

EL DESOVE DE LAS SARDINAS CRINUDA
Y MONTERREY EN BAHIA MAGDALENA:
UN ANALISIS A CORTA ESCALA DE TIEMPO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

GERMAN RAUL VERA ALEJANDRE

LA PAZ, B.C.S. 1993.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| Glosario | i |
| Lista de Figuras | iii |
| Lista de Tablas | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| Introducción | 1 |
| Objetivo y Metas | 2 |
| Justificación | 3 |
| Antecedentes | 4 |
| Area de estudio | 6 |
| Metodología | 8 |
| Resultados | 12 |
| I. <i>Opisthonema libertate</i> | |
| 1.1. Distribución de huevos y larvas | 13 |
| 1.2. Abundancia de huevos y larvas | 17 |
| 1.3. Indices de abundancia de huevos y larvas | 22 |
| II. <i>Sardinops sagax</i> | |
| 11.1. Distribución de huevos y larvas | 27 |
| 11.2. Abundancia de huevos y larvas | 33 |
| 11.3. Indices de abundancia de huevos y larvas | 46 |
| III. Coeficientes de agregación de huevos y larvas . | 51 |
| IV. Temperatura superficial | 55 |
| Análisis | 58 |
| I. Distribución espacial del desove de <i>Opisthonema libertate</i> y <i>Sardinops sagax</i> | 58 |
| II. Abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> y <i>Sardinops sagax</i> | 62 |
| III. Temperatura superficial | 65 |
| IV. Importancia de la variabilidad temporal en la evaluación de Biomasa Reproductora | 68 |
| V. Propuesta para incrementar la eficiencia del muestreo de huevos y larvas de <i>Opisthonema</i> <i>libertate</i> y <i>Sardinops sagax</i> en el sistema lagunar de Bahía Magdalena* | 72 |
| Conclusiones | 73 |
| Bibliografía | 74 |

G L O S A R I O

Agregación. Reunión de organismos en un grupo; término utilizado para describir la distribución espacial del plancton.

Antiestuario. Estuario en el cual la evaporación excede el flujo de agua dulce. También conocido como estuario negativo.

Cardúmen. Un tipo especial de agregación en los peces en la cuál los individuos se mantienen unidos con el resto llevando a cabo acciones organizadas como grupo, por lo que da la apariencia de un solo organismo; los individuos que lo integran generalmente tienen la misma talla y edad.

Divergencia. Sitio en que cambian de dirección dos masas de agua, alejándose una de otra.

Estuario. Cuerpo de agua semicerrado conectado libremente con el mar abierto y dentro del cuál ocurre un proceso de dilución del agua marina con agua dulce.

Fecundidad. Capacidad potencial de un organismo para producir unidades reproductivas; en peces es el número de ovocitos maduros encontrados justo antes del desove; cantidad de ovocitos expulsados en una temporada; número de ovocitos producidos a lo largo de la vida reproductora de una hembra.

Fecundidad relativa. Número de ovocitos maduros en el ovario justo antes del desove, por unidad de peso.

Fitoplancton. Componente vegetal del plancton.

Huevo. Estadio del desarrollo en peces desde el desove hasta la eclosión; hace referencia tanto al embrión como al corion y sus estructuras asociadas.

Ictioplancton. Componente del meroplancton que incluye las fases de huevo y larva de los peces.

Holoplancton. Organismos que viven en el plancton durante toda su vida. Plancton permanente.

Larva. Estadio del desarrollo de los peces, desde la eclosión hasta que pierde las especializaciones para la vida pelágica y alcanzan todos los elementos morfológicos externos (aletas y escamas); incluye desde el estadio de saco vitelino hasta la posflexión, justo antes de la transformación.

Meroplancton. Organismos que viven en el plancton solo durante una parte de su vida. Plancton transitorio o temporal.

Plancton. Comunidad de organismos vegetales y animales que habitan libres en la columna de agua y cuyo poder de locomoción es insuficiente para evitar ser transportados pasivamente por las corrientes.

Surgencia. Desplazamiento hacia la superficie de agua profunda rica en nutrientes y baja en temperatura, pH, concentración de oxígeno y salinidad; puede ser provocada por vientos.

Zooplancton. Constituyente animal del plancton.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig. 1. Localización y toponimia del área de estudio * | 7 |
| Fig. 2. Red de estaciones de muestreo en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S. | 9 |
| Fig. 3. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> . BAMA 8807-I | 14 |
| Fig. 4. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> . BAMA 8807-2 | 14 |
| Fig. 5. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opkthonema libertate</i> . BAMA 8808-I | 15 |
| Fig. 6. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> . BAMA 8808-2 | 15 |
| Fig. 7. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> . BAMA 8810 | 16 |
| Fig. 8. Número de huevos de <i>Opisthoneme libertate</i> capturados por estación y crucero. Julio-octubre de 1988 * | 18 |
| Fig. 9. Número de larvas de <i>Opisthonema libertate</i> capturados por estación y crucero. Julio-octubre de 1988 | 19 |
| Fig. 10. Número total de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> capturados por estación. Julio-octubre de 1988 | 20 |
| Fig. II. Número total de huevos y larvas de <i>Opkthonema libertate</i> capturados por zona y crucero. Julio a octubre de 1988 | 21 |
| Fig. 12. Índices de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> correspondientes a los cruceros efectuados en 1988 | 23 |
| Fig. 13. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8807-I | 28 |
| Fig. 14. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Safdinops sagex</i> . BAMA 8807-2 | 28 |
| Fig. 15. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagex</i> . BAMA 8808-I | 29 |

| | |
|---|----|
| Fig. 16. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8808-2 | 29 |
| Fig. 17. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8902-I * | 31 |
| Fig. 18. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8902-2. | 31 |
| Fig. 19. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8902-3 | 32 |
| Fig. 20. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8902-4 | 32 |
| Fig. 21. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8806 * | 34 |
| Fig. 22. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 88 10 | 35 |
| Fig. 23. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8812 | 35 |
| Fig. 24. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8901 | 36 |
| Fig. 25. Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . BAMA 8905 | 36 |
| Fig. 26. Número total de huevos de <i>Sardinops sagax</i> , recolectados por estación y crucero. Junio a diciembre de 1988 | 37 |
| Fig. 27. Número total de larvas de <i>Sardinops sagax</i> , recolectados por estación y crucero. Junio a diciembre de 1988 | 38 |
| Fig. 28. Número total de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> capturados por estación. Junio a diciembre de 1988 | 39 |
| Fig. 29. Número total de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> capturados por zona y crucero. Junio a diciembre de 1988 | 40 |
| Fig. 30. Número de huevos de <i>Sardinops sagax</i> recolectados por estación y crucero. Enero a mayo de 1989 | 41 |
| Fig. 31. Número de larvas de <i>Sardinops sagax</i> recolectadas por estación y crucero. Enero a mayo de 1989 | 42 |

| | |
|---|----|
| Fig. 32. Número total de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> capturados por estación. Enero a mayo de 1989..... | 43 |
| Fig. 33. Número de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> capturados por zona y crucero. Enero a mayo de 1989 | 44 |
| Fig. 34. Índices de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> correspondientes a los cruceros efectuados en 1988 y 1989 | 47 |
| Fig. 35. Relación entre la media y la variancia de los huevos y larvas de a) <i>Opisthonema libertate</i> , y b) <i>Sardinops sagax</i> | 52 |
| Fig. 36. Relación entre el coeficiente de agregación (K) con la media y variancia de huevos y larvas de a) <i>Opisthonema libertate</i> , y b) <i>Sardinops sagax</i> | 53 |
| Fig. 37. Temperatura superficial promedio en el sistema lagunar de Bahía Magdalena. Abril de 1988 a mayo de 1989 | 55 |
| Fig. 38. Distribución de las isotermas de temperatura superficial durante la primera serie de muestreos intensivos. Julio-agosto de 1988. (Tomado de Hernández et al. 1993) | 56 |
| Fig. 39. Distribución de las isotermas de temperatura superficial durante la segunda serie de muestreos intensivos. Febrero de 1989. (Tomado de Hernández et al. 1993) | 57 |
| Fig. 40. Comparación de la temperatura superficial promedio general y por estación positiva de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> | 66 |
| Fig. 41. Comparación de la temperatura superficial promedio general y por estación positiva de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> | 67 |
| Fig. 42. Comparación de los Índices de abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> y <i>Sardinops sagax</i> , con respecto al índice unificado (I'), durante los muestreos intensivos | 70 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Fecha de realización de los cruceros y estaciones muestreadas | 12 |
| Tabla 2. Número de estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> , Julio-octubre de 1988 | 17 |
| Tabla 3. Estadísticos básicos e índice de huevos de <i>Opisthonema libertate</i> . Julio a octubre de 1988 | 24 |
| Tabla 4. Estadísticos básicos e Índice de larvas de <i>Opisthonema libertate</i> . Julio a octubre de 1988 | 25 |
| Tabla 5. Índice unificado (I') de huevos y larvas de <i>Opbthonema libertate</i> , durante la primera serie de muestreos intensivos. Julio-agosto de 1988 | 26 |
| Tabla 6. Número de estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> . Junio a diciembre de 1988 * * | 45 |
| Tabla 7. Número de estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> , Enero a mayo de 1989 | 45 |
| Tabla 8. Estadísticos básicos e Índice de huevos de <i>Sardinops sagax</i> . Junio de 1988 a mayo de 1989 | 48 |
| Tabla 9. Estadísticos básicos e índice de larvas de <i>Sardinops sagax</i> . Junio de 1988 a mayo de 1989 | 49 |
| Tabla 10. Índice unificado (I') de huevos y larvas de <i>Sardinops sagax</i> , durante la segunda serie de muestreos intensivos. Febrero de 1989 | 50 |
| Tabla 11. Media, variancia y coeficiente de agregación K de la DBN. <i>Opisthoneme libertate</i> . Julio-agosto de 1988 | 54 |
| Tabla 12. Media, variancia y coeficiente de agregación K de la DBN. <i>Sardinops sagax</i> . Enero-febrero de 1989 * * | 54 |
| Tabla 13. Valores del coeficiente de agregación K de las colectas de <i>Sardinops sagax</i> efectuadas en 1941. (Tomado de Taft 1960) | 61 |
| Tabla 14. Índices totales de huevos y larvas de <i>Opisthonema libertate</i> y <i>Sardinops sagax</i> , durante los muestreos intensivos, y su correspondiente Índice unificado. | 71 |

EL DESOVE DE LAS SARDINAS CRINUDA Y MONTERREY EN
BAHIA MAGDALENA: UN ANALISIS A CORTA ESCALA DE TIEMPO

R E S U M E N

Con el objetivo de evaluar los cambios a corto plazo en la actividad reproductora de la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*), y la sardina monterrey (*Sardinops sagax*), en el sistema lagunar de Bahía Magdalena se efectuaron dos series de cuatro muestreos de plancton a intervalos semanales, una durante julio-agosto de 1988 y otra en febrero de 1989.

Cada especie de sardina muestra un patrón de desove espacial y temporalmente definido, de modo que *Opisthonema libertate* se reproduce principalmente durante el verano en la zona de Bahía Almejas y *Sardinops sagax* durante el invierno y preferentemente al NW de Bahía Magdalena.

Aún cuando los períodos de desove de estas sardinas están claramente asociados con el ciclo anual de temperatura superficial del mar, la variación de su intensidad durante el mes de máxima actividad reproductora es independiente de la temperatura, la cuál es prácticamente constante.

La variación en la abundancia de huevos y larvas de estas sardinas llega a ser del orden de cinco veces en un período semanal y de hasta 13 veces en el transcurso de un mes, siendo estos cambios más pronunciados para *Opisthonema libertate*, lo que se asocia con un periodo de reproducción con menor duración pero de mayor intensidad que *Sardinops sagax*.

La relación entre los valores de abundancia semanal de huevos y larvas con respecto a un indicador de la abundancia promedio a lo largo del mes como puede ser el índice unificado, proporciona un margen de error susceptible de registrarse cuando la abundancia de productos del desove se determina a partir de un solo muestreo y es considerada como representativa de la actividad desovante en un mes.

Se discute la importancia de estas variaciones en el cálculo de la biomasa reproductora por métodos ictioplanctónicos y a partir de la distribución espacial y temporal del desove de estas sardinas, se propone una alternativa de muestreo que permita mejorar la precisión de las estimaciones de abundancia de huevos y larvas.

THE SPAWNING OF THE THREAD HERRING AND THE PACIFIC SARDINE IN BAHIA MAGDALENA: A SHORT TERM ANALYSIS

A B S T R A C T

Two series of plankton surveys were made at weekly intervals to analyze the short term changes in the spawning activity of the thread herring, *Opkthonema libertate*, and the pacific sardine, *Sardinops sagax*, in the Bahia Magdalena lagoon system during July and August 1988 and February 1989.

Each species had a clear spawning season and area. *Opisthonema libertate* spawns mainly in summer in the Bahia Almejas area. *Sardinops sagax* spawning occurs in late winter commonly in northwest Bahía Magdalena.

The spawning seasons are clearly associated with the annual sea surface temperature cycle, but the changes in the intensity in the peak of the spawning are independent of this variable which is almost constant during the spawning period.

This variation of sardine eggs and fish larvae abundance is as great as a factor of 5 in a week and as a factor of 13 in a month. These changes are more marked in *Opisthonema libertate* which has a shorter and more intensive spawning period than *Sardinops sagax*.

The proportion between the weekly abundance of eggs and larvae in relation to an index of the average monthly abundance (unified index) gives a possibility of error when the abundance of the spawning products is determined using only a one week sampling per month survey program.

The importance of these short term variations in the spawning biomass assessment using plankton surveys is discussed and an alternative survey program is proposed to enhance the accuracy of the estimates of the abundance of eggs and larvae of sardine.

INTRODUCCION

En diversos trabajos se ha reconocido la importancia de una correcta aplicación de las escalas de tiempo y espacio para una adecuada interpretación de los procesos que se presentan en la comunidad planctónica (v.g. Haury *et al.* 1978; Haury 1982; Angel 1991).

Smith (1978) menciona que: "... las actividades de muestreo biológico están fuertemente sesgadas hacia escalas de tiempo y espacio de conveniencia al hombre, embarcaciones y equipo existente, más que a las escalas de tiempo y espacio de eventos importantes y la respuesta biológica a ellos". Esto implica que bajo un determinado esquema de muestreo, ciertos procesos pueden ser inadvertidos o bien enmascarados por otros que, bajo ese mismo esquema, resulten ser más obvios.

En el caso de los muestreos de ictioplancton utilizados para evaluar la abundancia de huevos y larvas de peces, es frecuente encontrar que, por razones prácticas, la periodicidad de muestreo mensual predomina en una amplia variedad de estudios (Ahlstrom 1954; Moser y Ahlstrom 1970; Yamashita y Aoyama 1984; Anónimo 1985; Moser *et al.* 1987).

Por ejemplo, en el área de la Corriente de California el programa CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations) de los E.U.A., desde sus inicios en 1949 y hasta el año de 1960, efectuó muestreos mensuales de plancton, reduciéndose posteriormente la periodicidad a cruceros trimestrales entre 1961 y 1965, y en donde cada uno de los cruceros tenía una duración próxima a un mes (Moser y Ahlstrom 1970).

Por otra parte, la definición de un esquema de muestreo para la recolecta de huevos y larvas pelágicos también es un compromiso entre la cantidad de recursos disponibles tanto para el trabajo de campo como de laboratorio, y la información que se espera obtener, razón por la cual son preferibles esquemas flexibles que permitan aplicar una mayor intensidad de muestreo en áreas donde la abundancia de productos de desove es mayor, y en donde la variabilidad espacial también es normalmente amplia, reduciendo la intensidad en los límites del desove, donde la variabilidad es menor (Saville 1964).

En el sistema lagunar de Bahía Magdalena, los muestreos de ictioplancton realizados a partir de 1981, han permitido determinar la duración e intensidad del período reproductivo de las sardinas crinuda, *Opisthonema libertate*, y monterrey, *Sardinops sagax*, (Anónimo 1985; Torres 1986; Saldierna *et al.* 1987; Saldierna 1991), las dos especies que constituyen la mayor parte de las capturas comerciales de pelágicos menores en la zona (Casas 1987).

Dichos muestreos se caracterizaron por efectuarse con periodicidad mensual y una duración generalmente de dos a tres días cada uno. La abundancia de huevos y larvas registrada en este intervalo se considera representativa de la actividad reproductora en el mes (Anónimo 1985).

Con el fin de validar esta consideración, esto es, determinar el grado de variabilidad en la intensidad del desove de estas especies a corto plazo (semanal), en este trabajo se presentan los resultados de dos series de muestreos intensivos, cada uno integrado por cuatro

muestreos a intervalos semanales, efectuados durante la temporada de máxima actividad reproductora de *Opisthonema libertate* y *Sardinops sagax* (julio y agosto de 1988, y febrero de 1989, respectivamente).

Con esto se pretende contar con criterios que permitan, bajo el esquema de muestreo utilizado entre 1981 y 1987, analizar la precisión de las estimaciones de biomasa reproductora de estas especies cuando se aplican métodos ictioplanctónicos, así como proponer una alternativa que permita mejorar dichas estimaciones en programas de muestreo futuros.

Este trabajo se desarrollo en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politecnico Nacional (CICIMAR-IPN), y es producto del proyecto de investigación "Validación de las Estimaciones Mensuales de Biomasa Reproductora de *Sardinops sagax* y *Opisthonema libertate* en Bahía Magdalena, B.C.S.", el cuál fué apoyado por la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación del IPN (Clave DEPI-880612).

O B J E T I V O

Determinar los cambios semanales en la intensidad del desove de las sardinas crinuda, *Opisthonema libertate*, y monterrey, *Sardinops sagax*, en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, durante el período de máxima reproducción, y enfatizar su importancia en la estimación de biomasa reproductora por métodos ictioplanctónicos.

M E T A S

1. Determinar los cambios en la abundancia de huevos y larvas de las sardinas crinuda y monterrey en dos series de cuatro muestreos semanales sucesivos, durante los meses de julio y agosto de 1988, y febrero de 1989.

2. Precisar las zonas en donde con mayor frecuencia e intensidad se lleva a cabo la reproducción de estas especies.

3. Comparar las estimaciones semanales de abundancia de huevos y larvas, con un índice que sea representativo de todo un mes.

4. A partir de la distribución espacial y temporal del desove de estas especies, presentar una alternativa de muestreo que permita mejorar la confiabilidad de las estimaciones de biomasa reproductora.

J U S T I F I C A C I O N

Durante la última década, la pesquería de los pelágicos menores (sardinillas, anchoveta y especies afines), ha presentado cambios drásticos en sus capturas a lo largo de las costas de California, Baja California y el Golfo de California (Lluch et al. 1986; Hernández 1987; Anónimo 1992a).

En particular en el Golfo de California la pesquería de la sardina monterrey, *Sardinops sagax*, ha sufrido una dramática reducción en sus capturas al pasar de aproximadamente 88,000 t en la temporada 80/81 (Lluch et al. 1986), a sólo 6,000 t en 91/92 (Anónimo 1992b).

Asociado a esto, a partir de 1985 se tiene un proceso de sustitución de la sardina monterrey con un incremento constante en la abundancia de anchoveta nortea, *Engraulis mordax*, (Anónimo 1992b), que no parece ser aislado, ya que desde hace algunos años en la costa occidental de Baja California tiene lugar uno similar, pero en sentido inverso, esto es, una reducción en la abundancia de anchoveta y un incremento en las capturas de sardina (Anónimo 1992a; Barnes et al. 1992; García et al. 1992).

En lo que toca a la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, las mayores fluctuaciones han estado asociadas con cambios climáticos de gran escala como es el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO), durante el cual las capturas de esta especie se incrementan sensiblemente (Lluch 1986; Rodríguez y Herrera 1992).

Esta dinámica del recurso justifica incrementar el esfuerzo de investigación con el objeto de contar con estimaciones confiables del tamaño de las existencias, y es aquí donde la utilización de métodos independientes de las actividades de pesca, como son los ictioplanctónicos, han mostrado su utilidad (Smith y Richardson 1979); además este tipo de métodos han servido de apoyo para otros estudios como son la detección de nuevos recursos, la localización de áreas de desove, el seguimiento de fluctuaciones en el tamaño de los stocks desovantes mediante la estimación de la abundancia de sus huevos y larvas, el pronóstico del vigor de las clases anuales con base en la abundancia de larvas de edad avanzada, etc. (Hempel 1973).

Sin embargo, una correcta aplicación de estos métodos involucra determinar las posibles fuentes de variabilidad en las estimaciones. Ulltang (1977) menciona que una de ellas, posiblemente la más importante en la mayoría de los casos, está asociada con la variabilidad temporal, la cuál no ha sido evaluada adecuadamente debido a lo costoso que resultaría efectuar muestreos repetidos en cortos intervalos de tiempo.

Es por ello que el sistema lagunar de Bahía Magdalena, por su tamaño relativamente reducido y contar con una pesquería de regular importancia (Casas 1987), es un sitio propicio para llevar a cabo muestreos con mayor frecuencia, que permitan valorar esta posible fuente de variación temporal y servir de base para mejorar la precisión de las estimaciones de biomasa reproductora.

ANTECEDENTES

Entre las líneas de investigación desarrolladas para la determinación de la épocas de reproducción, los estudios ictioplanctónicos son una de las más ampliamente utilizadas, sobre todo en el caso del recurso sardina.

Los primeros estudios sobre *Sardinops sagax* fueron realizados por Scofield y Lindner (1930) y Scofield (1934), quienes describen por primera vez las características que permiten identificar el huevo y la larva de la sardina monterrey.

Es a partir de la creación del programa CalCOFI, fundado a raíz del desplome de la pesquería de la sardina monterrey en el área de California, que los estudios sobre la sardina se hacen más frecuentes.

Este programa ha efectuado cruceros hidrográficos y biológicos en las costas de California y Baja California a partir de 1949; dichos estudios de 1949 a 1960 y en 1966, se efectuaron con una periodicidad aproximadamente mensual, reduciéndose la frecuencia a cruceros trimestrales entre los años 1961 y 1965 (Moser y Ahlstrom 1970).

Entre los resultados de estos cruceros, se registró la presencia de huevos y larvas de la sardina monterrey en la costa del Pacífico de Baja California durante prácticamente todo el año, pero siendo más abundantes durante el invierno y la primavera (Ahlstrom 1954, 1959, 1960a y b; Kramer 1971) y con un segundo pico de menor importancia en el verano pero sólo en Bahía Sebastián Vizcaíno (Ahlstrom 1954).

También como parte del programa de cruceros CalCOFI, Moser et al. (1974) señalan que la presencia de huevos y larvas de *Sardinops sagax* en el Golfo de California está restringida a las temporadas de invierno y primavera.

En la década de los setentas se inician los primeros estudios nacionales, principalmente por parte del Instituto Nacional de la Pesca de México (INP), y en los que se confirma la presencia de desove de la sardina monterrey en el Golfo de California durante las temporadas antes mencionadas (De la Campa y Gutiérrez 1974; Gutiérrez 1974; De la Campa et al. 1976; Padilla 1976 y 1981; Olvera 1981; Olvera y Padilla 1986).

Green y Aguirre (1988) presentan los resultados de un crucero efectuado en el Golfo de California entre enero y febrero de 1987, detectando la presencia de larvas de la familia Clupeidae, estando esta integrada por dos especies, *Etrumeus teres* y *Sardinops sagax*, de las cuales la segunda fue la más abundante.

Vera (1988) reporta la presencia de *Sardinops sagax* en junio de 1986 en algunas estaciones de la boca del Golfo de California y Saldierna y Vera (1990) indican que *Sardinops sagax* y *Etrumeus teres* están presentes en noviembre de 1987 y febrero de 1988, siendo también la sardina monterrey la especie más abundante.

Posteriormente, Nevárez (1990) recopila la información generada por el INP entre 1971 y 1987 referente a abundancia y distribución de huevos y larvas de sardina monterrey, y discute

su utilidad para la estimación de biomasa reproductora mediante el método de producción de huevos.

En cuanto a la presencia de huevos y larvas de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* en aguas mexicanas, a diferencia de la sardina monterrey, los antecedentes son reducidos. El primer reporte que se tiene es de Moser *et al.* (1974) quienes mencionan la presencia de un gran número de larvas de *Opisthonema* spp. distribuidas ampliamente en el Golfo de California en junio de 1957.

Ese mismo año, De la Campa y Gutiérrez (1974) señalan la existencia de larvas de esta sardina en el mes de abril de 1972 dentro del Golfo de California.

Saldierna y Vera (1990) identifican en septiembre de 1987 la presencia en el Golfo de desoves de *Opisthonema libertate* y de *Harengula trhissina*, género éste último que ya había sido reportado previamente dentro del Golfo (Anónimo 1987).

Recientemente Arreola (1991) en su estudio del ictioplancton de la Ensenada de La Paz, informa por primera vez la presencia de larvas de *Opisthonema* spp. durante el invierno.

En lo que se refiere al sistema lagunar de Bahía Magdalena, el primer estudio sobre ictioplancton corresponde a Castro (1975), quien efectúa una serie de muestreos estacionales entre 1973 y 1974, no encontrando larvas de clupeidos.

Funes y Esquivel (1985) determinan las características que permiten diferenciar las larvas del género *Opisthonema* de las larvas de *Sardinops sagax*; este trabajo es complementado por Saldierna *et al.* (1987) quienes describen los huevos de sardina crinuda y señalan sus diferencias de los huevos de sardina monterrey.

También en Saldierna *et al.* (1987) se presenta el estudio de los cambios en la abundancia de huevos y larvas de estas especies entre 1981 y 1983, y mencionan que la sardina monterrey se reproduce principalmente en invierno y primavera y con mayor frecuencia en la zona de Bahía Magdalena, en tanto que la sardina crinuda desova durante el verano y principalmente en las zonas de Canales y Bahía Almejas.

Con respecto a las estrategias reproductoras, se ha determinado que los desoves de estas especies en Bahía Magdalena se llevan a cabo principalmente durante la noche, siendo más intensos alrededor de las 21:00 h en *Opisthonema libertate* (Saldierna *et al.* 1992), y de las 22:00 h en *Sardinops sagax* (Torres 1986).

De los estudios señalados hasta el momento, la periodicidad con que se han efectuado las recolectas puede clasificarse aproximadamente como diurna (Torres 1986; Saldierna 1991), mensual (Ahlstrom 1954, 1959, 1960a; Kramer 1971; Saldierna *et al.* 1987; Arreola 1991), estacional (Moser *et al.* 1974; Castro 1975; De la Campa *et al.* 1976; Anónimo 1987; Vera 1988; Saldierna y Vera 1990); o bien cruceros únicos (De la Campa y Gutiérrez 1974; Gutiérrez 1974; Padilla 1976, 1981; Olvera 1981; Olvera y Padilla 1986).

Los estudios efectuados con una periodicidad intermedia entre la diaria y mensual son excepcionales. Por ejemplo, en octubre de 1950, Ahlstrom (1954) muestrea en 60 ocasiones un conjunto de tres estaciones ubicadas en un transecto localizado frente a Monterey, California,

con la intención de obtener datos sobre las variaciones a corto plazo de parámetros **físicos, químicos** y biológicos, con especial interés en aquellos de naturaleza periódica; sin embargo en ninguna de las 179 muestras de plancton obtenidas recolecta huevos o larvas de sardina, debido a que la temporada y zona seleccionada para su estudio no **correspondían** a aquellas en las que se efectuaba el desove.

Un segundo trabajo que es importante mencionar, es el presentado por Kramer (1963), quien en abril de 1952 efectúa tres experimentos simultáneos en las proximidades de Punta Eugenia, uno de cuyos objetivos era "...determinar los cambios temporales de corta duración (un día) en la distribución y número de organismos planctónicos, particularmente huevos y larvas de sardina...". En este trabajo no se discute la variabilidad observada ni su importancia para los estudios ictioplanktónicos con fines de evaluación de biomasa reproductora, problemática que ya **había** sido señalada anteriormente (Ahlstrom 1960a).

AREA DE ESTUDIO

El sistema lagunar de **Bahía Magdalena** se localiza en la costa occidental de la **Península** de Baja California, entre las coordenadas geográficas **24° 15' a 25° 20' N** y **111° 30' a 112° 12' W** (Fig. 1).

Esta región es posible dividirla en tres zonas bien diferenciadas:

Canales. Localizada al noroeste del sistema lagunar, comprende parte del Canal de Santo Domingo, desde la Boca de la Soledad en su extremo norte, hasta Punta Edie, al sur. **Está** integrada principalmente por esteros y canales con una profundidad promedio de 3.5 m y un **área** total de **137.12 km²**

Bahía Magdalena. Es la parte central del sistema y comprende lo que es **Bahía Magdalena** propiamente, entre Punta Edie al norte y el Canal de la Gaviota al sur; tiene comunicación con el **Océano Pacífico** mediante un canal denominado Boca Entrada, **de unos 38 m de profundidad** que permite la navegación, y una superficie de **882.74 km²**.

Bahía Almejas. Es la porción localizada al sureste del sistema lagunar, entre el Canal de la Gaviota hasta Puerto Chale; también está comunicada con el **océano** mediante una boca de carácter somero. Esta zona comprende un área de **369.97 km²**.

En lo que respecta a sus **características** oceanográficas, la temperatura superficial en el sistema lagunar de **Bahía Magdalena** presenta una **variación** estacional muy marcada, con **mínimos** entre abril y mayo con unos **18 °C** en promedio y **máximos** en septiembre con valores alrededor de **29 °C**. Por zonas, **Bahía Magdalena** es la porción más **fría**, seguida de **Bahía Almejas** y siendo frecuentemente la zona de Canales la más cálida, aún cuando en ocasiones, particularmente durante el invierno, en esta zona se registran las temperaturas más bajas (Saldierna et al. 1987). Por su parte Hernández (1988) menciona que el promedio global de temperatura mensual en este sistema es **un buen indicador de la tendencia general a lo largo del mismo, ya que presenta una patrón similar al de cada una de las zonas que lo integran.**

Bahía Magdalena está influenciada por los cambios en las condiciones ambientales en la zona oceánica adyacente debido al intercambio de agua existente. Por ejemplo, cuando se presentó el fenómeno **ENSO** de 1982 y 1983, se observó una reducción tanto en la abundancia de fitoplancton (Nienhuis y Guerrero 1985; Gárate 19921, como en la biomasa planctónica, asociada con un **período** de alta temperatura superficial (Saldierna et **al.** 1987).

En la boca de **Bahía Magdalena** los cambios en la salinidad están asociados con el ciclo de mareas, con valores **mínimos** durante el flujo y **máximos** en el reflujo (Acosta y Lara 19781, lo que le confiere a este sistema características de un antiestuario, con valores de temperatura y salinidad regularmente mayores que en las aguas oceánicas adyacentes, además de que la mayor parte del año se presentan condiciones características de surgencia en la porción noroeste de la **bahía**, esto es, concentraciones altas de nutrientes y valores bajos de temperatura, salinidad, **oxígeno** y pH (Alvarez **et al.** 1975). También el intercambio de nutrientes entre **Bahía Magdalena** y el océano a través de la boca principal está definido por el patrón de corrientes de marea, de tal modo que las concentraciones máximas se presentan durante el flujo y disminuyen en el reflujo, por lo que este sistema lagunar se considera un importador de nutrientes y un exportador de formas reducidas de carbono orgánico en forma de materia orgánica y material detrítico (Guerrero et **al.** 1988).

En relación a los ciclos de producción de biomasa planctónica, ésta es más abundante a finales de primavera y principios de verano, **reduciéndose** notablemente el resto del **año** (Saldierna et **al.** 19871, existiendo además altos **índices** de productividad primaria la cual es aportada al océano abierto durante el reflujo (Acosta y Lara 1978).

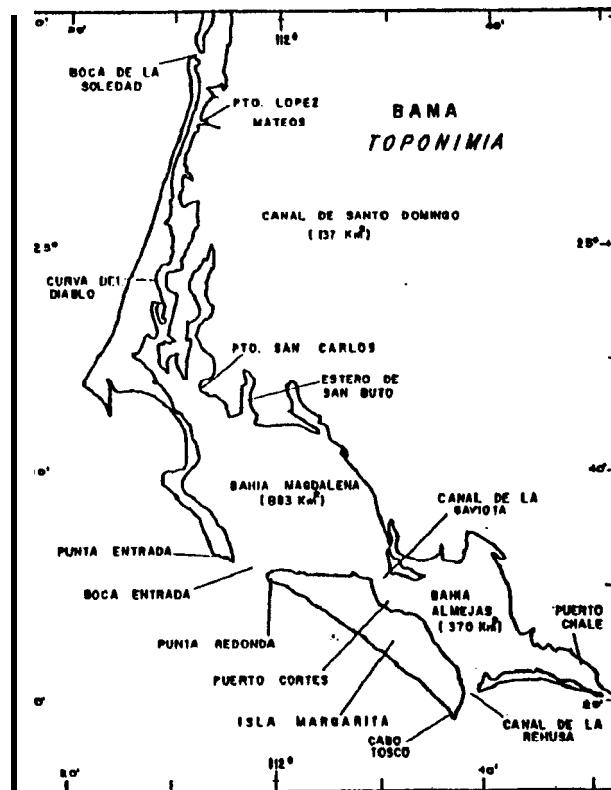


Fig. 1. Localización y toponimia del área de estudio.

M E T O D O L O G I A

Habiendo identificado en estudios anteriores, que dentro del sistema lagunar de Bahía Magdalena la temporada de mayor intensidad desovante de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, es durante los meses de julio y agosto, en tanto que la sardina monterrey, *Sardinops sagax*, desova principalmente entre enero y febrero de cada año (Saldierna et al. 1987; Saldierna 1991), se realizaron dos series de cuatro muestreos intensivos de plancton con una periodicidad semanal, el primero durante el verano de 1988 (julio y agosto) y el segundo en invierno de 1989 (febrero).

Dado que bajo la influencia de condiciones ambientales anormales, como es el caso del evento ENSO, el desove de estas especies puede presentar modificaciones temporales, esto es, la época en la que se presenta el máximo de actividad reproductora así como su duración (Saldierna et al. 1987), se efectuaron además seis muestreos de plancton durante los meses previos y posteriores a dichas temporadas, con el objeto de identificar posibles cambios de este tipo, así como para cuantificar la abundancia de huevos y larvas de estas sardinas fuera del máximo de actividad reproductora.

Los meses que adicionalmente se incluyeron en el estudio fueron abril, junio, octubre y diciembre de 1988, y enero y mayo de 1989, todos con un solo muestreo mensual.

Todos los muestreos se realizaron en una red básica de 28 estaciones utilizada por el CICIMAR a partir de 1981 (Anónimo 1985), y que abarca las tres zonas en que se encuentra dividido el sistema lagunar: Canales (4 estaciones: E, F, G, y H), Bahía Magdalena (14 estaciones: I, J, K1, K2, K3, L1, L2, L3, M1, M2, M3, N1, N2, y O) y Bahía Almejas (10 estaciones: P1, P2, Q1, Q2, Q3, R1, R2, R3, S, y T) (Fig. 2).

La nomenclatura utilizada para identificar cada campaña de muestreo está dada por las siglas BAMA seguida de cuatro dígitos que corresponden al año y al mes en que se realizó.

Con la finalidad de hacer comparativos los resultados con estudios previos, la metodología de muestreo es la misma utilizada en Anónimo (1985) y en Saldierna et al. (1987), esto es, mediante arrastres superficiales de cinco minutos de duración, con una red de plancton cónica con bridas al frente y diámetro en la boca de 0.6 m construida con malla monofilamento Nytex de 333 μm y equipada con flujómetro.

La fijación del material recolectado se llevó a cabo con formaldehído neutralizado con borato de sodio, a una concentración final de 4%.

Como parte de la rutina de muestreo se registró la temperatura superficial en todas las estaciones con un termómetro de cubeta, habiendo sido reportados estos datos en forma de Atlas por Hernández et al. (1993). Durante el muestreo de mayo de 1989 (BAMA 8905) esta operación no pudo realizarse, por lo que los datos corresponden a la información obtenida por los grupos de investigación de Ictiología y Jaiba del CICIMAR, registrada una semana después de efectuado el muestreo de plancton y aproximadamente en el mismo plan de estaciones.

