sur, mostrando una amplia cobertura, desde el sur de las grandes islas hasta la altura de El Dorado, Sin. (Figura 18c y d).

Las densidades larvales medias tanto de *Auxis* TIPO II como de *E. lineatus*, se asociaron a temperaturas entre los 26 y 30 °C (Figura 18c y d).

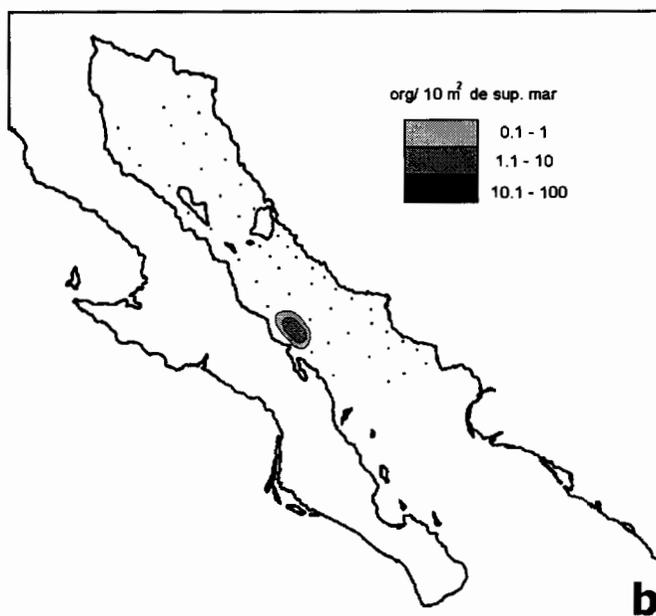
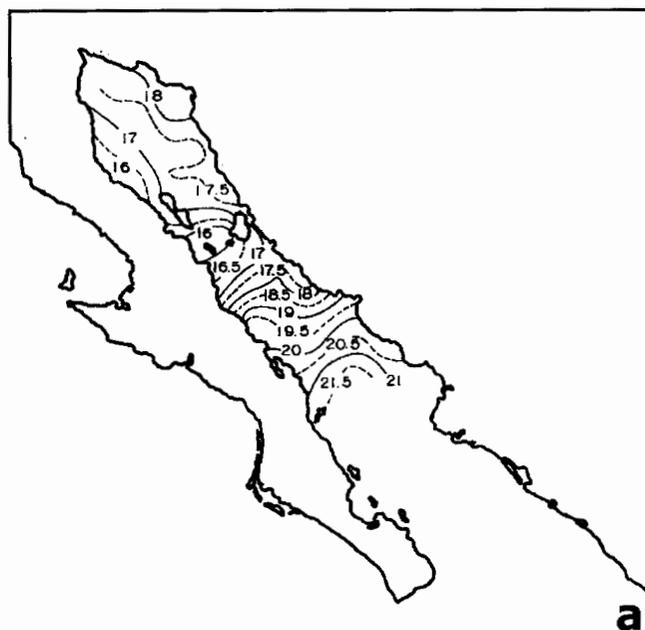


Figura 17.- Distribución de la temperatura superficial (a) y distribución de la abundancia larval de *Auxis* TIPO I (b) en el crucero GOLCA 8504.

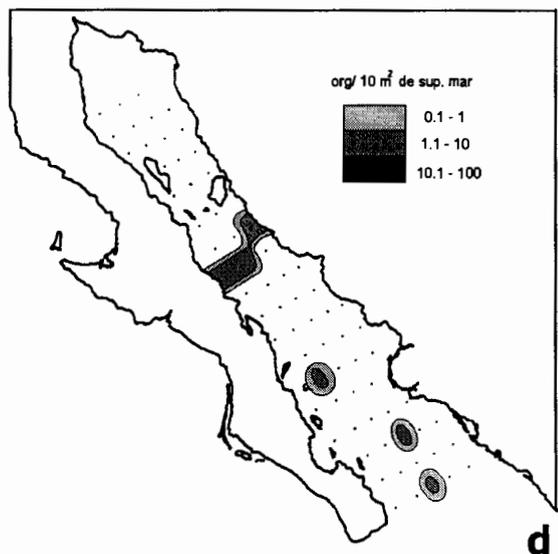
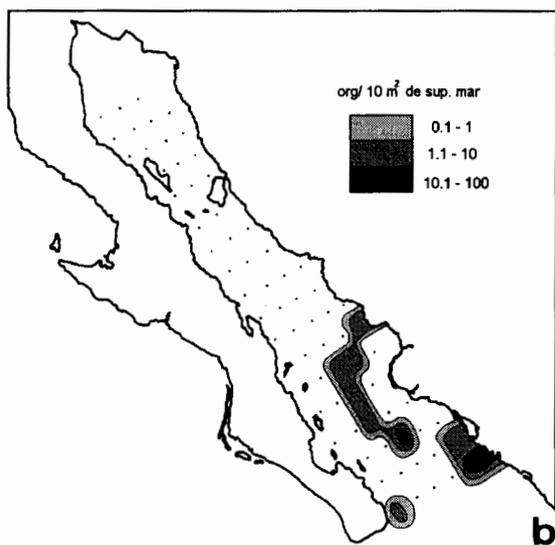
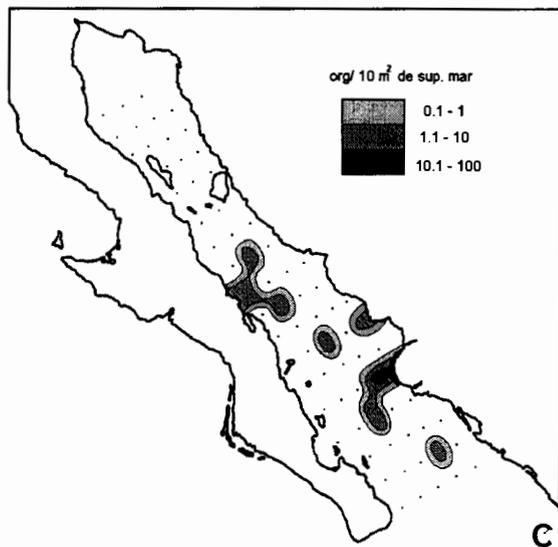
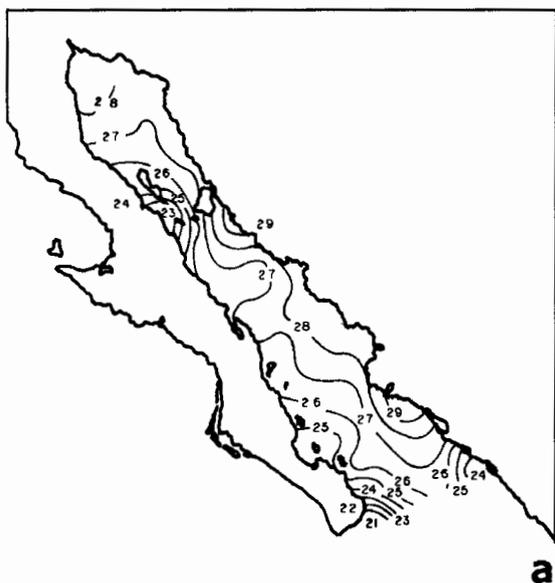


Figura 18.- Distribución de la temperatura superficial (a); distribución de la abundancia larval de *Auxis* TIPO I (b); *Auxis* TIPO II (c) y *E. lineatus* (d) en el crucero GOLCA 8606.

## CRUCERO GOLCA 8608

(agosto 1986)

Este crucero cubrió desde la altura de la Isla Ángel de la Guarda en la parte norte del golfo, hasta la Isla San José en su parte sur. La variación que se registró de la temperatura superficial fue muy reducida ya que se presentó un ligero gradiente longitudinal de este-oeste con valores que oscilaron entre los 31.5 a 32 °C (Figura 19a).

En el canal de Salsipuedes se detectaron temperaturas superficiales relativamente frías, con valores de hasta 27 °C (Figura 19a).

Se obtuvo un total de 855.2 larvas(10m<sup>2</sup> de sup.mar), de las cuales *Auxis* TIPO I aportó 422.5 larvas, localizando una concentración muy elevada en una sólo estación de la región Centro, a la altura de Cabo San Miguel, donde la temperatura superficial que se registró fue 30.5°C. Las abundancias medias y bajas se situaron cercanas a la costa occidental del golfo entre la Isla San Lorenzo al norte y la Isla San José al sur, con temperaturas superficiales mayores a los 29 °C (Figura 19b).

Las larvas de *Auxis* TIPO I, que se ubicaron en las regiones Sur y Norte estuvieron asociadas a temperaturas superficiales entre los 29 y los 30 °C; en la Región Sur se encontraron densidades medias cercanas a la Isla San José, en la costa occidental del golfo, con temperaturas superficiales de 29.5 °C, y en la región Norte se detectaron densidades bajas cerca de las grandes Islas (Figura 19b).

La distribución que presentaron las larvas de *Auxis* TIPO II (165.7 larvas), estuvo localizada principalmente en la región Central, sobre todo muy cercanas a la costa occidental del golfo, desde de la Isla San Lorenzo al norte, hasta las cercanías de la Isla San José, asociadas a temperaturas superficiales entre los 29 y 30 °C (Figura 19c).

También se ubicaron larvas de *Auxis* TIPO II, en concentraciones bajas en las regiones Norte y Sur, cerca de las Islas San Lorenzo y San José con una temperatura superficial entre los 29 y 30 °C respectivamente (Figura 19c).

Las larvas de *E. lineatus* sumaron un total de 267.1, y estuvieron confinadas básicamente a la región Centro distribuyéndose hacia ambas costas. Las densidades más elevada se localizaron cerca de la costa occidental del golfo, en la parte central desde Punta Concepción hasta la Isla Carmen, y en una estación ubicada a la altura de Cabo Vírgenes, coincidiendo con temperaturas de 29 a 30 °C (Figura 19d).

Las densidades bajas de *E. lineatus*, se registraron en la región Norte cerca, de la Isla San Lorenzo y Sur, en las vecindades de las Isla San José, con temperaturas entre los 28 y 29 °C (Figura 19d).

