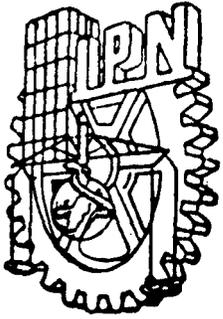


LIBRERIA 3153



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

DEPARTAMENTO DE PLANCTON



CICIMAR

“DETERMINACION DE EDAD, DESARROLLO Y MORTALIDAD DE HUEVOS DE LA SARDINA CRINUDA, *Opisthonema libertate* EN EL COMPLEJO LAGUNAR DE BAHIA MAGDALENA, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO”

T E S I S

QUE COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN

CIENCIAS MARINAS

P R E S E N T A :

Ricardo **Javier** Saldiema **Martínez**

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, FEBRERO DE 1990

INDICE

	Página
RESUMEN	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABLAS	v
INTHODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	5
AREA DE: ESTUDIO.....	7
METODOLOGIA.....	10
RESULTADOS.....	17
DISCUSION	25
CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFIA.....	39

Con el objeto de estudiar la mortalidad de los huevos de *Opisthonema libertate* se describen las características de mal desarrollo de los huevos y de malformaciones en algunas de sus estructuras o por presentar poco vitelo. Además se **determinó** la hora de máximo desove para esta especie, tomando como base la presencia y abundancia del estadio II (etapa en **mórula**), dato con el cual se puede obtener la edad calculada. También se **estableció** un modelo, que permite calcular la edad promedio de los huevos de esta especie, en la aplicación de la **función** exponencial-potencial, relacionando al estadio y edad de los huevos, **así** como la temperatura de colecta, colateralmente se obtienen las curvas de desarrollo de los estadios II al XI, a diferentes temperaturas. Se **encontró** que la velocidad de desarrollo es directamente proporcional a la temperatura. Se observó que la mortalidad de huevos de *Opisthonema libertate* se incrementó notablemente **año** con año, relacionándose con el incremento y persistencia del calentamiento del agua, por efecto de "EL NIÑO", durante los años de 1982 a 1984. La **variación** de la abundancia de huevos, y sus porcentajes de mortalidad se relacionan con las biomásas fito y zooplanctónica, y con la variación en la fecundidad y **tamaños** de los ovocitos de la sardina **crinuda**, encontrando que a valores de fecundidad alta, la mortalidad de huevos es menor, mientras que a valores de fecundidad baja, con ovocitos de mayor tamaño, la mortalidad de huevos se incrementa considerablemente.

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1- Localización del área de estudio (tomado de Anónimo 1984b).....	8
Figura 2- Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S. Toponimia (tomado de Anónimo 1984a).....	9
Figura 3- Plan básico de Estaciones del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena (tomado de Anónimo 1984b).....	11
Figura 4- Clasificación de huevos de la sardina monterrey, <i>Sardinops sagax</i> (tomado de Ahlstrom 1943).....	13
Figura 5- Registros mensuales de: a) Salinidad superficial b) Temperatura superficial; promedio mensual (línea continua). y en estaciones positivas de huevos (línea punteada), y c) Abundancia mensual de huevos, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S.....	49
Figura 6- Registros anuales de: a) Salinidad superficial b) Temperatura superficial; promedio anual (línea continua), y en estaciones positivas de huevos (línea punteada), y c) Abundancia anual de huevos, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S.....	50

Figura 7-	Abundancia de huevos viables (barras vacías), e inviábiles (barras oscuras) con relación: a) Temperatura superficial (julio de 1983) y b) Salinidad superficial (julio de 1983) en Bahía Bahía Magdalena, B.C.S.....	51
Figura 8-	Condición de desarrollo de los huevos de la sardina <i>Opisthonema</i> I) Huevo viables y II) Huevo inviábiles; a) Huevo con espacio perivitelino turbio y con acción bacteriana, b) Huevo con un desarrollo anormal, c) Huevo bien desarrollado pero con poca cantidad de vitelo, y d) Huevo con un desarrollo en exceso del tamaño de los paquetes musculares, y aunado con poca cantidad de vitelo.....	52
Figura 9-	Curvas de desarrollo de los huevos de la sardina, <i>Opisthonema</i> libertate a diferentes valores de temperatura	53
Figura 10-	Curvas de desarrollo calculadas , para los huevos de la sardina, crinuda <i>Opisthonema</i> libertate a diferentes valores de temperatura.....	54
Figura 11-	Curvas de desarrollo de los huevos de la sardina crinuda, <i>Opisthonema</i> libertate.....	55
Figura 12-	Registros mensuales de: a) Salinidad superficial, b) Temperatura superficial; promedio mensual (línea continua), y promedio en las estaciones positivas de huevo (línea punteada), y c) Porcentaje de mortalidad (barras oscuras) y porcentaje de huevo viables (barras vacías), de los huevos de sardina <i>Opisthonema</i> libertate.....	56

LIBRARY

Figura 13- Registro anual de: a) Abundancia de huevos viables (barras vacias), y abundancia de huevos inviables (barras oscuras) , y b) Porcentaje de mortalidad de los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate* 57

Figura 14- Comparación interanual de la media y el intervalo al 95 % del diámetro de los ovocitos, fecundidad parcial, peso total, longitud patrón y peso de la gónada. Modificado de Torres-Villegas y Perezgomez (1988)..... 58

Figura 15- a) Comparación de los modelos exponencial de tasa de desarrollo-temperatura, obtenido por Lasker (1964) (línea continua) y el obtenido por Torres (1986) (línea punteada) para los huevos de *Sardinops sagax*, b) Comparación de los modelos exponencial-potencial de tasa de desarrollo, estadio-edad-temperatura, obtenido por Lo (1985) para *Engraulis mordax* (línea continua) y el obtenido para *Opisthonema libertate* (línea punteada)..... 59

Figura 16- a) Frecuencia de temperaturas por grado centigrado registradas en Bahía Magdalena, B.C.S., de septiembre de 1981 a septiembre de 1984. b) Porcentaje de la abundancia por grado centigrado de huevos viables (línea continua) y huevos inviables (línea punteada) de *Opisthonema libertate*..... 60

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS EXACTAS
E INGENIERÍA
BIBLIOTECA

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1- Registros mensuales de: Temperatura superficial (TEM SUP), estaciones positivas de huevos (E/+); Salinidad superficial (SAL SUP) y Biomasa planctónica (B P) en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.....	61
Tabla 2- Registro del promedio anual de: Temperaturas superficial (TEM SUP), estaciones positivas de huevos (E/+); Salinidad superficial (SAL SUP), y biomasa planctónica (B P) en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.....	61
Tabla 3- Abundancia mensual de: Huevos viables e inviables, totales y porcentaje de mortalidad de huevos de la sardina, <i>Opisthonema libertate</i> en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.....	62
Tabla 4- Abundancia anual de: Huevos viables e inviables, totales, y porcentaje de mortalidad de los huevos de la sardina, <i>Opisthonema libertate</i> en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.....	62
Tabla 5- Abundancia de huevos del estadio I y II del desarrollo embrionario de la sardina, <i>Opisthonema libertate</i> durante el ciclo de 24 horas, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.....	63
Tabla 6- Valores de edad calculada (en horas) de los estadios de desarrollo de la sardina, <i>Opisthonema libertate</i> a diferentes valores de temperatura.....	63
Tabla 7- Coeficientes obtenidos para los estadios del desarrollo embrionario de la sardina, <i>Opisthonema libertate</i>	64

Tabla 8- Coeficientes obtenidos para las temperatura en grados centigrados a la que se colectaron los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate*..... 64

Tabla Y- Coeficientes obtenidos de la relación Estadio, Edad y Temperatura a la que fueron colectados los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate*..65

Tabla 10- Edad promedio (en horas) de los diferentes estadios del desarrollo embrionario de los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate* para diferentes valor-es de temperatura.. 65

Tabla 11- Valor-es de: Temperatura superficial ,estadio de desarrollo, edad promedio (en horas) de los huevos, y abundancia de los huevos de *Opisthonema libertate*..... 66-72

INTRODUCCION

La sardina crinuda, *Opisthonema libertate* se distribuye desde Rosarito, Baja California, México, hasta Punta Sal y Punta Picos, Perú (Whitehead 1985); y Golfo de California, México (Berry y Barrett 1963 y Rodríguez 1989), y en general estos peces son básicamente planctófagos, ya que consumen tanto fitoplancton como zooplancton (Romero 1988).