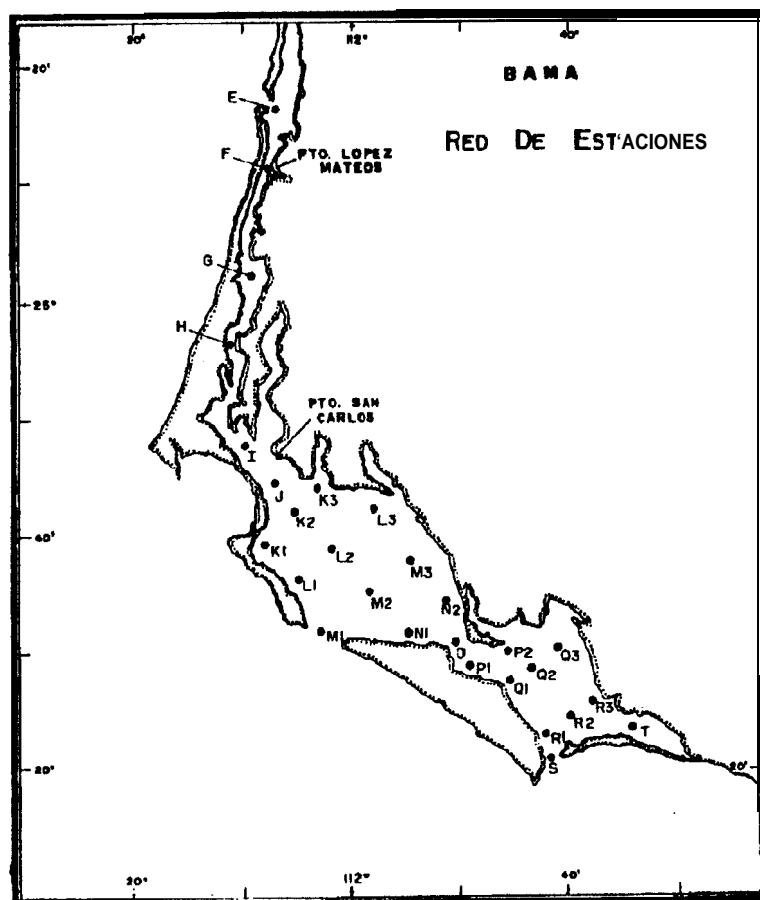


Fig. 2. Red de estaciones de muestreo en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S.

En el laboratorio se llevó a cabo la separación del ictioplancton de las muestras sin fraccionar. Los huevos y larvas de sardina **crinuda** se identificaron de acuerdo a las descripciones elaboradas por Funes y Esquivel (1985) y Saldierna et al. (1987), en tanto que los de sardina monterrey fueron identificados siguiendo los criterios establecidos por Scofield y Linder (1930), Scofield (1934) y Ahlstrom (1943).

Para la comparación de las abundancia de huevos y larvas entre estaciones y cruceros, todos los valores se expresan en número de organismos por 10 m^2 de superficie marina; la estimación de la abundancia total por zona y por muestreo está dada por el **índice** de huevos (IH) e **índice** de larvas (IL) los cuáles se calcularon de acuerdo a Smith y Richardson (1979), y que están definidos como:

$$I_{HL} = (\sum n_{hi} / N +) * (N + / N_t) * C$$

en donde:

I_{HL} = Índice de huevos o larvas

$\sum n_{hi}$ = Suma total de huevos o larvas

$N +$ = Número de estaciones positivas

N_t = Número total de estaciones donde se tomaron muestras

$N + / N_t$ = Proporción de estaciones positivas

C = Número de unidades de área de 10 m²

En este caso, el número de estaciones positivas ($N +$), se refiere a la cantidad de estaciones en las que se registra la presencia de huevos o larvas, sin importar su abundancia, y la relación entre el número de estaciones donde se tomaron muestras y el de estaciones totales ($N + / N_t$), o proporción de estaciones positivas, representa una estimación de la porción de la superficie marina que efectivamente contiene huevos o larvas.

En esta metodología también se señala que cuando se llevan a cabo dos o más campañas de muestreo en una sola temporada, y se desea obtener una sola estimación que las integre, es posible combinar las observaciones y obtener un solo Índice (Smith y Richardson 1979). En nuestro caso se estimará un solo Índice para cada una de las dos series de muestreos semanales, aquí llamado índice unificado (I'), y que está definido como:

$$I'_{HL} = (\sum \sum n_{ij} / \sum N_{i+}) * (\sum N_{i+} / \sum N_{ij}) * (C)$$

en donde: I'_{HL} = Índice unificado de huevos o larvas

$\sum \sum n_{ij}$ = Sumatoria del número de huevos o larvas en las i estaciones de los j muestreos

$\sum N_{i+}$ = Sumatoria del número de estaciones positivas en los j muestreos

$\sum N_{ij}$ = Sumatoria del número de estaciones ocupadas en cada uno de los j muestreos

C = Número de unidades de área de 10 m²

j = Número de muestreos que se unifican, 4 en este caso.

Estos índices al igual que los anteriores, se calcularon para cada una de las zonas en que se dividió el sistema lagunar, y su suma representa el índice unificado de huevos y larvas para todo el área por mes.

La utilidad de estos índices en la estimación de la abundancia radica en que en ellos se incluye un factor de ponderación (C) que define el área que representa cada muestreo (Smith 1972).

Además, se calcularon la media (Med.) y la variancia (S^2) de las abundancias en las estaciones positivas por zona y crucero.

Como criterio para la designación de las zonas de mayor actividad reproductora se consideró la frecuencia con que una estación resulta positiva, así como el número de huevos o larvas que son recolectados en ella a lo largo de la temporada.

Los contornos de abundancia en los mapas de distribución se elaboraron considerando una escala logarítmica de base 10, en la que cada isolínea (intervalo) difiere en un orden de magnitud del que le sigue (Smith y Richardson 1979), y la cual ha sido ampliamente utilizada en este tipo de descripciones gráficas (Picquelle y Hewitt 1983; Yamashita y Aoyama 1983; Olvera y Padilla 1986; Aceves 1992).

De este modo se establecen las siguientes categorías de abundancia:

| | | |
|------------|------------------------------|----------|
| 0.1 - 1 | organismos/1 Om ² | Muy baja |
| 1 - 10 | " | Baja |
| 10 - 100 | " | Alta |
| 100 - 1000 | " | Muy alta |

Dado que la estructura espacial del plancton y en particular del ictioplancton es en forma agregada o de "parches" (Smith 1981), estadísticamente es posible describirla mediante la distribución binomial negativa (DBN) (Smith y Hewitt 1985; Smith et al. MS), la cuál está caracterizada por que la variancia es mucho mayor que la media (Krebs 1989).

El parámetro "K" de la DBN es considerado como un índice del grado de agregación de los organismos, de modo que entre menor valor tenga K, existe un nivel más alto de agregación y viceversa, a mayor valor de K, la agregación será menor (Krebs 1989).

El valor de este parámetro en cada crucero, se calculó utilizando el método iterativo propuesto por Krebs (1989), para lo cuál los valores de abundancia de huevos y larvas se agruparon en una distribución de frecuencias con intervalos de clase desiguales (Yamane 1979), partiendo de los valores de media y variancia por crucero, e incluyendo las estaciones con valores de abundancia cero (sin huevos o larvas).

R E S U L T A D O S

Durante el periodo comprendido entre abril de 1988 y mayo de 1989, se efectuaron dos series de cuatro muestreos intensivos semanales y seis mensuales (14 cruceros en total), que en su conjunto aportaron 303 muestras de plancton (Tabla 1). En todos los cruceros se recolectaron huevos o larvas de sardina, con excepción del efectuado en abril de 1988, en el cual ambos elementos del ictioplancton estuvieron ausentes.

A continuación se proporciona una breve descripción por especie de los resultados obtenidos en cuanto a distribución y abundancia de huevos y larvas.

Para cada especie en primer lugar se hace referencia a los resultados correspondientes al muestreo intensivo semanal efectuado en el pico del desove, seguido de los muestreos mensuales en los que hayan estado presentes sus huevos y/o larvas.

TABLA 1. Fecha de realización de los cruceros y estaciones muestreadas.

| CRUCERO | FECHA | CANALES | BAHIA MAGDALENA | | | | | | | | | | | | | | | | BAHIA ALMEJAS | | | | | | | | | | TOTAL |
|---------|--------------------|---------|---|-----------------------------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|
| | | E F G H | 1 J K1 K2 K3 L1 L2 L3 M1 M2 M3 N1 N2 O | PI P2 Q1 Q2 Q3 R1 R2 R3 S T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8804 | 1988 Abr. 19-20 | * * * * | * * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * * * * * * | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8806 | Jun. 13-15 | * * * * | * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * * * | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8807-1 | Jul. 18-21 | * * * | * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * * * * | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8807-2 | Jul. 25-27 | | * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * * | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8808-1 | Ago. 3-4 | | * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8808-2 | Ago. 10-11 | | * * * * * * * * * * * * * | * * * * | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8810 | oct. 10-11 | | * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * * | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8812 | Di c. 7 | | | * * * * | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8901 | 1989 Ene. 11-13 | * * * * | * * * * * * * * * * * * * | * * * * * * * * * | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8902-1 | Ene. 31-Feb. 2 | * * * * | * * i r * * * * * * * * | * * | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8902-2 | Feb. 7-8 | * * * * | * * * * * * * * * * * * * | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8902-3 | Feb. 13-15 | * * | * * * * * * * * * * * * * | * * * | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8902-4 | Feb. 21-23 | | * * * * * * * * * * * * | * * * * | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8905 | May. 9-10 | | * * * * * * * * * * * * | * * * * * | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | 6 6 7 7 | 11 13 13 13 12 13 13 12 13 13 12 14 13 14 | 13 11 13 10 9 10 10 9 10 3 | 303 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

I. *Opis thonema libertate*.

1.1. Distribución de huevos y larvas.

La sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, sólo estuvo presente durante la primera serie de muestreos intensivos efectuados entre los meses de julio y agosto de 1988, así como en octubre del mismo año.

1.1.1. Muestreos intensivos semanales.

Primera serie: julio-agosto de 1988.

BAMA 8807-1, Julio 18-21, 1988.

En este muestreo se efectuó la recolecta de ictioplancton en todas las estaciones ubicadas en las tres zonas de estudio, Canales, Bahía Magdalena y Bahía Almejas, observándose que tanto los huevos como las larvas de sardina crinuda se localizaron principalmente en las porciones meridionales de las zonas de Canales y Bahía Magdalena, así como en casi toda el área de Bahía Almejas, presentándose en esta última zona abundancias altas de huevos (Fig. 3).

BAMA 8807-2, Julio 25-27, 1988.

Durante este crucero, al igual que los dos siguientes efectuados en el mes de agosto, no fue posible realizar la recolecta de plancton en la zona de Canales, pero se observa un incremento tanto en la abundancia como en el área de distribución de huevos y larvas, ya que los primeros ocupan todas las estaciones, con excepción de la M1, localizada en la boca de Bahía Magdalena, en tanto que las larvas están ausentes en sólo tres estaciones de esta misma zona (L1, M1, y N2). En la zona de Bahía Almejas se tienen las principales concentraciones, siendo relevantes las estaciones Q3 y R1 por su muy alta abundancia de huevos (Fig. 4).

BAMA 8808- 1, Agosto 3-4, 1988.

Se reduce ligeramente la cantidad de huevos en Bahía Magdalena así como el número de estaciones positivas, pero se incrementa la abundancia de larvas al norte de esta zona así como en Bahía Almejas; las estaciones Q2 y Q3 muestran muy alta abundancia de huevos (Fig. 5).

BAMA 8808-2, Agosto 10-11, 1988.

En este crucero, además de la zona de Canales, no se muestrearon las estaciones de la porción sur de Bahía Almejas (R1, R2, R3 y S), pero las observaciones indican un incremento en la abundancia y en el número de estaciones con huevos y larvas de sardina crinuda. Bahía Almejas continúa siendo la zona de mayor importancia por la cantidad de huevos y larvas presentes, así como las estaciones J y N2 ubicadas en Bahía Magdalena (Fig. 6).

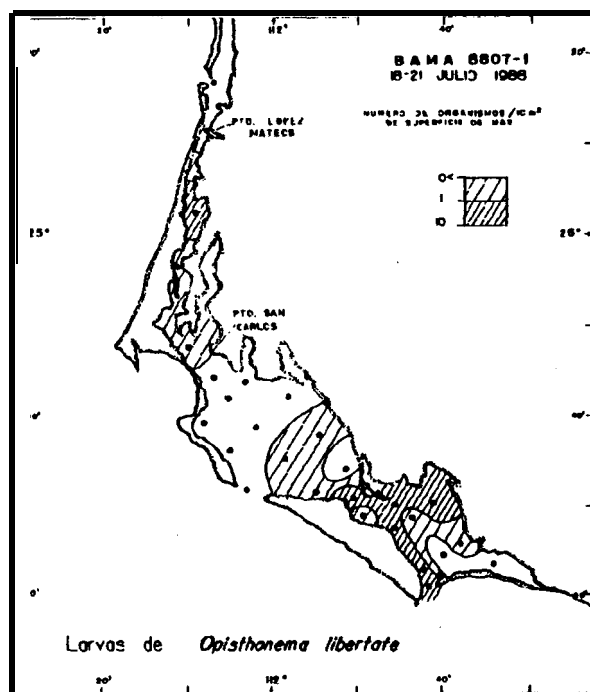
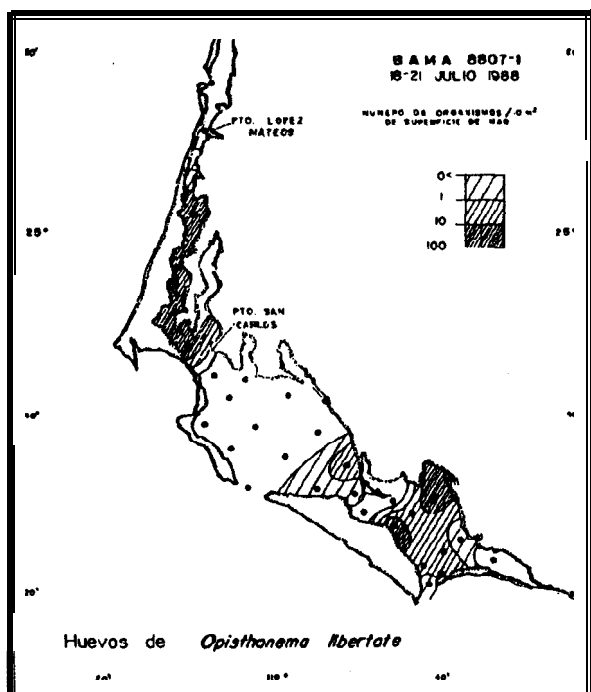


Fig. 3. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*. BAMA 8807-1

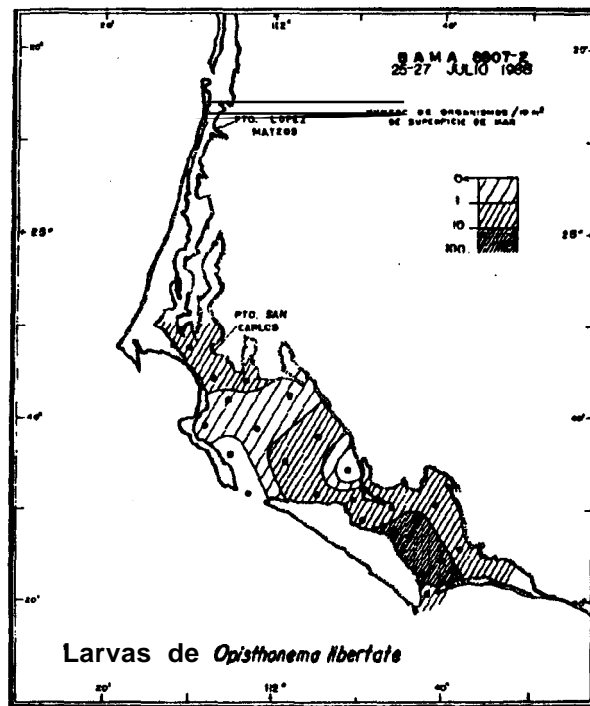
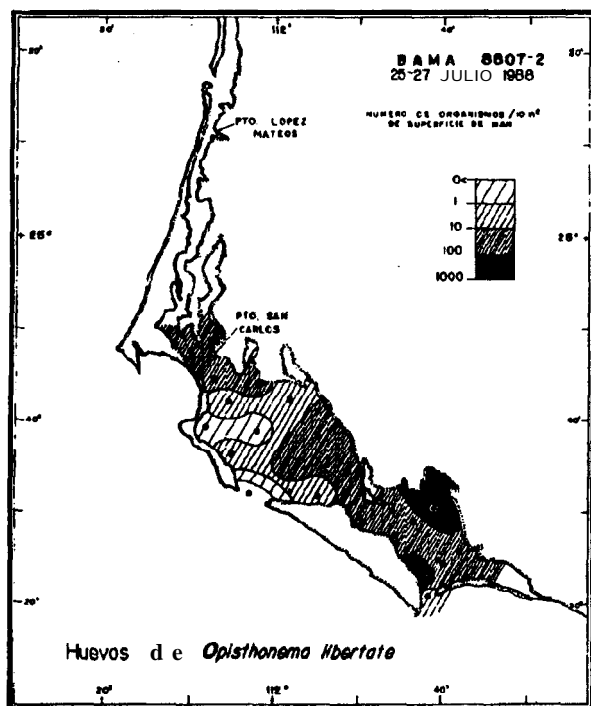


Fig. 4. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*. BAMA 8807-2.

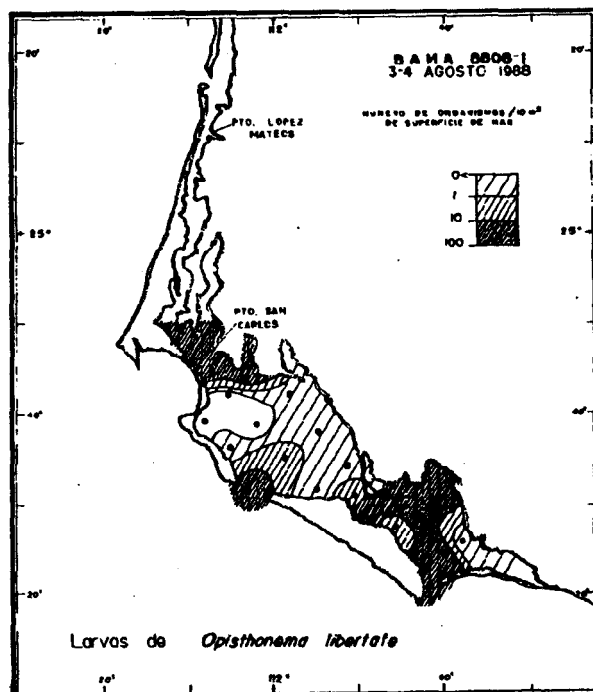
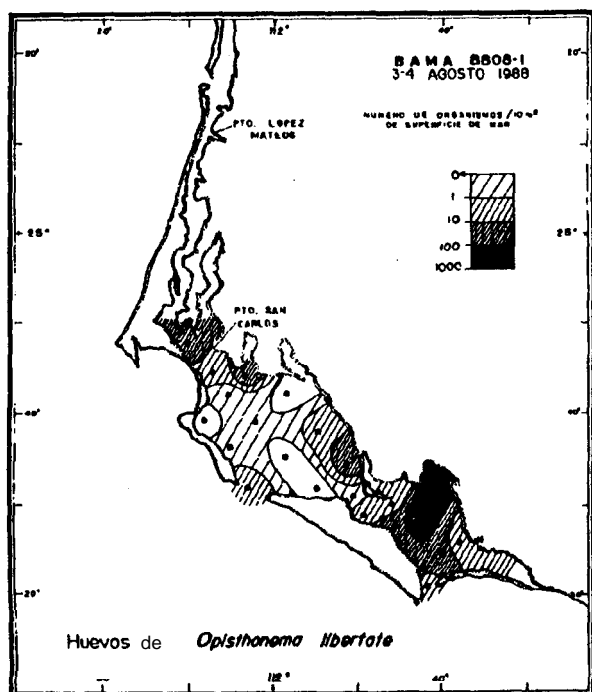


Fig. 5. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*. BAMA 8808-1.

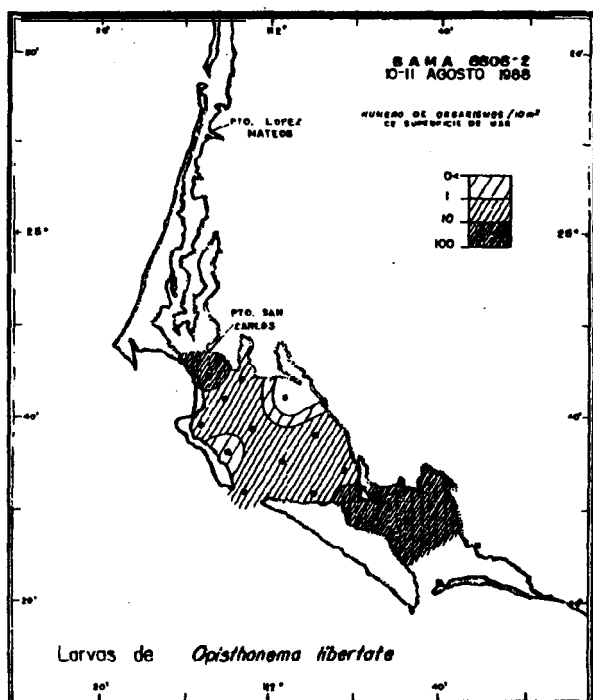
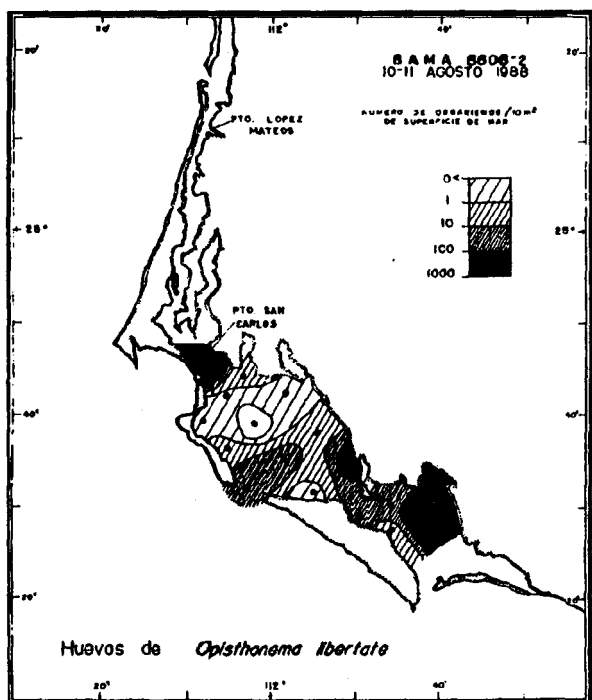


Fig. 6. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*. BAMA 8808-2.

1.1.2. Muestreos mensuales.

BAMA 8810, Octubre 11-12, 1988.

Este crucero, realizado dos meses después de finalizada la primera serie de muestreos intensivos, es el único muestreo mensual en el que se recolectaron huevos y larvas de sardina crinuda; se observa una disminución en la actividad reproductora de esta sardina, con una reducción notable en el número de huevos y larvas y de estaciones en las que estos se presentan. La distribución de los huevos y larvas es muy aislada tanto en Bahía Magdalena como en Bahía Almejas y su abundancia de baja a muy baja (Fig. 7).

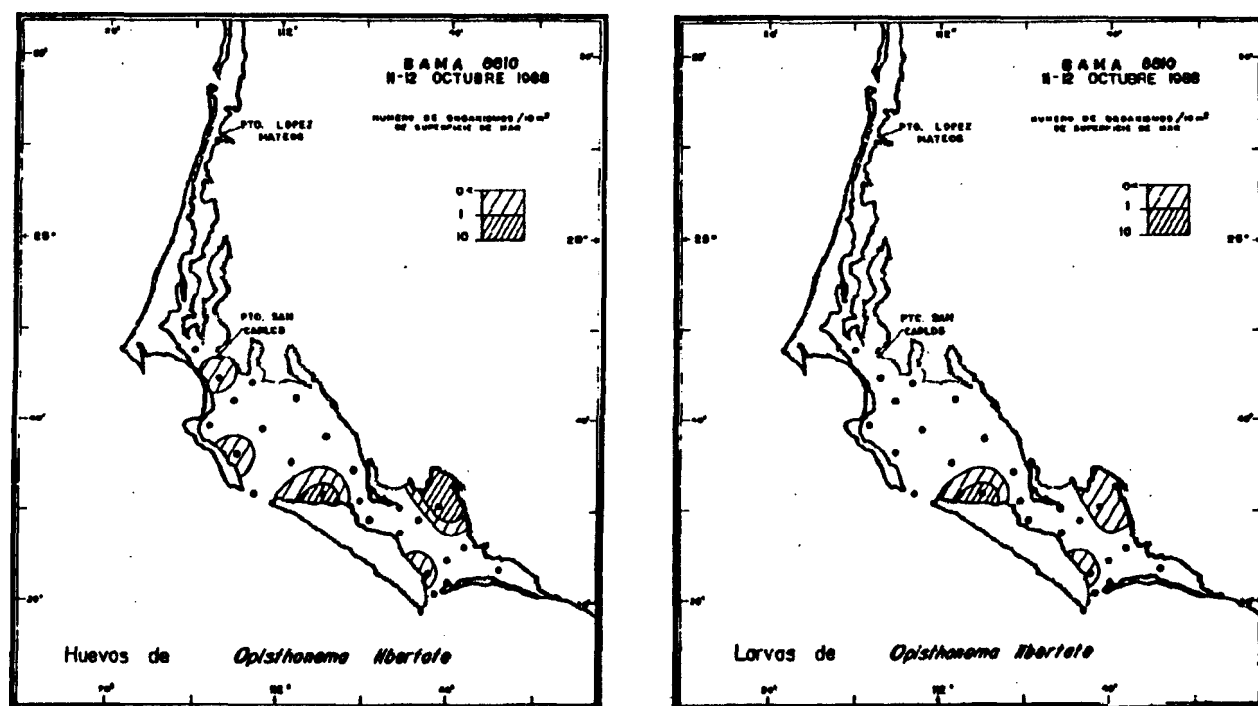


Fig. 7. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*. BAMA 8810.

1.2. Abundancia de Huevos y Larvas.

En su conjunto, son las zonas de Bahía Almejas y las porciones norte y sur de Bahía Magdalena, en donde se presenta el mayor número de huevos y larvas. Esto se resume en las Figs. 8 y 9, en donde se presenta la cantidad de huevos y larvas que aportó cada estación por crucero, y en las que es evidente que el aporte correspondiente al mes de octubre (BAMA 8810) es mínimo, ya que solo contribuye con 10 huevos y 4 larvas. Integrando los cinco cruceros durante los cuales se presentó esta especie, se aprecia que las estaciones Q2 y Q3 son las que aportan el mayor número de huevos, en tanto que las estaciones que contribuyen con la mayoría de larvas son la Q2, Q3, R1 y R2 (Fig. 10).

Además, aunque de Bahía Almejas proceden sólo el 37% de las muestras recolectadas entre julio y octubre (Tabla 1), en términos porcentuales corresponde a esta zona alrededor del 70% del total de huevos y larvas de sardina crinuda (Tabla 2).

En relación al total de huevos y larvas de sardina crinuda por crucero, se observa una tendencia creciente en la abundancia de huevos durante la primera serie de muestreos intensivos, después de lo cual hay una reducción notable en octubre de 1988. Un patrón similar se observa en las larvas pero la fase de incremento dura los tres primeros cruceros, presentándose la declinación a partir del crucero BAMA 8808-2. En ambos casos las capturas durante la primera serie de muestreos intensivos son las más importantes ya que representan más del 99.5% del total (Fig. 11).

TABLA 2. Número de estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*. Julio-octubre de 1988.

| ZONA | ESTACIONES MUESTREADAS | ABUNDANCIA DE HUEVOS | N+ | ABUNDANCIA DE LARVAS | N+ |
|--------------|------------------------|----------------------|----|----------------------|----|
| Canales | 4 | 112.6292 | 2 | 2.6164 | 2 |
| B. Magdalena | 69 | 946.2255 | 42 | 218.2593 | 40 |
| B. Almejas | 43 | 2271.0805 | 32 | 615.6309 | 34 |
| TOTAL | 116 | 3329.9352 | 76 | 836.6066 | 76 |

Huevos/10m²

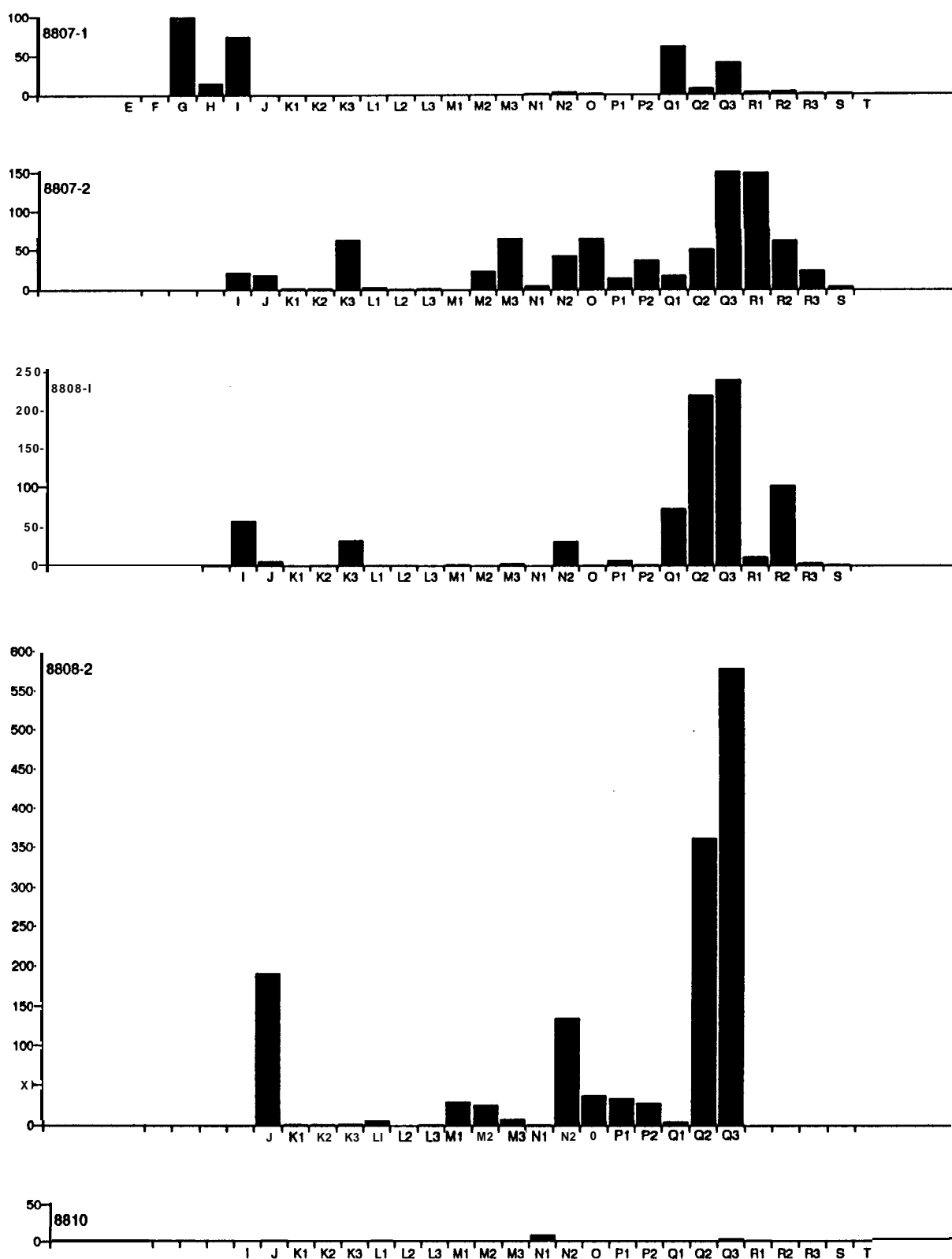


Fig. 8. Número de huevos de *Opisthonema libertate* capturados por estación y crucero. Julio-octubre de 1988.

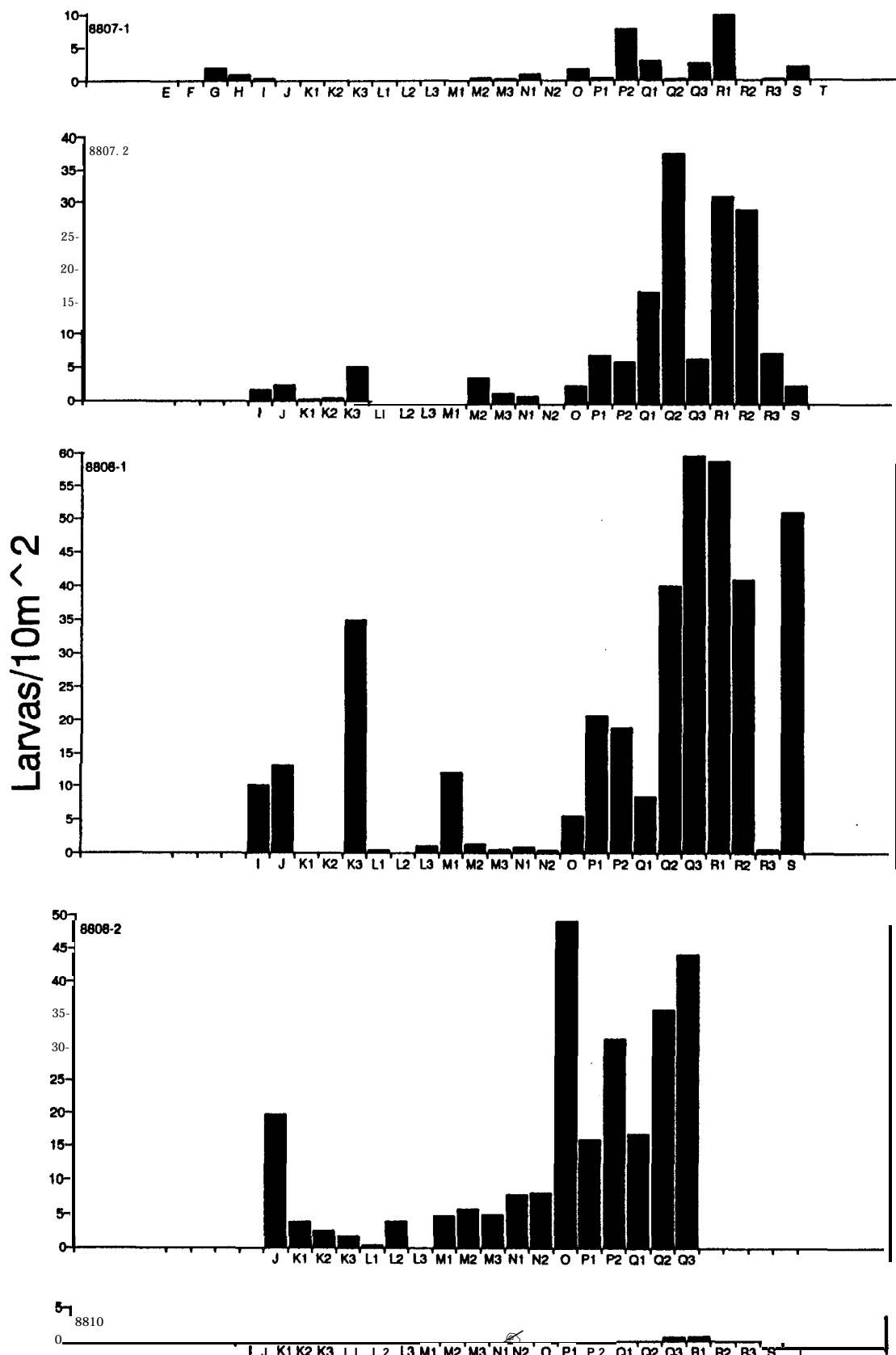


Fig. 9. Número de larvas de *Opisthonema libertate* capturados por estación y crucero. Julio-octubre de 1988.