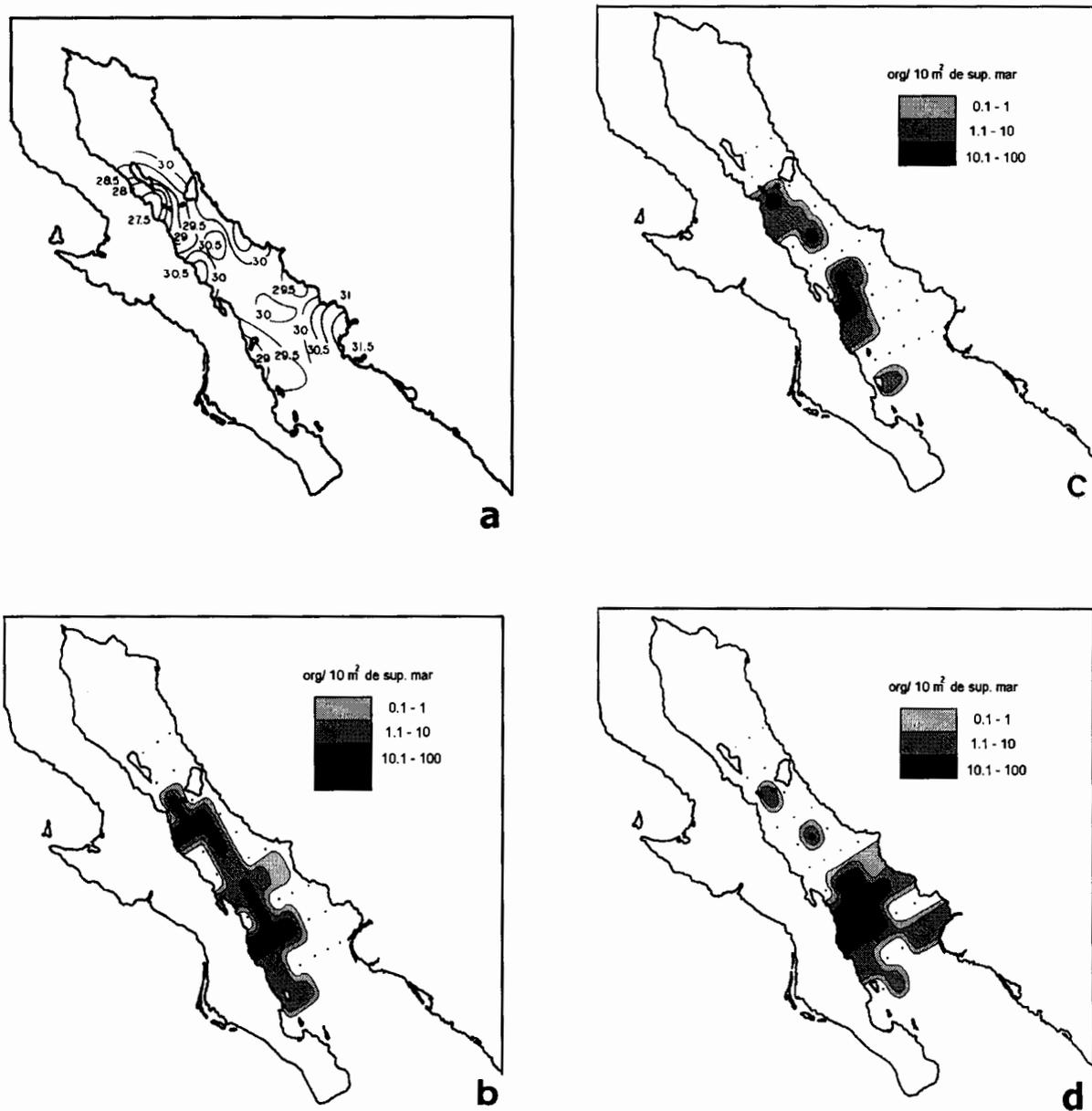


Figura 19.- Distribución de la temperatura superficial (a); distribución de la abundancia larval de *Auxis* TIPO I (b); *Auxis* TIPO II (c) y *E. lineatus* (d) en el crucero GOLCA 8608.

## CRUCERO GOLCA 8709

(septiembre 1987)

Este crucero cubrió desde la parte norte de las grandes Islas, a la altura de Cabo Lobos hasta la Isla Cerralvo al sur. Se registró un ligero gradiente térmico latitudinal ascendente sur-norte con valores de temperatura superficial de 29.5 a 31.5 °C (Figura 20a).

Los valores más bajos de la temperatura superficial durante este crucero, fueron registrados en el canal de Salsipuedes (28.5 °C) (Figura 20a).

Se capturaron un total de 2072.44 larvas (10m<sup>2</sup> de sup.mar), de las cuales 844.1 correspondieron a *Auxis* TIPO I, sus mayores densidades se registraron en la región Centro, con dos núcleos de muy alta densidad uno a cada lado de las dos costas; en Punta Baja al este y en las cercanías de Isla Carmen al oeste. Abundancias medias y bajas se encontraron prácticamente en toda la región, donde las temperaturas superficiales tuvieron poca variación (30 a 32 °C) (Figura 20b)

En la región Norte se obtuvieron densidades medias de *Auxis* TIPO I, en ambas costas, en una franja entre la Isla San Lorenzo al este y Punta Kino al oeste, así como a los alrededores de la Isla Angel de la Guarda, con temperaturas superficiales entre 28.5 y 30 °C. En la región Sur, se encontraron abundancias larvales medias y bajas en las inmediaciones a las costas de la península de Baja California frente a las Islas San José, Espíritu Santo y Cerralvo, con temperaturas superficiales entre los 30.5 y 31.5 °C (Figura 20b).

*Auxis* TIPO II sumó un total de 316.1 larvas, distribuidas principalmente en la región Centro, con densidades larvales importantes en ambas costas del golfo, en las cercanías de Punta Baja y Guaymas al oeste y entre Punta Concepción Isla Carmen al este, con temperaturas homogéneas de 30 y 30.5 °C (Figura 20c)

En la Región Norte y Sur se encontraron densidades medias de *Auxis* TIPO II, entre las Islas San Lorenzo y San Esteban y a la altura de las Islas San José y Cerralvo asociadas a temperaturas superficiales de 28.5 a 29 °C y de 30.5 a 31 °C respectivamente (Figura 20c).

*E. lineatus* sumo un total de 912.3 larvas, presentándose en ambas costas de la región Centro, concentraciones altas estuvieron confinadas en la costa oriental, cerca de Yaváros, Sin., con temperaturas superficiales de 30 °C. Sus densidades medias y bajas se presentaron en el resto de región, donde prevaleció cierta homogeneidad térmica (30-31 °C) (Figura 20d).

En la región Norte se detectó un núcleo de baja abundancia de *E. lineatus*, a la altura de la Isla Angel de la Guarda, mientras que en la región Sur se registraron densidades medias entre Isla Cerralvo e Isla San José con temperaturas de 29.5 y 30.5 °C respectivamente (Figura 20d).

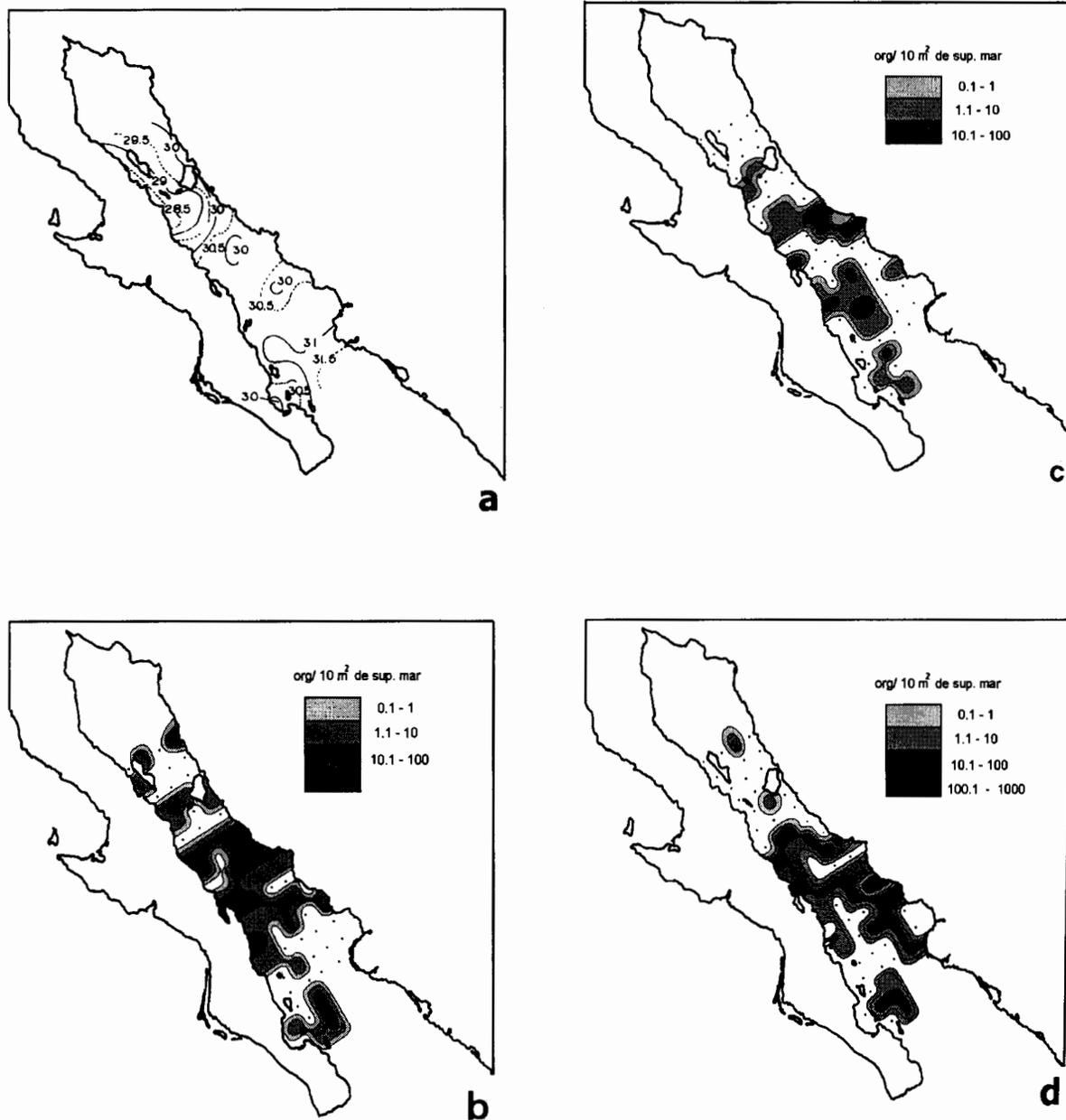


Figura 20.- Distribución de la temperatura superficial (a); distribución de la abundancia larval de *Auxis* TIPO I (b); *Auxis* TIPO II (c) y *E. lineatus* (d) en el crucero GOLCA 8709.

## VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE ATUNES Y DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL

Con el objeto de obtener el patrón anual de la temperatura superficial del Golfo de California, los cruceros se agruparon de acuerdo a los meses consecutivos del año, observando de esta manera dos condiciones, una fría y una cálida. Durante la condición fría se registró el valor de temperatura promedio más bajo para todo el periodo de estudio que fue de 16.3 °C (crucero GOLCA 8802), mientras que para la condición cálida se observó un incremento de este parámetro, el valor más alto de temperatura superficial se registro en la temporada de verano con 30.2 °C (crucero GOLCA 8709) ( Figura 21).

Se capturó un total de 4447.0 larvas (10m<sup>2</sup> de sup.mar), de atunes para todo el periodo de estudio incluyendo los estadios de preflexión, flexión y posflexión. Del total de larvas *Auxis* TIPO I fue la especie más abundante, debido a que aportó el 46.74% (1999.9 larvas), mientras que *Euthynnus lineatus* aportó el 34.36% (1464.0 larvas) y *Auxis* TIPO II acumuló el 18.89% (882.6 larvas) de la abundancia total. Las abundancias larvales de las tres especies mostraron un patrón bien definido con respecto a la temporada cálida (junio-septiembre). Las larvas de *Auxis* TIPO I y *E. lineatus* comenzaron a presentarse al final de la temporada fría (abril) y fueron incrementando sus densidades de acuerdo a los aumentos de los valores promedios de temperatura superficial que se registraron conforme comenzó la temporada cálida.

Las mayores abundancias larvales se obtuvieron en el mes de septiembre, estando en correspondencia con los valores más elevados de temperatura superficial registrados durante la temporada cálida. Para el caso de las larvas de *Auxis* TIPO II sus abundancias promedio se registraron al inicio del verano (mes de junio), presentando un ligero incremento conforme avanzó la temporada (Figura 21).

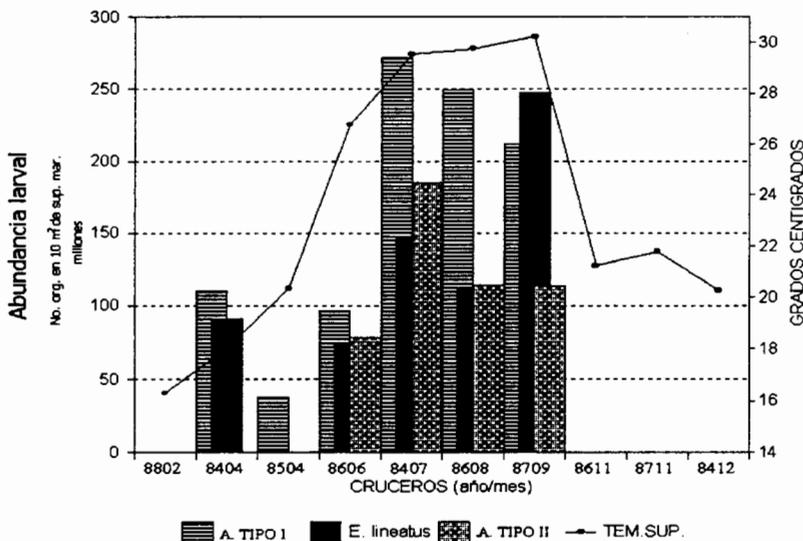


Figura 21.- Abundancia larval de atunes y promedio mensual de la temperatura superficial entre 1984 y 1988.

Del porcentaje total de larvas de atunes capturadas, más del 70% se encontraron en el estadio de preflexión. Dentro de éste las larvas de *Auxis* TIPO I aportaron la mayor cantidad en este estadio (1568.9 larvas), presentándose de abril a septiembre, siendo en este último mes donde se obtuvo la mayor proporción con más del 77.7% (Figura 22).

De *E. lineatus* se colectó un total de 873.6 larvas y de *Auxis* TIPO II un total de 496.3 larvas, ambas se presentaron a partir del mes de junio con abundancias bajas, y fueron incrementándose hasta alcanzar sus máximas concentraciones en el mes de septiembre, en donde se cuantificó más del 63 y 60 % respectivamente de las larvas en estadio de preflexión para esas especies (Figura 22).

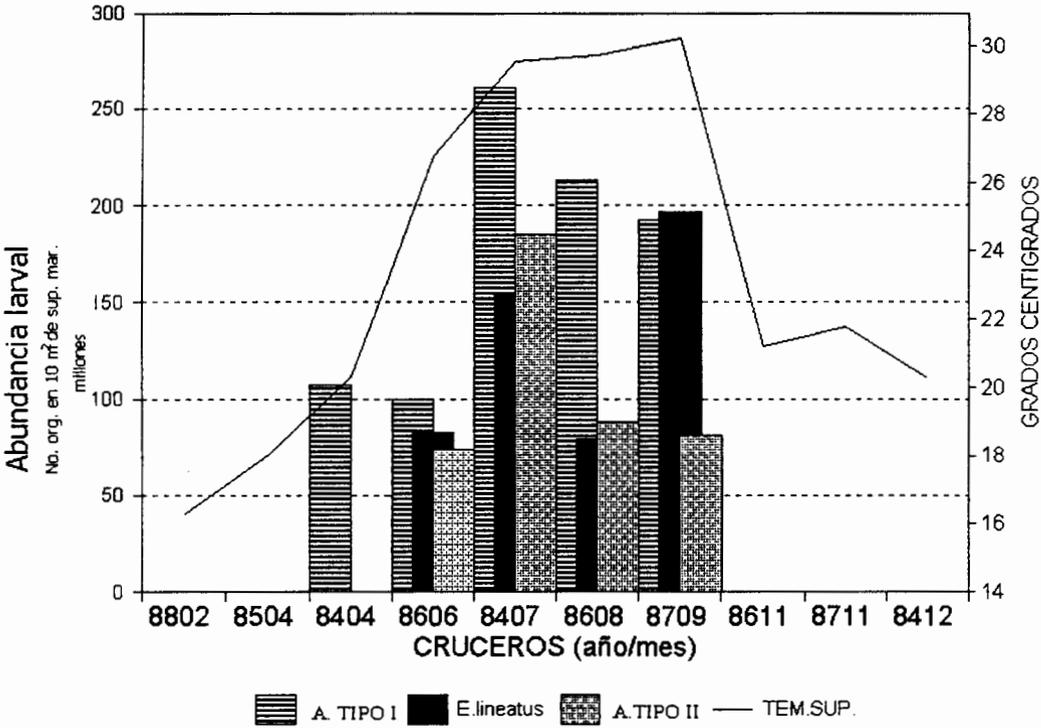


Figura 22.- Abundancia de larvas de atunes en estado de preflexión entre 1984 y 1988.

### ÍNDICE LARVAL POR REGIÓN

Los valores del Índice Larval (IL) que se obtuvieron para las tres especies de atunes por región, mostraron un desplazamiento latitudinal de Sur a Norte, donde los valores más altos del IL se presentaron en la región Centro, principalmente en la temporada cálida del año (junio-septiembre) (1 organismos x 10<sup>11</sup>).

La presencia larval en la región Sur del golfo, se registró a partir del mes de abril, con densidades que no rebasaron los  $0.5 \times 10^{11}$  organismos. Conforme avanzó la temporada cálida, sus densidades comenzaron a incrementarse a partir del mes de junio, alcanzado un máximo en julio (más de  $8 \times 10^{10}$  larvas), para después presentar una disminución notable en los siguientes meses (Figura 23 c).

En lo que respecta a la región Centro los valores del IL se registraron desde el mes de abril hasta el mes de septiembre, coincidiendo con el aumento paulatino de la temperatura superficial. A partir del mes de abril los valores que se calcularon del IL fueron del orden del los  $60 \times 10^9$  organismos, de los cuales *Auxis* TIPO I fue la especie que presentó las mayores densidades, mientras que para *Auxis* TIPO II y *E. lineatus* se observaron IL después del mes de junio prácticamente con el inicio de la temporada de verano (Figura 23b).

En la región norte la disminución larval fue muy notable y sólo estuvieron presentes las tres especies, del mes julio al el mes de septiembre, en donde los Índices larvales registrados para esa región no sobrepasaron los  $2 \times 10^{10}$  organismos. Únicamente en el mes de agosto, las larvas de *Auxis* TIPO I fueron las que presentaron el mayor IL ( $1.5 \times 10^{10}$ ) (Figura 23a).

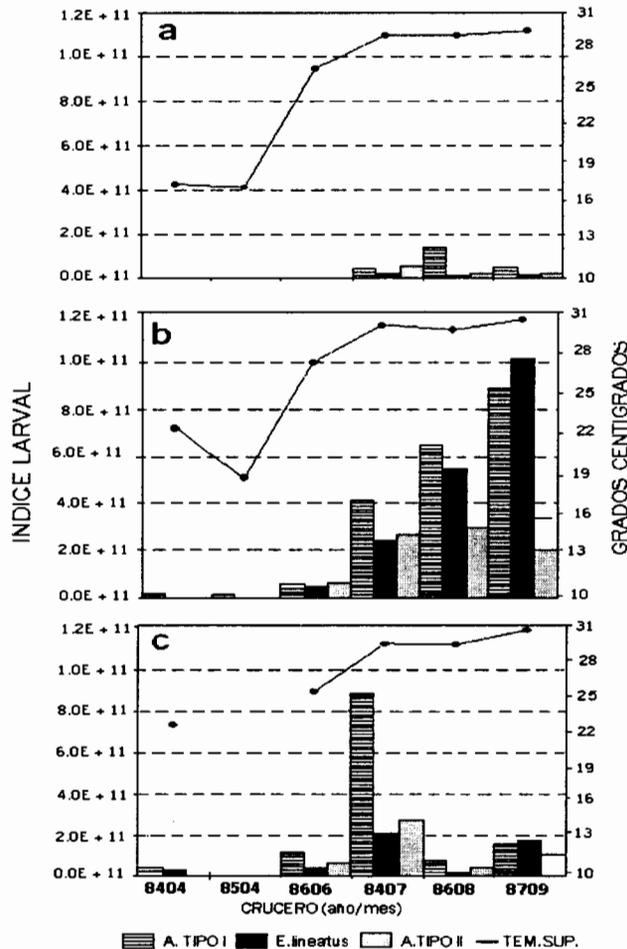


Figura 23.- Índice larval por región: a) Región Norte; b) Región Centro; c) Región Sur.