Este límite norte de la especie, puede ser modificado por la influencia que presentan las dos grandes corrientes oceánicas que llegan a la porción sur de Baja California; la Corriente de California, con una biota templada, y una rama de la Zonación Contracorriente Ecuatorial con organismos tropicales (Hernández et. al., 1987), por lo que puede considerarse al Complejo Lagunar de Bahía Magdalena como el extremo norte promedio del área de distribución de la sardina crinuda, lo que permite suponer que en estas Bahías sus funciones de alimentación, reproducción, y desarrollo se producen en condiciones extremas para la población; condiciones que pueden ser adversas, y que podrían dar lugar a valores de mortalidad notables.

En la actualidad se considera que uno de los problemas más importantes a tratar dentro de la ciencias pesqueras, es el análisis de la relación existente entre la abundancia de la población adulta y el tamaño de la clase anual subsecuente. En este sentido Gulland (1965), Hempel (1965) y Lasker (1981) consideran que es durante los estadios de huevo y larva cuando se define la abundancia de los reclutas que ingresan a la pesquería.

Se han realizado diferentes investigaciones y desarrollado técnicas diversas, con la finalidad de evaluar, los factores que de alguna manera influyen en la variación de la abundancia de las poblaciones de peces pelágicos. Una de ellas fue analizada para la sardina del pacífico, en la cual abordan las fluctuaciones del tamaño de la población mediante la relación del tamaño del stock desovante y el éxito de las clases anuales (Clark y Marr 1955), y otra, en el efecto de las condiciones ambientales, que además de afectar los procesos reproductivos influyen en las generaciones anuales (Radovich 1962).

Las cualidades reproductivas de los clupeidos varían con la latitud; una de ellas es la fecundidad que probablemente está asociada con los cambios compensatorios en otras características a través de su desarrollo a lo largo de su vida (tamaño del huevo, tamaño en la primera maduración, número de desoves por

año, tiempo de vida y tamaño máximo) pero pocos estudios existen donde más de una característica sea correlacionada con la latitud (Blaxter y Hunter 1982).

El número de ovocitos por hembra, así como la calidad de estos, son de gran importancia ya que las estimaciones de fecundidad y el tamaño de los ovocitos o huevos están en relación inversa, y a su vez, está influenciado por los factores abióticos, como es el caso de la temperatura, que influye en el éxito del reclutamiento (Hunter 1976); la diferencia en el tamaño de los huevos es otro factor importante en la supervivencia larval, ya que los de mayor tamaño, contienen mayor cantidad del material de reserva alimenticia, que darán lugar a larvas vigorosas, incrementando su probabilidad de sobrevivir (Hempel 1965; Ware 1975 y Hunter 1981).

Existen diferentes factores que influyen en la supervivencia de los huevos, como son los vientos y las corrientes, que pueden dispersarlos, alejándolos a zonas desfavorables para su desarrollo, y donde no existe alimento para las futuras larvas, trayendo como consecuencia la muerte por inanición (Smith 1973; May 1974 y Lasker 1965). Southward y Demir (1974) y Re (1981) han analizado la mortalidad de huevos de *Sardina pilchardus* porque los huevos son blanquesinos con un fluido perivitelino turbio, signos de autólisis o acción bacteriana, o bien por presentar malformaciones embrionarias, causadas por fallas en el desarrollo, como lo reporta Garside (1959) en los huevos de *Salvelinus namaycush*. al igual que Rogers (1976) para *Pseudopleuronectes americanus* en experimentos de cultivo.

La finalidad de este estudio es abordar algunos aspectos sobre el desarrollo embriológico y estimar la mortalidad de los huevos de *Opisthonema libertate*. así como determinar el grado de influencia de las condiciones ambientales sobre su desarrollo en el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur.

ANTECEDENTES

En el Continente Americano las primeras investigaciones sobre ictioplancton, fueron publicadas por Scofield y Linder (1930) y Scofield (1934), con respecto a la descripción de huevos y larvas de sardina monterrey, y donde también reportan el área de desove de la sardina en la costa Occidental de Californiaa Baja California Sur, además estudiaron las tasas de crecimiento, alimentación y dispersión de las larvas, así como, las abundancias medias de los grupos anuales en relación con las capturas comerciales. Estos trabajos son de gran importancia ya que han marcado la pauta para realizar estudios de ictioplancton y pesquerías, debido ha que en esos años existía toda una corriente de investigaciones biológico-pesqueras.

Pero no fue hasta que el colapso de la pesquería de sardina en California, E.U.A (1947), obligó a los diferentes sectores involucrados a trabajar en forma cotidiana y sobre todo en asegurar económicamente la continuidad de los trabajos de investigación por medio de un comité de estudio; marinos, mismo que dio origen al programa de la Cooperativa de Investigaciones de las Pesquerías Oceánicas de California (CalCOFI, por sus siglas en inglés) en 1949: el cual desarrolló un programa de monitoreo con barcos oceanográficos (267 cruceros, cubriendo 29 millones de millas cuadradas), obtuvieron mediciones físicas, químicas y biológicas, para así lograr tener una de las series de tiempo de los factores anteriores más completas del planeta. Lo anterior hizo que CalCOFI sea uno de los programas de investigación más importantes del mundo. Además dentro de este programa se consolidaron varias líneas de investigación que abarcaron algunos de los campos de las ciencias marinas y que han permitido el desarrollo y la interpretación de la evaluación de recursos pesqueros por métodos ictioplanctónicos.

Lo anterior fue importante, ya que dentro de las actividades desarrolladas por dicho programa se efectuaron una serie de cruceros oceanográficos en el área de la Corriente de California, con la finalidad de realizar estudios sobre el plancton con tres modalidades generales: fitoplancton, zooplancton e ictioplancton, abordando problemas de tipo taxonómico, biológico, ecológico, así como estimaciones de la abundancia de los recursos explotables a través de las evaluaciones ictioplanctónicas (huevos y larvas de peces). Al respecto se destacan los trabajos realizados en taxonomía y distribución en general Ahlstrom (1954, 1959, 1959a, 1960, y 1965); Ahlstrom y Moser (1960); Kramer (1970); Moser, et al. (1974) en experimentación biológica Lasker (1964; y 1981), en el marco ambiental y evaluaciones, Smith (1973, 1978 y 1981); Smith

y Richardson (1979).