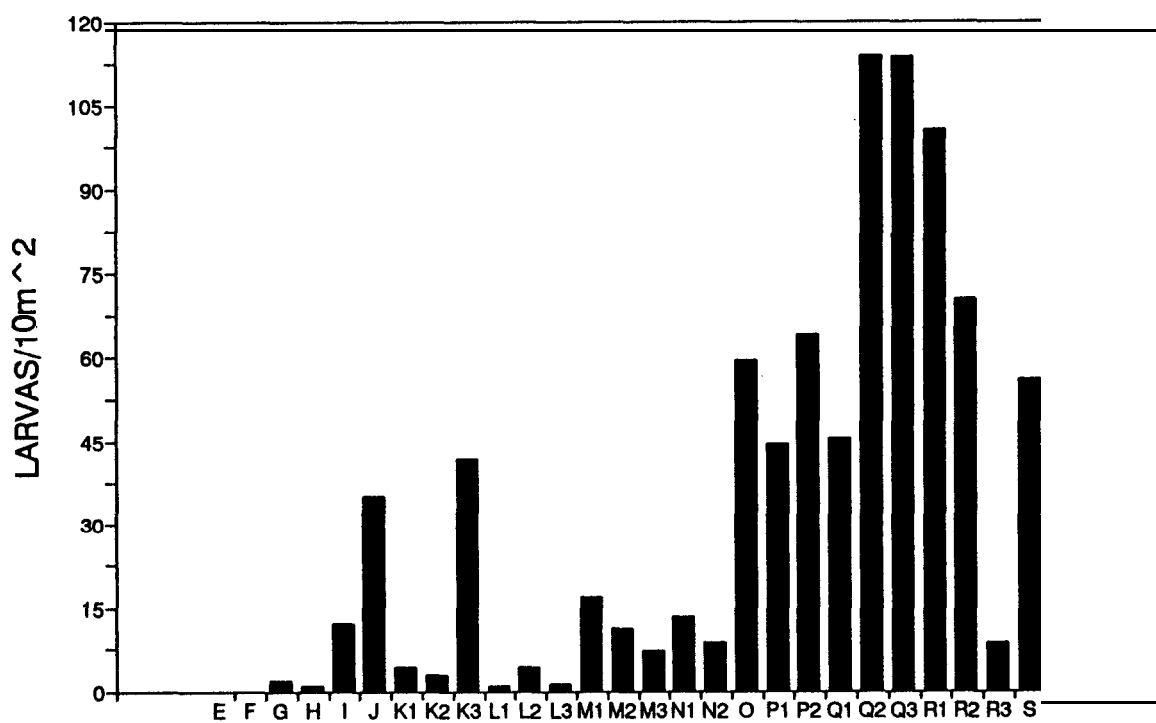
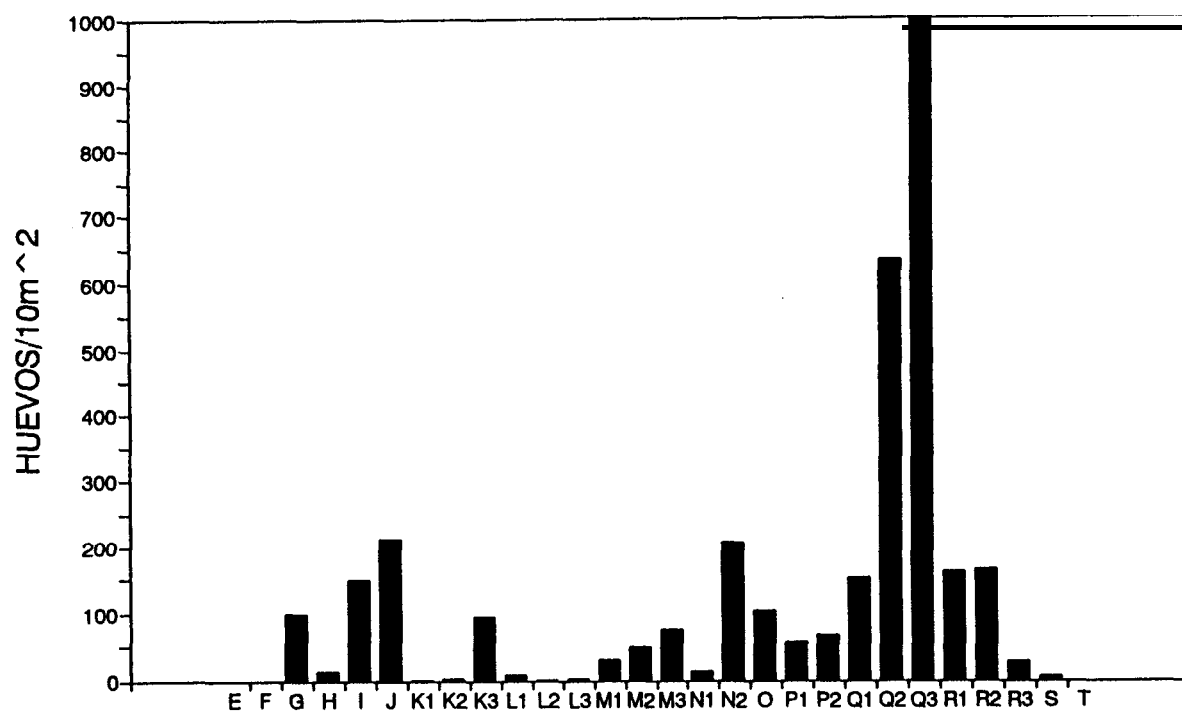


Fig. 10. Número total de huevos y larvas de *Opisthonema liber-tate* capturados por estación. Julio-octubre de 1988.

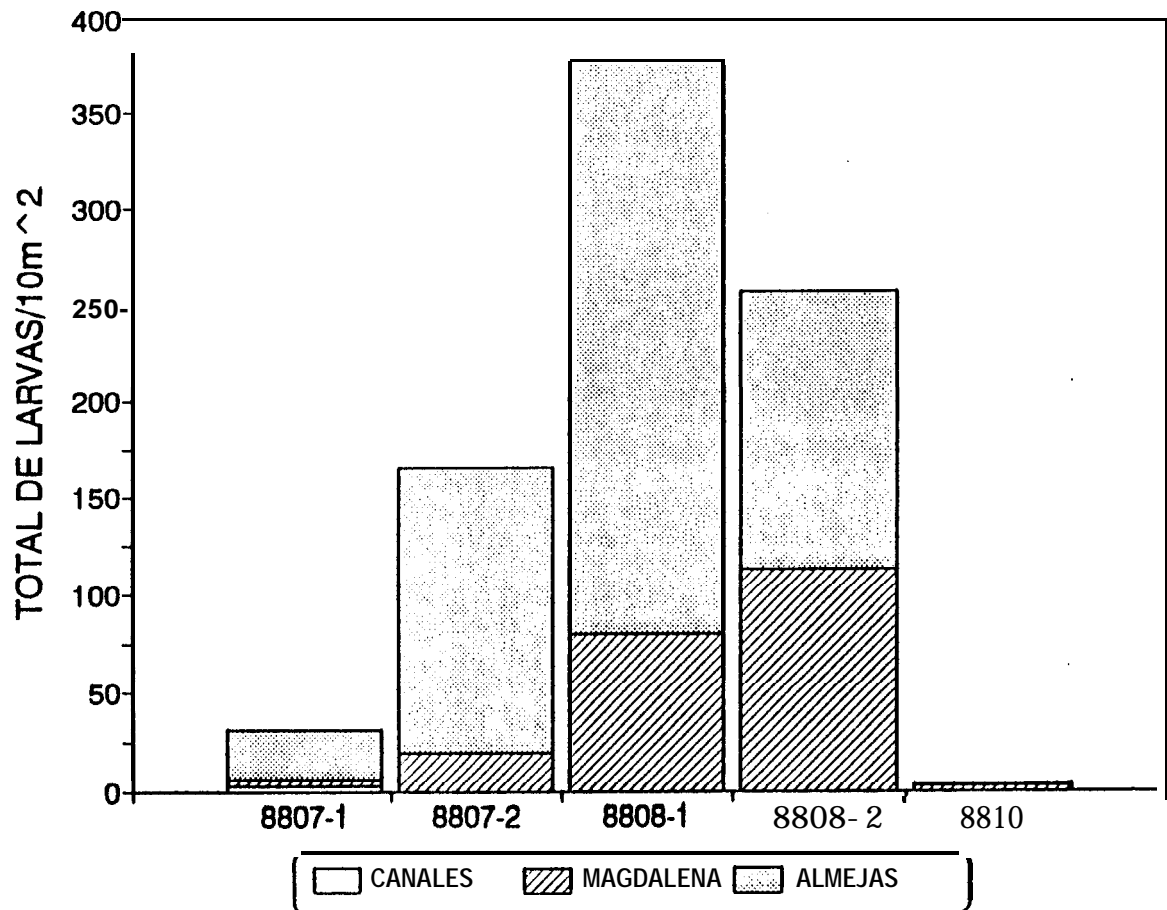
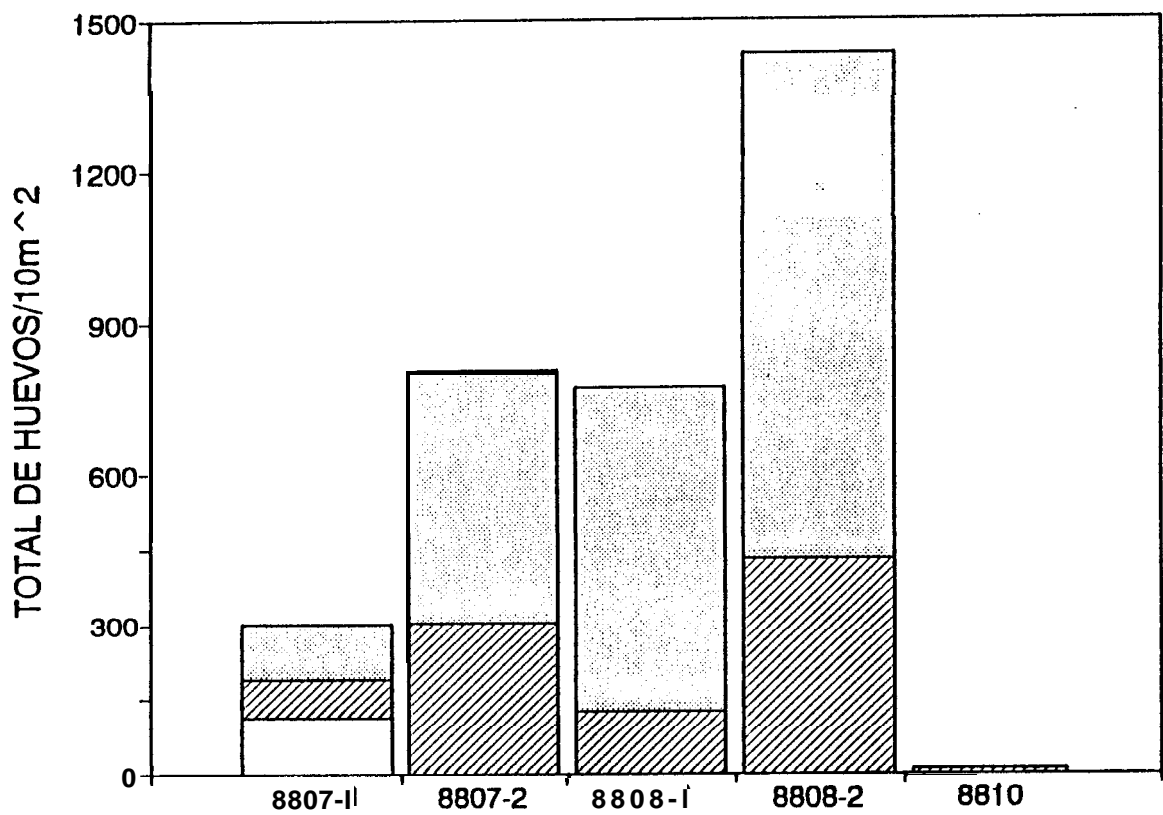


Fig. II. Número total de huevos y larvas de *Opisthonema libertate* capturados por zona y crucero. Julio a octubre de 1988.

Indices de abundancia de huevos y larvas.

Para obtener una estimación de la abundancia total de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*, se calcularon los índices de huevos (I_H) y larvas (I_L) (Tablas 3 y 4).

El histograma de estos índices muestra una tendencia ascendente a lo largo de la primera serie de muestreos intensivos (julio-agosto de 1988), iniciando con $1,291 \times 10^6$ huevos y 125×10^6 larvas en el primer muestreo de julio, y alcanzando el máximo en el segundo muestreo de agosto con $10,538 \times 10^6$ huevos y $1,830 \times 10^6$ larvas (Fig. 12).

Por zonas es Bahía Almejas la que contribuye con el mayor porcentaje al total de huevos y larvas, seguida de Bahía Magdalena; el aporte máximo de la zona de Canales es durante el crucero BAMA 8807-1, en el cual contribuye con el 30% del índice total de huevos.

Para el mes de octubre la actividad desovante se encuentra muy disminuida, razón por la cual los índices correspondientes son los más bajos del periodo, con solo 57×10^6 huevos y 21×10^6 larvas.

Las estimaciones obtenidas del índice unificado de huevos y larvas de esta especie (I'), durante la primera serie de muestreos intensivos, indican la presencia en promedio de $4,436 \times 10^6$ huevos y de $1,103 \times 10^6$ larvas (Tabla 5), por lo que solo los huevos durante el segundo muestreo de agosto y las larvas en los dos realizados en este mismo mes, superaron en abundancia al valor unificado.

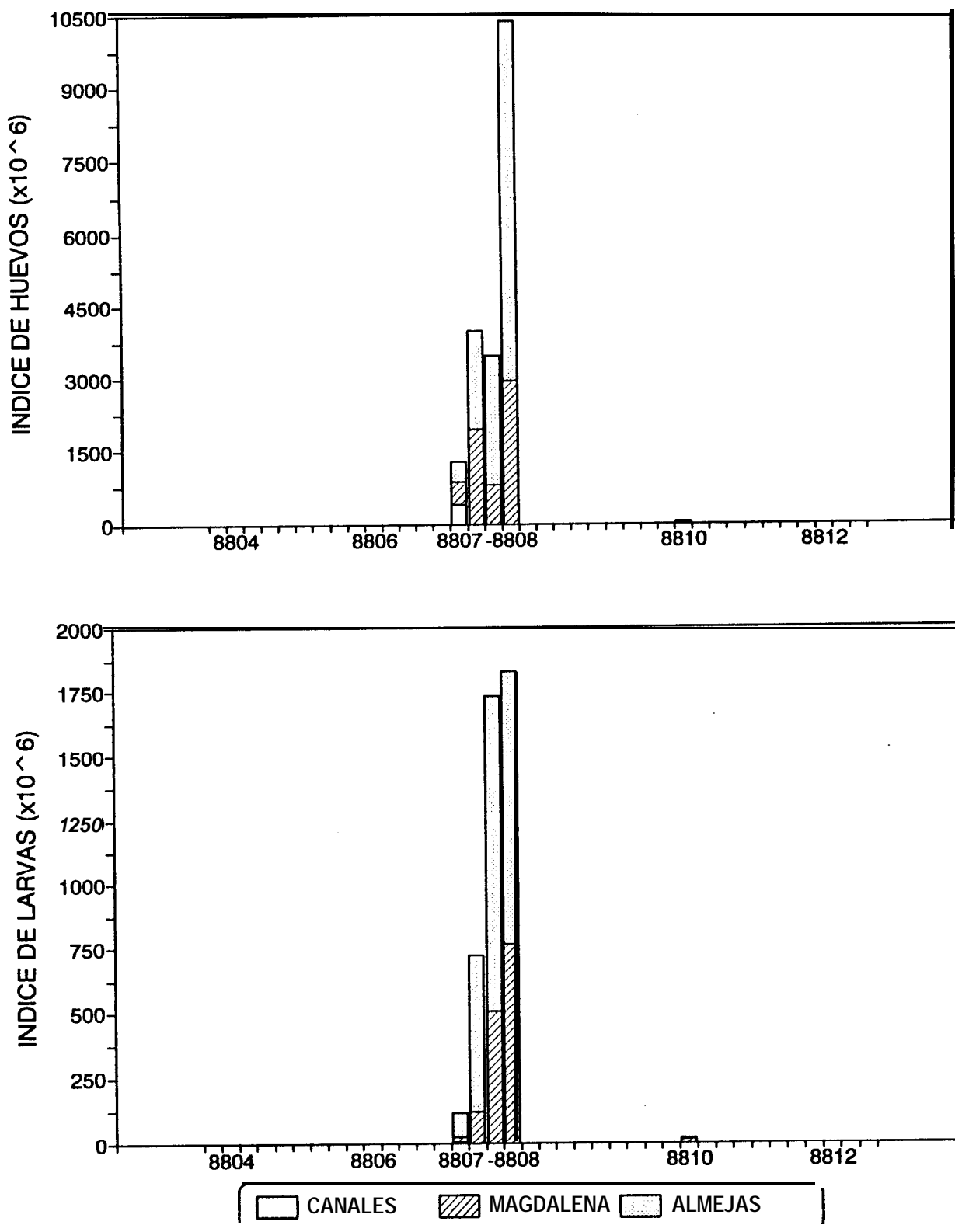


Fig. 12. Indices de huevos y larvas de *Opisthonema libertate* correspondientes a los cruceros efectuados en 1988.

TABLA 3. Estadísticos básicos e índice de huevos de *Opisthonema libertate*. Julio-octubre de 1988.

| CANALES | N_t | N+ | Eh | Med. | S² | N+/N_t | I_H x10⁶ |
|------------------|----------------------|-----------|-----------|-------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 8807-1 | 4 | 2 | 112.63 | 56.31 | 3601.7 | 0.50 | 385.7550 |
| 8807-2 | 0 | | | | | | |
| 8808-1 | 0 | | | | | | |
| 8808-2 | 0 | | | | | | |
| 8810 | 0 | | | | | | |
| MAGDALENA | N_t | N+ | Σh | Med. | S² | N+/N_t | I_H x10⁶ |
| 8807-1 | 14 | 4 | 77.05 | 19.26 | 1319.6 | 0.29 | 485.9338 |
| 8807-2 | 14 | 13 | 304.20 | 23.40 | 668.2 | 0.93 | 1918.6120 |
| 8808-1 | 14 | 10 | 125.46 | 12.55 | 369.8 | 0.71 | 791.2777 |
| 8808-2 | 13 | 12 | 431.93 | 35.99 | 3750.5 | 0.92 | 2933.7716 |
| 8810 | 14 | 3 | 7.60 | 2.53 | 16.6 | 0.21 | 47.9393 |
| ALMEJAS | N_t | N+ | Σh | Med. | S² | N+/N_t | I_H x10⁶ |
| 8807-1 | 10 | 7 | 113.58 | 16.23 | 567.3 | 0.70 | 420.2423 |
| 8807-2 | 9 | 9 | 503.50 | 55.94 | 3073.3 | 1.00 | 2065.0689 |
| 8808-1 | 9 | 9 | 648.26 | 72.03 | 8997.8 | 1.00 | 2665.0689 |
| 8808-2 | 5 | 5 | 1003.28 | 200.66 | 65770.4 | 1.00 | 7424.2853 |
| 8810 | 10 | 2 | 2.46 | 1.23 | 1.6 | 0.20 | 9.0850 |

TABLA 4. Estadísticos básicos e índice de larvas de *Opisthoneme libertate*. Julio-octubre de 1988.

| CANALES | N_t | N+ | Cl | Med. | S² | N+/N_t | 1, x10⁶ |
|------------------|----------------------|-----------|-----------|-------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| 8807-1 | 4 | 2 | 2.62 | 1.31 | 0.32 | 1.00 | 8.9611 |
| 8807-2 | 0 | | | | | | |
| 8808-1 | 0 | | | | | | |
| 8808-2 | 0 | | | | | | |
| 8810 | 0 | | | | | | |
| MAGDALENA | N_t | N+ | El | Med. | S² | N+/N_t | 1, x10⁶ |
| 8807-1 | 14 | 5 | 3.44 | 0.69 | 0.36 | 0.36 | 21.7174 |
| 8807-2 | 14 | 11 | 19.40 | 1.76 | 2.71 | 0.79 | 122.3460 |
| 8808-1 | 14 | 11 | 80.06 | 7.28 | 108.49 | 0.79 | 504.9656 |
| 8808-2 | 13 | 12 | 112.75 | 9.40 | 180.42 | 0.92 | 765.8266 |
| 8810 | 14 | 1 | 2.61 | 2.61 | | 0.07 | 16.4389 |
| ALMEJAS | N_t | N+ | Cl | Med. | S² | N+/N_t | 1, x10⁶ |
| 8807-1 | 10 | 8 | 25.61 | 3.20 | 12.64 | 0.80 | 94.7740 |
| 8807-2 | 9 | 9 | 146.21 | 16.25 | 173.53 | 1.00 | 601.1028 |
| 8808-1 | 9 | 9 | 298.75 | 33.19 | 476.54 | 1.00 | 1228.1788 |
| 8808-2 | 5 | 5 | 143.82 | 28.76 | 147.75 | 1.00 | 1064.2798 |
| 8810 | 10 | 2 | 1.23 | 0.62 | 0.003 | 0.20 | 4.5669 |

Tabla 5. Índice unificado (I') de huevos y larvas de *Opisthoneme libertate*, durante la primera serie de muestreos intensivos. Julio-agosto de 1988.

| INDICE UNIFICADO DE HUEVOS | | | | | | | |
|----------------------------|-------|----|-----------|-------|----------|------------|--------------------|
| Zona | N_t | N+ | Ch | Med. | S^2 | $N+ / N_t$ | $I_H' \times 10^6$ |
| Canales | 4 | 2 | 112.6292 | 56.31 | 3601.75 | 0.50 | 385.7550 |
| Magdalena | 55 | 39 | 938.6247 | 24.07 | 1570.87 | 0.71 | 1506.9193 |
| Almejas | 33 | 30 | 2268.6251 | 75.62 | 16190.30 | 0.91 | 2543.6100 |
| Total | | | | | | | ----- 4436.2843 |
| INDICE UNIFICADO DE LARVAS | | | | | | | |
| Zona | N_t | N+ | Cl | Med. | S^2 | $N+ / N_t$ | $I_L' \times 10^6$ |
| Canales | 4 | 2 | 2.6164 | 1.31 | 0.32 | 0.50 | 8.9612 |
| Magdalena | 55 | 39 | 215.6529 | 5.53 | 94.32 | 0.71 | 346.2209 |
| Almejas | 33 | 31 | 614.3966 | 19.82 | 340.47 | 0.94 | 688.8689 |
| Total | | | | | | | ----- 1044.0510 |

II. *Sardinops sagax*

II.1 Distribución de huevos y larvas.

A diferencia de la sardina crinuda, la presencia de huevos y larvas de *Sardinops sagax* se registró, con excepción del muestreo mensual de abril, prácticamente durante todo el periodo de estudio, incluyendo las dos series de muestreos intensivos.

A continuación se describen brevemente los resultados referentes a la distribución de los huevos y larvas de sardina monterrey para cada uno de los cruceros en los que se presentaron.

II. 1.1. Muestreos intensivos.

Primera serie: julio-agosto de 1988.

BAMA 8807-1, Julio 18-21, 1988.

El área de distribución de huevos y larvas se localiza al norte de Bahía Magdalena, ambos en sólo 4 estaciones y con abundancia de baja a muy baja (Fig. 13).

BAMA 8807-2, Julio 25-27, 1988.

No hay presencia de huevos de esta especie, solo algunas larvas que están restringidas a una estación en Bahía Magdalena (K2) y otra en la boca de Bahía Almejas (S) (Fig. 14).

BAMA 8808- 1, Agosto 3-4, 1988.

Al igual que en el muestreo anterior, no se observan huevos de sardina, únicamente larvas en muy baja abundancia, las cuales ahora ocupan un área mayor de la parte central de Bahía Magdalena (Fig. 15).

BAMA 8802-2, Agosto 10-11, 1988.

Continúan ausentes los huevos de sardina monterrey y se reduce el número de estaciones con larvas a sólo dos (K2 y LI), ambas con muy baja abundancia (Fig.16).

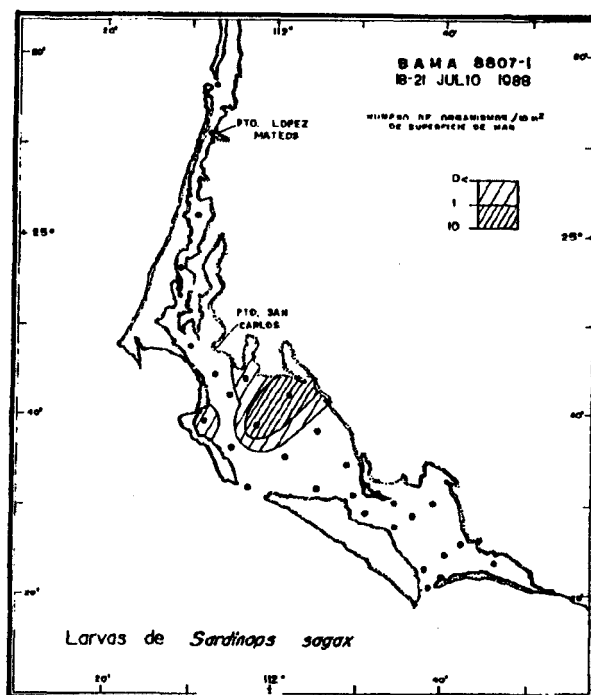
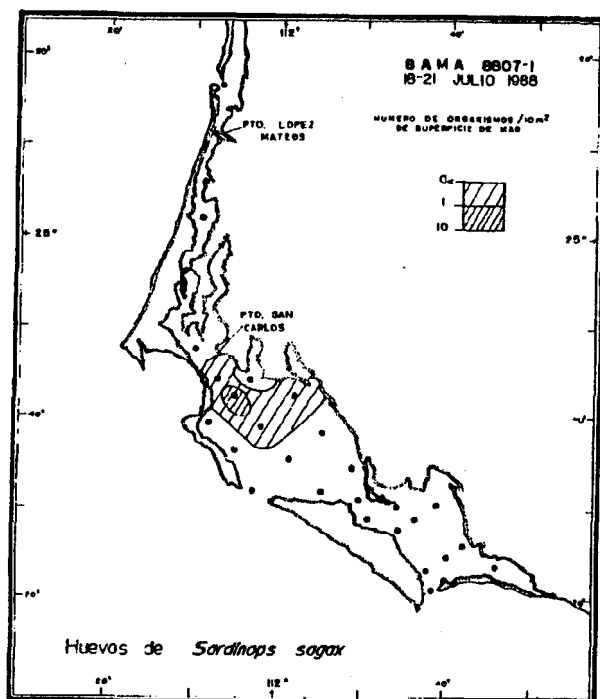


Fig. 13. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8807-1.

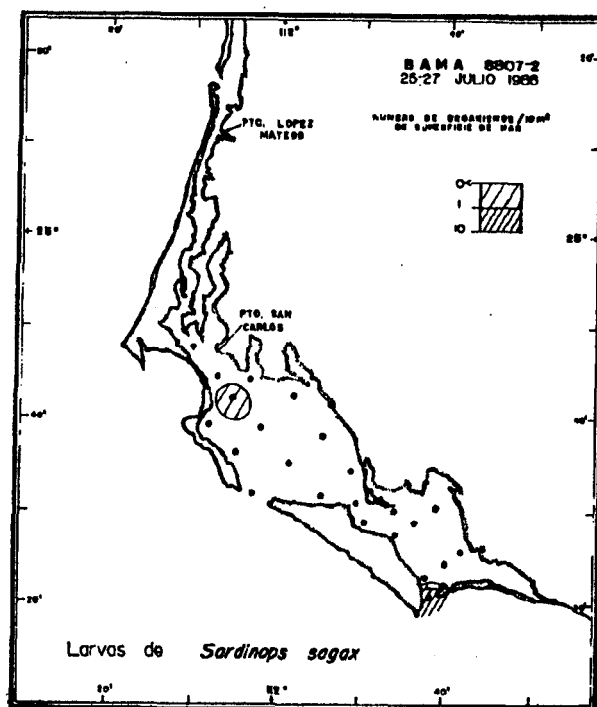
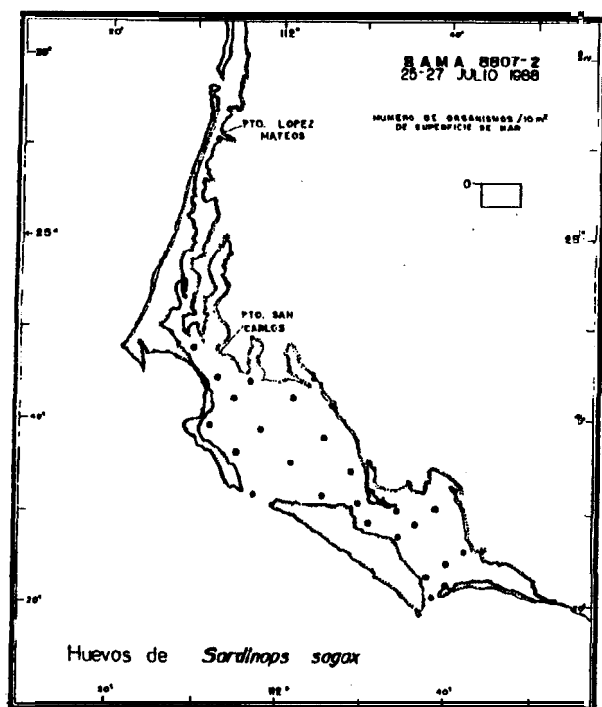


Fig. 14. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8807-2.

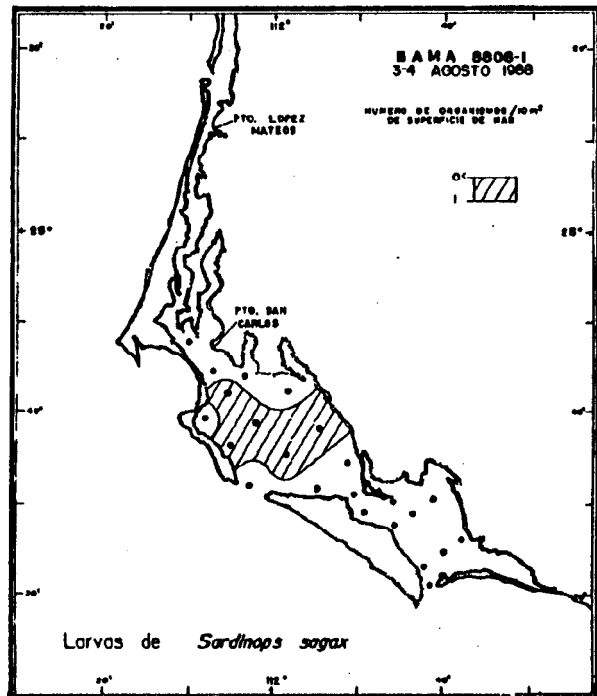
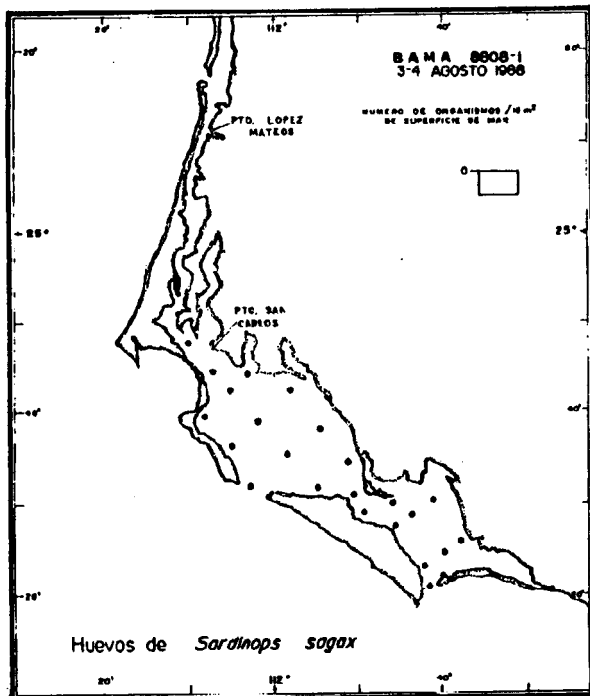


Fig. 15. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8808-1.

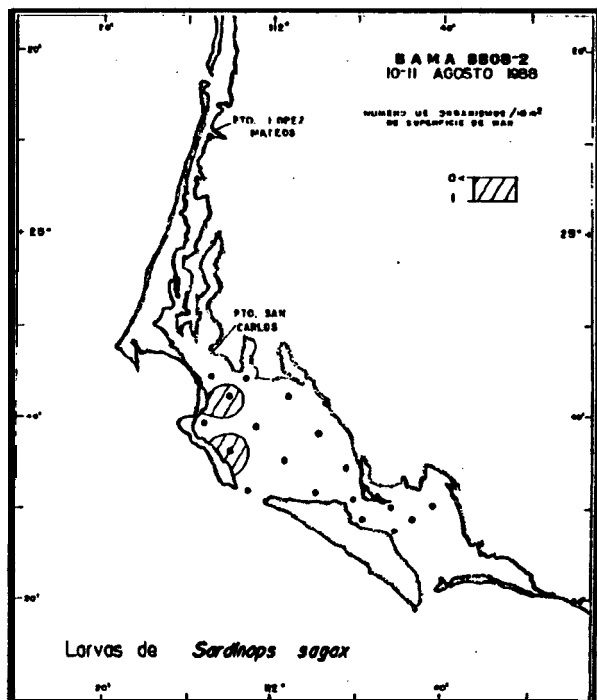
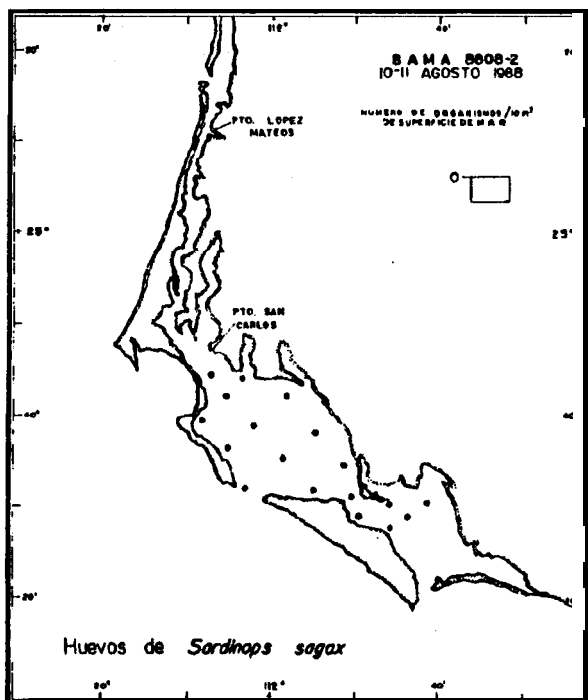


Fig. 16. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8808-2.

Segunda serie: febrero de 1989.

Durante esta serie de muestreos intensivos, la presencia de huevos y larvas, a diferencia de la anterior, se extiende a lo largo de los cuatro cruceros; además se incrementa notablemente su abundancia.

BAMA 8902-1, Enero 31 - Febrero 2, 1989.

En este crucero se ocuparon en su totalidad las estaciones comprendidas en las zonas de Canales y Bahía Magdalena, y sólo dos estaciones al norte de Bahía Almejas. Bahía Magdalena es la zona de mayor abundancia y área de distribución de huevos y larvas en particular las estaciones ubicadas en las proximidades de la Isla Margarita (K1, LI, L2 y MI), presentándose en la estación E de la zona de Canales un pequeño número de huevos y larvas. (Fig. 17).

BAMA 8902-2, Febrero 7-8, 1989.

Crucero en el cual sólo se ocuparon las estaciones ubicadas en Bahía Magdalena y Canales, y en donde el patrón de distribución de huevos y larvas es similar al muestreo anterior, con la porción occidental de Bahía Magdalena como principal centro de reproducción (Fig. 18).

BAMA 8902-3, Febrero 13-15, 1989.

Sólo se muestrearon las estaciones localizadas en Bahía Magdalena así como dos estaciones del sur de Canales y tres de la porción norte de Almejas. Durante este crucero se observa que el área de mayor abundancia de huevos sigue siendo el occidente de Bahía Magdalena, en tanto que las larvas se localizan con una alta abundancia al norte de esta misma zona (Fig. 19)

BAMA 8902-4, Febrero 21-23, 1989.