## RELACIÓN DE LA ABUNDANCIA LARVAL CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL

Los resultados que se obtuvieron sobre la abundancia larval acumulada por cada grado centígrado se presentan en la figura 24. *Auxis* TIPO I fue recolectada en un intervalo de temperatura entre 19 y 32 °C, sin embargo, sus principales abundancias (aproximadamente más del 80%) se vieron fuertemente asociadas a temperaturas superficiales que oscilaron entre los 29 y 31 °C.

Para el caso de *E. lineatus*, el rango de temperaturas en que se localizó fue un poco más reducido con respecto a la especie anterior, presentándose esta especie a partir de los 23 °C y hasta los 32 °C, asociando sus mayores abundancias a temperaturas superficiales al rededor de los 30 °C (más del 70% de la abundancia total).

Por su parte *Auxis* TIPO II, estuvo asociada a un intervalo de temperatura más reducido de las tres especies, el cual estuvo comprendido entre los 26 y 32°C. Sus densidades larvales más altas (aproximadamente el 70 %) se encontraron entre 29 y 31°C.

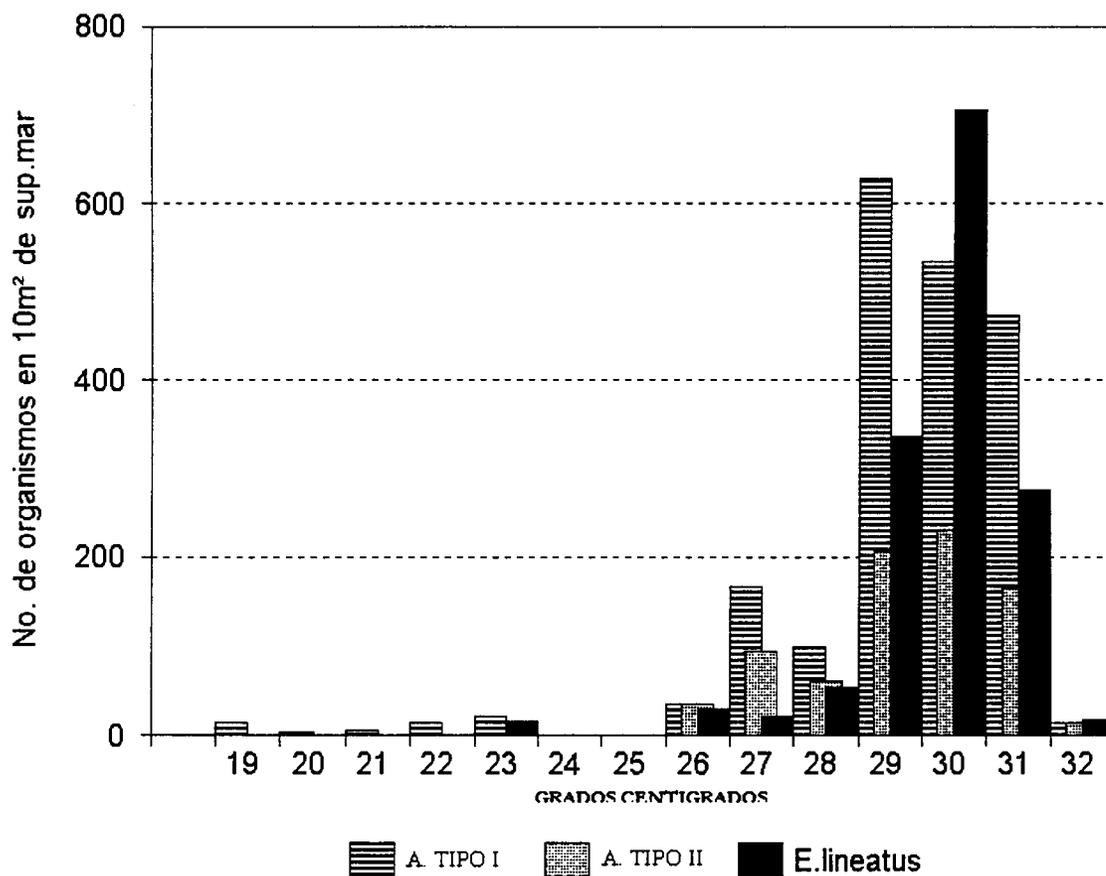


Figura 24. Abundancia larval por cada grado centígrado

## COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE LARVAS DE ATUNES

De los resultados obtenidos sobre la composición específica de larvas de atunes en el Golfo de California, se reconoció específicamente a las larvas de *Euthynnus lineatus* bajos los criterios de Mead (1951), Fritche (1978), Yoshida (1979), Uchida (1981) y Collette et al. (1984).

El resto de las larvas de atunes se reconocieron en un principio como *Auxis spp*, ya que su identificación específica no se pudo lograr al no contar con trabajos sobre descripciones de los estudios larvales de este género. Al tomar como criterio el patrón de pigmentación, se observó que la mayoría había perdido su coloración natural parcial o totalmente. El hecho de que las larvas no conservarán su coloración, pudo deberse al tiempo que tenían almacenadas en formaldehído. Se sabe que en larvas de otros peces como las sardinas, el efecto que tiene este fijador sobre su coloración natural, es hacer que disminuya su intensidad hasta llegar a desaparecer (Matus-Nivon, 1994), lo cual pudo haber ocurrido con las larvas de *Auxis spp*. analizadas en este trabajo.

El problema de la asignación específica para larvas del género *Auxis* no sólo se debe a la pérdida de la coloración, o a la variación el patrón de pigmentación que puede llegar a presentarse, sino a que desde hace tiempo no se han establecido criterios más concretos que permitan reconocerlas con certeza, por lo que en la mayoría de los trabajos sólo son referidas a nivel de género.

Matsumoto (1959), reconoció dos formas larvales de *Auxis*, basándose principalmente en el patrón de pigmentación, pero debido a la inconsistencia de éste, concluyó que se trataba de dos variantes de una misma especie. Sin embargo, en trabajos como los de Schaefer y Marr (1948), Watanabe (1964), Yoshida y Nakamura (1965), y Gorbunova (1974), existen evidencias que pueden tomarse en cuenta para establecer nuevos criterios de identificación específica en larvas de *Auxis spp*.

Considerando lo anterior, en este trabajo se aplicaron dos métodos, el morfológico y el estadístico, para determinar nuevos criterios de identificación para larvas del género *Auxis*. Estos métodos se aplicaron a través de la combinación tanto de características morfométricas, merísticas y de referencia, así como de características osteológicas, aplicadas en diferentes estadios de desarrollo de la ontogenia inicial de las especies en estudio.

Con los resultados obtenidos en el método morfológico, se diferenciaron dos formas larvales a las que se les asignó como *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II, a lo largo de diferentes estadios, desde la preflexión con tallas superiores a los 3.0 mm de LP, hasta la posflexión (tallas aproximadamente de 7.4 mm de LP). En el caso de organismos en estadio de transformación, el método morfológico sólo pudo ser aplicado cuando los organismos presentaron tallas menores a los 9.0 mm de LP aproximadamente, debido a que a tallas mayores algunas de las características que involucra el método morfológico, pueden variar y no presentarse de manera constante.

Las principales características morfométricas se localizaron en la región cefálica, en donde más del

80% de las larvas de *Auxis* TIPO I (Tabla 3) presentaron una relación **1:1** entre la LCvsAC y entre la HOvsDO, lo que posiblemente le de un aspecto de redondez a la forma de la cabeza (Figura 25a).

En el caso de las larvas reconocidas como *Auxis* TIPO II, éstas presentaron proporciones entre LC vs AC y entre la HO vs HO, diferentes a las del tipo**1**; en la primera relación, la proporción es **1>** , mientras que en la segunda proporción es **1<** , éstas dos relaciones posiblemente le den un aspecto más aguzado a la cabeza, en este tipo de larvas (Figura 25 b).

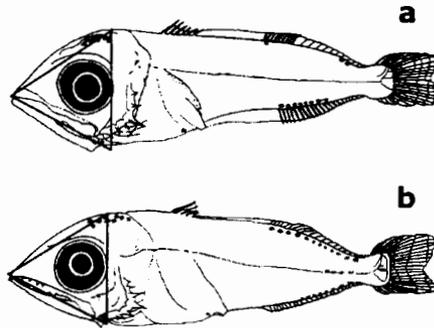


Figura 25.- Forma de la cabeza: a) Forma ovalada y b) Forma aguzada

En lo que se refiere a las características merísticas y de referencia, es importante señalar que la combinación de éstas, también permite diferenciar las larvas del tipo I y las del tipo II, principalmente en los estadios de flexión y posflexión. En el caso de larvas en preflexión, la diferencia entre los dos tipos es tan sutil que su observación directa se llega a dificultar. Sin embargo, sí consideramos que las tallas que pueden llegar a presentar algunas larvas durante este estadio oscilan entre los 2.3 y los 4.5 mm de LP, es posible su aplicación a las que presentan tallas mayores a los  $\pm 3.0$  mm de LP.

La morfometría como tal, no se ha empleado extensamente en la identificación de larvas de atunes, ya que según Matsumoto *et al.* (1972), ésta presenta problemas, como es la torción del cuerpo que algunas larvas llegan a presentar a la hora en que son fijadas. Sin embargo, también es cierto, que no todas la presentan y es posible reunir un buena base de datos con la cual se pueda probar el valor potencial que tienen algunas características morfométricas. Por lo que, se consideró que ésta puede ser una alternativa en la identificación de larvas, a través del análisis de caracteres, que por su valor taxonómico permiten la separación de especies o tipos.

Para probar el valor potencial de las características morfométricas se utilizó el Análisis de Discriminantes (AD), el cual se corrió dos veces con la finalidad de encontrar una combinación de características adecuada que permitiera obtener el mejor porcentaje de clasificación entre los dos tipos de *Auxis* que se reconocieron en este trabajo.

En el primer caso sólo se usaron variables morfométricas (LC, AC y DO). Los resultados obtenidos aunque no fueron bajos (Tabla 5), resultaron ser no muy óptimos considerando los porcentajes de clasificación, por lo que se trató de buscar una nueva combinación. En el segundo análisis del AD se utilizó una combinación de características morfométricas, principalmente aquellas que habían presentado relación entre sí (LC, AC, DO y HO), así como una de referencia (PM), ésta última se consideró, ya que al parecer se presenta de manera frecuente durante los tres estadios de desarrollo (de preflexión hasta la posflexión), los resultados obtenidos fueron superiores al primero; ya que el porcentaje de clasificación fue mayor al 96% en el TIPO I y del 100% para el TIPO II (Tabla 6), con valores significativos del centroide, que permitieron una mayor segregación entre los dos grupos de *Auxis* procesados (Figura 8).