Las investigaciones ictioplanctónicas en la Costa Occidental de la península de Baja California fueron reportadas por De la Campa (1974) y Escudero y Olvera (1976), pero fue hasta 1982 cuando el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), inicio un programa estacional de cruceros oceanográficos en la costa del Pacífico de Baja California Sur, con la finalidad de evaluar la biomasa reproductora de especies de importancia comercial a partir de sus huevos y larvas (Anónimo 1984a,b y 1985). A partir de 1981 inicio un programa de muestreos mensuales en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, con la finalidad de realizar estudios tendientes a evaluar la biomasa reproductora de la sardina y anchoveta a partir de sus huevos y larvas (Anónimo 1984a, b y 1985), así como el estudio de las comunidades; planctónicas, entre las que se tienen sobre ictioplancton son las realizadas por Castro (1975), Anónimo (1984a y b), Funes y Esquivel (1985) y Saldierna et al. (1987); sobre las comunidades zooplanctónicas, las realizados por Haro (1983), Funes (1985) y Palomares (1989), y sobre las comunidades fitoplanctónicas los trabajos de Nienhuis y Guerrero (1985 y 1986), Romero (1988) y Nienhuis (documento interno CICIMAR 1988).

En virtud de que el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena es el área más importante del estado de Baja California Sur, en lo que respecta a la explotación y desembarco del recurso sardina, por lo que ha sido objeto de diversos estudios, entre los más completos están los realizados por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, abordando diferentes aspectos de la biología de los pelágicos menores, y la dinámica de las poblaciones de este recurso y el medio ambiente en que habita (Casas 1983; Hernández 1983; Castro 1984; Félix 1986; Romero 1988 y Rodríguez 1989).

Las investigaciones dirigidas a resolver y establecer la temporada reproductiva de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* han sido abordadas desde dos puntos de vista. El primero de ellos, empleando técnicas histológicas en las gónadas de sardina. Pérez (1976) señala que en el área de Mazatlan, Sinaloa, esta especie se reproduce cuando la temperatura superficial del agua se encuentra entre los 25° y 29°C y que las desoves masivos ocurren en junio y julio, posiblemente prolongándose a agosto y septiembre. Torres-Villegas et al. (1985) determinan para el Área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, que la temporada reproductiva de *Opisthonema libertate* abarca de marzo a octubre y que la mayor actividad desovante se realizó entre julio y septiembre durante los años de 1982 a 1984. El segundo punto, se fundamenta en el análisis de la abundancia de huevos y larvas como una consecuencia de la actividad

desovante de la sardinacrinuda, *Opisthonema libertate*. Saldierna et al. (1987), indican que en el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, la temporada de reproducción de esta especie se lleva a cabo en los meses del verano, abarcando de junio a octubre, cuando la temperatura del mar alcanza valores entre los 23° y 30 °C, y que durante los meses de julio y agosto se lleva a cabo la máxima actividad desovante.

Se han efectuado investigaciones tendientes a determinar el tiempo en que se llevan a cabo los desoves de la mayor parte de las sardinias, el cual ha sido deducido por la presencia de huevos con desarrollo temprano en las muestras de plancton, como fue determinado para *Sardinops caerulea* (Ahlstrom 1943) y *Opisthonema libertate* (Anónimo 1985) entre otras, o por la ocurrencia de peces en desove o en condición de postdesove, determinado para *Engraulis mordax* (Hunter y Golberg 1980) y en *Opisthonema libertate* (Torres et al. 1985).

Los estudios efectuados con la finalidad de determinar la velocidad del desarrollo de los huevos de especies pelágicas, y el grado de influencia que tienen los parámetros ambientales sobre éste han sido abordados por Ahlstrom (1943), Alderdice et al. (1959), Farris (1961), Lasker (1965), Blaxtett (1969), Alderdice y Forrester (1971), Fonds et al. (1974), O'tool y King (1974), Hunter (1977), Garretton y Balbutin (1982). También se ha señalado la falla en el desarrollo de los huevos, la cual ha sido identificada por que los embriones tienen un desarrollo anormal (huevos inviábiles), causando la muerte de éstos, como lo han mencionado Garsi de (1959) en huevos de *Salvelinus namaycush*, y Rogers (1976) para huevos de *Pseudopleuronectes americanus* en experimentos de cultivo.

También se ha determinado que la mortalidad de los primeros estadios (principalmente huevos), está relacionada con la presencia de huevos con un fluido perivitelino turbio, signos de autólisis o acción bacteriana, como lo han encontrado Southware y Demir (1974) y Ré (1981), para *Sardina pilchardus*.

Entre las especies que habitan las costas de Baja California Sur, sólo se ha reportado la presencia de huevos de *Engraulis mordax* y *Sardinops sagax* con desarrollo anormal, dificultando la clasificación de los estadios, Smith y Tiewitt (1985) y Torres-Villallegas (1986), respectivamente, y en virtud de que son muy escasos los estudios sobre la biología de las primeras fases de vida de la sardina crinuda, el presente trabajo aborda aspectos del crecimiento y mortalidad de los huevos de *Opisthonema libertate*.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la mortalidad de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, y su relación con las condiciones ambientales en el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.- Determinar la edad de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* colectados en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena? Baja California Sur.

2.- Calcular el tiempo de desarrollo de los huevos de *Opisthonema libertate* a diferentes valores de temperaturas (en °C), colectados en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur.

3.- Evaluar la mortalidad de los huevos de *Opisthonema libertate*, tanto mensual como anualmente, y establecer su relación con las condiciones ambientales.

AREA DE ESTUDIO

El complejo Lagunar de Bahía Magdalena se localiza en la Costa del Pacífico de Baja California Sur, entre los 24° 15' y 25° 20' N, y los 111° 30' y 112° 12' O, y tiene una superficie total de 1390 km² (Fig. 1).

Esta región se divide en tres zonas perfectamente diferenciadas (Alvarez et al. 1975) (Fig. 2):

A. Zona de Canales. Localizada al NW del Complejo Lagunar, comprende parte del Canal de Santo Domingo, desde la Boca de la Soledad al norte, hasta Punta Edie al sur. De forma irregular, esta compuesta por gran cantidad de esteros y canales, con una profundidad promedio de 3.5 m y un área 137.12 km².

B. Zona de Bahía Magdalena, comprende a Bahía Magdalena, desde Punta Edie hasta el Canal de la Gaviota, al sur, estando comunicada con el Océano Pacífico mediante un canal navegable denominado Boca Entrada, y presenta una superficie de 882.74 km².

C. Zona de Bahía Almejas. Situada al sureste, comprende a Bahía Almejas, desde el Canal de la Gaviota hasta Puerto Chale; esta comunicada con el Océano mediante una boca somera que no permite la navegación de barcos de gran calado y tiene un área de 369.97 km².