En este crucero no fue posible muestrear la zona de Canales y las estaciones ubicadas en el margen peninsular de Bahía Magdalena y Bahía Almejas. Los resultados indican que la presencia de huevos de la sardina monterrey se ha ampliado hasta esta zona, permaneciendo Bahía Magdalena como el área principal por su abundancia; por su parte, las larvas sólo se presentan en Bahía Magdalena, con alta abundancia en su porción norte (Fig. 20).

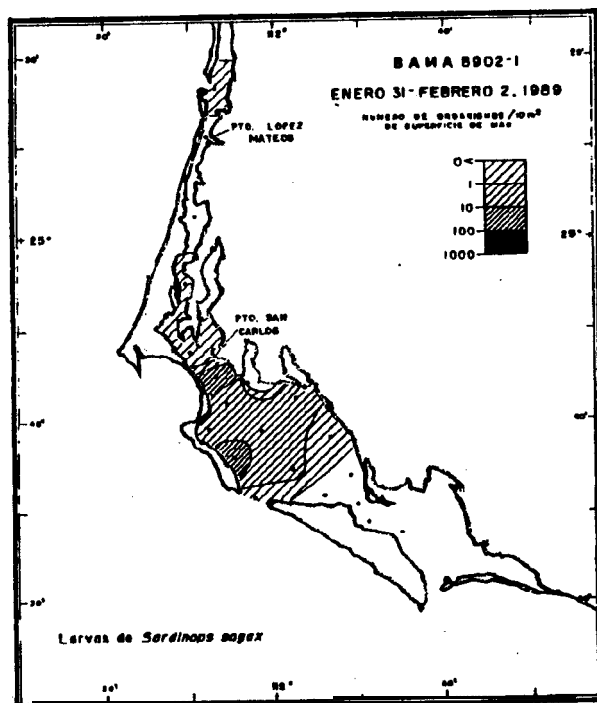
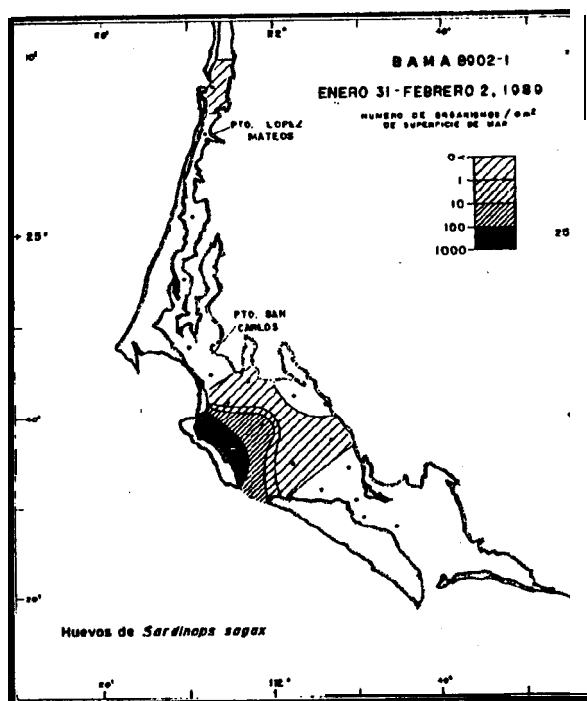


Fig. 17. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8902-1.

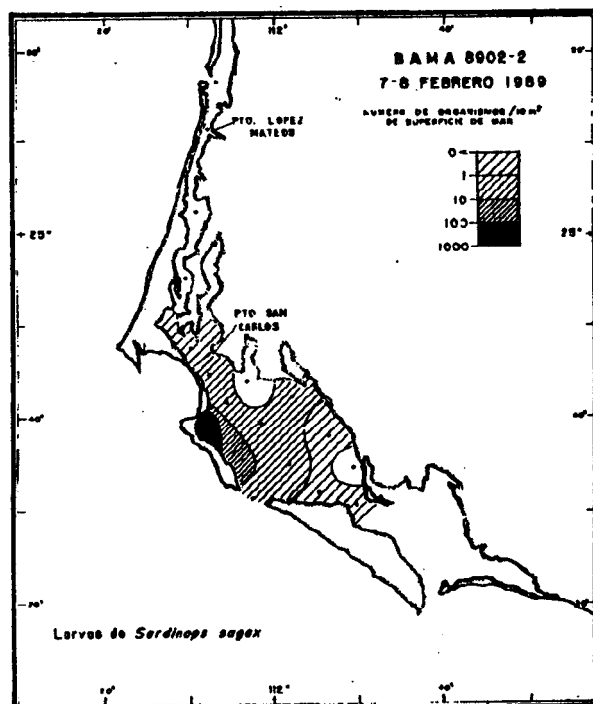
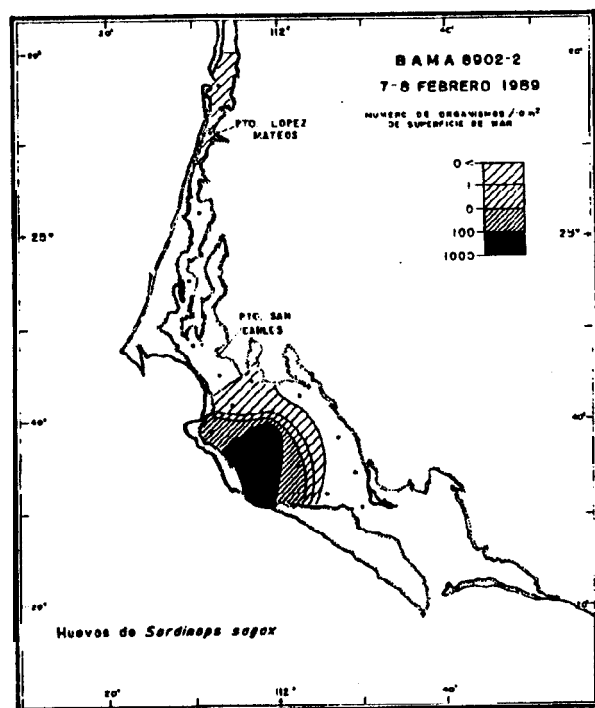


Fig. 18. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8902-2.

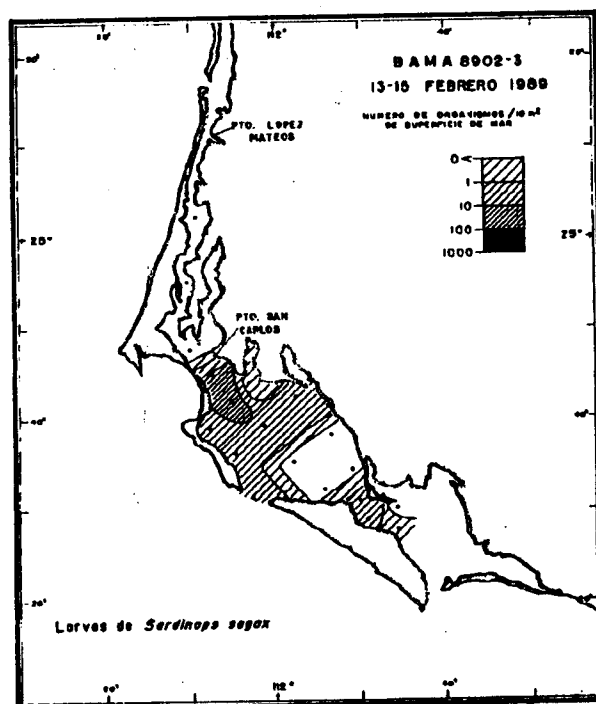
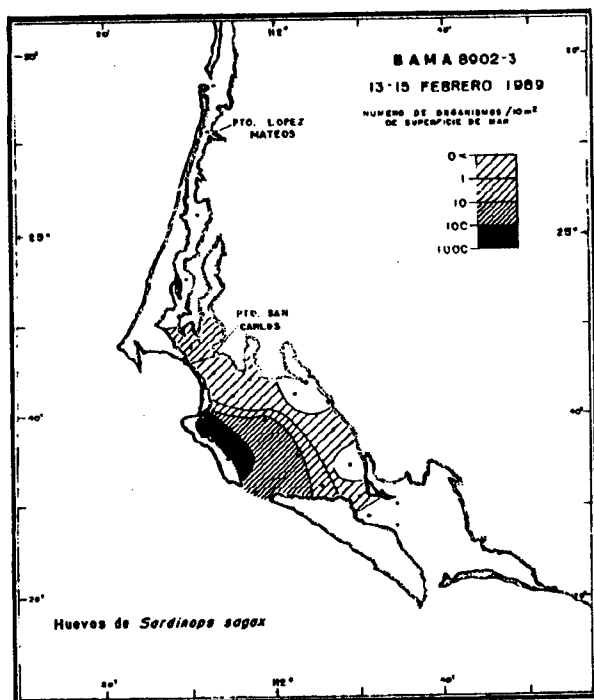


Fig. 19. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8902-3.

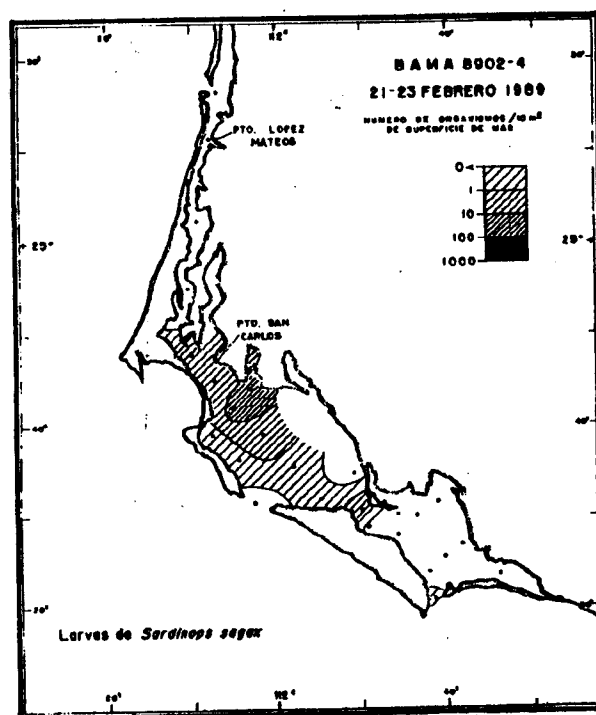
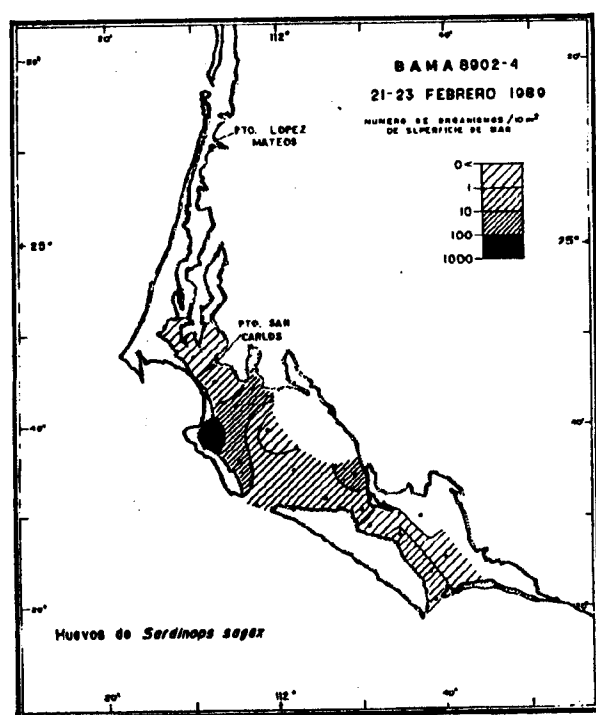


Fig. 20. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8902-4.

II. 1.2. Muestreos mensuales.

También durante este tipo de muestreos se tiene una presencia constante de los huevos y larvas de sardina monterrey, aunque su abundancia temporal varía notablemente.

BAMA 8806, Junio 13-15, 1988.

Se cubrió toda la red de estaciones, capturando huevos de sardina monterrey en cuatro estaciones ubicadas al noroeste de Bahía Magdalena y larvas sólo en una estación al este de Bahía Almejas, con una abundancia de baja a muy baja (Fig. 21).

BAMA 8810, Octubre 11-12, 1988.

Se presentan únicamente larvas de esta sardina en una sola estación de Bahía Almejas (Q3) con muy baja abundancia (Fig. 22).

BAMA 8812, Diciembre 7, 1988.

Sólo se capturan larvas de sardina en muy baja cantidad y restringidas a una estación de Bahía Magdalena (N1) y dos de Bahía Almejas (R1 y S) (Fig. 23).

BAMA 8901, Enero 1 I-I 3, 1989.

En este crucero se incrementa notablemente el número y área de distribución de huevos y larvas en las tres zonas del complejo lagunar, pero siendo más abundantes en las estaciones ubicadas en la porción occidental de Bahía Magdalena (estaciones 1 y 2 de los transectos K, L y M), así como en la porción sur de Almejas (principalmente las estaciones R1, R2 y S). Además se observa una pequeña zona con ambos elementos en la estación E, localizada al norte de Canales, frente a la Boca de la Soledad (Fig. 24).

BAMA 8905, Mayo 9-10, 1990.

Finalmente, durante este crucero aún se observa la presencia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*, pero habiendo disminuido su abundancia así como el número de estaciones positivas, todas correspondientes al área de Bahía Magdalena (Fig. 25).

11.2. Abundancia de huevos y larvas.

Como se describió anteriormente, la abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax* presenta diferencias notables durante los muestreos intensivos de febrero, comparados con los restantes. A lo largo del año de 1988, la presencia de huevos y larvas de la sardina monterrey dentro del sistema lagunar fue esporádica y además con baja abundancia, siendo la zona de Bahía Magdalena donde se presentan con más frecuencia (número de estaciones positivas mayor) (Tabla 6), aun cuando en ningún caso la abundancia de huevos o larvas por estación supera los 5 organismos (Fig. 26 y 27).

En este año las estaciones que aportan la mayor parte de la recolecta son la estación K2 que contribuye con más del 75% de los huevos, y las estaciones L2 y S, que en conjunto aportan más del 50% de larvas (Fig. 28). El número total de estos elementos capturados por crucero en el año se incrementa entre el mes de junio y el primer muestreo intensivo de julio (Fig. 29). Posteriormente ya no se registra la presencia de huevos, disminuyendo larvas su abundancia en el transcurso de la primera serie de muestreos intensivos, hasta el mínimo que se presenta en octubre, observándose un pequeño repunte de éstas en diciembre.

A principios del año 1989, se nota un incremento en la intensidad del desove, principalmente durante la serie de muestreos intensivos efectuados en febrero y paralelamente crece el número de estaciones positivas (Tabla 7).

En este año la mayor cantidad de huevos y larvas se observa consistentemente en las estaciones ubicadas en Bahía Magdalena (Fig. 30 y 31), siendo particularmente importantes las estaciones K1, K2, LI, L2, MI, y M2, ya que en su conjunto aportan la mayoría de ellos (Fig. 32)

En cuanto al número total de huevos y larvas recolectados por crucero, se aprecia el aumento en la cantidad de huevos entre los cruceros 8901 y 8902-1 (superior al 100%), y a partir de éste una reducción en su abundancia a lo largo de los muestreos semanales de febrero, llegando al valor mínimo en mayo. En cuanto a larvas, se presenta una tendencia similar, pero la etapa de incremento abarca los tres primeros cruceros del año (8901 a 8902-2), con una posterior reducción hasta alcanzar el valor mínimo también en mayo (Fig. 33).

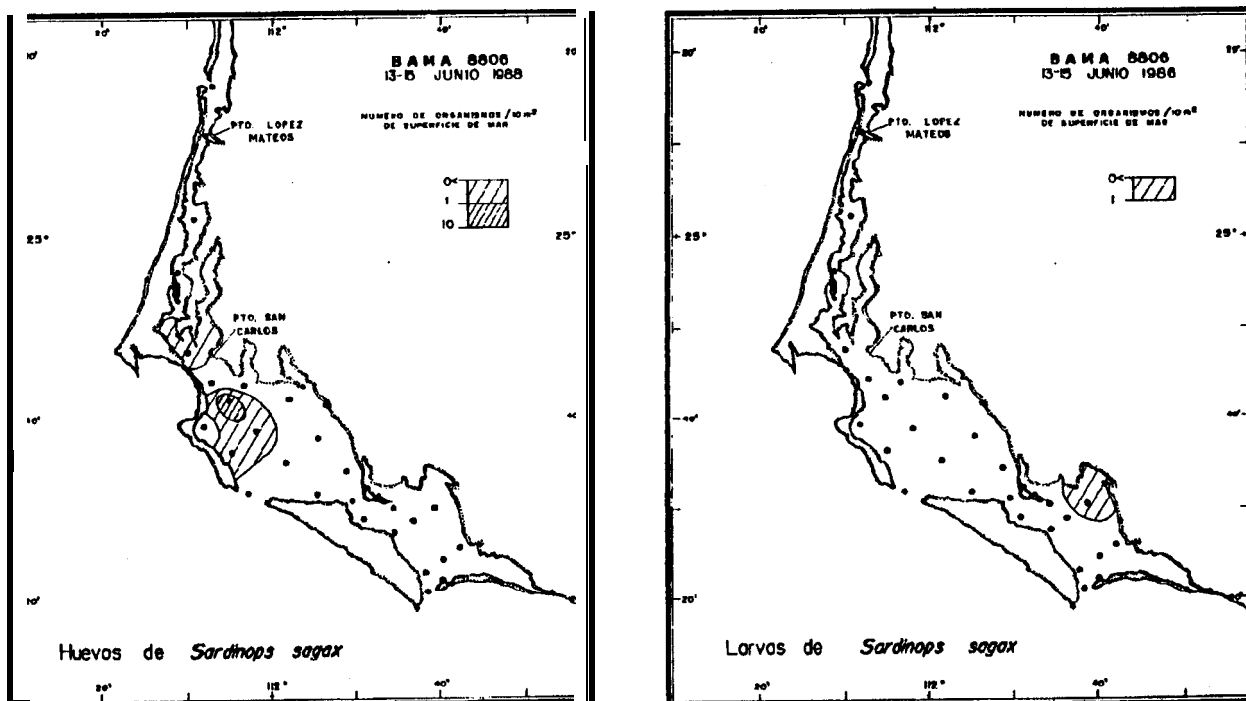


Fig. 21. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8806.

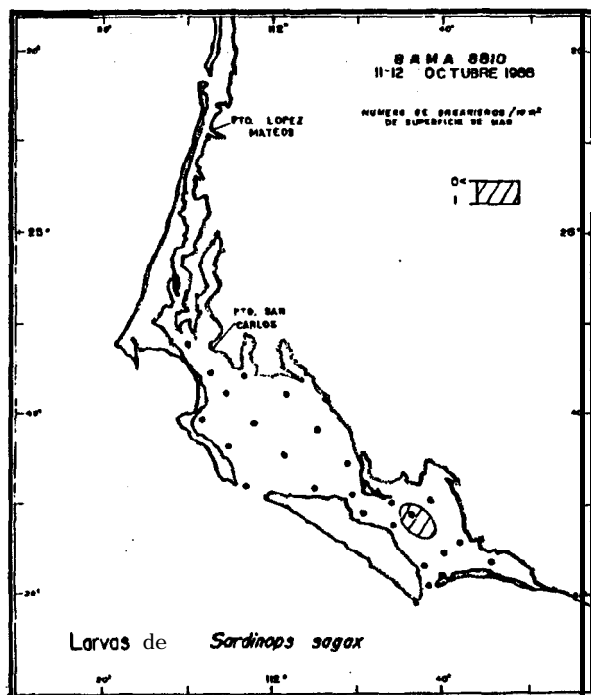
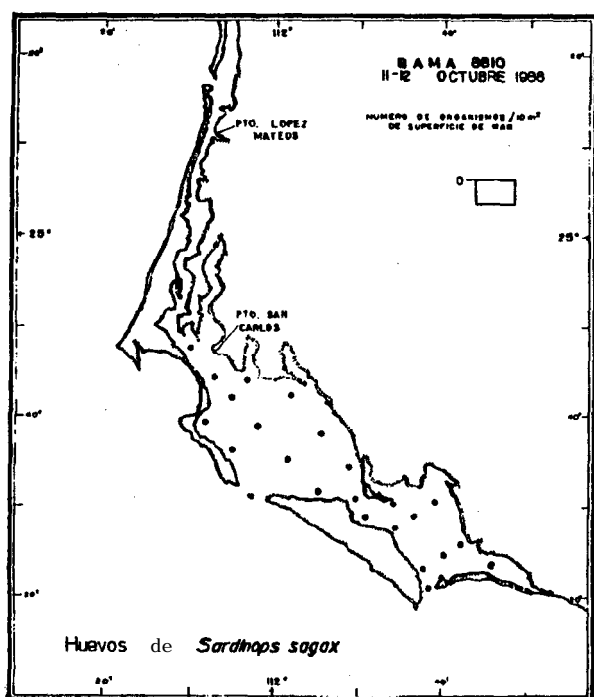


Fig. 22. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8810.

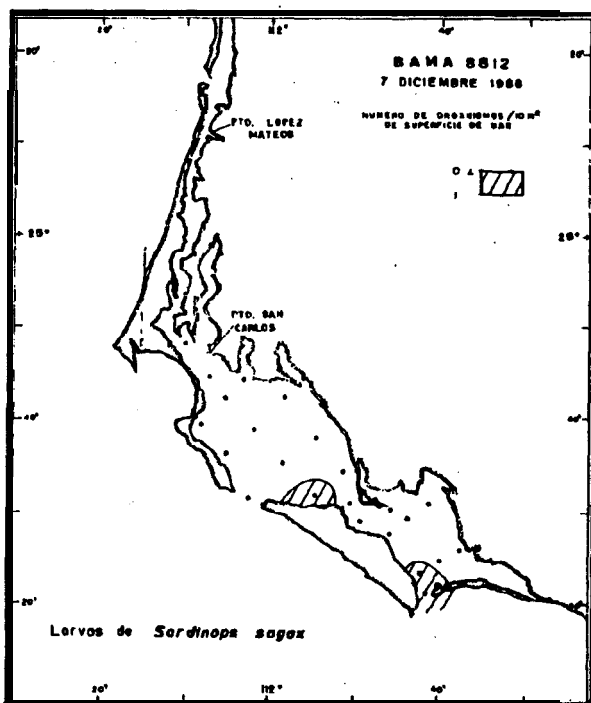
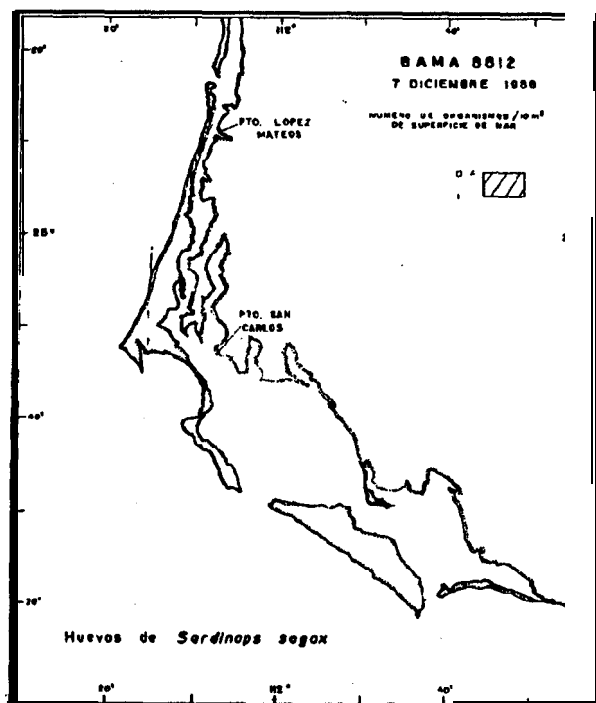


Fig. 23. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8812.

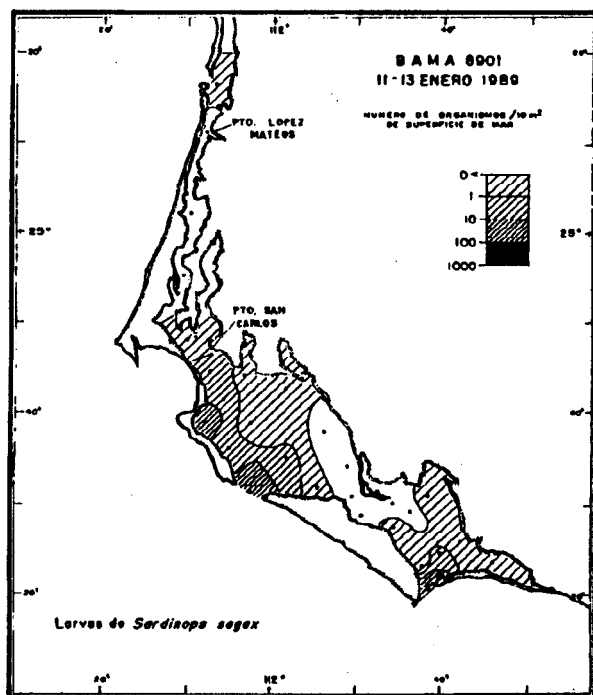
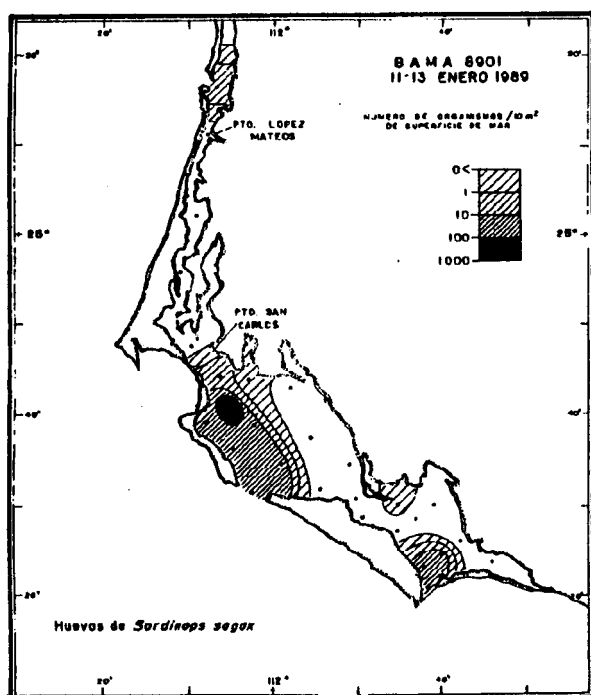


Fig. 24. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8901.

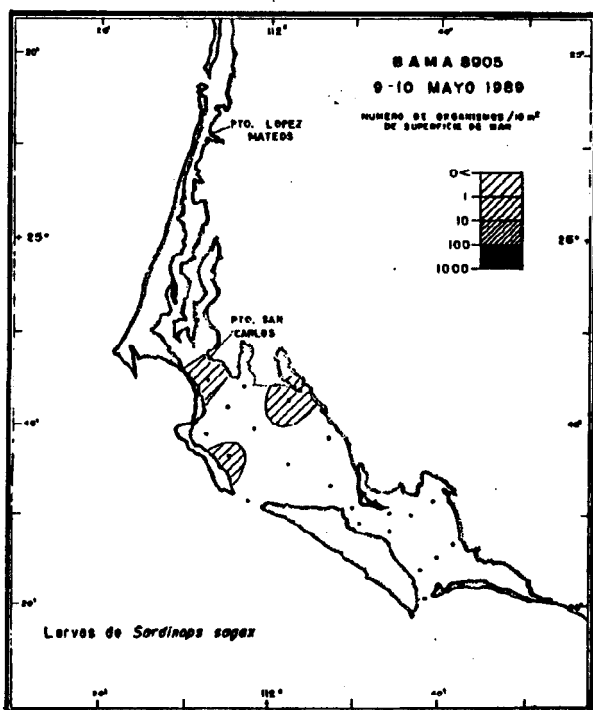
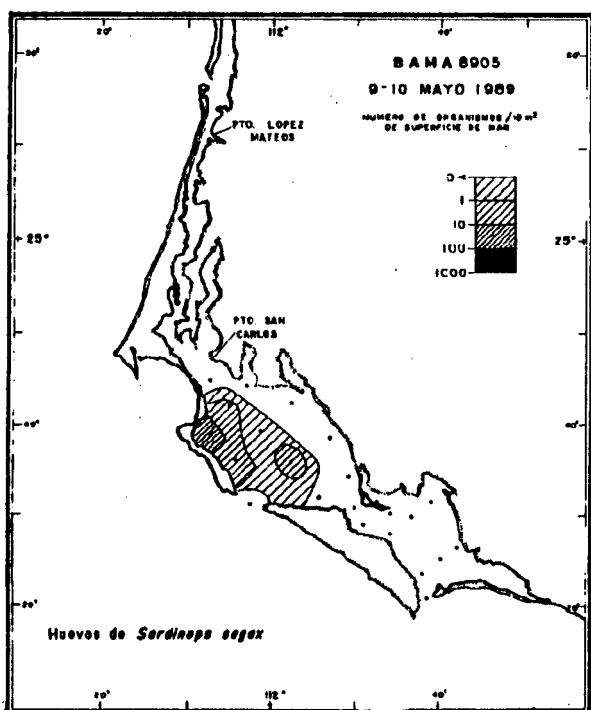


Fig. 25. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. BAMA 8905.

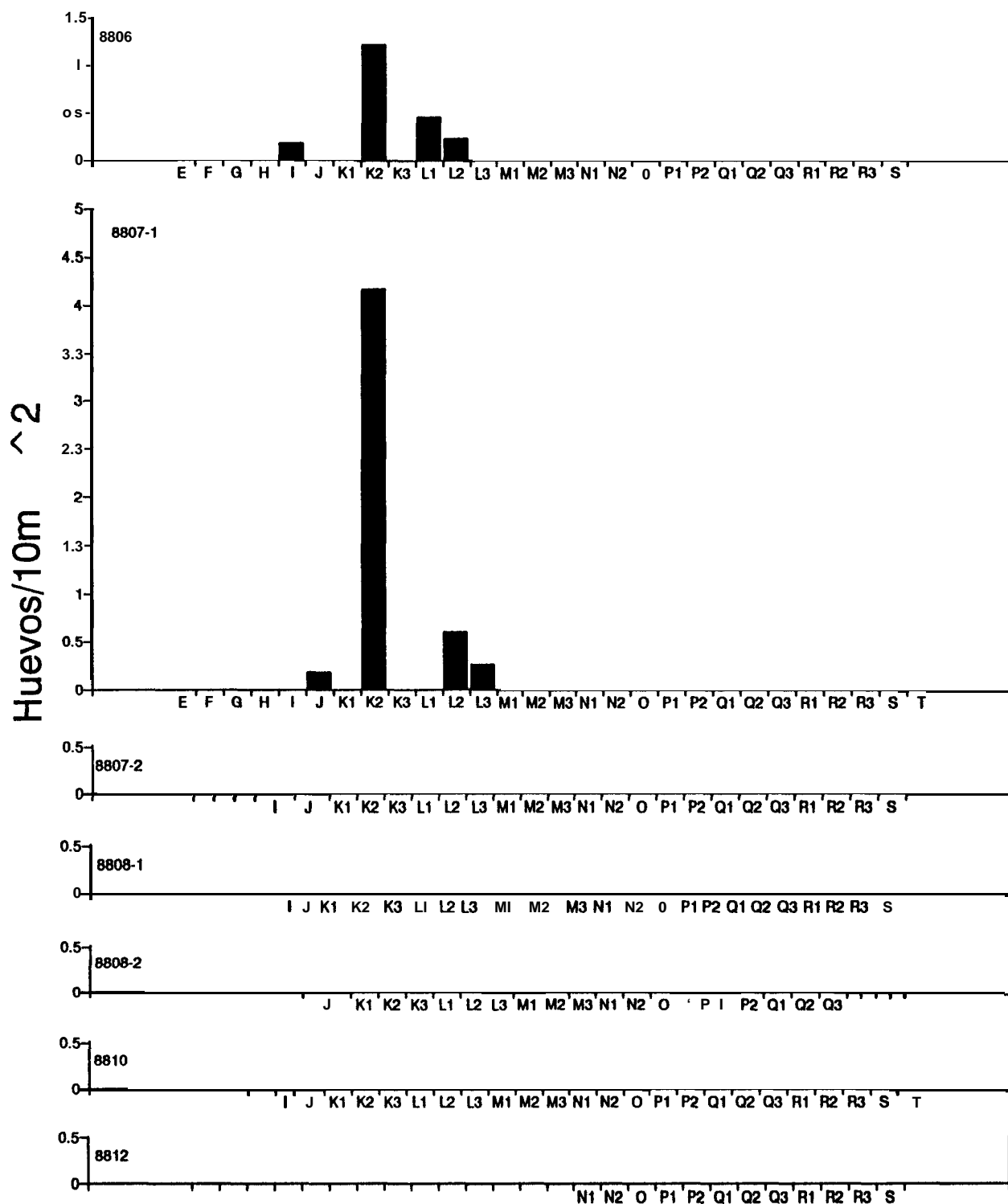


Fig. 26. Número total de huevos de *Sardinops sagax*, recolectados por estación y crucero. Junio a diciembre de 1968.

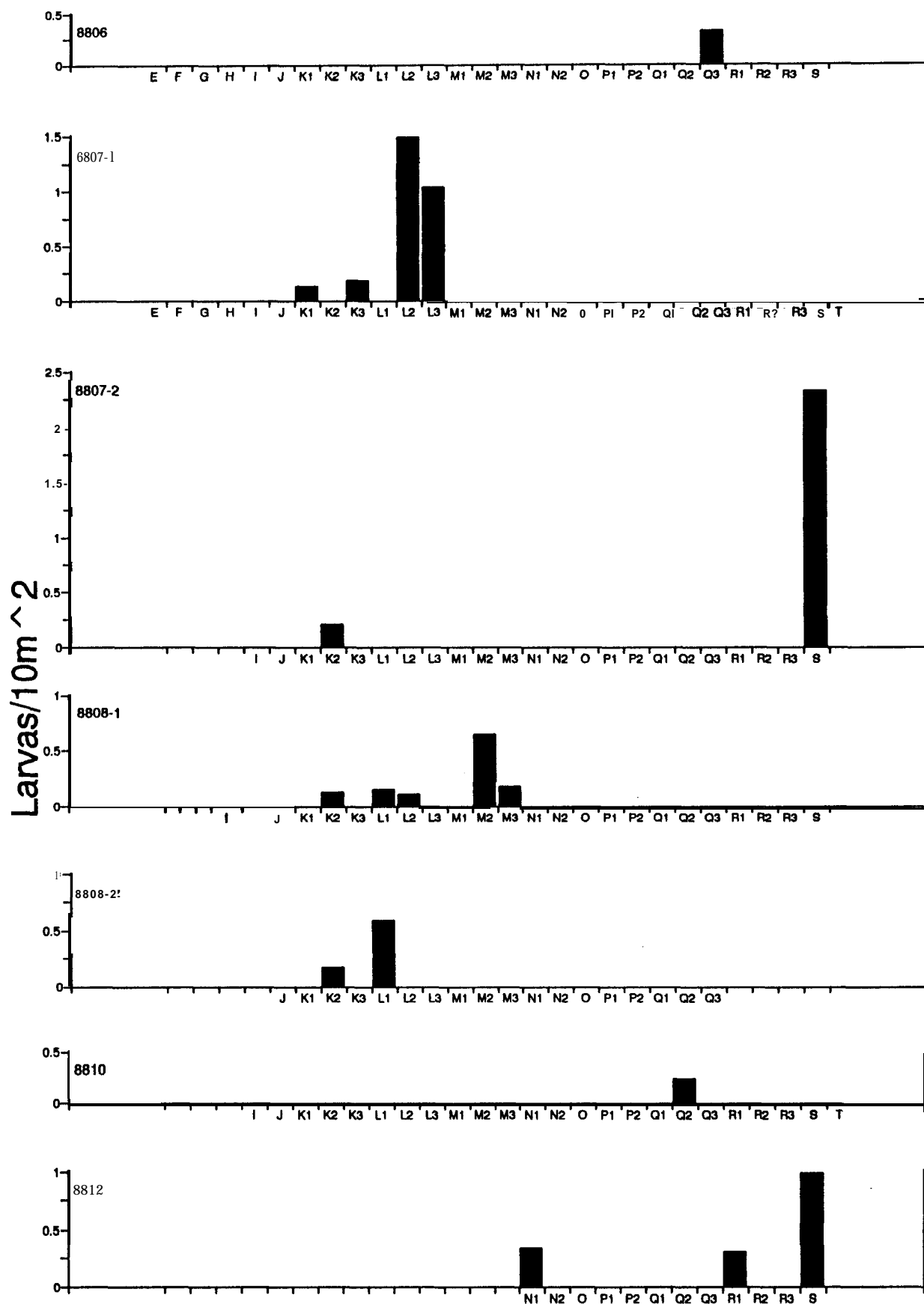


Fig. 27. Número total de larvas de *Sardinops sagax*, recolectados por estación y crucero. Junio a diciembre de 1988.