A través del AD se confirmó la existencia de dos tipos de larvas de *Auxis*, y aunque éste método no se ha usado en otros géneros de atunes, se ha empleado para otros grupos de peces con los mismos problemas de identificación específica, especialmente para aquellas especies que taxonómicamente se encuentran muy cercanas, como es el caso de las mojarras el género *Eucinostomus* (De la Cruz-Agüero y Galván, 1993), en donde se ha podido establecer la identidad de cada grupo procesado.

Con el AD, se obtuvo la función de clasificación  $A = -0.10755 (LC) + -0.09909 (DO) + 0.31766 (AC) + -0.19034 (HO) + 0.95795 (PH)$ , generada entre los dos grupos de larvas del género *Auxis*, la cual permitió de una manera sencilla reconocer a que tipo pertenecían las larvas de éste género, es decir, los valores positivos que se generaron a través de ésta función correspondieron a larvas del TIPO I, y los valores negativos correspondieron al TIPO II, con una certidumbre mayor del 95%.

Con el seguimiento de algunas estructuras de la región cefálica, caudal y abdominal, se lograron registrar momentos importantes del desarrollo osteológico (Dunn, 1983). Tales como, la aparición de las primeras espinas preoperculares, la talla en que comienza a osificarse la región caudal, principalmente la placa hipúrica y sus componentes, la primera parapófisis ventral, el primer arco hemal, así como la aparición de los primeros procesos hemales

En la región cefálica de *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II, se encontró que existe un aumento y diferencia en el número de espinas tanto del preopérculo como del opérculo, de acuerdo al estadio de desarrollo en que se encuentran. El estadio de preflexión es importante, ya que dentro de éste se presentan las primeras diferencias a tallas tempranas, principalmente en la región del preopérculo.

En larvas con una longitud notocordal entre de 2.2 y 3.0 mm de LP, en larvas *Auxis* TIPO I, aparentemente no se observó espinación en las dos estructuras, mientras que, a diferencia de las larvas del TIPO II, éstas presentaron una espina en el preopérculo y otra en el opérculo. La diferencia de espinación en el preopérculo continua, cuando los organismos alcanzan tallas mayores a los 3.0 mm de LP. Las larvas de *Auxis* TIPO I continúan sin espinación, mientras que en *Auxis* TIPO II el número aumenta a 2 espinas.

De las larvas analizadas en este trabajo, podemos suponer que durante el estadio de preflexión, el número de espinas inicial en el opérculo de ambos tipos es de 3. Conforme continua el desarrollo aparecen nuevas espinas, y al alcanzar tallas entre los 4.0 y los 5.0 mm de LP, prácticamente ya se

han desarrollado todas.

Se desconoce la talla en la cual el número final de espinas del preopérculo se iguala a 3, en los dos tipos. Sin embargo, suponemos de acuerdo al material analizado, que éste número se mantiene aún durante el estadio de posflexión. En lo que se refiere al opérculo, el número de espinas difiere, dependiendo del tipo y la talla de larva, durante los estadios de flexión y posflexión las larvas de *Auxis* TIPO I llegan a presentar entre 6 y 7, y en las de *Auxis* TIPO II se pueden contar entre 6 y 9. Estas diferencias en la espinación tanto del preopérculo como del opérculo, hacen suponer que el primer tipo de larvas desarrolle más lentamente sus espinas con respecto al segundo.

En lo que respecta a el proceso de osificación de la región caudal, de acuerdo a los resultado podemos decir que éste podría iniciarse cuando los organismos alcanzan tallas mayores a los 5.0 mm de LP. Éste proceso se inicia en el urostilo como una pequeña banda en el centro, así como dos incipientes forámenes en donde posteriormente se formarán los elementos que constituirán la placa hipúrica.

La principal diferencia encontrada entre *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II, es la talla en que comienza a presentarse el proceso de osificación. En larvas de *Auxis* TIPO I la osificación del urostilo comienza cuando presentan tallas entre los 5.7 y los 7.7 mm de LP, mientras que para las larvas *Auxis* TIPOII estos mismos procesos se encontraron a tallas menores, entre los 5.1 y 6.3mm de LP.

La aparente diferencia en la osificación de las estructuras tanto de la región cefálica como de la región caudal, principalmente en la formación de espinas y los huesos hipurales, encontradas en las larvas de los dos tipos de *Auxis* a tallas similares, concuerda con lo observado por Gorbunova (1974) en *Auxis rochei* y *Auxis thazard*, con respecto a las tasas de osificación que estas presentan, donde al parecer la primera especie tiene una tasa de osificación menor comparada con la la segunda, lo cual coincide con lo encontrado para las larvas de *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II. A partir de los 8 mm de LP aproximadamente, la velocidad de osificación en los dos tipos se va haciendo menos evidente con respecto a las diferencias encontradas en tallas menores.

En el seguimiento del desarrollo osteológico, se consideraron tanto las vértebras abdominales como las caudales. En ambas especies se encontraron 20 abdominales y 19 caudales, incluyendo el urostilo. Estos resultados coinciden con los encontrados por Schaefer y Marr (1948) y Clothier (1950), al menos para *A. thazard*. Con respecto *A. rochei* éstos dos autores no hacen mención sobre el número. Sin embargo, esquemas de Yoshida y Nakamura (1965), aunque no se menciona, las dos especies muestran el mismo patrón, lo cual coincide con lo encontrado en el presente trabajo.

Otros elementos óseos de la región abdominal, que también son utilizados en la separación de las especies del género *Auxis*, es la formación del primer arco hemal. En organismos con tallas superiores los 30 cm, se ha demostrado para *A. thazard*, que este se forma a partir de la vértebra 21 (Clothier, 1950), mientras que Schaefer y Marr (1948), a tallas similares mencionan que éste se localiza en la 18 y posiblemente se cierre en la vértebra 17.

Sin embargo, en las larvas analizadas en este trabajo las cuales presentaban tallas entre los 10.0 y los 18.0 mm de LP, se encontró que la formación del primer arco hemal ocurre previo a lo antes mencionado. En *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II se encontró que esta estructura está bien formada a partir de la vértebra 14, cuando presentan tallas mayores a los 12.0 mm, sin embargo de acuerdo a las observaciones realizadas, es posible suponer que el arco hemal en larvas de *Auxis* TIPO II puede formarse a partir de la vértebra 13, debido a que se encontraron algunos organismos con tallas menores a los 10.0 mm de LP con el arco hemal ya formado (Tabla 8).

De acuerdo con el seguimiento que se hizo hacia tallas mayores, es posible suponer que la formación del primer arco hemal sufra un corrimiento de la vértebra 13 ó 14, hasta la vértebra 21. Este supuesto, se debe a que en esqueletos analizados con tallas entre los 4.0 a 30.0 cm, el primer arco en los dos tipos se localiza en la vértebra 21, lo cual coincide con los autores antes mencionados para tallas similares.

En cuanto al registro de la posición de la primera parapófisis abdominal en larvas de atunes, no existe dato alguno con el cual se pudieran haber comparado las observaciones hechas en los dos tipos de *Auxis*. Sin embargo, se encontró que las larvas que han alcanzado tallas superiores a los 7.5 mm de LP, en *Auxis* TIPO I la primera parapófisis se presenta en la vértebra 8 y en *Auxis* TIPO II es en la 9. La principal diferencia entre estos dos tipos, está básicamente en el número de vértebra en que aparece esta estructura. Asimismo, se observó que este carácter se logra mantener en los organismos hasta alcanzar más de los 30.0 cm de LP, lo cual hace suponer que este carácter siga permaneciendo hasta estadios de desarrollo más avanzado.

Por otro lado, según Watanabe (1964), los procesos hemales en organismos juveniles de *Auxis rochei* y *Auxis thazard* se forman en el primer caso a partir de la vértebra 21 o 22 y algunas veces en la 23, mientras para el segundo caso, su formación es más frecuente en la vértebra 23. De acuerdo, con los resultados obtenidos estos procesos están bien formados cuando los organismos llegan alcanzar los 10.0 mm de LP; en *Auxis* TIPO I el proceso hemal se forma en la vértebra 21, mientras que para *Auxis* TIPO II se presentan variaciones que van de la 21 a la 23, en concordancia con lo señalado por Watanabe (1964), encontrando también evidencias, que indican que estos pueden llegar a formarse a tallas menores cuando las larvas están en estadio de posflexión, sin embargo, aún estos procesos no se encuentran bien osificados (Tabla 8).

Del análisis de los resultados obtenidos sobre la diferenciación de las larvas del género *Auxis*, se determinó una serie de características morfométricas, merísticas y de referencia, que combinadas proporcionan elementos que confirman la existencia de dos grupos larvales, *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II. A pesar de que no se contó con una serie completa del desarrollo larval hasta el juvenil, fue posible determinar algunos elementos óseos con gran valor taxonómico, como lo es, el grado de osificación de la región cefálica y caudal, concordando con lo descrito para *Auxis rochei* y *Auxis thazard* por Gorbunova (1974), en donde la primera de ellas presenta una menor tasa de osificación con respecto a la segunda, por lo que en este trabajo las larvas reconocidas en un principio como *Auxis* TIPO I fueron designadas como *Auxis rochei* y las de *Auxis* TIPO II como *Auxis thazard*.

## DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LARVAS DE ATUNES Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL

De los resultados obtenidos sobre las abundancias larvales de *A. rochei*, *A. thazard* y *E. lineatus* capturadas en el golfo durante el periodo de estudio, *A. rochei* fue la especie que aportó más del 46.0 % del total, en concordancia con lo que mencionan Moser et al. (1973), seguida de *E. lineatus* con el 34.4% de la abundancia total, contrario a lo reportado por Olvera et al. (1990), en aguas del Pacífico Mexicano, quienes señalan que las concentraciones larvales de *E. lineatus* no llegan a ser altas cuando se comparan con el resto de los escómbridos, que son capturados en las mismas zonas. Para *A. thazard* se registró el 18.89% de la abundancia total, en contraste con lo señalado por Calkins y Klawe (1963), Klawe (1963), Yoshida (1979) y Olvera et al. (1990) para aguas del Pacífico Oriental, y a Olvera et al. (1988) y García-Borbón et al. (1991), para el Golfo de México, quienes describen que esta es la especie que aporta las mayores abundancias en sus colectas.