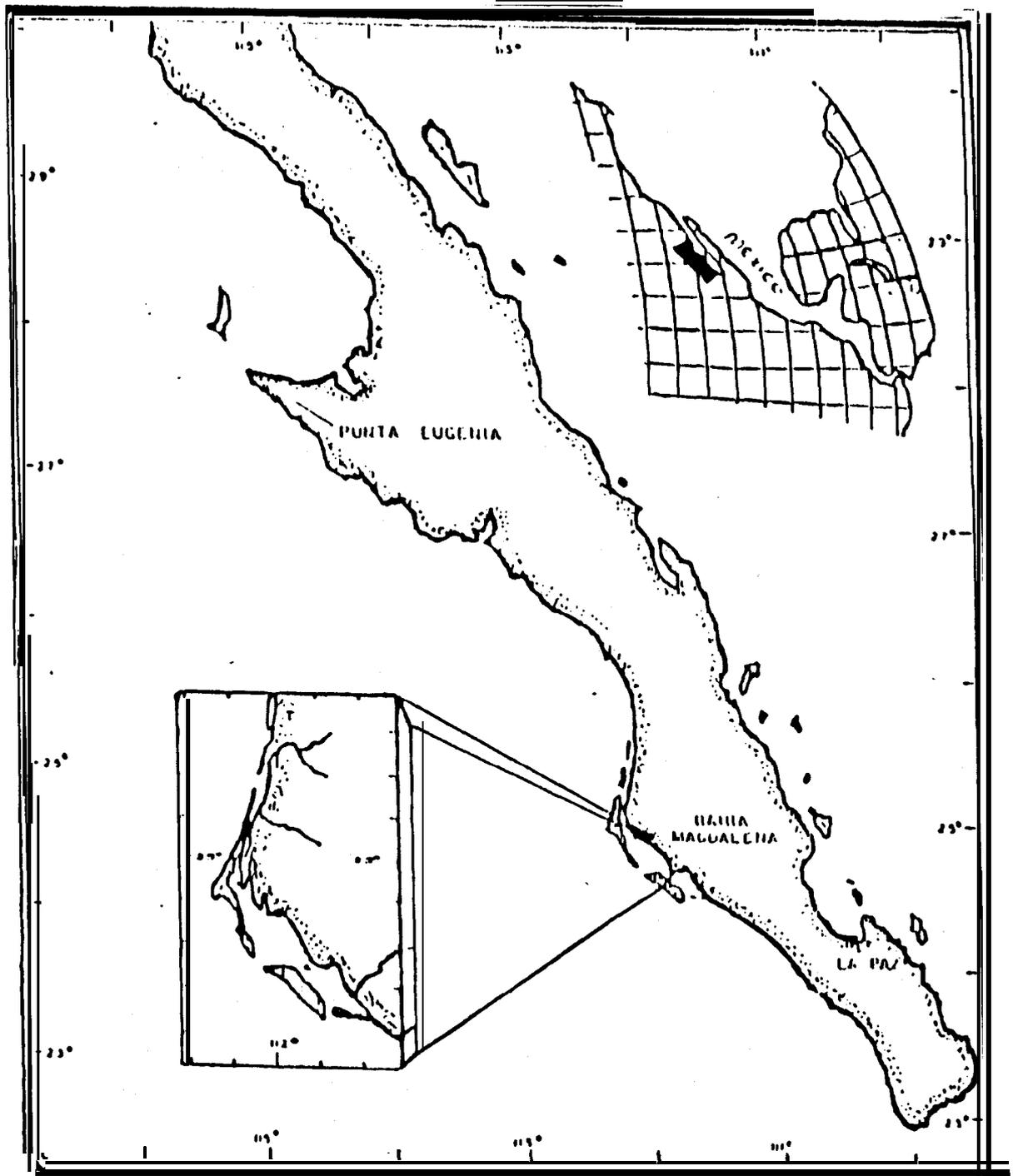


Figura 1.- Localización del área de estudio (tomado de Anónimo 1984b).

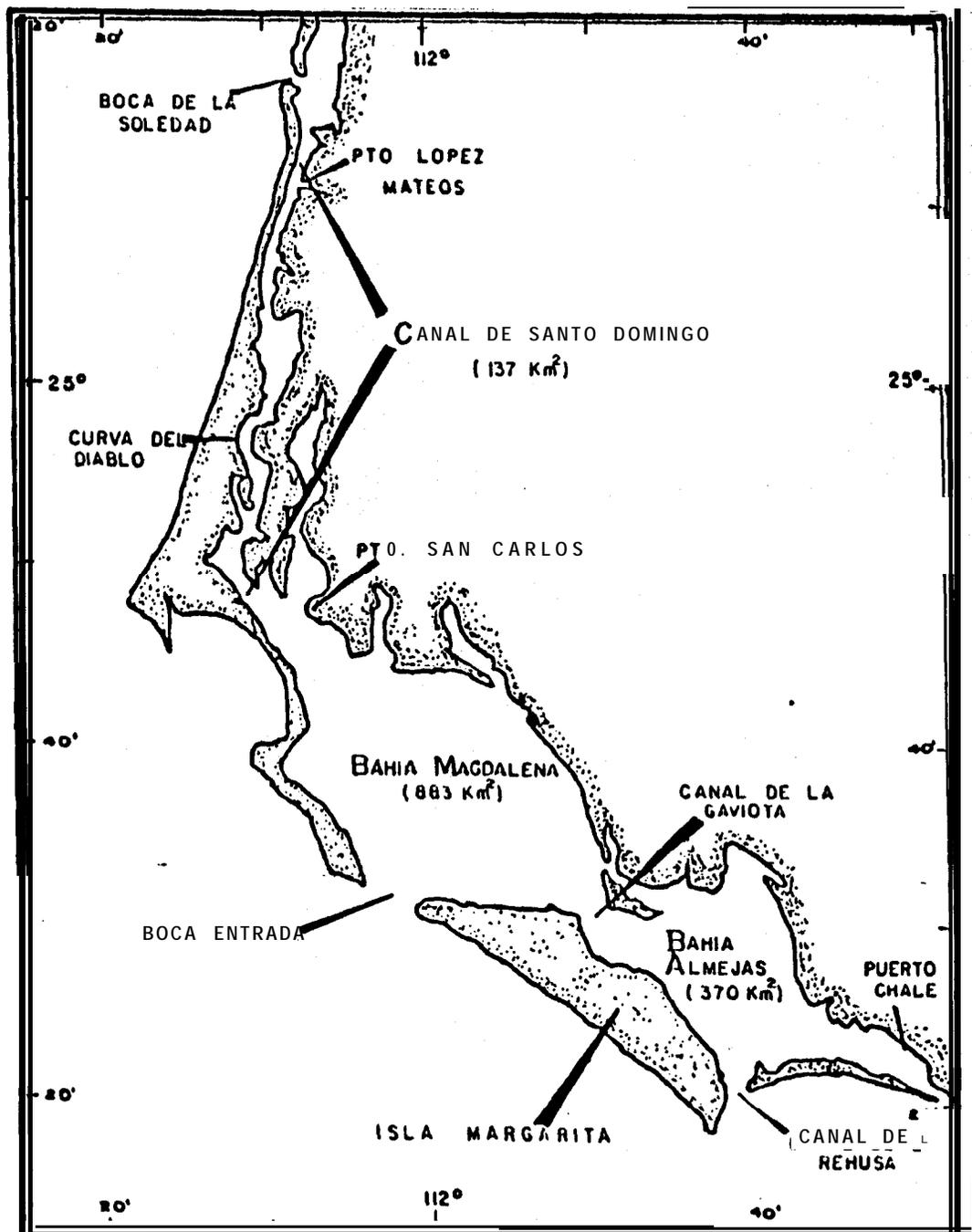


Figura 2. - Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S. Toponimia (tomado de Anonirno 1984a).

METODOLOGIA

El material biológico procede de las muestras de zooplancton recolectadas mensualmente por el personal del Departamento de Plancton del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), en el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur (fig. 1), durante el periodo de septiembre de 1981 a diciembre de 1984, con una cobertura de 28 estaciones (Fig. 2 y 3), repartidas como sigue:

- a) Zona de Canales; con 4 estaciones: E, F, G y H.
- b) Zona de Bahía Magdalena; con 14 estaciones: I, J, K1, K2, K3, L1, L2, L3, M1, M2, M3, N1, N2 y O.
- c) Zona de Bahía Almejas; con 10 estaciones: P1, P2, Q1, Q2, Q3, R1, R2, R3, S y T.