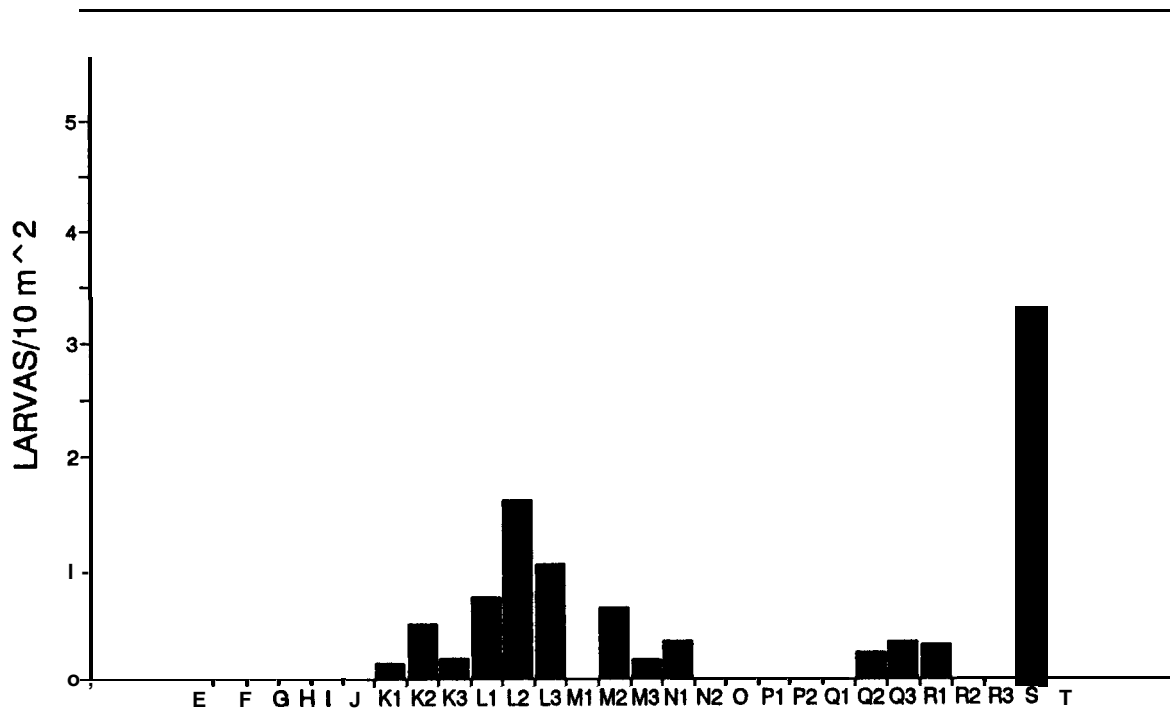
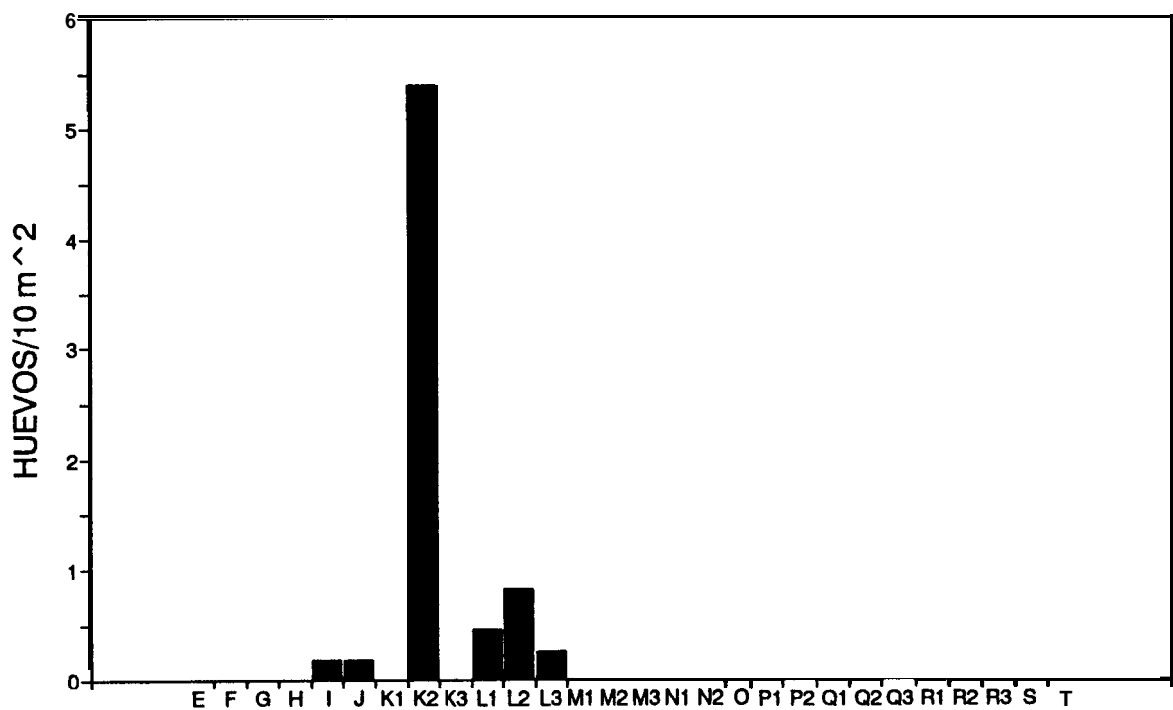


Fig. 28. Número total de huevos y larvas de *Sardinops sagax* capturados por estación. Junio a diciembre de 1988.

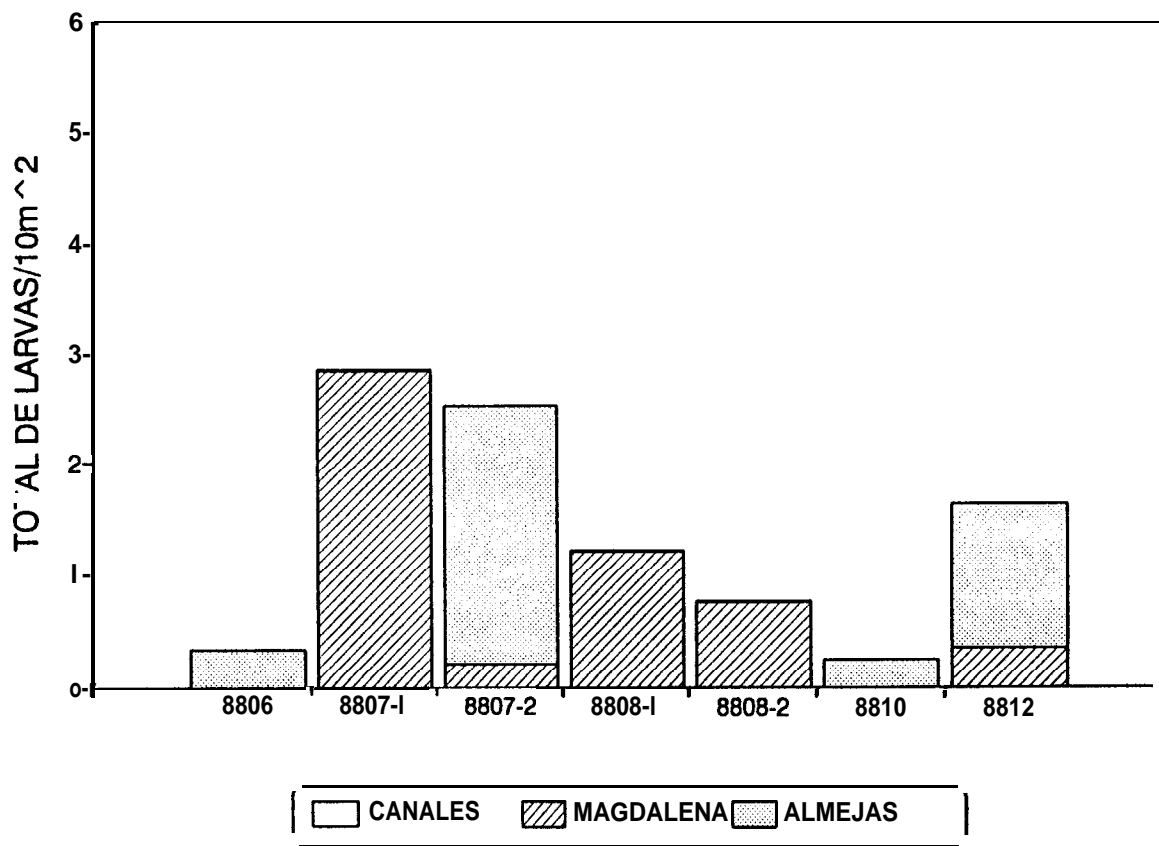
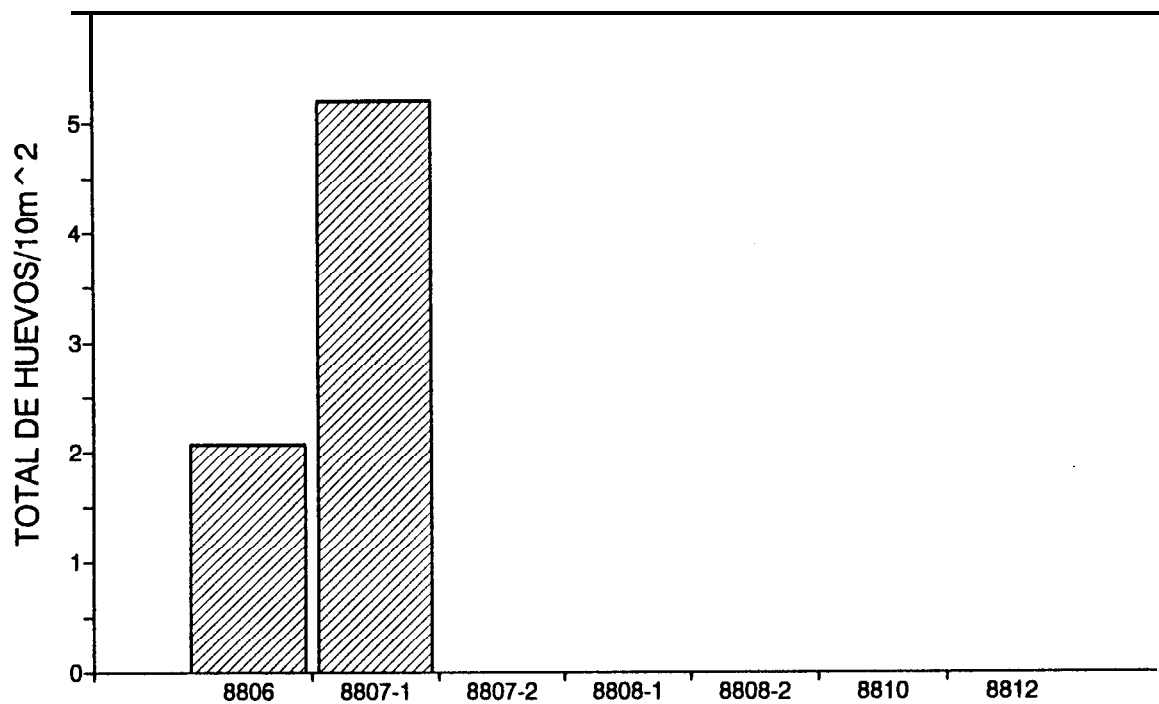


Fig. 29. Número total de huevos y larvas de *Sardinops sagax* capturados por zona y crucero. Junio a diciembre de 1988.

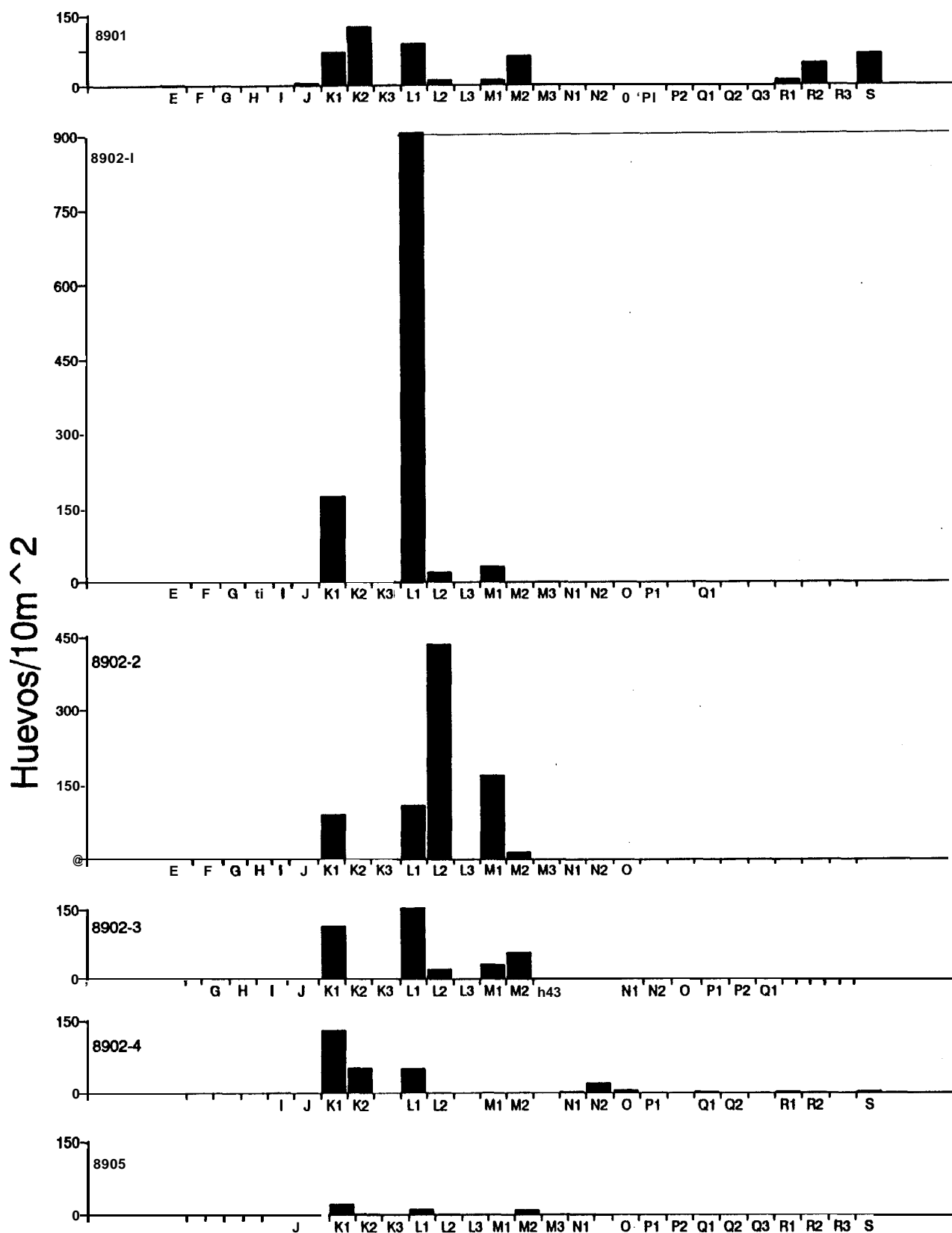


Fig. 30. Número de huevos de *Sardinops sagax* recolectados por estación y crucero. Enero a mayo de 1989.

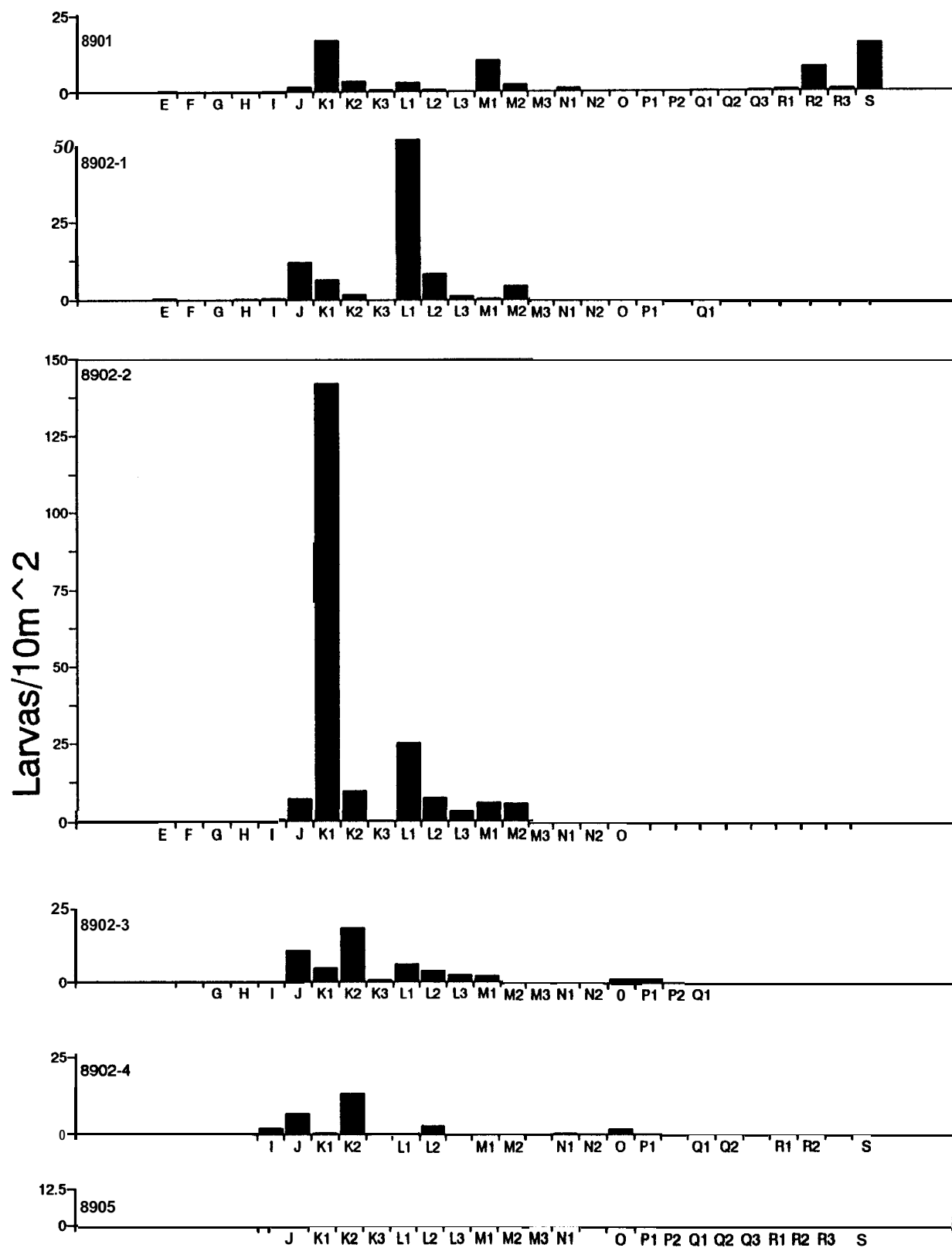


Fig. 31. Número de larvas de *Sardinops sagax* recolectadas por estación y crucero. Enero a mayo de 1989.

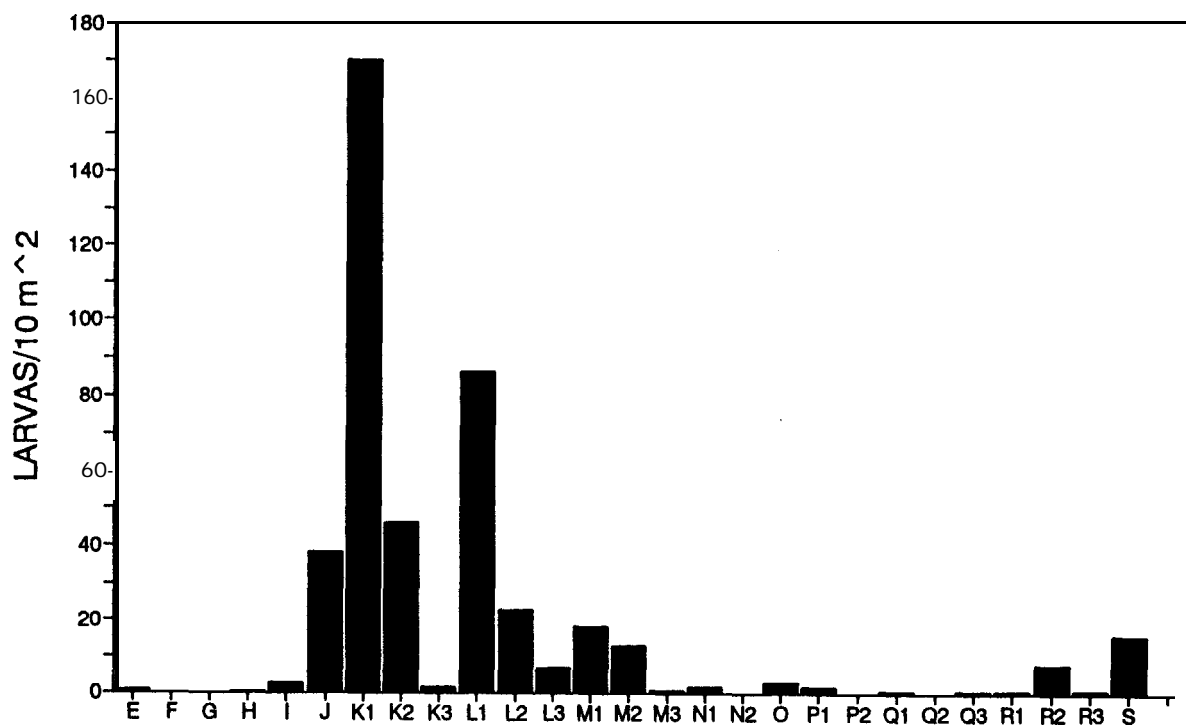
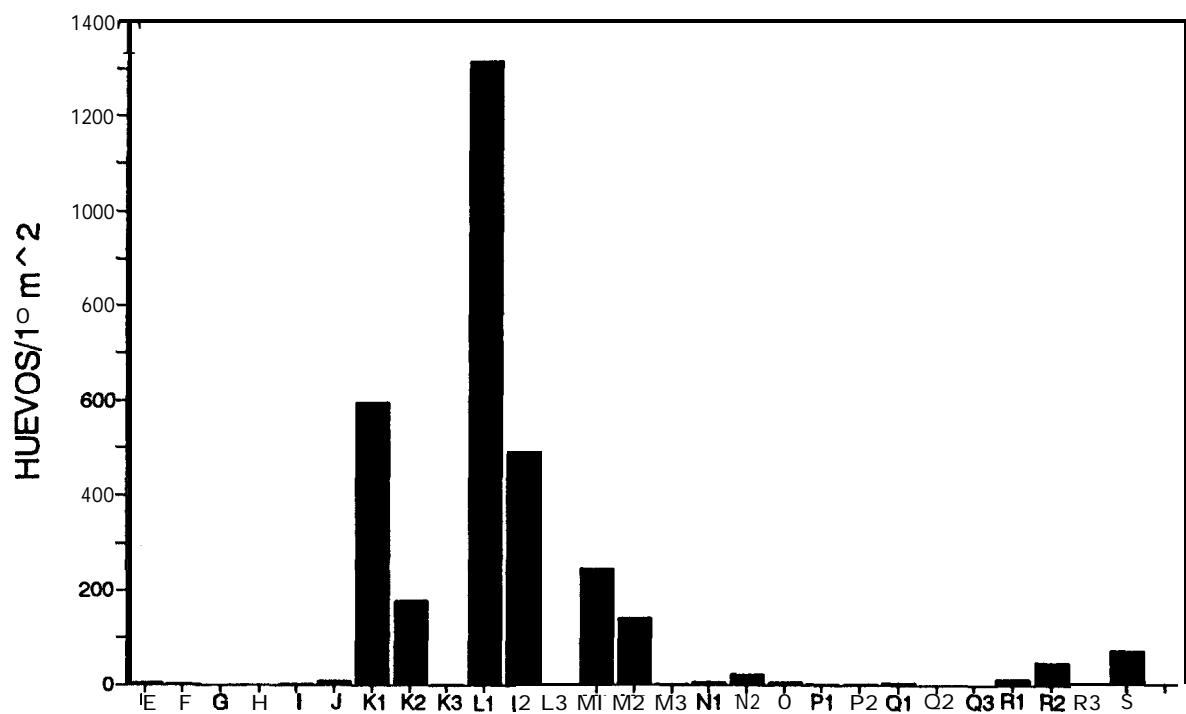


Fig. 32. Número total de huevos y larvas de *Sardinops sagax* capturados por estación. Enero a mayo de 1989.

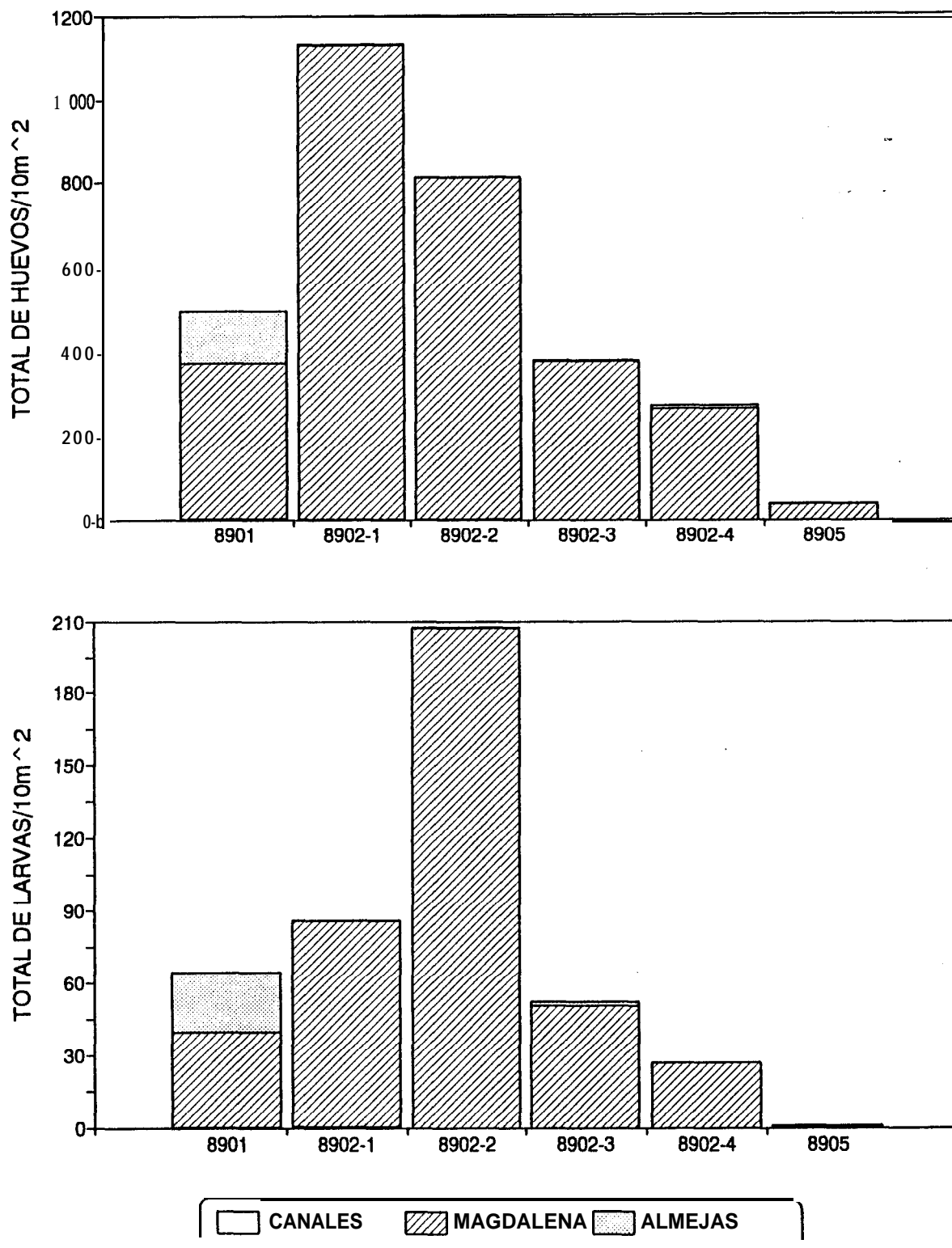


Fig. 33. Número de huevos y larvas de *Sardinops sagax* capturados por zona y crucero. Enero a mayo de 1989.

TABLA 6. Número de estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. Junio-diciembre de 1988.

| ZONA | ESTACIONES MUESTREADAS | ABUNDANCIA DE HUEVOS | N+ | ABUNDANCIA DE LARVAS | N+ |
|--------------|---------------------------|-------------------------|----|-------------------------|----|
| Canales | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B. Magdalena | 86 | 7.2700 | 8 | 9.5027 | 13 |
| B. Almejas | 61 | 0 | 0 | 4.1683 | 5 |
| TOTAL | 155 | 7.2700 | 8 | 13.6700 | 18 |

TABLA 7. Número de estaciones positivas y abundancia total de huevos y larvas de *Sardinops sagax*. Enero-mayo de 1989.

| ZONA | ESTACIONES MUESTREADAS | ABUNDANCIA DE HUEVOS | N+ | ABUNDANCIA DE LARVAS | N+ |
|--------------|---------------------------|-------------------------|----|-------------------------|----|
| Canales | 14 | 2.6717 | 4 | 0.7985 | 3 |
| B. Magdalena | 79 | 2998.2329 | 51 | 411.2070 | 55 |
| B. Almejas | 29 | 130.6402 | 9 | 27.0200 | 9 |
| TOTAL | 122 | 3131.5448 | 64 | 439.0255 | 67 |

11.3. Índices de Abundancia de huevos y larvas.

La integración de la abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax* por crucero para los años de 1988 y 1989, expresados en forma de índices de huevos y larvas se presentan en las Tablas 8 y 9.

Bahía Magdalena presenta la mayor cantidad de huevos y larvas, y en segundo lugar Bahía Almejas, siendo mínimo el aporte de la zona de Canales (Fig. 34). En este último caso cabe señalar que el resultado puede estar subestimado debido a la escasa cobertura de la zona, ya que las cuatro estaciones que quedan comprendidas en ella sólo fueron ocupadas completamente en 6 de los cruceros efectuados y parcialmente en uno más (Tabla 1).

Temporalmente se aprecia la relevancia de los meses de enero y particularmente los muestreos semanales de febrero por ser los de mayor actividad reproductora, siendo ésta mínima el resto del año.

En cuanto a la estimación de los índices de huevos y larvas, los valores máximos se presentaron durante los muestreos intensivos efectuados en febrero: $7,134 \times 10^6$ huevos durante el primer crucero (BAMA 8902-1) y $1,309 \times 10^6$ larvas durante el siguiente (BAMA 8902-2).

La estimación del índice unificado de huevos y larvas (I') de sardina monterrey sólo se calculó para la segunda serie de muestreos intensivos, dado que durante la primera su abundancia fue muy baja y su frecuencia de aparición muy irregular.

El valor calculado de I_H' es de $4,338 \times 10^6$ huevos y el de I_L' de 624×10^6 larvas en el sistema lagunar, a lo largo del mes de febrero de 1989 (Tabla 10).

En este caso, los dos primeros muestreos superan en abundancia de huevos el valor de I_H' , y sólo el segundo muestreo es superior en número de larvas al de I_L' .

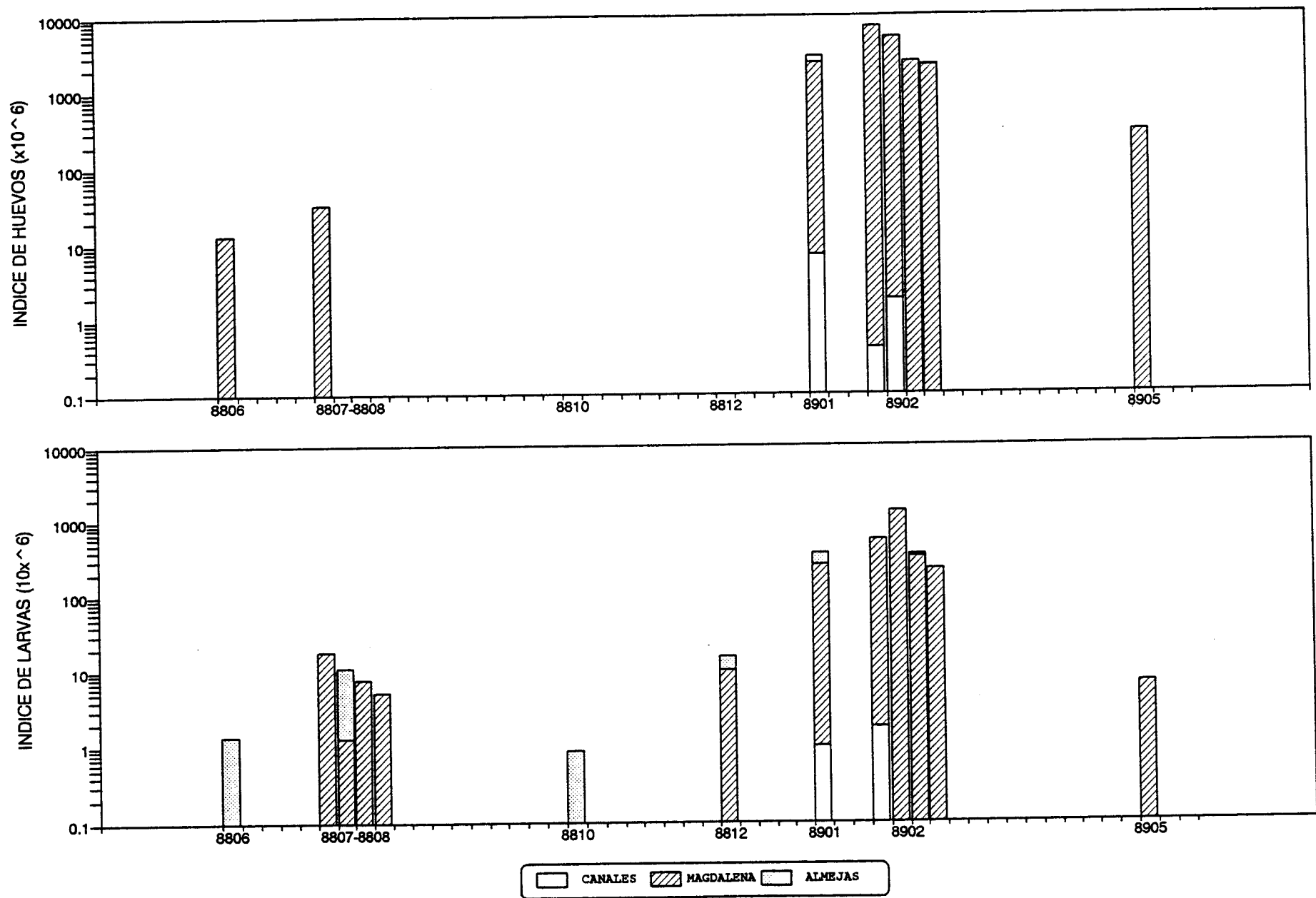


Fig. 34. Indices de huevos y larvas de *Sardinops sagax* correspondientes a los cruceros efectuados en 1988 y 1989.