Dentro del Golfo de California, *A. rochei* es la especie más abundante comparada con *A. thazard*. Sin embargo, se desconoce si esto mismo sucede fuera del golfo; ya que como se sabe, el género *Auxis* presentaba problemas de identificación a nivel específico, y al no haber criterios que permitieran reconocerlas, pudo propiciar que en la mayoría de los trabajos sólo se citara una de ellas, como ha sido el caso de *A. thazard*, debido a que fue la primera especie en ser reconocida en regiones como el Océano Pacífico Oriental Tropical (OPOT) y el Golfo de México, por autores como Calkins y Klawe (1963), Klawe (1963), Yoshida (1979), Olvera et al. (1990) y García-Borbón et al. (1991), quedando al margen *A. rochei*, la cual únicamente ha sido citada Moser et al. (1973), en el interior del Golfo de California.

En este estudio, se observaron cambios importantes en las biomásas larvales de *A. thazard*, *A. rochei* y *E. lineatus*, tanto espacial como temporalmente en los años de 1984 a 1988. Se encontró que estas especies estaban ampliamente distribuidas en el Golfo de California, coincidiendo con lo mencionado por Moser et al. (1973), y ocupando prácticamente las mismas zonas. Se ubicó el límite norte de su distribución dentro del golfo en la parte sur de las grandes islas, lo cual coincide con lo encontrado por Klawe (1963), Calkins y Klawe (1963) y Moser et al. (1973), el cual de acuerdo a los resultados puede ampliarse más al norte del límite establecido, debido a cambios en las condiciones oceanográficas de años particularmente cálidos.

Durante el periodo en que fueron obtenidas las larvas de atunes del presente trabajo ocurrieron dos eventos "El Niño". El primero de éstos en 1983-1984, registrado como el más grande de este siglo con repercusiones en todo el mundo (Baumgartner y Christensen, 1985 y Lavaniegos et al., 1989), y el segundo entre agosto de 1986 y junio de 1987, con una duración de 13 meses en el Pacífico Central y 5 meses en el Pacífico Oriental, de características de naturaleza moderada. Su máxima influencia en el Golfo de California probablemente ocurrió en los meses de la segunda mitad de 1987 (Almeyda, 1987 y Cole y McInain, 1989).

El efecto que tienen estos eventos sobre las comunidades planctónicas ya ha sido documentado y pueden explicar ciertos fenómenos que normalmente no ocurren, por ejemplo: la presencia de atunes dentro del Golfo de California se considera, de acuerdo con Moser et al. (1973), Gutierrez-Hernández (1974) y De la Campa y Ortiz (1975) que es a partir del mes de junio.

Sin embargo, en los resultados obtenidos durante el crucero GOLCA 8404 fue posible capturar cerca de la costa oriental del Golfo, larvas de *A. rochei* y *E. lineatus* al final de lo que normalmente se considera una temporada fría (mes de abril), durante esta época de acuerdo con Baumgartner y Christensen (1985) y Esquivel (1990), las bajas salinidades superficiales observadas indicaron una invasión de aguas cálidas superficiales dentro del Golfo de California, que en la primavera de 1984 produjo un avance de la comunidad tropical, la cual estuvo limitada por la isoterma de los 22°C.

Como ya se mencionó, la distribución más norteña que se menciona para larvas de *Auxis* spp. y *E. lineatus*, es la parte sur de las grandes islas, cuya penetración al interior del golfo es a través de la intrusión de aguas del OPOT (Moser *et al.*, 1973). Normalmente en la zona de las grandes islas, la mezcla permanente de la columna de agua, así como la disminución de la profundidad forman una barrera entre la cabecera del golfo y la parte central, impidiendo el avance hacia el norte de las formas subtropicales y tropicales (Roden y Emilson, 1980; Badan-Dangon *et al.*, 1985 y Brinton *et al.*, 1986). Durante los eventos ENSO puede ocurrir lo contrario, ya que de acuerdo a las distribuciones localizadas de las tres especies en la región Norte, éstas mostraron una invasión hacia el interior del golfo (cruceros GOLCA 8407 y 8709), posiblemente debido a la penetración de aguas cálidas, como lo demuestran las isotermas de temperatura superficial (29 y 30°C) registradas para esos años (Figura 19a y 22a).

La presencia de larvas de *A. thazard*, *A. rochei* y *E. lineatus* en la parte norte del Golfo de California durante la temporada cálida de 1984 y 1987, posiblemente fue favorecida por un fenómeno de entrampamiento de aguas del Pacífico Tropical (Badan-Dangon *et al.*, 1985), como un producto del efecto del "El Niño". Este hecho ha sido registrado para otras especies de origen tropical como son lenguados, eufáusidos y sifonóforos (Brinton *et al.*, 1986; Esquivel-Herrera, 1990; Gendron, 1990 y Aceves, 1992). Este proceso se refiere a la permanencia indeterminada de aguas cálidas de origen tropical que penetran durante fenómenos "El Niño" hasta la región Norte del Golfo de California (Badan-Dangon *et al.*, 1985).

Durante el periodo cálido (junio-septiembre), se observó una amplia distribución en el Golfo de California, de las tres especies de atunes registradas. Asimismo, se observó un aumento en los índices larvales, principalmente en la región Centro, donde se localizaron las abundancias más altas para *A. rochei* y *E. lineatus*, lo cual está en concordancia con Aceves (1992), para algunas especies de lenguados de origen tropical como *Syacium ovale* y *Symphurus williamsi*.

El año de 1985 fue reportado como un año frío, donde las temperaturas superficiales para la parte central del golfo evidenciaron anomalías negativas a partir del primer semestre (Cole y McClain, 1989), lo cual propició la presencia de especies de afinidad templada, como las larvas de lenguados (*Citharichthys xanthostigma*) encontradas por Aceves (1992). Este enfriamiento tuvo influencia sobre la distribución y la abundancia de los atunes adultos y como consecuencia en su evento reproductivo, ya que para el mes de abril, se observó lo contrario al año anterior. Durante este periodo las larvas de *A. rochei*, fueron las únicas localizadas en el área (con bajas densidades), lo cual nos puede indicar, que posiblemente ésta sea la única de las tres especies que soporte un mayor intervalo de temperatura.

Según Uchida (1981), la temperatura es considerada como uno de los factores determinantes en la distribución y abundancia de los atunes. Con los datos aquí obtenidos sobre la abundancia larval por grado centígrado, se encontró que el género *Auxis* se presentó en un intervalo amplio de temperatura (Figura 27). Klawe et al. (1970) mencionan que la temperatura óptima para este género son los 27 °C, mientras que De La Campa y Ortiz (1975), mencionan que las larvas de este género se llegan a distribuir en varios puntos importantes de las regiones Centro y Sur del Golfo de California, con temperaturas superficiales entre los 20 y 22 °C. Por otro lado, de acuerdo con los datos obtenidos en aguas el Golfo de México y Atlántico Sur por autores como Matsuura y Sato (1981) y Olvera-Limas et al. (1988), se sabe que al menos para *A. thazard* se recolectan abundancias importantes cuando las temperaturas oscilan entre los 27 y 29 °C.

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se encontró que las larvas de *A. rochei* presentaron el mayor intervalo de temperaturas entre los 19 y los 32 °C; al parecer pocos son los trabajos en los que se cita que este tipo de larvas puedan recolectarse a temperaturas menores de los 20°C. Cabe mencionar que los ejemplares encontrados a estas temperaturas se encontraban en estadio de posflexión, lo cual podría ser un factor importante que le permita tener una mayor tolerancia a estas condiciones. En el caso de *A. thazard*, el intervalo de temperaturas encontrado estuvo entre los 26 y 32°C, lo cual coincide con lo mencionado por Klawe et al. (1970). De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que el máximo de sus abundancias difiere entre una especie y otra, en donde la mayor densidad larval que se obtuvo para *A. rochei* fue a los 29 °C y para *A. thazard* a los 30 °C (Figura 27).

Según Calkins y Klawe, (1963), en el caso de *E. lineatus*, su capacidad de intercambio de energía calórica no le permite penetrar aguas frías, por esta razón, en pocas ocasiones se puede capturar larvas de ésta especie, en aguas con temperaturas superficiales inferiores a los 23°C, esto mismo se ve claramente reflejado en los resultados de este trabajo, debido a las bajas abundancias larvales obtenidas, a estas temperaturas dentro del golfo, además de que coinciden con Klawe (1959), quien ha reportado larvas capturadas a temperaturas superiores a los 23.5 °C en costas del Índico-Pacífico.

Klawe (1963) y Klawe et al. (1970) y Olvera-Limas et al. (1988) encuentran un marcado incremento de larvas de *E. lineatus* cuando las temperaturas excedían los 26°C y 27°C. De acuerdo a lo que se encontró en este trabajo, se ve que este incremento continúa hasta llegar a los 30°C. Sin embargo, retomando lo que menciona Klawe (1959), estos valores no representan los límites superior o inferior de temperaturas de tolerancia o de máxima abundancia para esta especie, pero sí, nos puede dar una idea de su amplio intervalo de tolerancia.

Por otro lado, se considera de acuerdo a los trabajos de Schaefer y Marr (1948), Klawe (1963) y Klawe et al. (1970), que el evento reproductivo de los atunes es generalmente estacional y que, dependiendo de la latitud, este puede ocurrir todo el año. Schaefer y Marr (1948), en sus resultados frente a Cabo Blanco, Costa Rica, muestran que en el caso de *Auxis spp.* presentan un desove continuo y que el máximo ocurre entre diciembre y abril. Así mismo, Olvera-Limas et al. (1990), de acuerdo a sus colectas larvales, encuentran que existen desoves continuos de *Auxis thazard* a lo largo del Pacífico Mexicano desde Salina Cruz, Oaxaca hasta Mazatlán, en los meses de febrero y abril. Por lo que, con lo anterior, es posible suponer que exista un desplazamiento de los cardúmenes de *Auxis spp.*, hacia latitudes más altas, en el cual el Golfo Central funcionaría como el límite norte de su reproducción.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el desove ambas especies de *Auxis*, en la zona de estudio podría iniciarse en el mes de junio en lo que corresponde a la boca del Golfo de California, y ser la continuación de lo que Klawe et al. (1970) encuentran justo afuera de él; luego ir avanzando paulatinamente hasta la región Centro, en donde se alcanzarían la mayor actividad reproductiva, evidenciándose por las elevadas densidades larvales en estadio de preflexión capturadas en el golfo (Figura 25), entre los meses de julio a septiembre, justo cuando las temperaturas muestran una homogeneidad en sus valores que oscilan entre los 29 y 30°C. Al parecer esto mismo sucede en el Golfo de México, ya que según García-Borbón et al. (1991) las máximas concentraciones son localizadas durante la temporada de verano en esa área.