Las muestras se obtuvieron mediante arrastres superficiales en forma horizontal y desarrollo de un círculo alrededor del punto de la estación durante cinco minutos aproximadamente, con redes de plancton cónicas simples, con malla de 333 micras y bridas situadas al frente, y equipadas con un flujómetro para la determinación del volumen filtrado. Durante los muestreos efectuados en el ciclo de septiembre de 1981 a agosto de 1982, el diámetro de la boca de la red utilizada fue de 30 cm, en tanto que para los efectuados de septiembre de 1982 a diciembre de 1984, el diámetro de la boca de la red fue de 60 cm, y su longitud de un metro. Las muestras se fijaron con formaldehído, a una concentración aproximada del 4 %, y se conservaron en formaldehído a una concentración del 2 %, para ambos casos el pH del formaldehído fue neutralizado con borato de sodio.

Así mismo, se registraron en cada estación los parámetros ambientales de temperatura y salinidad superficiales.

La biomasa planctónica se determinó mediante el método del volumen desplazado (Beers 1976), normalizándose los valores a mililitros por metro cúbico.

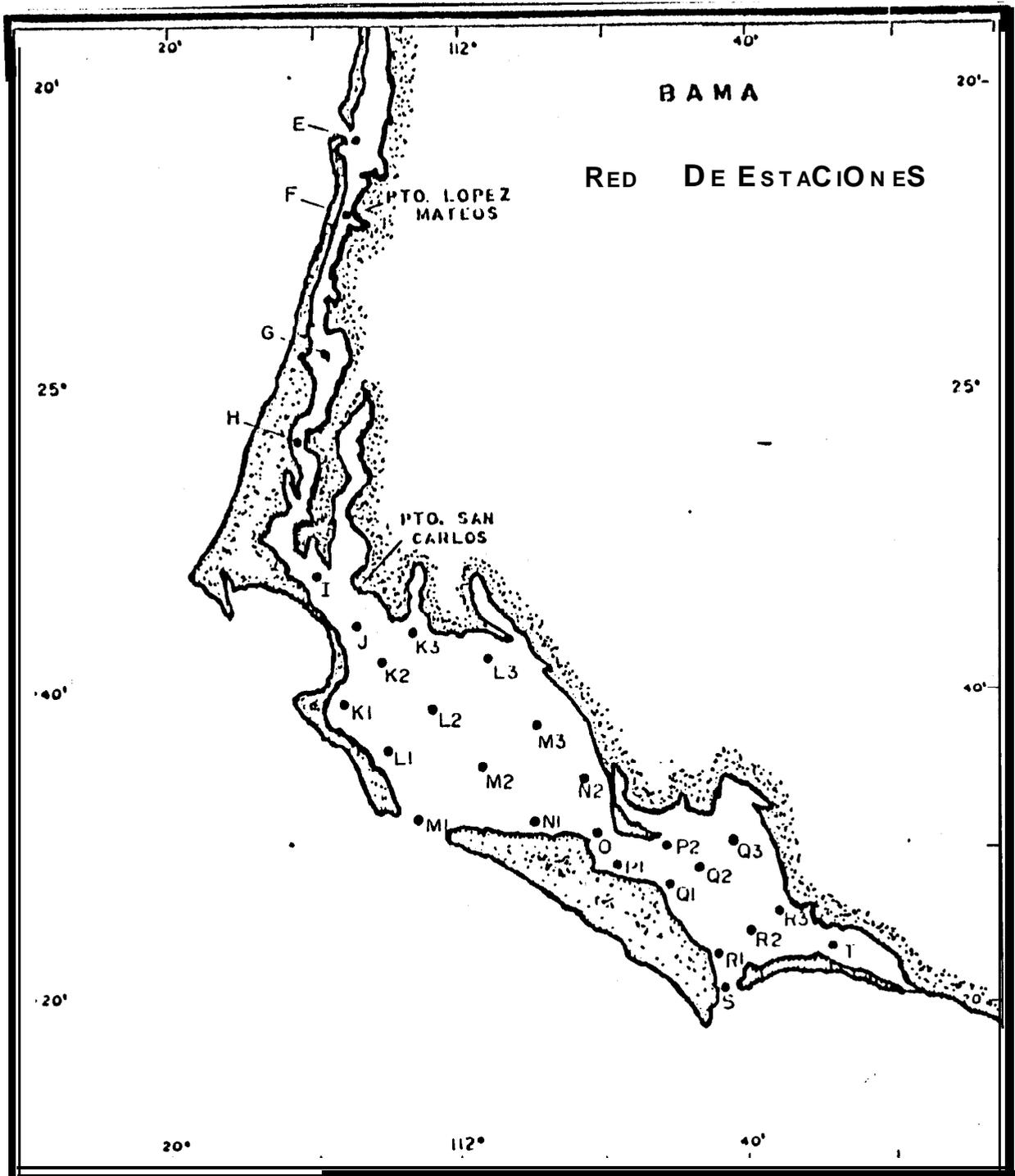


Figura 3. -- Plan básico de Estaciones del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S. (tomado de Anónimo 1984b).

También se utilizaron las muestras de plancton obtenidas en aproximadamente cada hora en un ciclo de 24 horas, de acuerdo a la metodología anteriormente expuesta; durante el mes de agosto de 1988, siguiendo un cuerpo a la deriva, en las zonas aledañas al puerto de San Carlos, B.C.S., con la finalidad de obtener huevos de las primeras etapas del desarrollo embriológico de la sardina crinuda.

Las muestras se analizaron sin fraccionar y el número de huevos se normalizó a 10 m², siguiendo la metodología de Smith y Richardson (1979), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = 10 \cdot c \cdot d / a \cdot b$$

en donde:

N= Número de organismos en una área de 10 m²
a= Área de la boca de la red
b= Distancia cubierta por arrastre
c= Número de organismos (huevos) en la muestra
d= Profundidad del lance.

Los criterios seguidos para la identificación de los huevos de *Opisthonema libertate*, son; huevos esféricos, con un corion delgado, fragil, transparente y sin pigmentar, el espacio perivitelino es amplio (aproximadamente 50 % del huevo), el vitelo cuenta con una segmentación irregular, con un sólo glóbulo de aceite que varía de 0.0981 a 0.1226 mm en diámetro (0.10 mm en promedio), y el tamaño del huevo va de 1.25 a 1.91 mm en diámetro (1.5 mm en promedio), establecidos por Saldierna et al., (1987).

Los huevos fueron agrupados siguiendo la secuencia de los cambios morfológicos que ocurren durante la embriogénesis, establecidos por Ahlstrom (1943) para *Sardinops caerulea* (figura 4), y adaptándolos para *Opisthonema libertate*.

La hora de máximo desove fue determinada con base en la abundancia del estadio II (etapa de mórula), obtenida en las muestras del ciclo de 24 horas, y estimando que el tiempo transcurrido desde la fertilización no exceda los 60 minutos.