TABLA 8. Estadísticos básicos e índice de huevos de *Sardinops sagax*. Junio de 1988 a mayo de 1989.

| CANALES | N_t | $N+$ | Σh | Med. | S^2 | $N+ / N_t$ | $1'' \times 10^6$ |
|---------|-------|------|------------|------|-------|------------|-------------------|
| 8806 | 4 | 0 | | | | | |
| 8807-1 | 4 | 0 | | | | | |
| 8807-2 | 0 | | | | | | |
| 8808-1 | 0 | | | | | | |
| 8808-2 | 0 | | | | | | |
| 8810 | 0 | | | | | | |
| 8812 | 0 | | | | | | |
| 8901 | 4 | 1 | 2.02 | 2.02 | | 0.25 | 6.9288 |
| 8902-1 | 4 | 1 | 0.12 | 0.12 | | 0.25 | 0.4055 |
| 8902-2 | 4 | 2 | 0.53 | 0.27 | 0.04 | 0.50 | 1.8163 |
| 8902-3 | 2 | 0 | | | | | |
| 8902-4 | 0 | | | | | | |
| 8905 | 0 | | | | | | |

| MAGDALENA | N_t | $N+$ | Σh | Med. | S^2 | $N+ / N_t$ | $1,, \times 10^6$ |
|-----------|-------|------|------------|--------|----------|------------|-------------------|
| 8806 | 14 | 4 | 2.07 | 0.52 | 0.23 | 0.29 | 13.0709 |
| 8807-1 | 14 | 4 | 5.20 | 1.30 | 3.69 | 0.29 | 32.7820 |
| 8807-2 | 14 | 0 | | | | | |
| 8808-1 | 14 | 0 | | | | | |
| 8808-2 | 13 | 0 | | | | | |
| 8810 | 14 | 0 | | | | | |
| 8812 | 3 | 0 | | | | | |
| 8901 | 14 | 8 | 371.61 | 46.45 | 2132.33 | 0.57 | 2343.7740 |
| 8902-1 | 14 | 8 | 1131.08 | 141.38 | 98368.68 | 0.57 | 7133.8642 |
| 8902-2 | 14 | 7 | 813.54 | 116.22 | 23706.95 | 0.50 | 5131.0903 |
| 8902-3 | 14 | 12 | 379.53 | 31.63 | 2635.56 | 0.86 | 2393.7550 |
| 8902-4 | 11 | 11 | 263.77 | 23.98 | 1632.48 | 1.00 | 2117.3577 |
| 8905 | 12 | 5 | 38.71 | 7.74 | 61.34 | 0.42 | 284.8551 |

| ALMEJAS | N_t | $N+$ | Σh | Med. | S^2 | $N+ / N_t$ | $1, \times 10^6$ |
|---------|-------|------|------------|-------|--------|------------|------------------|
| 8806 | 9 | 0 | | | | | |
| 8807-1 | 10 | 0 | | | | | |
| 8807-2 | 9 | 0 | | | | | |
| 8808-1 | 9 | 0 | | | | | |
| 8808-2 | 5 | 0 | | | | | |
| 8810 | 10 | 0 | | | | | |
| 8812 | 9 | 0 | | | | | |
| 8901 | 9 | 4 | 123.01 | 30.75 | 936.16 | 0.44 | 505.7172 |
| 8902-1 | 2 | 0 | | | | | |
| 8902-2 | 0 | | | | | | |
| 8902-3 | 3 | 0 | | | | | |
| 8902-4 | 6 | 5 | 7.63 | 1.53 | 1.26 | 0.83 | 43.0387 |
| 8905 | 9 | 0 | | | | | |

TABLA 9. Estadísticos básicos e índice de larvas de *Sardinops sagax*. Junio de 1988 a mayo de 1989.

| CANALES | N_t | N+ | El | Med. | S^2 | $N+/N_t$ | $1, \times 10^6$ |
|---------|-------|----|------|------|-------|----------|------------------|
| 8806 | 4 | 0 | | | | | |
| 8807-1 | 4 | 0 | | | | | |
| 8807-2 | 0 | | | | | | |
| 8808-1 | 0 | | | | | | |
| 8808-2 | 0 | | | | | | |
| 8810 | 0 | | | | | | |
| 8812 | 0 | | | | | | |
| 8901 | 4 | 1 | 0.29 | 0.29 | | 0.25 | 0.9898 |
| 8902-1 | 4 | 2 | 0.51 | 0.25 | 0.02 | 0.50 | 1.7450 |
| 8902-2 | 4 | 0 | | | | | |
| 8902-3 | 2 | 0 | | | | | |
| 8902-4 | 0 | | | | | | |
| 8905 | 0 | | | | | | |

| MAGDALENA | N_t | N+ | Cl | Med. | S^2 | $N+/N_t$ | $1, \times 10^6$ |
|-----------|-------|----|--------|-------|---------|----------|------------------|
| 8806 | 14 | 0 | | | | | |
| 8807-1 | 14 | 4 | 2.84 | 0.71 | 0.44 | 0.29 | 17.9299 |
| 8807-2 | 14 | 1 | 0.20 | 0.20 | | 0.07 | 1.2886 |
| 8808-1 | 14 | 5 | 1.20 | 0.24 | 0.05 | 0.36 | 7.5982 |
| 8808-2 | 13 | 2 | 0.75 | 0.38 | 0.09 | 0.15 | 5.1010 |
| 8810 | 14 | 0 | | | | | |
| 8812 | 3 | 1 | 0.34 | 0.34 | | 0.33 | 9.8661 |
| 8901 | 14 | 11 | 39.67 | 3.61 | 26.85 | 0.79 | 250.1760 |
| 8902-1 | 14 | 10 | 85.70 | 8.57 | 243.23 | 0.71 | 540.5448 |
| 8902-2 | 14 | 13 | 207.53 | 15.96 | 1474.82 | 0.93 | 1308.8950 |
| 8902-3 | 14 | 9 | 50.30 | 5.59 | 32.40 | 0.64 | 317.2329 |
| 8902-4 | 11 | 9 | 26.84 | 2.98 | 17.39 | 0.82 | 215.4464 |
| 8905 | 12 | 3 | 0.89 | 0.30 | 0.03 | 0.25 | 6.5754 |

| ALMEJAS | N_t | N+ | El | Med. | S^2 | $N+/N_t$ | $1, \times 10^6$ |
|---------|-------|----|-------|------|-------|----------|------------------|
| 8806 | 9 | 1 | 0.33 | 0.33 | | 0.11 | 1.3567 |
| 8807-1 | 10 | 0 | | | | | |
| 8807-2 | 9 | 1 | 2.32 | 2.32 | | 0.11 | 9.5312 |
| 8808-1 | 9 | 0 | | | | | |
| 8808-2 | 5 | 0 | | | | | |
| 8810 | 10 | 1 | 0.24 | 0.24 | | 0.10 | 0.8714 |
| 8812 | 9 | 2 | 1.28 | 0.64 | 0.24 | 0.22 | 5.2803 |
| 8901 | 9 | 6 | 24.98 | 4.16 | 39.48 | 0.67 | 102.7141 |
| 8902-1 | 2 | 0 | | | | | |
| 8902-2 | 0 | | | | | | |
| 8902-3 | 3 | 2 | 1.92 | 0.96 | 0.59 | 0.67 | 23.6541 |
| 8902-4 | 6 | 1 | 0.11 | 0.11 | | 0.17 | 0.7055 |
| 8905 | 9 | 0 | | | | | |

Tabla 10. Índice unificado (I') de huevos y larvas de *Sardinops sagax* durante la segunda serie de muestreos intensivos. Febrero de 1989.

| INDICE UNIFICADO DE HUEVOS | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|----|-----------|-------|----------------|-------------------|-----------------------------------|
| Zona | N _t | N+ | ch | Med. | S ² | N+/N _t | I _H ' x10 ⁶ |
| Canales | 10 | 3 | 0.6487 | 0.22 | 0.03 | 0.30 | 0.8887 |
| Magdalena | 53 | 38 | 2587.9147 | 68.10 | 26288.86 | 0.72 | 4311.5635 |
| Almejas | 11 | 5 | 7.6279 | 1.53 | 1.26 | 0.45 | 25.6575 |
| Total | | | | | | | 4338.1098 |
| INDICE UNIFICADO DE LARVAS | | | | | | | |
| Zona | N _t | N+ | El | Med. | S ² | N+/N _t | I _L ' x10 ⁶ |
| Canales | 10 | 2 | 0.5095 | 0.25 | 0.02 | 0.20 | 0.6980 |
| Magdalena | 53 | 41 | 370.3661 | 9.03 | 533.70 | 0.77 | 617.0439 |
| Almejas | 11 | 3 | 2.0323 | 0.68 | 0.54 | 0.27 | 6.8359 |
| Total | | | | | | | 624.5778 |

III. Coeficientes de agregación de huevos y larvas.

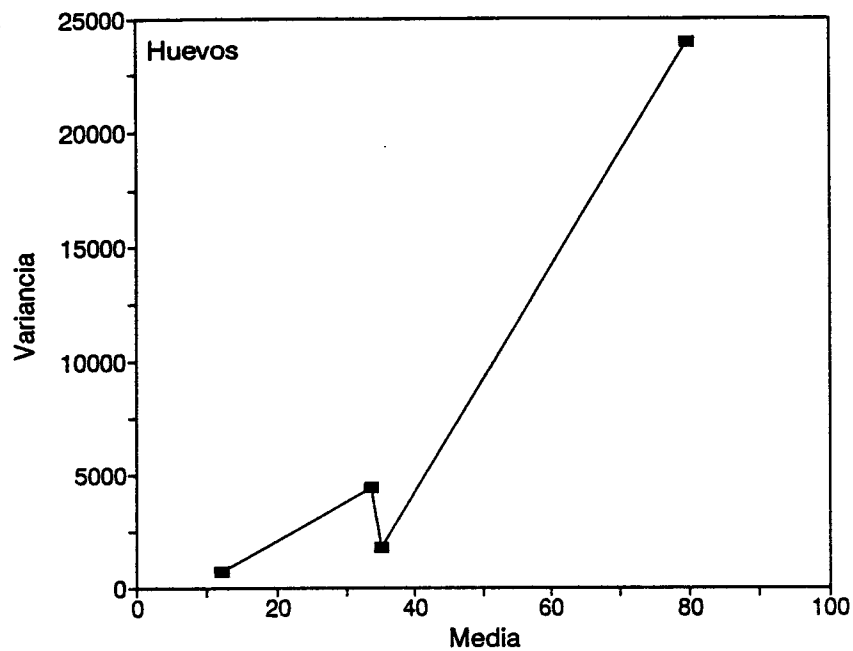
Se graficaron los valores de abundancia media de huevos y larvas, con respecto a su variancia por crucero, para ambas especies. Sólo se incluyeron aquellos cruceros en los que se presentó la mayor abundancia de huevos y larvas, esto es, los cuatro muestreos intensivos realizados entre julio y agosto de 1988 para *Opisthonema libertate* (BAMA 8807-I a 8808-2), y el muestreo de enero y los intensivos de febrero de 1989 para *Sardinops sagax* (BAMA 8901 y 8902-I a 8902-4).

Los resultados muestran que la relación entre la media y la variancia presentan signos de curvatura de tipo exponencial (Fig. 35), que apoyan el hecho de considerar la distribución de huevos y larvas de estas especies como de tipo agregado.

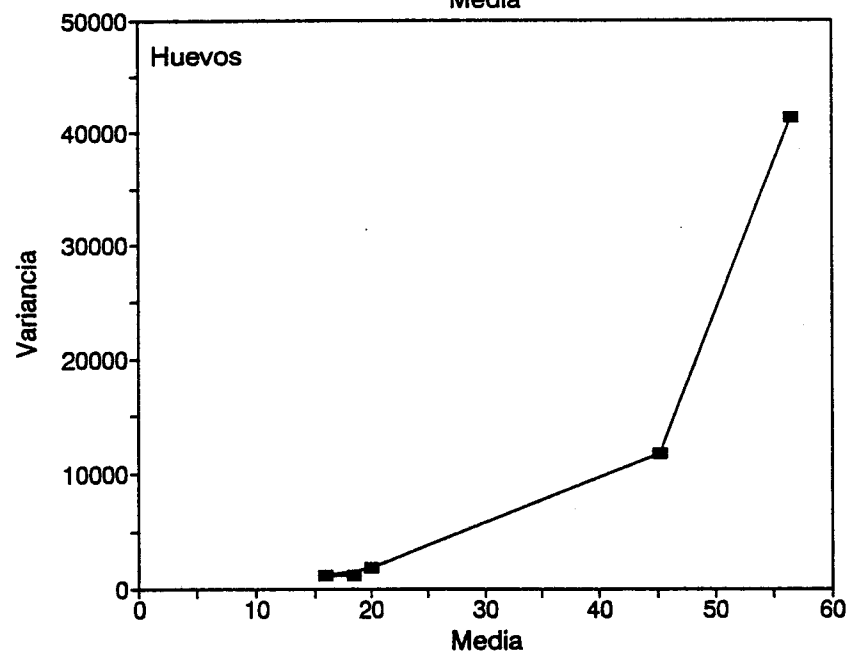
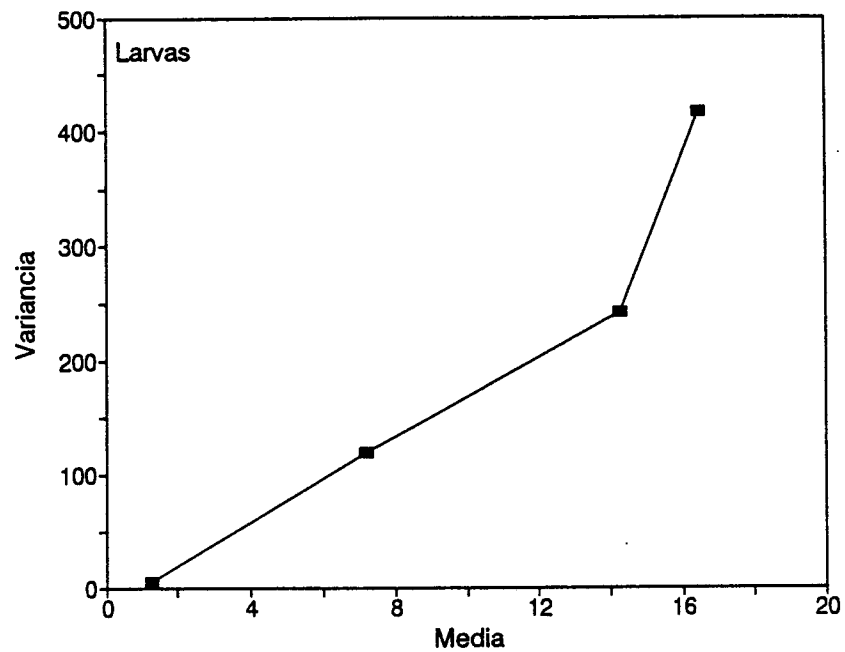
Los valores estimados de K para los meses en los que el desove fue más importante son en todos los casos menores a la unidad (Tablas II y 12). En general los valores de K correspondientes a los huevos son inferiores a los de larvas en ambas especies (0.0670 a 0.2217 en huevos por 0.1803 a 0.6747 en larvas).

Por especies, la mayoría de los valores de K de *Sardinops sagax* son menores tanto en huevos como en larvas (de 0.067 a 0.22, y de 0.18 a 0.34, respectivamente) comparados con *Opisfhonema libertate* que presenta valores de 0.11 a 0.18 en huevos, y de 0.21 a 0.67 en larvas.

Al asociar la variación del coeficiente de agregación en función de los parámetros que lo definen, media y variancia, se aprecia una tendencia general, en la cual el valor de K varía de forma inversa con respecto a estos parámetros, siendo esto más notable en *Sardinops sagax* (Fig. 36).



<a>



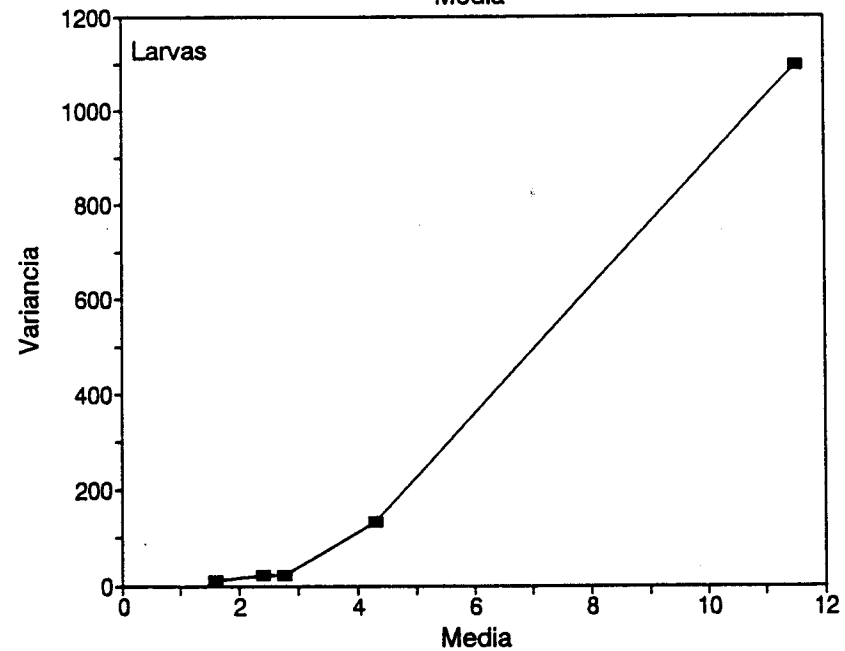


Fig. 35. Relación entre la media y la variancia de los huevos y larvas de a) *Opisthonema libertate*, y b) *Sardinops sagax*.

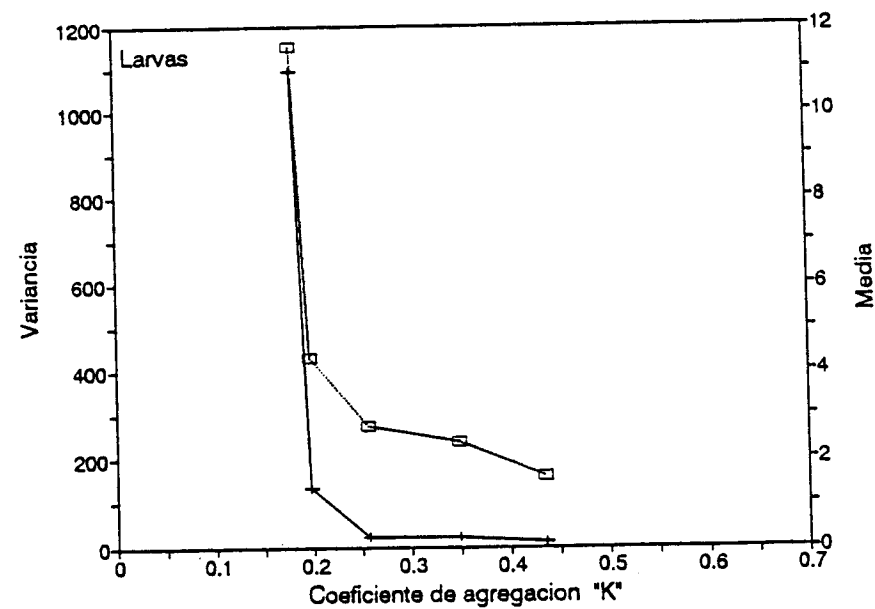
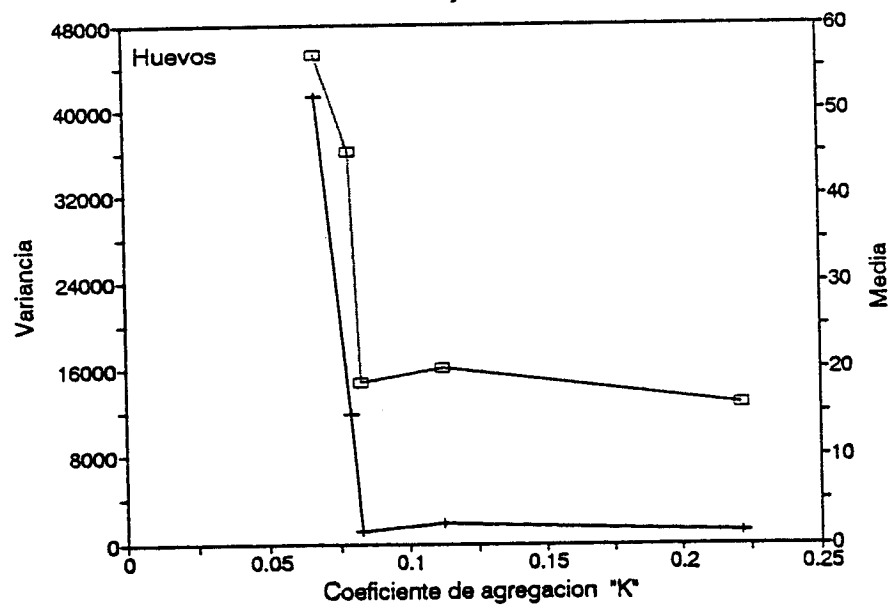
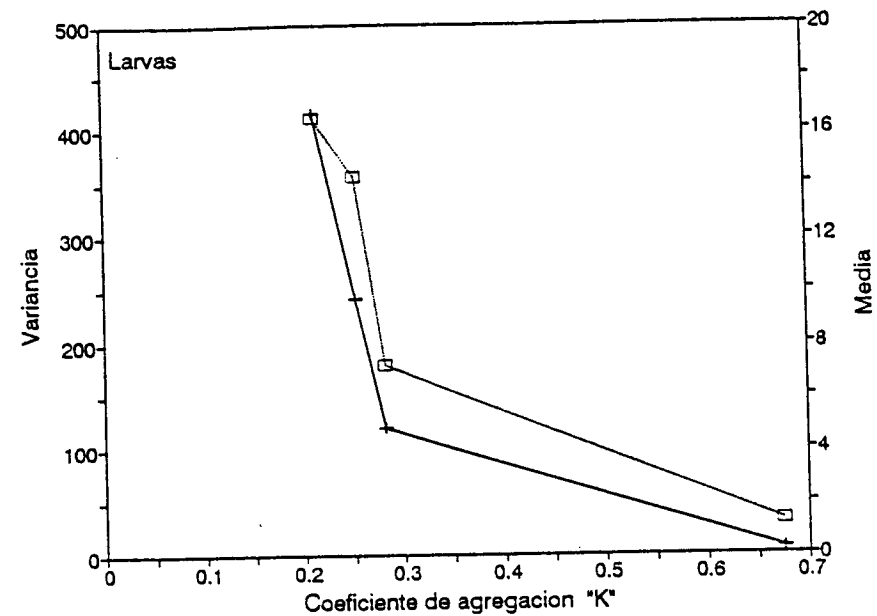
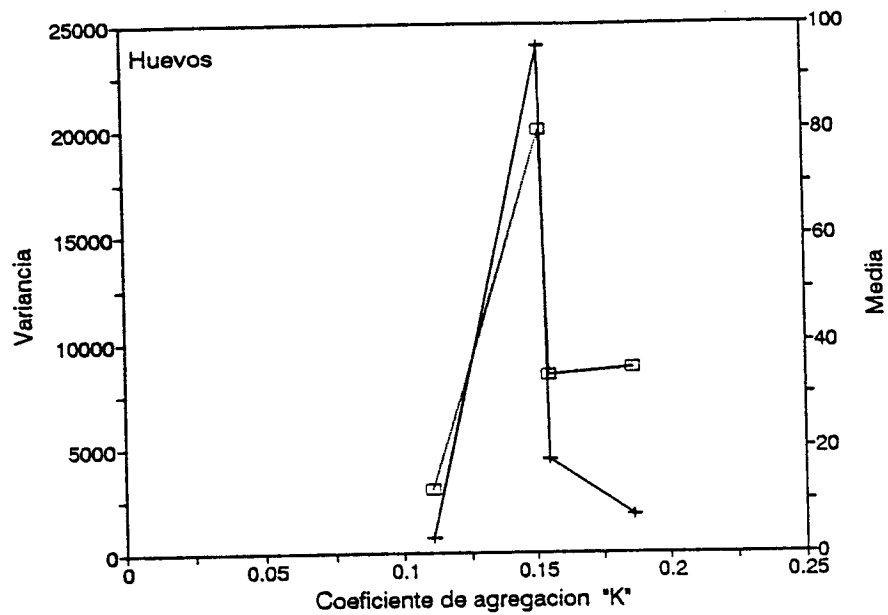


Fig. 36. Relación entre el coeficiente de agregación (K) con la media (□) y variancia (+) de huevos y larvas de a) *Opisthonema libertate*, y b) *Sardinops sagax*.

TABLA 11. Media, variancia y coeficiente de agregación **K** de la DBN.
Opisthonema libertate. Julio-agosto de 1988.

| HUEVOS | | | |
|---------|--------|----------------|---------|
| CRUCERO | Med. | S ² | K |
| 8807-1 | 12. 13 | 706. 47 | 0. 1111 |
| 8807-2 | 35. 11 | 1796. 66 | 0. 1864 |
| 8808-1 | 33. 64 | 4434. 23 | 0. 1546 |
| 8808-2 | 79. 73 | 23927. 32 | 0. 1520 |

| LARVAS | | | |
|---------|--------|----------------|--------|
| CRUCERO | Med. | S ² | K |
| 8807-1 | 1. 26 | 2. 40 | 0.6747 |
| 8807-2 | 7. 20 | 119. 65 | 0.2819 |
| 8808-1 | 16. 47 | 416. 25 | 0.2120 |
| 8808-2 | 14. 25 | 242. 04 | 0.2524 |

TABLA 12. Media, variancia y coeficiente de agregación **K** de la DBN.
Sardinops sagax. Enero-febrero de 1989.

| HUEVOS | | | |
|---------|--------|----------------|--------|
| CRUCERO | Med. | S ² | K |
| 8901 | 18. 30 | 1140. 30 | 0.0825 |
| 8902-1 | 56. 55 | 41290. 37 | 0.0670 |
| 8902-2 | 45. 22 | 11763. 26 | 0.0790 |
| 8902-3 | 19. 98 | 1856. 31 | 0.1124 |
| 8902-4 | 15. 96 | 1145. 85 | 0.2217 |

| LARVAS | | | |
|---------|--------|----------------|---------|
| CRUCERO | Med. | S ² | K |
| 8901 | 2. 41 | 21. 42 | 0.3595 |
| 8902-1 | 4. 31 | 134. 32 | 0. 1978 |
| 8902-2 | 11. 53 | 1095. 18 | 0. 1803 |
| 8902-3 | 2. 75 | 22. 18 | 0. 2567 |
| 8902-4 | 1. 60 | 11. 20 | 0. 4356 |

IV. Temperatura superficial.

Los registros de temperatura superficial indican una variación estacional de este parámetro, con los valores promedio mayores durante el verano-otoño (junio a octubre de 1988) y menores en invierno (enero y febrero de 1989) (Fig. 37). El rango de temperatura observado en cada cruceo también presenta una estacionalidad, ya que la mayor variación se registra durante el verano (más de 10°C en el BAMA 8807-2), siendo menor en el invierno (menos de 2°C en el BAMA 8902-1).

El patrón de distribución espacial de la temperatura superficial durante la primera serie de muestreos intensivos (verano), muestra una zona con temperatura baja al noroeste de Bahía Magdalena, y un gradiente marcado en las estaciones ubicadas en las bocas que comunican al sistema lagunar con el océano abierto (E, M1 y S), en tanto que los valores mayores se registran en Bahía Almejas y en la zona de Canales (Fig.38).

Durante la segunda serie de muestreos intensivos (invierno), se aprecia un patrón más estable de temperatura superficial, con un intervalo de temperatura estrecho (16 a 19°C) (Fig. 39).

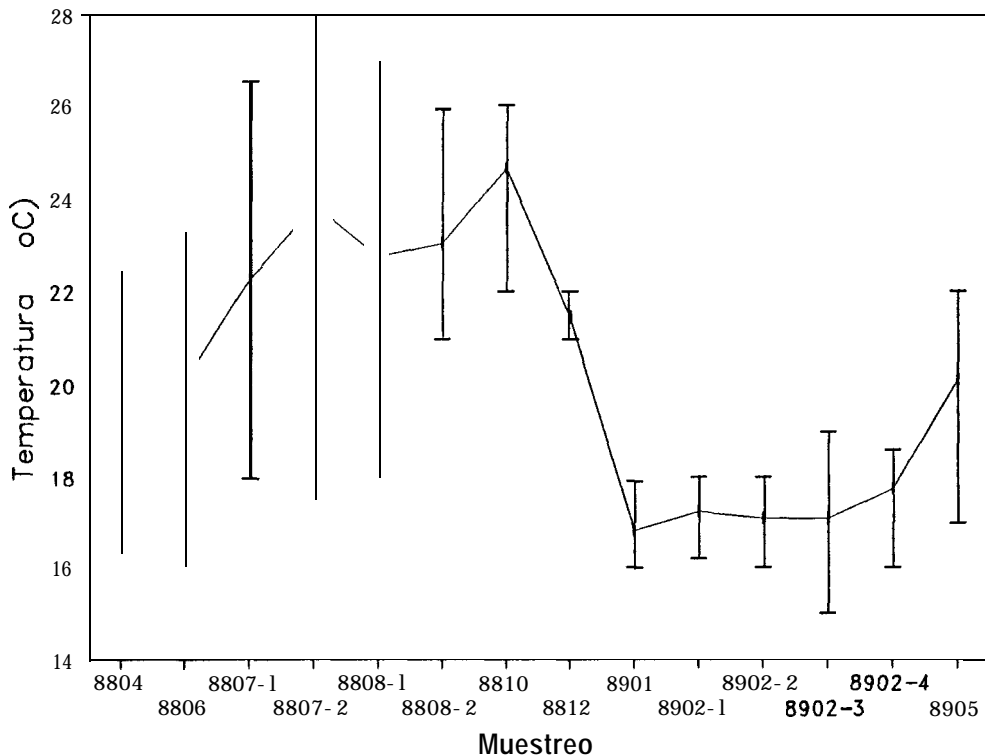


Fig. 37. Temperatura superficial promedio en el sistema lagunar de Bahía Magdalena. Abril de 1988 a mayo de 1989.

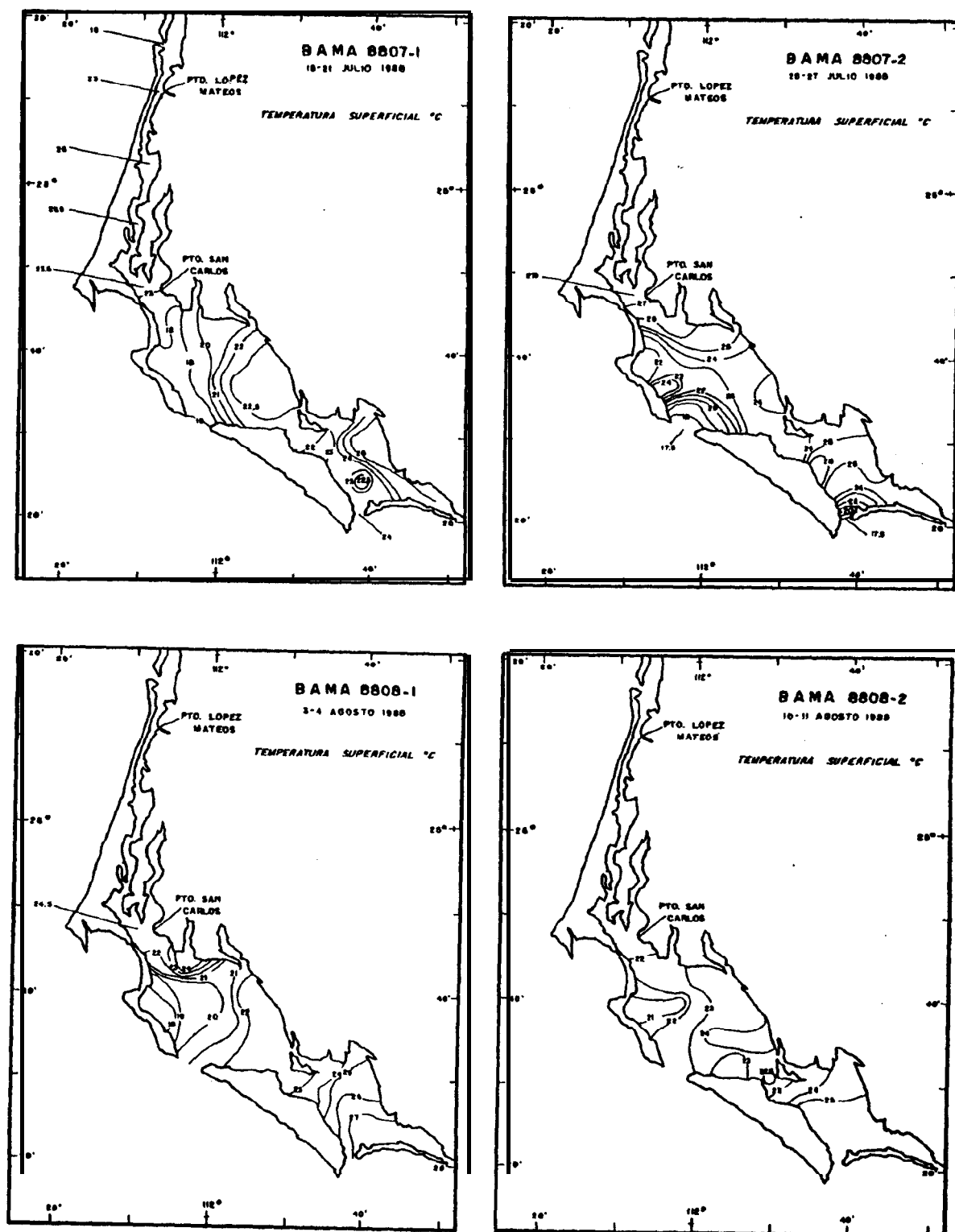


Fig. 38. Distribución de las isotermas de temperatura superficial durante la primera serie de muestreos intensivos. Julio-agosto de 1988. (Tomado de **Hernández et al.** 1993).