En lo que respecta a *E. lineatus*, Calkins y Klawe (1963), señalan posibles movimientos estacionales con los cuales localizan un corredor sur-norte de acuerdo a la época del año, así como un desove continuo con picos de máxima actividad en ciertas épocas y áreas (Schaefer, 1987).

En este sentido, Calkins y Klawe (1963) indican que durante el primer trimestre del año *E. lineatus* aparece frente a las costas centroamericanas. En el segundo trimestre, comienza a desplazarse hacia latitudes altas, presentándose en la parte meridional del Golfo de California y las islas Revillagigedo. En este periodo, Klawe (1963), Klawe et al. (1970) y Schaefer (1987) encuentran que esta especie presenta su máximo desove en la entrada del Golfo de California, justo como fue registrado en este estudio mediante los cruceros GOLCA 8407 y 8606, de hecho, Olvera-Limas et al. (1990) reportan abundancias larvales durante este periodo, en una franja que cubre desde Salina Cruz, Oaxaca hasta Mazatlán, Sinaloa.

A partir del tercer trimestre del año, las mayores abundancias de adultos de *E. lineatus* se localizan en la costa occidental de Baja California y el Golfo de California (Compean, 1985), lo cual concuerda con en las altas densidades larvales en estadio de preflexión, que se registraron para esta especie, principalmente en el mes de septiembre en la región Centro de golfo durante el crucero GOLCA 8709.

Durante el cuarto trimestre no se logra observar a los adultos en el área de Baja California y Golfo de California (Compean, 1985). Esto mismo se refleja en las larvas, ya que después del mes de septiembre no son capturadas, posiblemente debido al cambio brusco que se registra en los valores de temperaturas superficiales que van de los 31 a los 21°C. Lo anterior nos podría estar indicando un posible desplazamiento de los organismos adultos hacia latitudes bajas, ya que durante este periodo las abundancias tanto de adultos como de larvas se vuelven a incrementar a la altura de las islas Galápagos (Calkins y Klawe, 1963).

Los datos sobre la abundancia larval analizadas en el presente estudio, sugieren un aparente movimiento estacional de los cardúmenes de *Auxis rochei*, *Auxis thazard* y *Euthynnus lineatus* en el Pacífico Oriental a lo largo del año. En este movimiento el Golfo de California podría

funcionar como el límite norte de su distribución, principalmente durante el tercer trimestre del año, que es cuando las condiciones ambientales que se presentan en ese periodo favorecen su permanencia dentro del Golfo de California.

## CONCLUSIONES

- La combinación de los métodos morfológico y estadístico permiten reconocer dos morfotipos de larvas del género *Auxis* cuyas principales diferencias se localizan en la región cefálica; en *Auxis* TIPO I, la cabeza es redonda de acuerdo a la relación 1:1 entre DO y HO, y entre la LC y AC, la punta del hocico y la parte final de la mandíbula se encuentran a la altura de la región central del ojo. En *Auxis* TIPO II, la cabeza es aguzada, según la relación  $1 >$  entre LC y AC, y la relación  $< 1$  entre la DO y HO, la punta del hocico y la parte final de la mandíbula se encuentran en la parte inferior y anterior del ojo.
- La función de clasificación derivada del análisis de discriminantes (AD) entre características morfométricas y de referencia (LC, AC, DO, HO y PH), permite de una manera fácil, identificar larvas de *Auxis* TIPO I y *Auxis* TIPO II, con tallas entre los 3.0 y 7.0 mm de LP, con una certidumbre mayor del 95%.

$$A = -0.10755 (LC) + -0.09909 (DO) + 0.31766 (AC) + -0.19034 (HO) + 0.95795 (PH)$$

- El grado de osificación tanto de la región del preopérculo, como de la región caudal entre los dos tipos de *Auxis* presenta diferencias, en *Auxis* TIPO I se encontró un grado de osificación menor en comparación con *Auxis* TIPO II, debido a que a tallas similares presentan diferentes estructuras óseas.
- El número de espinas operculares es distinto en los dos tipos, en *Auxis* TIPO I varía de 5 a 6 y en algunos casos hasta 7, mientras que en *Auxis* TIPO II el número va de 6 a 8. Estas espinas son fácilmente observables en larvas con tallas entre los 3.6 y los 7.0 mm de LP.
- La aparición de la primera parapófisis en las vértebras abdominales es diferente, en *Auxis* TIPO I aparece en la vértebra 8, y en *Auxis* TIPO II en la vértebra 9.

- La formación del primer arco hemal ocurre cuando los organismos están en estadio de posflexión, sin embargo, no permite una clara diferenciación entre los dos tipos de *Auxis*. En *Auxis TIPO I* se forma a partir de la vértebra 14 y en *Auxis TIPO II* presenta una variación entre la 13 y la 14, y es posible suponer que éste sufra un corrimiento de la vértebra 13 ó 14, hasta la 21, según vaya creciendo el organismo.
- La combinación de caracteres morfológicos, merísticos y de referencia, así como las diferencias en el grado de osificación principalmente de la región caudal y cefálica, que presentan los organismos analizados, evidenciaron características con gran valor taxonómico, que permitieron la diferenciación de dos tipos de *Auxis*, por lo que las larvas reconocidas como *Auxis TIPO I* fueron designadas como *Auxis rochei* y las de *Auxis TIPO II* como *Auxis thazard*.
- Las larvas obtenidas de *Auxis thazard*, *Auxis rochei* y *Euthynnus lineatus*, en el periodo de 1984-1988, estuvieron ampliamente distribuidas por todo el Golfo de California. Sus principales abundancias son localizadas en la regiones Centro y Sur. La región Centro se destaca por las altas concentraciones larvales capturadas durante la temporada cálida del año, lo cual mostró una clara asociación con el incremento de la temperatura superficial del agua.
- El evento de "El Niño" favorece la ampliación de la distribución de las tres especies de atunes dentro del Golfo de California, ya que durante estos eventos las larvas se encuentran invadiendo la región Norte.
- En condiciones no "Niño" la presencia de larvas de *Auxis rochei*, *Auxis thazard*. y *Euthynnus lineatus*, dentro del Golfo de California comienza con el inicio de la temporada cálida (mes de junio) y van incrementado sus densidades larvales conforme avanza esta temporada hasta el mes de septiembre, su distribución durante esta condición, es el límite norte de la región Central, cerca de las grandes islas.

- Las larvas *Auxis rochei*, *Auxis thazard* y *Euthynnus lineatus*, presentan diferentes intervalos de temperatura en relación a la abundancia. *Auxis rochei* es la especie con un mayor intervalo, ya que es posible recolectar sus larvas en aguas cuyas temperaturas se encuentran entre los 19 y 32 °C. En el caso de *Auxis thazard* y *Euthynnus lineatus* su intervalo es más estrecho y pueden estar presentes en aguas con temperaturas de los 26 a los 31°C.
- De acuerdo al corrimiento latitudinal de sur a norte que presentan *Auxis rochei*, *Auxis thazard*, y *Euthynnus lineatus*, el cual se inicia a principios del año en latitudes bajas y conforme avanza la temporada se van desplazado hasta latitudes altas, podemos suponer según los resultados de distribución, que el Golfo de California puede funcionar como su límite Norte durante el tercer trimestre del año, cuando las temperaturas superficiales del agua oscilan entre los 29 y 30 °C.

## RECOMENDACIONES

Es necesario que para hacer cualquier tipo de análisis taxonómico se tenga una buena serie de ejemplares, la cual no solamente incluya organismo en buen estado de conservación, sino que también incluya organismos que presenten la mayor variedad de tallas posibles. Esto debido, a que durante el seguimiento de su desarrollo, ya sea a través de características morfométricas u osteológicas, los cambios que se van sucediendo son tan rápidos, que algunas veces no es posible detectarlos, debido al desarrollo acelerado que tienen las larvas de las especies del género *Auxis*.

Por otro lado, es recomendable que para hacer estudios más certeros sobre la abundancia de larvas de atunes, se planeen cruceros oceanográficos diseñados específicamente para ese tipo de organismos, en donde se tome en cuenta, su tasa de desarrollo y su comportamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- ACEVES, M.G. 1992. Análisis espacio-temporal de la distribución y abundancia de larvas de pleuronectiformes en el Golfo de California, periodo 1984-1986. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. México. 1-62 .
- ALMEYDA, M.G.F. 1987. Características térmicas temporales y espaciales del fenómeno El Niño 1986/1987. CPPS. Boletín ERFEN, (23):19-21.
- ALVAREZ-BORREGO. 1983. Gulf of California. En: **Ecosystems of the world**. B.H. Ketchum (Ed), Elsevier Scientific, 427-449.
- BADAN-DANGON, A., C.J. KOBLINSKY y T. BAUMGARTNER. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. **Acta Oceanol.** 8 (1): 133-22.
- BAUMGARTNER, T. y N. CHRISTENSEN. 1985. Coupling the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. **Journal of Marine Research.** 43: 825-848.
- BRAY, N. A. 1988. Water mass formation in the Gulf of California. **Geophys. Res.**, 93 (8): 9223-9240.
- BRINTON, E., A. FLEMINGER y D. SIEGEL-CAUSEY D. 1986. Temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. **CalCOFI Rep.** (27) 228-263.
- CALKINS, T. P. y W. L. KLAWE. 1963. Synopsis of biological data on black skipjack *Euthynnus lineatus* Kishinouye 1920. FAO, **Fisheries Report.** 6 (2): 130-146.
- CLOTHIER, C. R. 1950. A key to some southern california fishes based on vertebral characters. **Fishery Bulletin.** 79: 1-83 .
- COLE, A.D. y D. R. MCLAIN. 1989. Interannual variability of temperature in the upper layer of the North Pacific Eastern boundary region, 1971-1987. **NOAA-TM-NMFS-SWFC** (125): 1-10 .
- COLLETTE, B.B. T. POTTHOFF, W.J. RICHARDS, S. UEYANAGI, J.L. RUSSO and Y. NISHIKAWA. 1984. Scombroidei: Development and relationships. 591-630. En: MOSER, H.G., W.J. RICHARDS, D.M., COHEN, M.P. FAHAY, A.W. KENDALLI, y S.L. RICHARDS. (Eds) **Ontogeny and systematics of fishes**. Spec. Pub. Nun. 1. Amer.Soc. of Ichthyol. and Herpetol.
- COLLETTE, B.B. y C.R. AADLAND. 1996. Revision of the frigate tunas (Scombridae, *Auxis*), with descriptions of two new subspecies from the eastern Pacific. **Fishery Bulletin.** 94(3), 423-441.
- COMPEAN, J. G. 1985. Atlas pesquero de atun. Secretaría de Pesca. **Instituto Nacional de la Pesca.** 1-76.
- COMPEAN, J.G. 1988. Tuna reproduction zone in mexican water. **Panorama Atunero.** Vol 3 (12): 29-65.
- DE LA CAMPA, S. y J. ORTIZ. 1975. Distribución y abundancia de larvas de peces en el Golfo de California durante abril-mayo de 1973, con especial referencia a sardina monterrey y japonesa. **Instituto Nacional de Pesca.** 1-11.