La edad de los huevos de la sardina crinuda, fue estimada a partir del tiempo transcurrido entre la hora de máximo desove

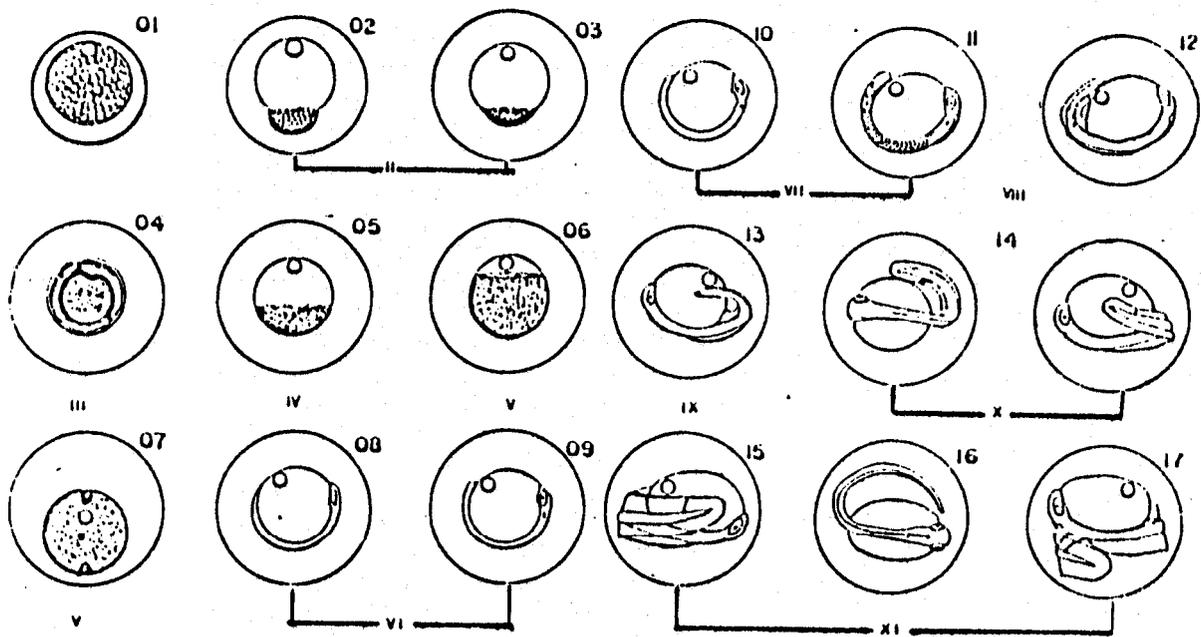


Figura 4.- Clasificación de huevos de la sur-dina monterrey.
Sardinops sagax (tomado de Ahlstrom 1943).

(considerado como tiempo cero) a la hora de colecta de cada uno de los estadios recolectados en el área de estudio.

Se formaron **colecciones** del desarrollo embriológico de los huevos de **Opisthonema libertate**, en sus diferentes valores de temperatura a la que se desarrollan; lográndose conformar sólo colecciones para los estadios del V al XI, con valores de temperatura entre los 23 y 28 °C.

Con base en esta información, se calculó la edad promedio de los huevos de esta especie, mediante la relación del estadio, la edad calculada y la temperatura a la que fueron recolectados, de acuerdo al modelo descrito por Lu (1985), como a continuación se detalla:

Los datos se analizaron para cada uno de los estadios de desarrollo (estadio fijo) del V al XI, usando la función exponencial, en la que se incluyen los valores de la edad estimada del estadio en tratamiento, variando sus valores de temperatura, empleando la siguiente fórmula:

$$Y_{i,t} = a_i * e^{b_i t} \dots \dots \dots (1)$$

donde:

$Y_{i,t}$ = Edad promedio del i-estadio a la temperatura t °C.

a_i y b_i = Coeficientes para los i-estadios solamente.

Del mismo modo, se analizó para cada una de las temperaturas (temperatura fija) de 23 a 28 °C, variando los valores de estadio y edad estimada de los huevos, para cada valor de temperatura en tratamiento, mediante la siguiente ecuación, en la que se combinó una función exponencial y una potencial, expresada de la siguiente manera:

$$Y_{i,t} = a_t * e^{b_t i} * i^{c_t} \dots \dots \dots (2)$$

Los coeficientes a_t, b_t, y c_t, están referido a cada una de las temperaturas, de 23 a 28 °C.

Posteriormente, se vario la temperatura y el estadio simultáneamente, incluyendo los valores de edad estimada de los huevos, en la siguiente ecuación, resultado de la combinación de la ecuación (1) y (2):

$$Y_{i,t} = a_{i,t} \cdot e^{(bt + ci)} \cdot i^d \dots \dots \dots (3)$$

$Y_{i,t}$ = Edad promedio calculada

t = Temperatura a la que fue encontrado el huevo

i = Estadio de desarrollo del huevo

donde los coeficientes $a, b, c,$ y d son comunes para todos los estadios y las temperaturas utilizadas. Del ajuste de los valores de edad estimada, estadio y temperatura, se obtienen 105 coeficientes, los que fueron substituidos en la ecuación 3, y de esa manera se estableció el modelo, que permite calcular la edad promedio de los huevos de la sardina crinuda.

Se calculó la edad promedio de los huevos de la sardina crinuda en todas las etapas del desarrollo embrionario; desde la etapa de morula a una anterior a la eclosión (estadios del II al XI), incorporando el estadio de desarrollo y la temperatura a la que fueron colectados los huevos, al modelo obtenido (ecuación 3).

Las curvas de desarrollo para cada uno de los estadios de desarrollo, se obtuvieron mediante la comparación de los valores obtenidos de la edad estimada y la edad calculada para cada uno de ellos con su valor de temperatura correspondiente.

Con el objeto de observar las variaciones de la abundancia de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena se procedió a graficar los valores de su abundancia mensual y anual, con 106 diferentes valores encontrados de temperatura y salinidad superficiales.

Se identificaron y cuantificaron los huevos blanquecinos y huevos que presentaron desarrollo anormal en algunas de las estructuras del embrión de *Opisthonema libertate*. Para su reconocimiento se siguieron los criterios establecidos por Garside (1959) para la trucha, *Salvelinus namaycush*, mencionando que estos huevos inviables son aquellos que presentan desarrollo anormal en la región de la cabeza, el tronco, caudal y en los somitas terminales, y lo señalado por Rogers (1976) para los huevos de *Pseudopleuronectes americanus*, los cuales presentaron curvatura

de la espina de la aleta dorsal, saco vitelino anormal o agrandamiento del pliegue de las aletas.

En el presente estudio se evalúa la mortalidad de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, como un tanto por ciento, o sea la fracción que los individuos muertos (huevos inviábiles) representan en relación al colectivo inicial, como lo han considerado Southware y Demir (1974) para *Sardina pilchardus*, Rogers (1976) en *Pseudopleuronectes americanus*, Re (1981) para *Sardina pilchardus*, Lee y Menu (1981) para *Mugil cephalus*. En este sentido la cantidad de huevos inviábiles (porcentaje de mortalidad) corresponde a una fracción del total de huevos que han fracasado en el proceso de su desarrollo y porque no cuentan con la suficiente cantidad de reserva alimenticia (vitelo) para completar su desarrollo; la cual es considerada como una parte de la tasa de mortalidad instantánea de los huevos de la sardina en estudio, para el periodo analizado.

RESULTADOS

PARAMETROS AMBIENTALES

Los promedios de la temperatura superficial del mar, registrados mensualmente en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena de septiembre de 1981 a diciembre de 1984, se encuentran graficados en la figura 5b, con valores entre los 18° y 30 °C. También se encuentran, los valores promedio mensuales de la temperatura superficial, registrada únicamente en las estaciones con huevos (E/+), con un intervalo de 23.56° a 29.10 °C. Para el análisis global no se considera el año 1981, porque esta poco representado en registros mensuales de temperatura.