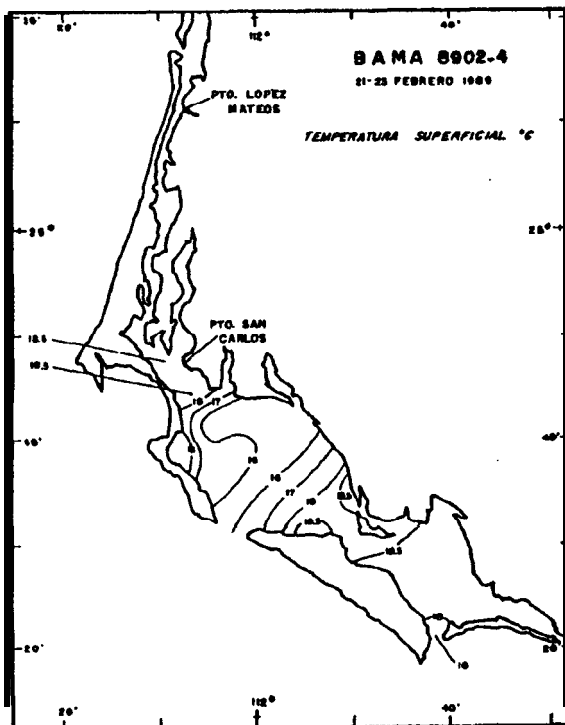
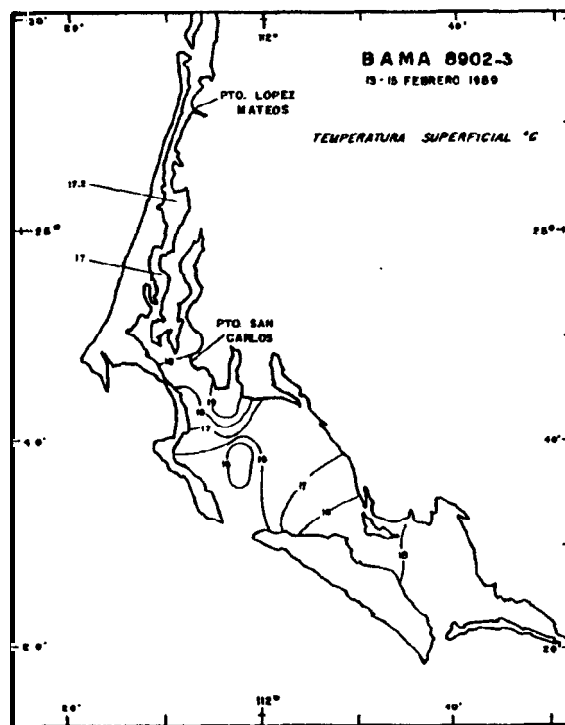
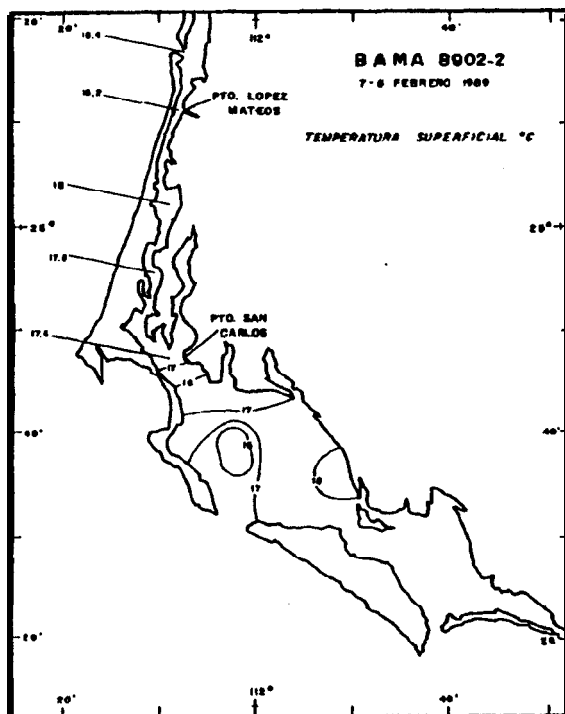
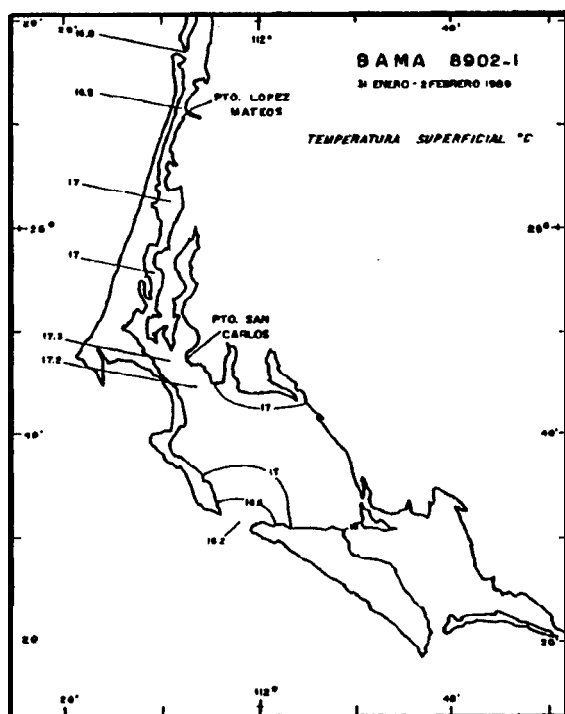


Fig. 39. Distribución de las isotermas de temperatura superficial durante la segunda serie de muestreos intensivos. Febrero de 1989. (Tomado de Hernández et *al.* 1993).

ANÁLISIS

Los resultados de las investigaciones ictioplanctónicas del programa CalCOFI en el área de la Corriente de California, caracterizadas por el desarrollo de cruceros con una periodicidad de orden mensual durante gran parte de su historia (Moser y Ahlstrom 1970), han mostrado ser útiles para describir las temporadas y zonas de reproducción de diversas especies de interés comercial, principalmente la sardina monterrey (Ahlstrom 1966; Moser et al. 1974), para la estimación de la abundancia del recurso (Smith 1972; MacCall 1979), así como para el estudio de la variación interanual de la biomasa reproductora (Smith 1990; Smith et al. 1992; Barnes et al. 1992).

Sin embargo en este ecosistema poco se ha investigado en relación a los cambios e interacciones que, a corto plazo, se suceden entre el plancton y el medio así como de la variabilidad que en la corta escala temporal (diaria a semanal) existe en la actividad desovante de las diversas especies de clupeidos de importancia comercial que habitan en la región.

En el sistema lagunar de Bahía Magdalena, los estudios realizados con anterioridad en cuanto a la distribución espacial y temporal del desove de las sardinas monterrey y crinuda, también se caracterizaron por presentar una frecuencia de orden mensual (Anónimo 1985 y 1988; Saldierna et al. 1987 y 1992). Esta periodicidad no permitía elaborar un análisis más detallado de los cambios que se pudieran presentar en una escala temporal menor en la intensidad del desove, por lo que los resultados se consideraban representativos de la actividad reproductora a lo largo de todo un mes (Anónimo 1985).

En este trabajo se aplicó una nueva estrategia de muestreo dirigida a resolver este tipo de interrogantes, planteada por primera vez durante el pico de reproducción de estas especies en el sistema lagunar de Bahía Magdalena. Las principales consecuencias de esta metodología se anotan a continuación.

1. Distribución espacial del desove de *Opisthonema libertate* y *Sardinops sagax*.

El desove de estas especies se caracteriza por presentar una reducida superposición tanto espacial como temporal, ya que *Sardinops sagax* se reproduce principalmente de invierno a primavera siendo más intenso el desove en Bahía Magdalena en tanto que *Opisthonema libertate* lo realiza esencialmente durante el verano en Bahía Almejas (Saldierna et al. 1987) lo que parece estar asociado a la zonificación del sistema lagunar en cuanto a sus características oceanográficas, principalmente temperatura y salinidad (Alvarez et al. 1975; Saldierna et al. 1987). Esto se confirma al analizar la distribución de los desoves de las sardinas durante 1988 y 1989.

Los productos del desove de *Opisthonema libertate* se presentaron en mayor cantidad durante los muestreos intensivos efectuados en verano de 1988 (julio y agosto) y en mucho menor número en octubre del mismo año (Figs. 3 a 7); espacialmente éstos son más abundantes en las estaciones ubicadas en Bahía Almejas y la contribución de esta zona al total de huevos y larvas recolectados es del 68 y 73 %, respectivamente.

La zona de Bahía Magdalena presenta el mayor número de estaciones positivas seguida de Bahía Almejas (Tabla 2), lo cuál indica una amplia cobertura del desove de esta especie: desde el sur de Bahía Magdalena hasta Bahía Almejas. Sin embargo son menos del 45% de las estaciones positivas de huevos y larvas las que contribuyen con la mayor parte de las capturas, la mayoría de ellas localizadas en Bahía Almejas.

Las características del periodo reproductivo de *Sardinops sagax* son distintas, ya que aun cuando en el periodo de junio a diciembre de 1988 se observó la presencia de huevos y larvas de esta especie, la intensidad del desove fue muy reducida (Fig. 13 a 19). A pesar del número reducido de huevos y larvas recolectados en este período, en Bahía Magdalena se registra la mayoría de ellos; de hecho todos los huevos (y por tanto las estaciones positivas) (Tabla 6) y la mayoría de las larvas se localizan en esta zona (Fig. 28).

Para el primer semestre de 1989, los mapas de distribución de huevos y larvas de *Sardinops sagax* señalan que es entre enero y mayo (Figs. 20 a 25), cuando existe una gran actividad reproductora de esta sardina al noroeste de Bahía Magdalena y en menor medida en Bahía Almejas, particularmente en algunas estaciones cercanas a la boca que comunica esta bahía con el mar abierto (estaciones R1, R2 y S) (Fig. 32). La diferencia de actividad desovante entre ambas zonas es de tal magnitud que casi todos los huevos y larvas de sardina monterrey fueron recolectados en Bahía Magdalena, y en donde se registraron la mayoría de las estaciones positivas (Tabla 7).

Lo anterior confirma el hecho de que los desoves de *Sardinops sagax* están restringidos básicamente al final del invierno y principio de las primavera, lo que coincide con lo señalado por Saldierna et al. (1987), siendo la actividad reproductora de mucho menor magnitud el resto de año.

Además de las diferencias señaladas entre las dos especies de sardina en cuanto a las temporadas y zonas de mayor actividad reproductora, dentro del área efectivamente ocupada por los desoves se observan cambios notables en cuanto a la densidad de huevos y larvas de tal modo que existen unas pocas estaciones donde la densidad es muy alta, en tanto que en el resto de las estaciones la abundancia es baja o nula.

Por ejemplo, en el caso de la sardina crinuda (Fig. 10) son las estaciones Q2 y Q3 las que aportan la mayor parte de los huevos recolectados en 1988, y las estaciones Q2, Q3 y R1 las que contribuyen con buena parte de la captura de larvas en este mismo año, existiendo algunas otras estaciones que contribuyen apreciablemente. En cuanto a la sardina monterrey, las estaciones K1 y LI, localizadas al oeste de Bahía Magdalena, son las más importantes por su contribución, con algunas otras estaciones cercanas de importancia (Fig. 32).

Lo anterior indica que tanto el área de desove como el número de estaciones en el cual queda incluido el mayor porcentaje de huevos y larvas es menor en *Sardinops sagax* comparado con *Opisthonema libertate*, esto es, parece existir un nivel de agregación mayor entre los huevos y larvas de la sardina monterrey comparados con la sardina crinuda.

Diversos autores entre ellos Smith y Richardson (1979), Owen (1980) y Raymont (1983), han señalado las características de agregación de los organismos planctónicos. Entre los peces la agregación de huevos y larvas está dada en ocasiones por los hábitos gregarios

de los adultos, esto es, la formación de cardúmenes (Hewitt 198 1; Smith 198 1), habiéndose calculado que el tamaño de estos en *Sardinops sagax* es de aproximadamente 100 m, comparados con la longitud de las agregaciones de huevos que son de alrededor de 1,000 m (Jahn y Lavenberg 1986; Mangely Smith 1990).

Esta característica de agregación determina que la densidad de huevos y larvas esté desigualmente distribuida en el espacio ocupado por el desove; es por ello que durante los muestreos de plancton sea frecuente que se registre un gran número de estaciones con valores bajos de abundancia y un número reducido de ellas en las cuáles se observa una alta densidad (Taft 1960).

En nuestro caso, la relación existente entre los valores medios de abundancia de huevos y larvas con respecto a la variancia por crucero muestra signos de curvatura (Fig. 35) similares a los observados por Taft (1960), en donde la variancia crece a una tasa superior a la media, y que apoyan el hecho de considerar la distribución espacial de huevos y larvas de sardina monterrey y crinuda como de tipo agregado y permite efectuar un análisis estadístico partiendo de la DBN.

Como era de esperarse, los valores estimados de K en general son bajos y además los valores calculados para huevos son inferiores a los de larvas en ambas especies, lo que indica un mayor grado de agregación entre los primeros. Se confirma también que a nivel interespecífico también existe un mayor grado de agregación en el desove de la sardina monterrey comparado con la sardina crinuda (Tablas II y 12).

La diferencia en el grado de agregación de huevos y larvas se ha atribuido al hecho de que las larvas al tener un periodo de permanencia en el plancton superior al de los huevos, están expuestos durante mayor tiempo a procesos de mortalidad y dispersión (Smith 1973; Norcross y Shaw, 1984; Fortier y Gagné, 1990).

Smith y Richardson (1979) reportan las estimaciones del coeficiente de agregación obtenidas a partir de las abundancias de huevos de sardina monterrey recolectados con diversas artes y en diferentes periodos, y que van de 0.080 a 0.207, esto es, valores que están en el mismo orden de magnitud de los obtenidos en este trabajo.

Por su parte Taft (1960) presenta los valores de K estimados para los huevos de *Sardinops sagax* recolectados en las costas de California en 1941 (Tabla 13). Tales valores parecen indicar que existe una proporcionalidad entre el valor medio, la variancia y el coeficiente de agregación, con lo cuál la utilidad del parámetro K como un índice de agregación pierde su validez, pero como él mismo señala: "con sólo tres pares de valores esta relación no puede ser establecida firmemente".

En nuestro caso al comparar el coeficiente K con respecto al valor medio de huevos y la variancia respectiva por crucero, se observa una tendencia exponencial negativa (Fig. 36), con excepción de los huevos de *Opisthonema libertate* recolectados durante el BAMA 8807-1 (Fig. 36), de modo que, contrariamente a lo obtenido por Taft (1960), la relación de K con respecto a la media y a la variancia es de tipo inverso y acentúa la utilidad de K como indicador del grado de agregación de huevos y larvas.

de los adultos, esto es, la formación de cardúmenes (Hewitt 1981; Smith 1981), habiéndose calculado que el tamaño de estos en *Sardinops sagax* es de aproximadamente 100 m, comparados con la longitud de las agregaciones de huevos que son de alrededor de 1,000 m (Jahn y Lavenberg 1986; Mangel y Smith 1990).

Esta característica de agregación determina que la densidad de huevos y larvas esté desigualmente distribuida en el espacio ocupado por el desove; es por ello que durante los muestreos de plancton sea frecuente que se registre un gran número de estaciones con valores bajos de abundancia y un número reducido de ellas en las cuáles se observa una alta densidad (Taft 1960).

En nuestro caso, la relación existente entre los valores medios de abundancia de huevos y larvas con respecto a la variancia por crucero muestra signos de curvatura (Fig. 35) similares a los observados por Taft (1960), en donde la variancia crece a una tasa superior a la media, y que apoyan el hecho de considerar la distribución espacial de huevos y larvas de sardina monterrey y crinuda como de tipo agregado y permite efectuar un análisis estadístico partiendo de la DBN.

Como era de esperarse, los valores estimados de K en general son bajos y además los valores calculados para huevos son inferiores a los de larvas en ambas especies, lo que indica un mayor grado de agregación entre los primeros. Se confirma también que a nivel interespecífico también existe un mayor grado de agregación en el desove de la sardina monterrey comparado con la sardina crinuda (Tablas 11 y 12).

La diferencia en el grado de agregación de huevos y larvas se ha atribuido al hecho de que las larvas al tener un período de permanencia en el plancton superior al de los huevos, están expuestos durante mayor tiempo a procesos de mortalidad y dispersión (Smith 1973; Norcross y Shaw, 1984; Fortier y Gagné, 1990).

Smith y Richardson (1979) reportan las estimaciones del coeficiente de agregación obtenidas a partir de las abundancias de huevos de sardina monterrey recolectados con diversas artes y en diferentes períodos, y que van de 0.080 a 0.207, esto es, valores que están en el mismo orden de magnitud de los obtenidos en este trabajo.

Por su parte Taft (1960) presenta los valores de K estimados para los huevos de *Sardinops sagax* recolectados en las costas de California en 1941 (Tabla 13). Tales valores parecen indicar que existe una proporcionalidad entre el valor medio, la variancia y el coeficiente de agregación, con lo cual la utilidad del parámetro K como un índice de agregación pierde su validez, pero como él mismo señala: "con sólo tres pares de valores esta relación no puede ser establecida firmemente".

En nuestro caso al comparar el coeficiente K con respecto al valor medio de huevos y la variancia respectiva por crucero, se observa una tendencia exponencial negativa (Fig. 36), con excepción de los huevos de *Opisphonema libertate* recolectados durante el BAMA 8807-1 (Fig. 36), de modo que, contrariamente a lo obtenido por Taft (1960), la relación de K con respecto a la media y a la variancia es de tipo inverso y acentúa la utilidad de K como indicador del grado de agregación de huevos y larvas.

Tabla 13. Valores del coeficiente de agregación K de las colectas de *Sardinops sagax* efectuadas en 1941. (Tomado de Taft 19601.

| CRUCERO | K | Med. | S ² |
|---------|------|------|----------------|
| 17 | 0.74 | 976 | 3,525,823 |
| 19 | 0.34 | 605 | 2,262,431 |
| 21 | 0.14 | 243 | 257,915 |

Diversos estudios han demostrado la existencia de mecanismos que favorecen o evitan la agregación de organismos planctónicos. En el ambiente oceánico se han observado procesos tales como edies (Lobel y Robinson 1986 y 19881, frentes (Sabatés 1990), advección (Jahn y Lavenberg 1986), convergencias, surgencias, y mezcla vertical (Owen 1980; Mackas et al. 1985), entre los más importantes.

Por su parte, en ambientes estuarinos los procesos que más influyen en la distribución del plancton son advección (Kobayashi 19891, mareas (Lyczkowski et al. 1990; Aceves et al. 1992), patrón de corrientes, viento y flujos riverinos (Norcross y Shaw 1984).

Obeso et al. (en revisión) en su estudio del patrón de corrientes durante un ciclo de mareas en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, señalan que la porción norte de Bahía Almejas, principal área de reproducción de *Opisthonema libertate*, se caracteriza por presentar una velocidad de corriente baja a lo largo del ciclo de mareas, lo que indica que los procesos de transporte y recambio de agua son reducidos. En cambio en el noroeste de Bahía Magdalena, durante el período de flujo se presenta poca circulación, siendo durante la fase de descarga (reflujo), que la velocidad de la corriente se incrementa, y observandose una dirección hacia la Boca Entrada. Es también a través de este acceso que se lleva a cabo la mayor parte del intercambio de agua entre el sistema lagunar y el mar abierto durante el ciclo de marea.

Lo anterior implica que desde el punto de vista hidrodinámico, el área de desove de la sardina *crinuda* parece ser, más estable, comparado con el área de reproducción de la sardina monterrey, y por tanto, que las perdidas por advección fuera del área de desove pueden ser mayores en esta especie.

Esto es apoyado por Aceves et al. (1992), quienes encuentran que las mayores abundancias de larvas de *Sardinops sagax* en la Boca Entrada coinciden con el período de bajamar, indicando que las larvas son transportadas desde el interior de la bahía hacia el mar abierto, lo que determina un cambio de habitat para estos organismos durante su desarrollo, al pasar de un ambiente estuarino (antiestuarino) a uno oceánico, a diferencia de los procesos similares que se presentan en otros sistemas estuarinos, en los cuales las mareas favorecen el transporte de larvas hacia zonas protegidas (Lyczowski et al. 1990).

II. Abundancia de Huevos y Larvas de *Opisthonema libertate* y *Sardinops sagax*.

El total de huevos y larvas de sardina crinuda durante los cuatro muestreos intensivos presenta una tendencia ascendente (Fig. 11) con excepción de BAMA 8808-2 en el cuál las larvas muestran un valor menor con respecto al muestreo precedente. Esto parece deberse a la cobertura incompleta de la porción sur de la zona de Bahía Almejas (Fig. 6), ya que en los dos muestreos previos había aportado una cantidad importante de larvas (Fig. 4 y 5).

El último muestreo en el que se presentan aún remanentes del desove de *Opisthonema libertate* corresponde a octubre, cuando las capturas se han reducido a tal nivel que aportan menos del uno por ciento de los huevos y larvas recolectados.

Los índices de *Opisthonema libertate* correspondientes a los muestreos intensivos efectuados en 1988, señalan la misma tendencia ascendente que las sumatorias de huevos y larvas por crucero (Fig. 12); en este caso es importante mencionar que el valor estimado del índice de larvas en el BAMA 8808-2 es ligeramente superior al obtenido en el BAMA 8808-1, debido al efecto de ponderación por área.

La variación observada entre los cuatro muestreos consecutivos es notable, de tal suerte que la abundancia total se sextuplica, pasando de $1,678 \times 10^6$ a $10,358 \times 10^6$ huevos; en particular es relevante el cambio entre los dos muestreos de agosto, ya que se triplica la abundancia total de huevos en el transcurso de sólo una semana.

Entre larvas el cambio presenta proporciones aún mayores, al pasar su abundancia total de 134×10^6 a $1,830 \times 10^6$ larvas, esto es, un aumento de más de 13 veces entre los BAMA 8807-1 y 8808-2; a nivel semanal la mayor diferencia es entre el primero y segundo muestreos de julio, en donde la abundancia se quintuplica.

En lo referente a *Sardinops sagax*, debido al bajo número de huevos y larvas recolectados durante 1988, estos no se consideran representativos de la actividad reproductora durante este año, por lo que no se incluyen en este análisis, centrándose la discusión respecto al año de 1989.

El total de huevos de sardina monterrey por crucero muestra un aumento entre el BAMA 8901 y 8902-1, después de lo cuál hay una tendencia negativa, presentándose la mínima abundancia en el crucero de mayo. En larvas el esquema es similar pero el máximo se presenta una semana después que el de los huevos (BAMA 8902-2) (Fig. 33).

Los índices de abundancia de esta especie son similares en su tendencia a los totales por crucero, de modo que entre el crucero realizado en enero y el primero del mes de febrero, cuando se presenta el valor máximo ($7,134 \times 10^6$ huevos) hay un incremento del 250% y a partir de ahí se tiene una reducción a una tasa menor (50% entre los BAMA 8902-2 y 8902-3).

En larvas, los cambios en la abundancia entre muestreos consecutivos son más amplios, particularmente entre los BAMA 8902-1 y 8902-2, y entre este último y el 8902-3. En el primer caso hay un incremento del orden del 240%, seguido de una reducción del 75%.

Aunque la magnitud de los cambios de abundancia de huevos y larvas entre una semana y otra es apreciable, estos son de menor magnitud a la observada en otras regiones. Por ejemplo Taft (1960) señala que al sur de Punta Eugenia la variabilidad en la abundancia de huevos de sardina monterrey puede incrementarse 30 veces en un plazo de dos días y la de larvas caer 23 veces en sólo cuatro días.

Una de las **características** de la familia Clupeidae es su amplia distribución, ya que incluye especies que habitan desde el ecuador (**v.g. *Brevortia* spp. y *Opisfhonema* spp.**) hasta las altas latitudes como el arenque del Atlántico, ***Clupea harengus***, que habita a los 50°N (Blaxter y Hunter 1982), e inclusive especies dulceacuicolas como ***Limnothrissa miodon*** (Maciej 1986).

Esta diversidad de **habitats** involucra una gran variedad de estrategias reproductivas entre estos organismos; por ejemplo la amplitud del período reproductivo, que puede estar limitado a unos cuantos días como en el arenque (**Saville et al. 1974**), hasta especies como la sardina monterrey que, aunque tiene una temporada de mayor actividad desovante entre el invierno y la primavera, se pueden localizar algunos organismos desovando durante todo el año en ciertas regiones como es el area central de Baja California, comprendida desde Punta Baja hasta Punta San Juanico (líneas CalCOFI 1 10-I 37) (Ahlstrom 1954).

En el sistema lagunar de Bahía Magdalena los muestreos intensivos realizados entre julio y agosto de 1988, período del año de mayor actividad reproductora de ***Opisfhonema libertate***, coincidieron con la fase ascendente de la curva de reproducción, la cuál, dada su pendiente, parece ser de corta duración y gran intensidad, que corresponde con un período reproductivo corto, de tres meses en años normales (Saldierna et al. 1987; Sánchez 1990), aunque Torres et al. (1985b) indican que la duración del período reproductor puede abarcar hasta ocho meses (marzo a octubre), pero siendo tres los de mayor actividad reproductora (julio a septiembre) (Torres y Pérezgomez 1988).

Por su parte en ***Sardinops sagax*** los muestreos intensivos parecen haber sido realizados en la porción descendente de dicha curva, y dado que ésta presenta una pendiente menor comparada con ***Opis thonema libertate***, es de esperarse que su periodo de reproducción sea más amplio y menos intenso. De hecho Saldierna et al. (1987) y Sánchez (1990) encuentran que esta especie se reproduce a lo largo de ocho a nueve meses.

Además, debido a que en ambas especies sólo se muestra una porción de la curva de abundancia de huevos (ascendente o descendente), podemos considerar al valor más alto observado en cada especie, como una aproximación de la producción máxima durante el pico del desove, que posiblemente esté subestimada.

En ambos casos, el incremento en la frecuencia del muestreo, ha permitido obtener una representación más próxima, aunque incompleta, de los cambios en la intensidad del desove.

Hasta la fecha los estudios de fecundidad de las sardinas han permitido establecer estimaciones de sus parámetros reproductivos (Torres et al. 1985a y b; Torres y Pérezgomez 1988), y en donde los valores encontrados corresponden a estimaciones combinadas a lo largo de la temporada de desove, pero al menos en ***Opisthonema libertate*** se ha observado que dentro de una misma temporada se presentan variaciones apreciables en dichos

parámetros, como es el caso de la fecundidad parcial, que entre agosto y septiembre de 1983 se incrementó alrededor del 100% (Torres y Pérezgomez 1988).

Alheit (1987) menciona que en el caso de *Sprattus sprattus*, un análisis intensivo de los valores de fecundidad relativa mostraron cambios del orden de dos veces en el transcurso de medio mes y de cinco veces en la fecundidad parcial en el transcurso de sólo cuatro meses.

En nuestro caso, existe un cambio apreciable en la intensidad de la reproducción dentro del sistema lagunar de Bahía Magdalena. Se plantean dos hipótesis para explicar estas observaciones, ambas interrelacionadas:

En primer lugar, si se supone que en el corto plazo (semanas) los parámetros reproductivos de las sardinas adultas permanecen constantes, entonces los cambios (incrementos o decrementos) en la abundancia de huevos y larvas deberán de estar dados por una variación en la biomasa o número de reproductores presentes en el sistema lagunar, y la cuál sería proporcional a los cambios en la producción de huevos y larvas observados durante los muestreos intensivos.

En segundo lugar, si el número de hembras reproductoras presentes en el área de desove se considera estable, al menos durante el máximo de reproducción, entonces tales cambios deberán de estar asociados con una variación en los parámetros reproductivos de estos organismos en el corto plazo.

Hasta el momento con la información disponible no es posible probar estas hipótesis para explicar las tendencias observadas en cuanto a la abundancia de huevos y larvas de *Sardinops sagax* y *Opisthonema libertare* durante los muestreos intensivos.

Frecuentemente los estudios relativos a la determinación de los parámetros reproductivos reportan resultados representativos de toda la temporada de desove; entre las excepciones se tienen los trabajos de Alheit (1987) y Torres y Perezgómez (1988), quienes efectúan un análisis de los cambios mensuales en la fecundidad parcial. Sin embargo, debido a la dependencia que existe con respecto a la flota comercial para la recolecta de sardinas para este tipo de estudios en el noroeste de México (Torres et al. 1985a; Torres y Perezgómez 1988; Nevárez 1990), los resultados se ven sesgados por las temporadas y zonas de pesca, las cuales, en el caso de Bahía Magdalena, no coinciden con aquellas en donde se efectúa la reproducción con mayor intensidad (Casas 1987).

Considerando que en la región oceánica adyacente al sistema lagunar de Bahía Magdalena también se ha observado una intensa actividad reproductora de estas especies, al mismo tiempo que dentro del sistema lagunar (Anónimo 1985), no se puede descartar que durante el pico de la reproducción exista un proceso de migración de los adultos entre esta área y las aguas abiertas a través de las bocas que los comunican, por lo que los cambios observados bien pueden ser consecuencia de una combinación de las dos hipótesis antes señaladas.

III. Temperatura Superficial.

El sistema lagunar de **Bahía Magdalena** presenta una marcada estacionalidad en cuanto a temperatura superficial del mar, con un periodo cálido presente de julio a octubre y uno frío identificado durante enero y febrero. Este ciclo es similar al reportado previamente (Alvarez et al. 1975; Saldierna et al. 1987; Gárate 1992).

Verdugo (1993) considera que la temperatura superficial promedio durante 1988 y 1989 es baja, comparada con la serie de valores registrados en **Bahía Magdalena** en el periodo 1981-1988, y similar a la registrada en 1986, que es catalogado como un año **frío** (Gárate (1992), en tanto que Hernández (1988) señala que si se considera el valor de temperatura promedio anual entre 1981 y 1988, el año de 1988 resulta *ser el* más **frío** de la serie, inferior en aproximadamente 0.3 °C al valor promedio de los años 1985 y 1986.

Analizando los cambios semanales en la abundancia de huevos y larvas de las sardinas crinuda y monterrey con referencia a la temperatura superficial del sistema lagunar, la temporada de desove de estas especies presenta una clara asociación con los periodos cálido y frío, respectivamente. Pero a pesar de la gran variación estacional, durante el máximo de actividad reproductora de estas sardinas los valores de temperatura promedio se mantienen dentro de un rango estrecho; esto es, durante los muestreos intensivos efectuados en junio-agosto (BAMA 8807-1 a 8808-2), la temperatura promedio no varió en más de 1.6°C, en tanto que durante los muestreos intensivos de febrero (BAMA 8902-1 a 8902-4) esta variación es aún más reducida, inferior a 0.7°C (Fig. 37).

Esto indica que aún cuando la temporada de reproducción está asociada con la variación estacional de la temperatura, el cambio en la intensidad del desove durante el pico de la temporada parece ser independiente de este parámetro ambiental, el cuál **prácticamente** permanece constante.

En lo que respecta a la temperatura promedio mensual en las estaciones positivas, para ***Opisthonema libertate*** esta siempre es mayor que la temperatura media general (Fig. 40). Por el contrario, para ***Sardinops sagax*** es inferior a la media mensual en todos los casos (Fig. 41), lo cuál indica que la sardina crinuda se reproduce en áreas más cálidas que el promedio, en tanto que la monterrey lo hace en estaciones con temperatura superficial ligeramente inferior a la media.

Lo antes señalado es relevante si se considera la distribución de las isotermas superficiales, las cuales presentaron gradientes marcados durante julio y agosto, producto de la gran variación de temperatura. Asociado a esto, los huevos y larvas de sardina crinuda se observaron principalmente en aquellas regiones cuya temperatura fue en general superior a los 23°C y con un gradiente de variación muy reducido, como son por su importancia relativa **Bahía Almejas**, la porción sur de **Bahía Magdalena** y la zona de Canales (Fig. 38).

La sardina monterrey por el contrario, se reproduce con mayor intensidad en un **período** más homogéneo desde el punto de vista **térmico**, como es el que se presentó en enero y febrero de 1989 (Fig. 39), y en donde la distribución de su desove no parece estar asociada a una temperatura específica; más bien parece obedecer a otras **características** ambientales ya que el mismo se efectúa con bastante regularidad al noroeste de **Bahía Magdalena**.

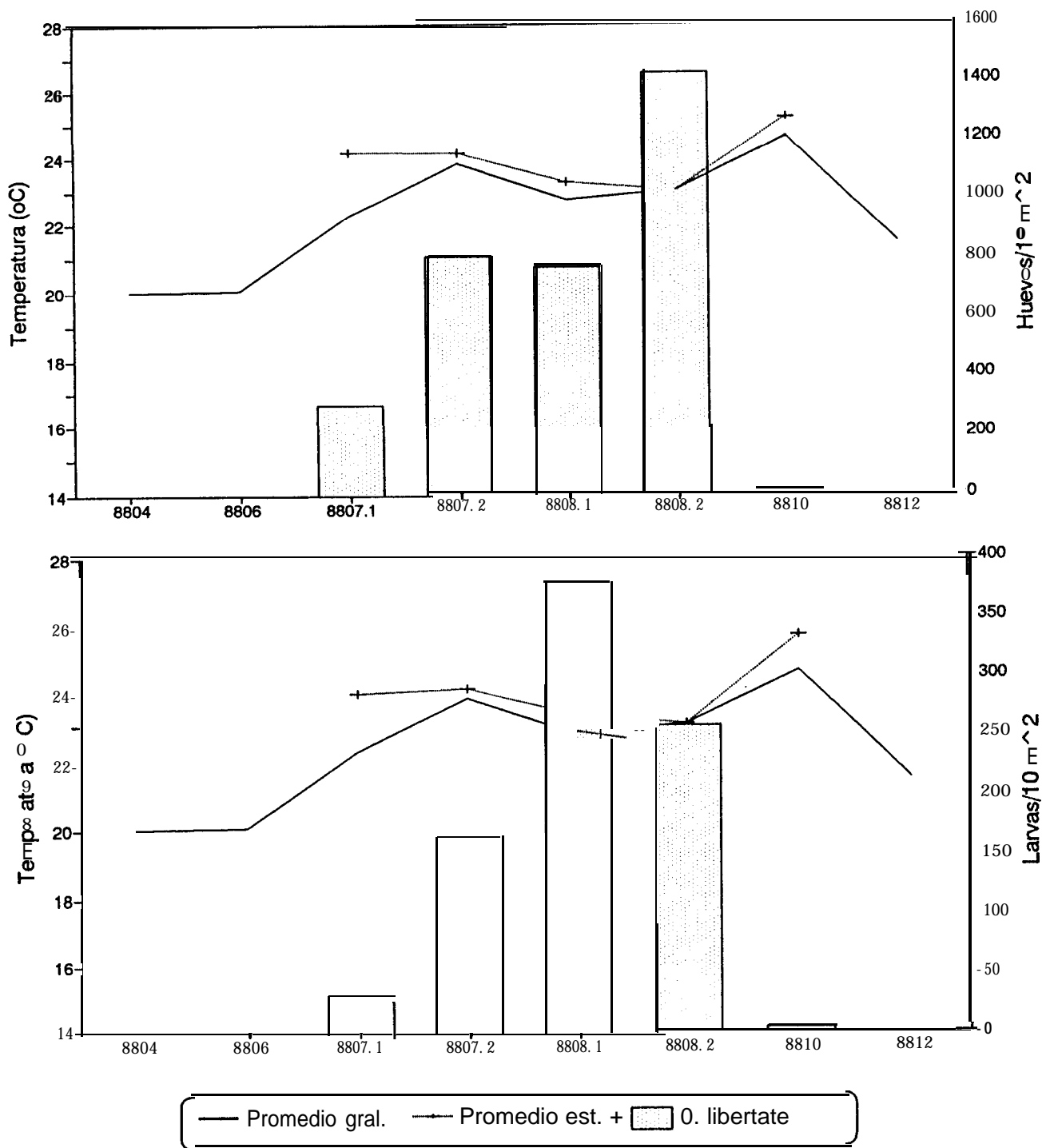


Fig. 40. Comparación de la temperatura superficial promedio general y por estación positiva de huevos y larvas de *Opisthonema libertate*.

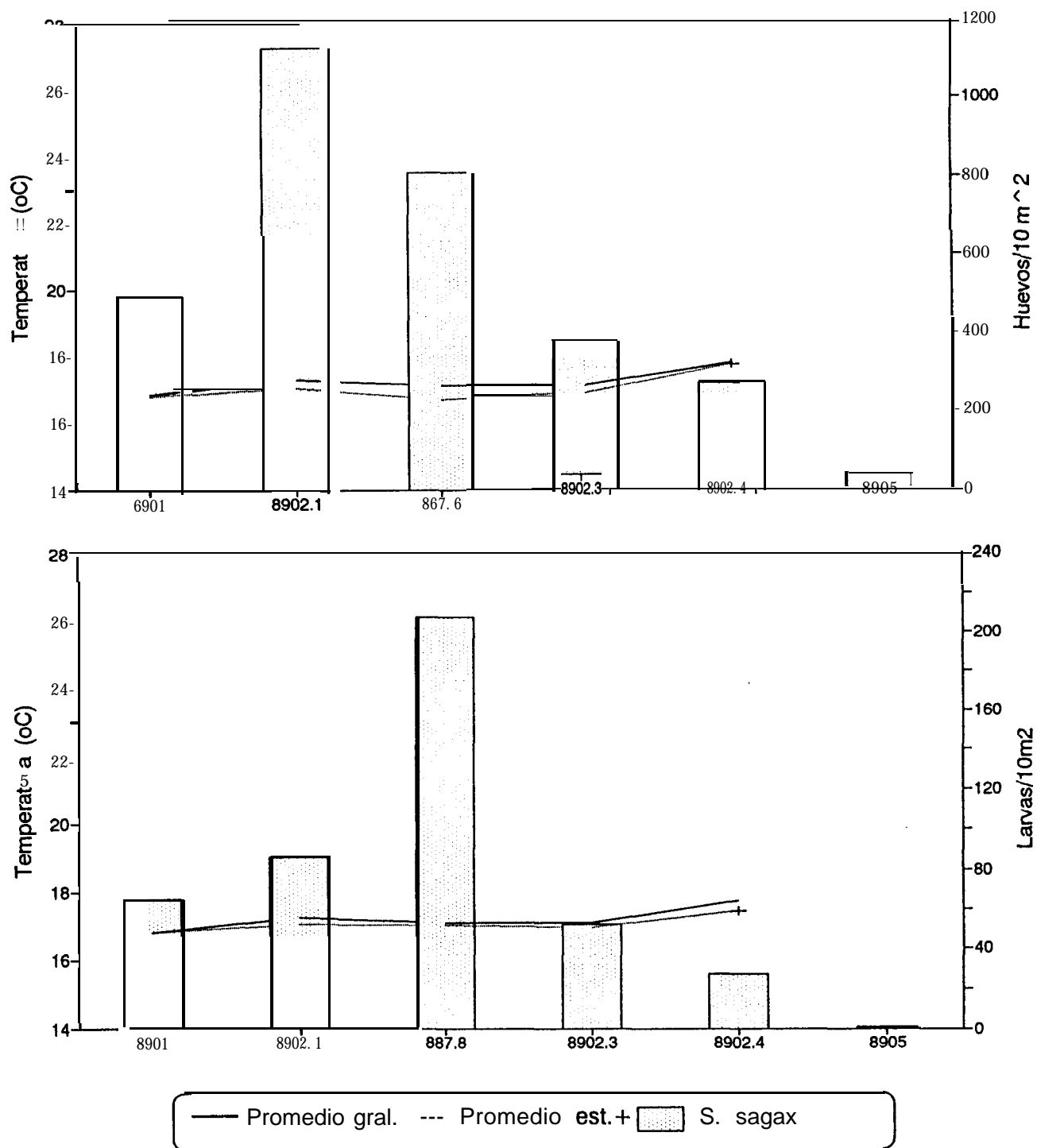


Fig. 41. Comparación de la temperatura superficial promedio general y por estación positiva de huevos y larvas de *Sardínops sagax*.