- DE LA CRUZ-AGUERO, J. y F. GALVAN-MAGAÑA. 1993. Morphological discrimination of *Eucinostomus* spp. from the Pacific coast of Mexico. **Bull. Mar. Sci.** 52 (2): 819-824 .
- DUNN, J.R. 1983. The utility of developmental osteology in taxonomic and systematic studies of teleost larvae: A review. U.S. Dep. Commer. **NOAA Technical Report NMFS Circular 450.** 1-19.
- ESQUIVEL, E.A. 1990. Caracterización de las comunidades de sifonóforos del Golfo de California 1984-1986. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 85 pp.
- FRITZCHE, R.A. 1978. Development of fishes of the mid-Atlantic bight. An atlas of eggs, larval and juveniles stages. **Fish and Wildlife Service.** vol 5: 63-167 .
- GARCIA-BORBON, J. A., R. MA.. L. OLVERA y C.J. L. ESCUDERO. 1991. Biomasa reproductora y rendimiento potencial de tres especies de túnidos, mortalidad y sobrevivencia larval en la Z.E.E. mexicana del Golfo de México. **Ciencia Pesquera.** Inst. Nal. Pesca. Secretaría de Pesca. México (8) 41-62 .
- GENDRON, L.D. 1990. Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 64 pp.
- GORBUNOVA, N. N. 1974. A review of the larvae of scombrid fishes (Pisces, Scombridae). Trudy Inst. Okeanol. Akad. Nauk. SSSR. 96:23-76 [IN RUSSIAN]
- GUTIERREZ-HERNANDEZ, C. 1974. Investigaciones ictioplanctónicas en el Golfo de California en abril de 1971. Informe técnico. **Instituto Nacional de Pesca.** 1-15 p.
- JONES, S. 1963. Synopsis of biological data in the long corseletted frigate mackerel *Auxis thynnoides* Bleeker 1855. **FAO Fish. Rep.** 6 (2): 782-810 p.
- JONES, S and E.G. SILAS. 1962. A systematic review of the Scombroid fishes of India. Proc. Symp. Scombroid Fishes, Part. I. **Mar. Biol. Assoc. India. Symp.** Ser. I: 1-105.
- JOSEPH, J., W. KLAWE y P. MURPHY. 1980. Tuna and Billfish fish without a country. **Inter-American Tropical Tuna Commission.** 2a Ed. 1-47 .
- KENDALL, A.W.Jr., E.H. AHLSTROM y H.G. MOSER. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. pp 11-23. **En:** H.G. MOSER, W.J. RICHARDS, D.M. COHEN, M.P. FAHAY, A.W. KENDALL, JR. and S.L. RICHARDSON (eds). **Ontogeny and systematics of fishes.** Am. Assoc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Pub.1
- KLAWE, W.L. 1959. Nuevo examen de atunes jóvenes capturados frente a la costa occidental de México durante la quinta expedición George Van-derbit (1941). **Ciencia, Mex.,** Vol,18, (11-12): 245-247.
- KLAWE, W. L. 1963. Observation on the spawning of four species of tuna (*Neothunnus macropterus*, *Katsuwonus pelamis*, *Axis thazard* and *Euthynnus lineatus*) in the eastern pacific ocean, based on the distribution of their larvae and juvenile. **Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.** 6 (9); 447-540 .

- KLAWE, W. L., J. J. PELLA and W.S. LEET. 1970. The distribution, abundance and ecology of larval tunas from the entrance to the Gulf of California. **Inter-Am. Trop.Tuna Comm. Bull.** 14 (4): 505-544 .
- KLECKA, W. R. 1975. **Discriminant analysis**. En: Nic, M. h. (Ed). Statistical Package for the Social Sciencent. 2d. Edition. Mc Graw Hill, N.Y. 434-467.
- LAVANIEGOS, E. B.E., J.R. LARA-LARA., E. BRINTON. 1989. Effects of the 1982-83 El Niño event on the euphausiid populations of the Gulf of California. **CalCOFI Rep.**, (30), 73-87.
- MATSUMOTO, W. M. 1951. Description and distribution of larvae of four species of tuna in central Pacific waters. **Fish. Bull.** (128): 31-72 .
- MATSUMOTO, W. M. 1959. Descriptions of *Euthynnus* y *Auxis* larvae from the Pacific and Atlantic oceans and adjacent seas. **Dana Rep.** 50: 1-34.
- MATSUMOTO, W.M., E.H. AHLSTROM, S. JONES, W.L. KLAWE, W.J. RICHARDS y S. UEYANAGII. 1972. On the clasification of larvae tuna identification particularly in the genus *Thunnus*. **Fishery Bulletin**. Vo. 70 (1): 1-12.
- MATSUURA, Y. y SATO, G. 1981. Distribution and abundance of scombrid larvae in brazilian waters. **Bulletin of Marine Science**, Vol 31 (4): 824-832.
- MATUS-NIVON, E. 1994. Primeras fases de vida de la sardina crinuda *Opisthonemna libertate* (Gunther)(Clupeidae). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. México. 1-89
- MEAD, G.W. 1951. Postlarval *Neothunnus macropterus*, *Auxis thazard*, and *Euthynnus lineatus* from the Pacific coast of Central America. U.S. Fish and Wildlife Serv. **Fish. Bull.** 52 (63): 121-127.
- MOSER, H.G (ed). 1996. The Early Stages of Fishes in the CalCOFI. Atlas 33, 1505 pp.
- MOSER, H. G., E. H. AHLSTROM., D. KRAMER. and G.H. STEVENS. 1973. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. **CalCOFI. Rep.** (17): 122-128.
- NELSON, J. S. 1984. **Fishes of the world**. 2a. Edition. Ed. John Wiley & Son. 363 pp.
- OLVERA, L.R.M., E.J.L. CERECEDO, G.A. COMPEAN. 1988. Distribución de larvas de túnidos en el Golfo de México y Mar Caribe; abundancia y biomasa de tres especies en la zona económica exclusiva. **Ciencia Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca**. México (6): 119-1|40.
- OLVERA, L. R. M., J.A. GARCIA-BORBON., J.L. C. ESCUDERO y R.S.REGALADO. 1990. Distribución y abundancia de las larvas de melva *Auxis thazard* y de barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Pisces, Scombroidae) y biomasa reproductora de la melva *A. thazard* en el Pacífico Oriental Mexicano. **Ciencia Pesquera. Instituto Nacional. de la Pesca**. México (7): 59-80.

- POTHOFF, T. 1984. Clearing and Staining Techniques. pp: 35-37 *En* H. G MOSER., W. J. RICHARDS, D. M. COHEN, M. P. FAHAY, A. W. KENDALL y S. L. RICHARDSON. (eds). **Ontogeny and Systematic of Fishes.. Am. Soc. of Ichthyol. and Herpetol. Spec. Pub.1, 35-37.**
- RODEN, G.I. 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. **En** T.H. VAN ANDEL y G.G. SHOR, Jr. (Eds.) **Marine Geology of the Gulf of California. Am. Assoc. Geol. Mem. 3: 20-38.**
- RODEN, G. I. y I. EMILSON. 1980. Oceanografía física del Golfo de California. p: 1-69. *En*: AYALA CATANAÑARES, A., F.B.PHLEGER, R. SCHUARTZLOSE y A. LAGUARDA (eds) **Memorias Simposio El Golfo de California. UNAM.**
- ROSAS-COTA, A. 1977. Corrientes geostróficas en el Golfo de California en la superficie y a 200 metros, durante las estaciones de invierno y verano. **CalCOFI Reports. XIX: 71-89.**
- ROZO, H. M. y D. VERA. 1984. Distribución de foraminíferos en el Golfo de California. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 1-76 p.
- SCHAEFER, M. B. y J. C. MARR, 1948. Juvenile *Euthynnus lineatus* and *Auxis thazard* from the Pacific Ocean off Central America. **Pac. Sci., Vol. 2 (4): 262-271.**
- SCHAEFER, K. M. 1987. Reproductive biology of black skipjack *Euthynnus lineatus*, an eastern pacific tuna. **Inter-American Tropical Tuna Commission, 19 (2): 169-260.**
- SMITH, P. E. y S. L. RICHARDSON. 1979. Standard techniques for pelagic fish eggs and larvae surveys. **FAO Fish Tech. Papers (175) 1-70.**
- SOKAL, R. y J. ROHLF. 1979. **Biometría.** (Ed) Blume, Madrid, España. 832 pp.
- UCHIDA, N. R. 1981. Synopsis of biological data on frigate tuna *Auxis thazard*, and bullet tuna *A. rochei*. W.S. Dep. **NOAA Tech. Rep. NMFS. Circ. 436: 1-63.**
- WADE, C. B. 1949. Notes on the Philippine frigate mackerels, family Thunnidae, genus *Auxis*. U. S. Fish Wildlife Serv. **Fish. Bull. 51: 229-240.**
- WALKER, B. W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. **Systematic Zoology. 9 (3): 123-133.**
- WATANABE, H. 1964. Frigate mackerels (genus *Auxis*) from the stomach contents of tunas and marlins. **Proc. Symp. Scombroid Fishes, Mar. Biol. Assoc. India Symp. Ser. 1 (2): 631-642.**
- WYRTKY, K. 1967. Circulation and Water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. **Journal Oceanol. and Limnol. Vol. 1 (2): 117-147.**
- YOSHIDA, H. O. 1979. Synopsis of biological data on tunas of the genus *Euthynnus*. U.S. Nat. Oceanic Atmos. Adm., Tech. Rep. Nat. Mar. Fish. Serv. , Circ., 429: 57 pp.
- YOSHIDA, O. H. y E. L. NAKAMURA. 1965. Notes on Schooling Behavior Spawning, and Morphology of Hawaiian Frigate Mackerels, *Auxis thazard* and *Auxis rochei*. **Copeia. (1): 111-114.**