Entre 1982 y 1983 se observa un aumento de la temperatura y una ligera disminución de 1983 a 1984, lo cual se aprecia mejor al observar los valores máximos de la temperatura de cada año que fueron de 27.12 °C en septiembre 1982; de 29.63 °C en agosto de 1983, y de 28.99 °C para julio de 1984 (figura 5b).

Los promedios mensuales de las temperaturas registradas en las estaciones positivas de huevos, variaron de 23.75° a 28.70 °C de julio a septiembre de 1982; de 23.56° a 28.80 °C de junio a octubre de 1983, y de 24.20° a 29.10 °C de junio a septiembre de 1984, encontrándose los valores máximos de temperatura en septiembre de 1982, agosto de 1983 y septiembre de 1984 (tabla 1 y figura 5b).

Los promedios anuales de la temperatura superficial del mar, se encuentran en la tabla 2, y de manera gráfica en la figura 6b. En la que se observa que la temperatura en la zona de estudio varió de 22.52° a 23.88 °C (de 1982 a 1984), y para el caso de los valores promedio anual de la temperatura registrada en las estaciones positivas de huevos, varió de 25.98° a 26.75 °C (de 1981 a 1984); en ambos casos la diferencia de la temperatura es de prácticamente un grado centígrado.

Los valores de salinidad sólo fueron registrados para algunos meses de los años de 1982 (julio a septiembre) y 1983 (junio a octubre), con una variación de 36.77 a 37.17 o/oo para 1982, y de 33.56 a 37.34 o/oo para 1983 (tabla 1 y figura 5a).

Los promedios anuales de la salinidad se encuentran en la tabla 2 y en la figura 6a, donde se puede observar que el valor obtenido para tres meses de 19132 fue de 36.99 o/oo, y para cinco meses en 1983 de 36.24 o/oo, presentando una ligera disminución de 1982 a 1983.

La variación de la salinidad dentro de cada campaña de muestreo fue de 3 a 4 partes por mil, como se puede observar en la figura 7b.

Los valores promedio de biomasa planctónica obtenidos mensualmente para el año de 1984 se encuentran en la tabla 1, observándose que se presenta una ligera disminución de junio a julio, de 1.82 a 1.62 ml/m³, incrementándose a 2.02 ml/m³ para el mes de agosto, y disminuyendo en septiembre a 1.48 ml/m³.

ABUNDANCIA DE HUEVOS

Se analizaron las muestras de plancton obtenidas en 35 cruceros mensuales y las 23 obtenidas en el muestreo del ciclo de 24 horas, los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* se encontraron en 12 muestreos: septiembre en 1981, de julio a septiembre en 1982; en junio, julio, agosto y octubre de 1983 y de junio a septiembre en 1984. Las estaciones en que se colectaron huevos de esta especie presentaron valores de temperatura y salinidad superficial de 17 a 31 °C y de 36 a 38 o/oo, respectivamente.

Los valores de la abundancia mensual de los huevos de *Opisthonema libertate* de septiembre de 1981 a septiembre de 1984 se presentan en la tabla 3, en la que se resalta la presencia de tres picos de abundancia importantes, durante el mes de julio de los años de 1982, 1983 y 1984, con valores de 1814.01, 1911.04 y 1929.93 respectivamente (figura 5c).

La variación mensual de la abundancia de huevos para cada año, se encuentra asociada con la variación de los promedios mensuales de la temperatura superficial; así, cuando se registra la presencia de ellas en densidades considerables en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, coinciden con valores promedio de temperatura por arriba de los 24 °C, y cuando se presentan los valores máximos de temperatura, concuerdan con las concentraciones más elevadas de huevos (figura 5b y c).

Al observar los valores promedio de la temperatura superficial del mar registrada en las estaciones con huevos (figura 5b), se puede señalar que éstos, están presentes en sitios con temperaturas entre los 23° y 29 °C, aproximadamente.

La abundancia anual (total) de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* se presentan en la tabla 4. El valor obtenido de la abundancia de huevos para 1982 fue de 1836.39, incrementándose notablemente para 1983 a 2742.40, y en 1984 se logra apreciar todavía más un ligero incremento, a 2815.23 (figura 6c). El pequeño incremento de 1984 coincide con el descenso de la temperatura, tanto en los valores obtenidos en forma global como con el de las estaciones positivas de huevos.

CONDICION DE HUEVOS

La viabilidad de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, se determinó con base en los siguientes criterios:

El primero, está referido al reconocimiento de huevos con desarrollo anormal de las estructuras del embrión, como lo son el crecimiento prominente de la región cefálica, del tronco o caudal. Los huevos bien desarrollados son relativamente fáciles de reconocer, ya que para el caso particular de los clupeidos y otros peces en general, se cuentan con descripciones y diagnósticos detallados para cada una de las etapas embriogénicas, con caracteres morfológicos perfectamente establecidos, (Ahlstrom 1943 y Saldierna *et al.* 1987), figura 8b.

El segundo criterio utilizado para establecer la categoría de inviabilidad tiene que ver con el vitelo; ya que en huevos con embriones sin malformaciones y en las indicadas en el párrafo anterior considerados aquí como anormales, con poca cantidad de vitelo marcándose claramente una desproporción del tamaño del embrión con respecto al diámetro de su saco vitelino. Esta característica es observable más claramente en huevos con estadios de desarrollo avanzado. La cantidad de vitelo como reserva alimenticia es de gran importancia, y su mayor utilización sucede en las etapas finales de la embriogénesis (Blaxter 1969). Se puede concluir que aquellos huevos con poca cantidad de vitelo tienen una menor probabilidad de sobrevivir, (figura 8c).

El último criterio, se refiere al marcado crecimiento de los paquetes musculares; aumentando en volumen diferenciándose claramente de aquellos con desarrollo normal. Esta característica es observada principalmente en la región media del embrión, y asociado con la poca cantidad de vitelo, lo que evidencia fallas en el desarrollo, disminuyendo su probabilidad de éxito. La cantidad de vitelo en los huevos próximos a la eclosión, es fundamental para su futuro éxito como larva vitelina, en esta etapa se lleva a cabo propiamente la culminación del desarrollo embriológico, con la formación de la boca, pigmentación de los ojos, preparación del intestino para la alimentación activa y el desarrollo de las aletas, que les permitirá tener movilidad para la búsqueda de alimento o escapar de depredadores. Esta etapa ha sido definida como "período crítico" por algunos investigadores, si logra sobrepasarla, tendrá mucho más probabilidad de éxito, Fabre-Domergue y Biatrix, (1897 citada en May 1974), figura 8d.

Se ha llegado a pensar que la fijación y conservación de las muestras de plancton, con el formaldehído, provoca alteraciones tanto en tamaño como en la forma y proporciones de los organismos, principalmente en el caso de los huevos. La presencia de huevos con buen desarrollo y aquellos de desarrollo anormal en una misma muestra, disminuye la posibilidad de que el formaldehído este asociada al grado de deformación de los huevos, porque, todas los huevos están expuestos a la misma concentración, al momento de la fijación y conservación.

Otra alteración, que puede ser descartada, es el efecto mecánico al que están expuesto los huevos cuando son colectados, por medio de arrastre con una red con una embarcación en movimiento. El resultado que se ha observado en este evento, es la ruptura del corion del huevo, liberando al embrión, que en algunos casos puede ser destruida, la posibilidad de que la colecta este relacionada con la viabilidad de los huevos es descartada, porque, se encuentran tanto huevos viables como inviables en la misma muestra.