Como consecuencia de esto, dado que la temperatura es el parámetro ambiental más directamente ligado con la tasa de desarrollo embrionario (Ahlstrom 1943; Blaxter y Holliday 1963), la estabilidad térmica observada en el área de mayor actividad reproductora de ambas especies, involucra que, independientemente de la intensidad del desove, todos los huevos puestos en el pico reproductor se desarrollarán a la misma velocidad. De este modo y de acuerdo a las tasas de desarrollo calculadas para estas especies, los huevos de *Opisthonema libertate* requerirán aproximadamente de 24 horas para eclosionar a la temperatura promedio de 23.7°C registrada en las estaciones positivas durante julio-agosto (Saldierna et al. 1992), en tanto que los huevos de *Sardinops sagax* requerirán de unas 45 horas para completar su desarrollo embrionario a la temperatura promedio de 17.0°C observada entre enero y febrero (Torres (1986).

IV. Importancia de la variabilidad temporal en la evaluación de Biomasa Reproductora.

La utilidad de los estudios ictioplanctónicos para evaluar la abundancia de recursos pesqueros, queda de manifiesto por la variedad de metodologías desarrolladas al respecto, entre las cuáles se cuentan las descritas por Ahlstrom (1959), Saville (1964), Smith (1972) y Parker (1980), que parten de la premisa básica de que la abundancia de productos del desove está en función del tamaño de la población reproductora.

En particular en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, el método propuesto por Smith (1972) ha sido aplicado para estimar la biomasa desovante de sardina monterrey, en tanto que, con algunas consideraciones, el método propuesto por Saville (1964), ha sido utilizado en el caso de la sardina crinuda (Anónimo 1985, 1987; Vera 1988).

En la primera de estas metodologías (Smith 1972) se establece que el índice de abundancia de larvas es proporcional a la biomasa reproductora, esto es:

$$B = 0.206 (IL)$$

en donde B es la biomasa en toneladas cortas de la población adulta, IL es el índice de larvas ($\times 10^6$), y 0.206 es un coeficiente de proporcionalidad, el cual puede ser sustituido por el valor 0.1869 si se desea obtener la estimación de biomasa en toneladas métricas.

Por su parte Saville (1964) señala que si se cuenta con una estimación de la producción total de huevos o larvas a lo largo de una temporada de desove (P), de una determinación de la fecundidad media de las hembras adultas (F), y de la proporción de hembras adultas (K), entonces es posible calcular la biomasa reproductora mediante la siguiente relación:

$$M = P/(K \cdot F)$$

Dichas estimaciones de biomasa de sardina han sido elaboradas a partir de los muestreos efectuados con una periodicidad mensual desde septiembre de 1981, cada uno de los cuáles a tenido una duración similar a la del presente trabajo (2 a 3 días), y sus resultados se han considerado representativos de todo el mes (Anónimo 1985).

Sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos en este estudio, con relación a los cambios observados en la abundancia de huevos y larvas de sardina en **períodos** semanales, la representatividad de dichas estimaciones debe ser **evaluada** con más detalle.

Los nuevos resultados indican que en ***Opisthonema libertate*** la variación en la abundancia de huevos y larvas es de más de 800% y 1,500% respectivamente, en un **período** mensual, y de alrededor de 300% y 600% en ***Sardinops sagax***, rangos que permiten establecer un margen posible de variación cuando las estimaciones de biomasa reproductora se efectúan a partir de un solo muestreo mensual.

A partir de los valores presentados en las Tablas 3 a 5 y 8 a 10, se calcularon los **índices** totales de huevos y larvas por crucero, para las dos series de muestreos intensivos, así como su **índice** de abundancia unificado (I') (Tabla 14).

Estos datos indican que si se considera el valor del índice unificado (I_H' y I_L'), como un promedio de la abundancia de huevos y larvas durante el mes de mayor actividad reproductora, entonces al tomar muestras una sola vez por mes, existe la posibilidad de sobre o subestimar en cierta cantidad el valor de biomasa reproductora promedio presente a lo largo del mes (Fig. 42).

En nuestro caso, esta cantidad está dada por la proporción de cualquiera de los índices semanales con respecto al valor del índice unificado para todo el mes (I_{HL}/I_{HL}'), y que en la sardina **crinuda** va de 0.3 a 2.2 veces en huevos y de 0.1 a 1.75 en larvas, y en sardina monterrey va de 0.5 a 1.6 veces en huevos y de 0.3 a 2.1 en larvas.

La mayor amplitud de estos márgenes en la primera especie parecen estar asociados con un periodo de reproducción más corto, por lo que los cambios en dicha proporción son mayores en el corto plazo.

Taft (1960), en su estudio en las proximidades de Punta Eugenia, encuentra que la proporción de la abundancia **mínima** y máxima de huevos y larvas de sardina monterrey con respecto a su media, es de un décimo al triple en el primer caso y de poco menos de un **décimo** al doble en el segundo, en un lapso de **sólo** cinco días. Esto demuestra que, al igual que en nuestro estudio, la variabilidad temporal en la intensidad del desove puede ser una fuente que reduce notablemente la precisión de las estimaciones de abundancia del recurso.

Se ha estimado que la abundancia total de huevos de ***Sardinops sagax*** por crucero de un mes de duración, presenta un margen de error tal que el valor real de abundancia puede estar entre un medio y el doble del valor observado (Taft 1960). Posteriormente MacCall (1979), estima de nuevo este intervalo y lo **amplía**, calculando que los límites de confianza del 95% son de un cuarto al doble.

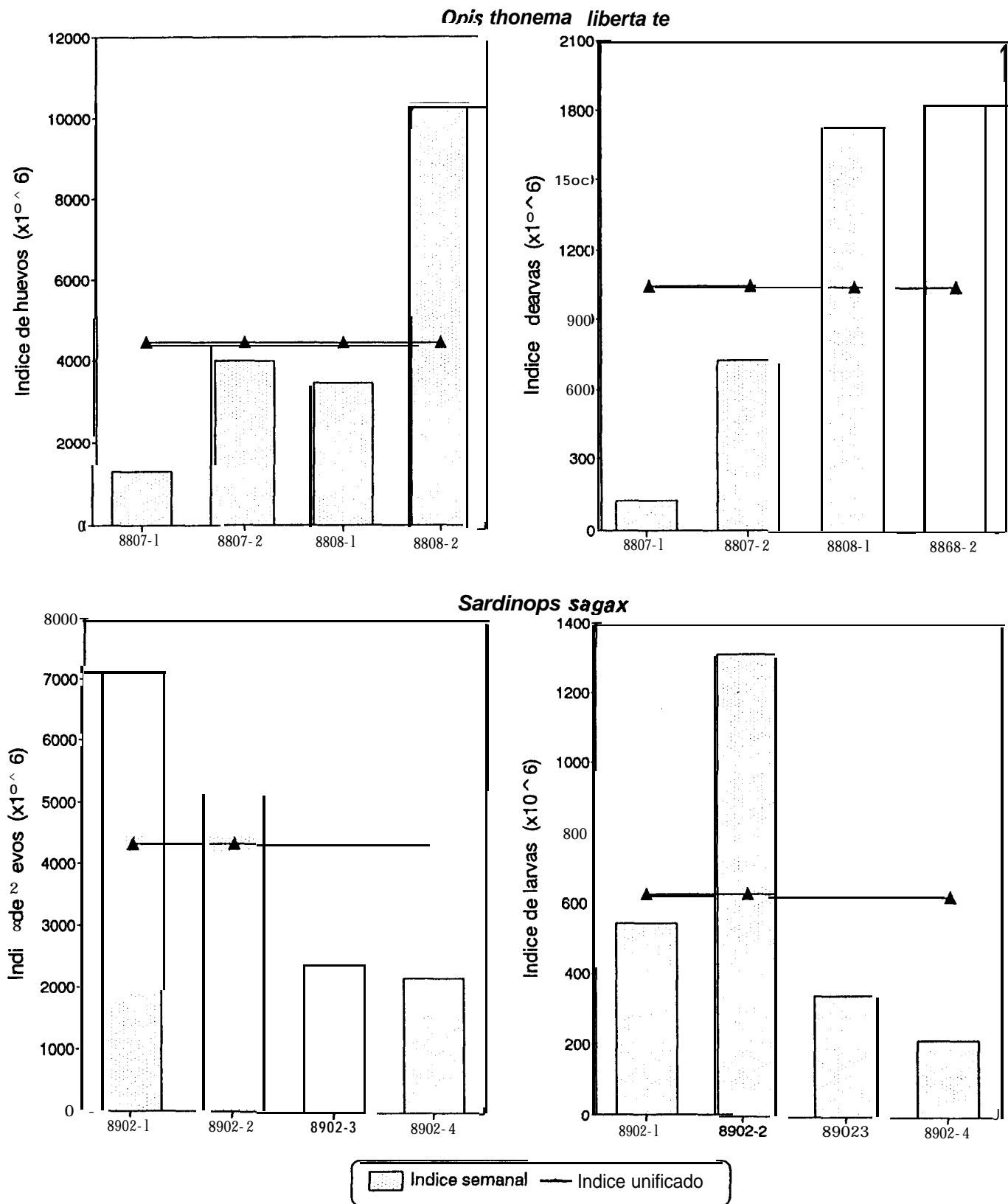


Fig. 42. Comparación de los índices de abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema libertate* y *Sardinops sagax*, con respecto al Índice unificado (I'), durante los muestreos intensivos.

Tabla 14. Índices totales de huevos y larvas de *Opisthonema libertate* y *Sardinops sagax*, durante los muestreos intensivos, y su correspondiente índice unificado.

| <i>Opisthonema libertate</i> | | |
|------------------------------|---------------------|---------------------|
| | IH x10 ⁶ | IL x10 ⁶ |
| 8807-1 | 1291.9311 | 125.4526 |
| 8807-2 | 3988.5742 | 723.4488 |
| 8808-1 | 3456.3466 | 1733.1444 |
| 8808-2 | 10358.0569 | 1830.1064 |
| I_{II}' | 4436.2843 | 1044.0510 |
| <i>Sardinops sagax</i> | | |
| | IH x10 ⁶ | IL x10 ⁶ |
| 8902-1 | 7134.2697 | 542.2899 |
| 8902-2 | 5132.9066 | 1308.8950 |
| 8902-3 | 2393.7550 | 304.8870 |
| 8902-4 | 2164.3965 | 216.1518 |
| I_L , | 4338.1098 | 624.5783 |

Si como señalan las metodologías de **Saville (1964)** y **Smith (1972)**, la biomasa reproductora es proporcional a la abundancia de productos del desove, entonces la variación de corta escala temporal en la abundancia de huevos y larvas, se verá reflejada en la precisión de estas estimaciones.

En su conjunto, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que de continuarse los estudios de plancton en el sistema lagunar de Bahía Magdalena para estimar la **abundancia** de huevos y larvas de sardina, se modifique el programa de muestreo que se desarrolló entre 1981 y 1987, con el objeto de mejorar la calidad de dichas estimaciones **así** como de las evaluaciones de biomasa reproductora de sardina utilizando **métodos** ictioplanctónicos.

V. Propuestas para mejorar la eficiencia del muestreo de huevos y larvas de ***Opisthonema libertate*** y ***Sardinops sagax*** en el sistema lagunar de Bahía Magdalena.

Una de las fuentes de variabilidad más importantes en la estimación de la abundancia de huevos y larvas planctónicos está dada por la distribución agregada de éstos (Raymont 1983). Del mismo modo, un incremento en el tamaño de muestra puede reducir dicho error, sin embargo, esto requiere de tiempo adicional para la toma de muestras (lo cuál en cruceros oceanográficos es particularmente costoso) y además de trabajo de laboratorio tanto para separar el ictioplancton como para la identificación del mismo, por lo que una adecuada determinación del tamaño de muestra es un factor básico para reducir la variación debida a la agregación (Smith 1973 y 1981).

A partir de la información generada en este trabajo sobre la distribución espacial y temporal del desove de ***Opisthonema libertate*** y ***Sardinops sagax*** en el corto plazo, se propone una alternativa de muestreo con el objeto de mejorar la precisión de las estimaciones de abundancia de huevos y larvas de sardina, así como de biomasa desovante, consistente en:

A) Incrementar la frecuencia y número de muestreos durante el pico de la temporada reproductora, reduciéndose estos en los períodos de baja actividad; en este caso se considera que con una frecuencia semanal de muestreo en un periodo de dos meses (enero-febrero para ***Sardinops sagax***, y agosto-septiembre para ***Opisthonema libertate***), es posible obtener una buena representación de los cambios en la abundancia de huevos y larvas durante el máximo reproductor de ambas especies.

B) Reducir el número de estaciones de muestreo en las zonas donde el aporte de huevos y larvas de sardina se ha observado que es consistentemente reducido o nulo. En nuestro caso esta reducción podría corresponder a las estaciones ubicadas en la zona de Canales y parte central de Bahía Magdalena durante la época de reproducción de ***Opisthonema libertate*** (verano), y a la zona de Canales y Bahía Almejas durante el desove de ***Sardinops sagax*** (invierno-primavera).

Estas propuestas son complementarias y podrían considerarse para una optimización de los recursos en función de la calidad de los resultados esperados.

CONCLUSIONES

La utilización de una nueva estrategia para el muestreo de plancton en el sistema lagunar de Bahía Magdalena, mediante el incremento en la frecuencia de muestreo durante el periodo de mayor actividad desovante de las sardinas crinuda, *Opisthonema libertate*, y monterrey, *Sardinops sagax*, ha permitido identificar la variación semanal de la abundancia de huevos y larvas de estas especies, y validar la representatividad de las estimaciones elaboradas a partir de un solo muestreo mensual.

Los cambios más notables en la abundancia del ictioplancton se observaron en las larvas de sardina crinuda, las cuáles pueden variar en su abundancia total hasta cinco veces en solo una semana y hasta 13 veces en el transcurso de un mes.

La intensidad de estos cambios se asocia de manera inversa con la duración del periodo de reproducción de estas especies, el cuál es más corto en la sardina crinuda y por tanto los cambios más acentuados, comparado con la sardina monterrey, en el cuál dicho periodo es más amplio y los cambios son menos pronunciados.

El grado de variación de los valores de abundancia semanal de huevos y larvas con respecto a un valor representativo de todo el mes como puede ser el índice unificado (I'), permite contar con un indicador del nivel de error que es posible tener cuando las estimaciones de abundancia se han llevado a cabo con una periodicidad mensual, como ha sido el caso de este sistema lagunar entre 1981 y 1987. Esta diferencia entre los valores semanales y el valor del índice unificado, va de un décimo al doble, dependiendo de la especie y si se trata de huevos o larvas.

A su vez, el ciclo de reproducción de estas especies está claramente asociado con los cambios en la temperatura superficial del mar, de tal forma que la sardina crinuda se reproduce en el periodo cálido del año (verano-otoño) y la monterrey en el periodo frío (invierno-primavera). Sin embargo, durante el pico del desove la temperatura promedio es notablemente estable, por lo que los cambios en la abundancia semanal de huevos y larvas de estas sardinas parece ser independiente de éste parámetro.

Una de las consecuencias que esto tiene es el hecho de que, independientemente de la intensidad del desove, todos los huevos se desarrollarán aproximadamente a la misma tasa.

Los cambios antes señalados en la abundancia semanal de huevos y larvas puede reflejar cambios reales en la biomasa reproductora de sardina dentro del sistema lagunar de Bahía Magdalena, o bien ser resultado de cambios en los parámetros reproductivos de estas especies en el corto plazo, por lo que la variación temporal en la abundancia de huevos y larvas de sardina debe ser tomada con la misma importancia que la variación espacial de los mismos.

En función de los resultados obtenidos y con el fin de mejorar la precisión de las estimaciones de biomasa reproductora a partir de métodos ictioplanctónicos, se propone una alternativa de muestreo mediante la cuál se aplique un mayor esfuerzo o frecuencia de muestreo durante la temporada de máxima actividad reproductora, y se reduzca la cobertura del mismo en las zonas cuyo aporte de huevos y larvas de sardina sea constantemente reducido o nulo.

B I B L I O G R A F I A

- 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, México. 62p.
- ACEVES M., G., R.J. SALDIERNA M. y M.E. HERNANDEZ R. 1992. Variación diurna de la abundancia de larvas de peces en la boca de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Rev. Inv. Cient., 3(1): 61-70.
- ACOSTA R., M.J. y J.R. LARA L. 1978. Resultados físico-químicos de un estudio de variación diurna en el área central de Bahía Magdalena, B.C.S. Ciencias Marinas, 5(1): 37-46.
- AHLSTROM, E.H. 1943. Studies on the Pacific pilchard or sardine *Sardinops caerulea*. 4. Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature. Spec. Sci. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv., (23): 26p.
- , 1954. Distribution and abundance of egg and larval populations of the Pacific sardine. Fish. Bull., 56(193): 83-140.
- , 1959. Distribution and abundance of eggs of the Pacific sardine, 1952-1956. Fish. Bull., 60(165): 185-213.
- , 1960a. Fish spawning in 1957 and 1958. CalCOFI Rep., 7:173-179.
- , 1960b. Synopsis on the Biology of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). FAO Fisheries Biology Synopsis, FB/60/S17, (17): 417-451.
- , 1966. Distribution and abundance of sardine and anchovy larvae in the California Current region off California and Baja California, 1951-64: A summary. U.S. Fish and Wildl. Serv., Sci. Rep. Fish., (534): 1-71.
- ALHEIT, J. 1987. Variation of batch fecundity of sprat, *Sprattus sprattus*, during spawning season. I.C.E.S. Pelagic Fish Committee, C.M. 1987/H44, 5p.
- ALVAREZ B., S., L.A. GALINDO B. y A. CHEE B. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S. Ciencias Marinas, 2(2):94-109.
- ANGEL, M.V. 1991. Variations in time and space: is Biogeography relevant to studies of long-time scale change? J. Mar. Biol. Ass. U.K., 71:191-206.
- ANONIMO. 1985. Investigaciones Ictioplanctónicas en la costa occidental de Baja California Sur y Bahía Magdalena para evaluar la biomasa reproductora de sardina y anchoveta. Informe Final del CICIMAR a la SEPESCA. La Paz, B.C.S., 211 p.
- , 1987. Investigaciones Ecológicas del Plancton del noroeste de México. Reporte Técnico Anual. CICIMAR-IPN, La Paz, México.
- , 1988. Investigaciones Ecológicas del Plancton del noroeste de México. Reporte Técnico Anual. CICIMAR-IPN, La Paz, México.
- ANONIMO. 1992a. Review of some California fisheries for 1991. CalCOFI Rep., 33: 7-20.
- ANONIMO. 1992b. Estado actual de las pesquerías de pelágicos menores en el noroeste de México.

Taller de Pelágicos Menores, Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. Guaymas, Son., Julio 22-24, 1992.

- ARREOLA L., J.A. 1991. Larvas de peces en la ensenada de La Paz, B.C.S. (1984). Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, U.A.B.C.S., México. 94p.
- BARNES, J.T., A.D. MacCALL, L.D. JACOBSON y P. WOLF. 1992. Recent population trends and abundance estimates for the pacific sardine (*Sardinops sagax*). CalCOFI Rep., 33:60-75.
- BLAXTER, J.H.S. y F.G.T. HOLLIDAY. 1963. The behaviour and physiology of herring and other clupeoids. Adv. Mar. Biol., 1:261-393.
- BLAXTER, J.H.S. y J.R. HUNTER. 1982. The Biology of the Clupeoid Fishes. Adv. Mar. Biol., 20:1-223.
- CASAS V., M.M. 1987. Distribución en tiempo y espacio de las especies de sardina y macarela en Bahía Magdalena, B.C.S., México. Inv. Mar. CICIMAR, 3(2):10-30.
- CASTRO B., T. 1975. Ictioplancton de Bahía Magdalena, Baja California Sur. Ciencias Marinas, 2(2): 1 O-35.
- DE LA CAMPA G., S. y C. GUTIERREZ H. 1974. Distribución horizontal de huevos y larvas de sardina monterrey y larvas de sardina crinuda y bocona en el Golfo de California, en Abril de 1972. Ins. Nal. de Pesca, INP/SC: 2, 17p.
- DE LA CAMPA DE G., S., M.A. PADILLA G. y P.E. SMITH. 1976. Estimaciones de biomasa de reproductores de sardina monterrey (*Sardinops sagax*) a través de censos larvales. Golfo de California. Temporada 1975. Mem. Primer Simp. Nal. de Rec. Masiv. Mex. SIC, Subsecretaría de Pesca. Ensenada, B.C., 1: 3-13.
- FORTIER, L. y J.A. GAGNE. 1990. Larval herring (*Clupea harengus*) dispersion, growth, and survival in the St. Lawrence estuary: match/mismatch or membership/vagrancy? Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 1898-1912.
- FUNES R., R. y A. ESQUIVEL H. 1985. Determinación de las principales características que permiten la identificación de las larvas de *Opisthonema spp.* en la costa del pacífico de Baja California Sur. Inv. Mar. CICIMAR, 2(2):77-85.
- GARATE L., I. 1992. Variación espacio temporal de la abundancia fitoplanctónica y de la estructura de las asociaciones microfitoplanctónicas en el sistema lagunar Magdalena-Almejas durante 1984-1986. Tesis Maestría, CICIMAR-IPN, México. 84p.
- GARCIA F., W., A. COTA. y M.L. GRANADOS. 1992. Situación actual de la pesquería de pelágicos en relación con el medio ambiente. Taller de Pelágicos Menores, Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. Guaymas, Son., Julio 22-24, 1992.
- GREEN, Y. y M.G. AGUIRRE. 1988. Distribución y abundancia de larvas de peces en el Golfo de California, durante enero-febrero de 1987. Mem. VII Simposio Int. Biol. Mar., p.23-30.
- GUERRERO, D.R., D.R. CERVANTES y I.A. JIMENEZ. 1988. Nutrient variation during a tidal cycle at the mouth of a coastal lagoon in the northwest of Mexico. Indian J. Mar. Sci., 17: 235-237.
- GUTIERREZ H., C. 1974. Investigaciones ictioplanctónicas en el Golfo de California en Abril de 1971, Ins. Nal. de Pesca, INP/SI: 117, 15p.
- HAURY, L.R. 1982. Mesoscale Processes: some Biological and Physical Connections. Trans. Amer. Geophys.

Un., EOS, 63(18):267-271.

- HAURY, L.R., J.A. MCGOWAN y P.H. WIEBE. 1978. Patterns and processes in the time-scales of plankton distributions. In: J.A. Steele (ed.), *Spatial Patterns in Plankton Communities*. New York, Plenum Press. p. 277-328.
- HEMPEL, G. 1973. (ed.) *Fish eggs and larval studies (Contributions to a manual)*. FAO Fish. Tech. Pap., (122): 82 p.
- , 1979. *Early life history of marine fish*. Univ. Washington, 70p.
- HERNANDEZ, M. 1988. Biomasa reproductora de *Sardinops sagax caerulea* en el Noroeste de México (1981-I 1986). "Investigaciones Ecológicas del Plancton del noroeste de México". Reporte Técnico Anual. CICIMAR-IPN, La Paz, México. p. 306-388.
- HERNANDEZ, M., J. GOMEZ, C. SANCHEZ, R. SALDIERNA y R. VERA. 1993. Atlas de temperatura superficial en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur, México. 1980-I 1989. Atlas Oceanográfico Nacional, Secc. Físico-Químicos, Vol. II, Num. esp. 1, 4p. + 84 fig.
- HERNANDEZ, S. 1987. Pesquerías pelágicas y neríticas de la costa occidental de Baja California, México. CalCOFI Rep., 28:53-56.
- HEWITT, R. 1981. The value of pattern in the distribution of young fish. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 178: 229-236.
- JAHN, A.E. y R. J. LAVENBERG. 1986. Fine-scale distribution of nearshore, suprabenthic fish larvae. Mar. Ecol. Prog. Ser., 31:223-231.
- KOBAYASHI, D.R. 1989. Fine-scale distribution of larval fishes: patterns and processes adjacent to coral reef in Kaneohe Bay, Hawaii. Mar. Biol., 100:285-293.
- KRAMER, D. 1963. Records and observations from plankton grid studies off Baja California, April 1952. U.S. Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report-Fisheries, (422): 42p.
- , 1971. Sardine eggs and larvae and other fish larvae of the Pacific Coast, 1958 and 1959. NMFS, Data Rep., (68):132p.
- KREBS, J.CH. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Pub., N.Y., 645p.
- LASKER, R. 1985 (ed.). *An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax**. NOAA Tech. Rep., NMFS, (36):99p.
- LLUCH B., D., F.J. MAGALLON y R. SCHWARTZLOSE. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. CalCOFI Rep., 27: 136-140.
- LLUCH B., D., D.B. LUCH C., S. HERNANDEZ V., C.A. SALINAS Z. y R. SCHWARTZLOSE. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California current system. CalCOFI Rep., 32: 105-111.
- LOBEL, P.S. y A.R. ROBINSON. 1986. Transport and entrapment of fish larvae by mesoscale eddies and currents in Hawaiian waters. Deep-Sea Res., 33(4): 483-500.

- . 1988. Larval fishes and zooplankton in a cyclonic eddy in Hawaiian waters. *J. Plankton Res.*, 10(6): 1209-1223.
- LYCZKOWSKI, J., D.L. RUPLE, S.L. RICHARDSON y J.H. COWAN, Jr. 1990. Distribution of fish larvae relative to time and tide in a Gulf of Mexico barrier island pass. *Bull. Mar. Sci.*, 46(3):563-577.
- MacCALL, A.D. 1979. Population estimates for the waning years of the Pacific Sardine fishery. *CalCOFI Rep.*, 20:72-82.
- MACIEJ G., Z. 1986. A lunar cycle in zooplankton. *Ecology*, 67(4): 883-897.
- MACKAS, D.L., K.L. DENMAN y M.R. ABBOTT. 1985. Plankton patchiness: biology in the physical vernacular. *Bull. Mar. Sci.*, 37(2): 652-674.
- MANGEL, M. y P.E. SMITH. 1990. Presence-absence sampling for fisheries management. *Can. J. Fish. Sci.*, 47:1875-1877.
- MOSER, H.G. y E.H. AHLSTROM. 1970. Development of lanternfishes (Family Myctophidae) in the California Current. Part I. Species with narrow-eyed larvae. *Bull. Los Angeles County Mus. Nat. Hist., Science* (7):145p.
- MOSER, H.G., E.H. AHLSTROM, D. KRAMER y E.G. STEVENS. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, 17: 112-128.
- MOSER, H.G., P.E. SMITH y L.E. EBER. 1987. Larval Fish assemblages in the California current region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. *CalCOFI Rep.*, 28: 97-127.
- NEVAREZ M., M.O. 1990. Producción de huevos de la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) en el Golfo de California: una evaluación y crítica. Tesis de Maestría. CICESE, México. 144p.
- NIENHUIS, H. y R. GUERRERO C. 1985. A quantitative analysis of the annual phytoplankton cycle of the Magdalena lagoon complex (México). *J. Plankton Res.*, 7(4): 427-441.
- NORCROS, B.L. y R.F. SHAW. 1984. Oceanic and estuarine transport of fish eggs and larvae: a review. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113: 153-165.
- OBESO, M., A. JIMENEZ y S. TROYO. (en revisión). Modelación de la marea en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas, B.C.S. Inv. Mar. CICIMAR.
- OLVERA L., R.M. 1981. Estimación de Biomasa reproductora de *Sardinops sagax*, en la costa oriental del Golfo de California. Enero 1976. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Depto. Pesca. México, 1(1): 27-34.
- OLVERA L., R.M. y M.A. PADILLA G. 1986. Evaluación de la población de sardinas japonesa (*Etrumeus teres*) y monterrey (*Sardinops sagax caerulea*) en el Golfo de California. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sría. Pesca. México. (5): 1-5.
- OWEN, R.W. 1980. Patterning of flow and organisms in the larval anchovy environment. In: G. Sharp (rapp.), Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. UNESCO, IOC Workshop Rep., (28): 167-200.
- PADILLA G., M.A. 1976. Huevos y larvas de sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) y bocona (*Cetengraulis mysticetus*) del Golfo de California, Diciembre de 1974. Mem. Primer Simp. Nal. de Rec. Masiv. Mex. SIC, Subsecretaria de Pesca. Ensenada, B.C., (1):15-35.

- , 1981. Biomasa de sardina (*Sardinops sagax*) y merluza (*Merluccius productus*). Febrero, 1977. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Depto. Pesca. México, 1(1): 35-43.
- PICQUELLE, S.J. y R.O. HEWITT. 1983. The northern anchovy spawning biomass for the 1982-83 California fishing season. CalCOFI Rep., 24: 16-28
- PARKER, K. 1980. A direct method for estimating northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. Fish. Bull. U.S., 78(2): 541-544.
- RAYMONT, J.E.G. 1983. *Plankton and productivity in the Oceans*. Vd. 2. Zooplankton. 2a. ed. Pergamon Press, 824p.
- RODRIGUEZ D., G. y M.C. HERRERA. 1992. Situación actual de la pesquería de sardina crinuda en el sur de Sinaloa. Taller de Pelágicos Menores, Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. Guaymas, Son., Julio 22-24, 1992.
- SABATES, A. 1990. Changes in the heterogeneity of mesoscale distribution patterns of larval fish associated with a shallow coastal haline front. Estuarine, Coastal and Shelf Sci., 30:131-140.
- SALDIERNA, R.J. 1991. Determinación de edad, desarrollo y mortalidad de huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* en el complejo lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-I.P.N., México. 72p.
- SALDIERNA, R.J., C.A. SANCHEZ y G.R. VERA. 1987. Estudios sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda, *Opisthonema libertate*, y monterrey, *Sardinops sagax*, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S. I. Descripción de huevos. II. Distribución y Abundancia de huevos y larvas. III. Mortalidad Larval. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, U.A.B.C.S, México. 217p.
- SALDIERNA, R.J., M.E. HERNANDEZ, S. HERNANDEZ y A.E. GONZALEZ. 1992. Determinación de edad y desarrollo de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* en Bahía Magdalena B.C.S., México. Rev. Inv. Cient., 3(1): 71-80.
- SALDIERNA, R.J. y R. VERA. 1990. Abundancia y distribución de huevos y larvas de sardinas en la parte central del Golfo de California. "Bionomía Planctónica de la parte central del Golfo de California, en 1987-1988". Informe Técnico Final de Proyecto. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S.
- SANCHEZ, C. 1990. Fluctuaciones en la abundancia de las sardinas monterrey, *Sardinops sagax*, crinuda, *Opisthonema libertate*, y japonesa *Etrumeus teres*, y su relación con las condiciones ambientales en Bahía Magdalena, B.C.S., México. 1981-1985. "Investigaciones Ecológicas del Plancton del noroeste de México". Reporte Técnico Final. CICIMAR-IPN, La Paz, México, p. 504-531.
- SAVILLE, A. 1964. Estimation of the abundance of a fish stock from egg and larvae surveys. Rapp. P.-v. Reún. CIEM, 135: 164-170.
- SAVILLE, A., I.G. BAXTER y D.W. MCKAY. 1974. Relations between egg production, larval production and spawning stock size in Clyde Herring. In: J.H.S. Blaxter (ed.), The early life history of fish. Springer-Verlag, p. 129-138.
- SCOFIELD, E.C. 1934. Early life history of the California sardine (*Sardina caerulea*), with special reference to distribution of eggs and larvae. California Division Fish and Game, Fish Bull., 41: 48p.
- SCOFIELD, E.C. y M.J. LINDNER. 1930. A preliminary report of the early life history of the California sardine. Calif. Fish and Game, 16(2): 35-39

- SMITH, P.E. 1972. The increase in spawning Biomass of Northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull., 7(3): 849-874.
- , 1973. The mortality and dispersal of sardine eggs and larvae. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 164: 282-292
- , 1978. Biological effects of ocean variability: time and space scales of Biological response. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 173: 117-127.
- , 1981. Fisheries on coastal pelagic schooling fish. p. 1-31. In: R. Lasker (ed.), Marine Fish Larvae. Morphology, ecology and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program, Univ. Washington Press.
- , 1990. Monitoring interannual changes in spawning area of Pacific sardine (*Sardinops sagax*). CalCOFI Rep., 31: 145-151.
- SMITH, P.E. y R.P. HEWITT. 1985. Sea survey design and analysis for an egg production method of anchovy biomass assessment. In: R. Lasker (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NAA Tech. Rep. NMFS, (36):17-26.
- SMITH, P.E., N.C.H. LO y J.L. BUTLER. 1992. Life-stage duration and survival parameters as related to interdecadal population variability in Pacific sardine. CalCOFI Rep., 33:41-49.
- SMITH, P.E. y S.L. RICHARDSON. 1979. Técnicas modelo para prospección de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO, Doc. Tec. Pesca, (175):107p.
- SMITH, P.E., H. SANTANDER y J. ALHEIT. (MS). Comparison of mortality and dispersal of sardine (*Sardinops sagax sagax*) and anchovy (*Engraulis ringens*) eggs of Peru. NMFS-SWFC/IMARPE/ PROCOPA.
- TAFT, B.A. 1960. A statistical study of the estimation of abundance of sardine (*Sardinops caerulea*) eggs. Limnol. Oceanogr., 5(3): 245-264.
- TORRES V., J.R. 1986. Evaluación de la biomasa reproductora de *Sardinops sagax* por el método de producción de huevos, en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-I.P.N., México. 88p.
- TORRES, J.R., G. GARCIA, V.A. LEVY y R.I. OCHOA. 1985a. Madurez sexual, peso promedio, proporción sexual y frecuencia de desovantes de *Sardinops sagax* en el Golfo de California para noviembre de 1984. Trans. CIBCASIO, 10:536-549.
- TORRES, J.R., C.G. GARCIA, R.I. OCHOA y V.A. LEVY. 1985b. Parametros reproductivos de las poblaciones de *Opisthonema libertate* (Gunther) (Pisces: Clupeidae) y discusión sobre su evaluación por producción de huevos en Bahía Magdalena, B.C. Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR, 2(2): 45-58.
- TORRES V., J.R. y L. PEREZGOMEZ. 1988. Variación de la fecundidad de *Opisthonema libertate* (Gunther, 18661 (Pisces: Clupeidae) de 1983 a 1985 en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Inv. Pesq., 52(2): 193-206.
- ULLTANG, O. 1977. Determinación de la abundancia de las poblaciones por métodos que no se basan en los datos sobre captura comercial y esfuerzo de pesca. FAO, Doc. Téc. Pesca, (176):25p.
- VERDUGO D., G. 1993. Estructura de las asociaciones microfita- planctonicas, abundancia numerica total y fraccionada durante un ciclo anual (1988-I 1989) en el sistema lagunar Magdalena-Almejas, B.C.S. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, U.A.B.C.S., México. 66p.

YAMANE, T. 1979. Estadística. Harla, México, 771 p.

VERA, R. 1988. Biomasa reproductora de *Sardinops sagax caerulea* y *Opisthonema libertate* (Bahía Magdalena junio-diciembre 1984, Golfo de California junio de 1986). "Investigaciones Ecológicas del Plancton del noroeste de México". Reporte Técnico Anual. CICIMAR-IPN, La Paz, México. p. 389-431.

YAMASHITA, Y. y T. AOYAMA. 1984. Ichthyoplankton in Otsuchi Bay on northeastern Honshu with reference to the time-space segregation of their habitats. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50(20): 189-198.