Los embriones liberados de un huevo por ruptura de éste también fueron diferenciados en embriones viables o inviables, bajo los criterios anteriormente expuestos, así como los huevos que presentaron un fluido perivitelino turbio (figura 8a), con indicios de acción bacteriana, y con desarrollo anormal, también se incluyen en la categoría de huevos inviables.

HORA DE DESOVE

En el análisis del material recolectada durante cada hora (ciclo de 24 horas) en el área de estudio, se identificaron huevos de la sardina crinuda que corresponden a las primeras etapas de la embriogénesis. Se obtuvieron huevos en estadio I de las 21:00 a las 08:00 horas, y el estadio II desde las 21:00 a las 23:00 horas; la abundancia obtenida de huevos del estadio II fue proporcionalmente mayor a la encontrada para el estadio I, se evidencia que el paso de huevos recién fertilizados a la siguiente etapa sucede muy rápido; incorporándose la mayoría de los huevos de la etapa I a la etapa II, por lo que se infirió que el tiempo transcurrido de los huevos recién fertilizados al estadio II no podría exceder los 60 minutos, y que la mayor abundancia del estadio II fue encontrada a las 22:00 horas, por lo que se estableció que la hora de máximo desove de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* sucede a las 21:00 horas (tabla 5).

EDAD EN HUEVOS

La determinación de edad de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, se realizó de acuerdo a la metodología detallada con anterioridad. Las edades estimadas de los huevos de esta sardina se encuentran en la tabla 6, en la que se puede ver que un huevo del estadio VI a una temperatura de 23 °C, tiene una edad aproximada de 15 horas, y en el caso de un huevo en estadio XI a esa temperatura tiene una edad aproximada de 25 horas. Mientras que, a una temperatura de 28 °C, la edad calculada de un huevo del estadio VI es de 9 horas aproximadamente y para el caso del estadio XI fue calculada una edad aproximada de 15 horas (figura 9).

Para calcular la edad promedio de los huevos de *Opisthonema libertate*, se aplicó el modelo descrito por Lo (1985), determinando primeramente los coeficientes a , b y de correlación para un estadio particular, analizando sus edades: estimadas con su respectiva temperatura (ecuación 1), se encontró que el coeficiente de correlación varió de -0.929 a -0.998 (tabla 7). Para el caso de una temperatura determinada, se analizó la edad estimada con el estadio respectivo, y se obtuvieron los coeficientes a , b , c , y de correlación (ecuación 2), en este último se obtuvieron valores que van de 0.969 a 0.499 (tabla 8). En todos los casos, los valores del coeficiente de correlación, mostraron un excelente ajuste, entre 0.92 y 1.00 , con una significancia del 0.05% , se consideró que las variables

utilizadas; estadio, temperatura y edad, son las adecuadas, y por lo tanto se desarrolló por completo el modelo descrito por Lo (1985), y de esa manera encontrar el modelo que nos permita calcular la edad promedio de los huevos de *Opisthonema libertate*.

Al incluir los valores de estadio, edad estimada y temperatura en la ecuación 3, se calcularon los coeficientes a, b, c, d y de correlación (tabla 9), el valor de correlación resultó de 0.97. Al substituir estos coeficientes en la ecuación 3, queda formalmente establecido el modelo que calcula la edad promedio de los huevos de *Opisthonema libertate*, proporcionando únicamente los valores correspondientes de temperatura y estadio, como a continuación se describe:

$$Y_{i,t} = 34.10346527 * e^{(-0.111596 * t + 0.015639 * X_i)} * i(0.877202)$$

Se incorporaron los datos de temperatura y estadio, de la información básica de la tabla 3, y se calculó la edad promedio de los huevos del estadio II al XI, a 23, 24, 25, 26, 27, 28, y 29 °C. Los valores obtenidos se encuentran en la tabla 10, las curvas obtenidas de la edad promedio se pueden observar en la Figura 10.

Posteriormente se procedió a calcular la edad promedio de los huevos de *Opisthonema libertate*, recolectados mensualmente en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, de septiembre de 1981 a septiembre de 1984, los cuales se encuentran en la tabla 11.

VELOCIDAD DE DESARROLLO

En virtud de no contar con experimentos de laboratorio o información sobre el desarrollo de los huevos de *Opisthonema libertate* a diferentes temperaturas, que permitieran establecer el tiempo de incubación, desde los huevos recién fertilizados hasta una etapa anterior a la eclosión (estadio XI). Por lo que se formaron colecciones o series del desarrollo embriológico, con el objeto de conocer la velocidad del desarrollo para el mayor número de estadios, utilizando la base de información obtenida de septiembre de 1981 a septiembre de 1984, y aplicando el modelo de Lo (1985), así, las curvas de crecimiento de los huevos de la sardina *ct-inuda* obtenidas a diferentes temperaturas, se presentan

en la figura 9, en la cual se muestran seis curvas del desarrollo embrionario, del estadio VI a la etapa cercana a la eclosión (estadio XI), a 23, 24, 25, 26, 27 y 28 °C. Se puede deducir, que la velocidad de desarrollo es directamente proporcional a la temperatura. A una temperatura menor (23 °C), el tiempo a la eclosión es mayor, mientras que a una temperatura elevada (28 °C), el tiempo de desarrollo hasta la eclosión se reduce considerablemente. Este efecto se logra apreciar con más claridad en las figuras 9 y 11.

El intervalo de tiempo calculado para cada una de las 10 curvas de desarrollo de los huevos de la sardina crinuda, con temperaturas que van de los 23° a los 29 °C, tienen una separación aproximada de dos horas;

MORTALIDAD DE HUEVOS

Los resultados obtenidos de la mortalidad mensual de huevos de *Opisthonema libertate*, se encuentran en la tabla 3 y en la figura 12c. Los valores de mortalidad de septiembre de 1981 a septiembre de 1984, variaron de 15.26 a 23.84 % (19.55 % en promedio) para 1982, de 11.82 a 55.96 % (media de 26.65 %) en 1983, y para 1984 se encontró un intervalo de 22.31 a 74.07 % (con un promedio de 51.40 %).

Se puede observar un incremento notable en la mortalidad de huevos, correspondiendo con los picos de máxima abundancia: con 433.58 en julio de 1982, de 1069.41 durante julio de 1983 y de 1429.82 para julio de 1984. En los dos primeros años (1981 y 1982), los valores de mortalidad se encuentran por debajo del 25 %, en 1983 se encontraron valores cercanos al 50 % y para 1984 aproximadamente el 70 % (figura 12c).

Los resultados obtenidos de la comparación de los factores ambientales con la mortalidad de los huevos de la sardina crinuda, se presentan en las figuras 12b y 12c. Observándose una relación directa con el incremento (global) de la temperatura, al aumentar ésta en 1983 se incrementó considerablemente la mortalidad en comparación al año anterior, y al mantenerse este incremento en 1984 aumentó drásticamente la mortalidad, en comparación a 1983, con valores de mortalidad cercanos al 70 %. También se efectuaron diferentes relaciones entre la temperatura superficial y los valores obtenidos de la abundancia de huevos viables e inviables; de esta comparación se encontró que el porcentaje de la abundancia de huevos viables e inviables por la,

frecuencia de la temperatura por grado centígrado, permite establecer que los huevos de *Opisthonema libertate* se desarrollan a temperaturas que van de los 20° a los 31 °C, y con base en la cantidad de huevos viables se puede establecer que los huevos se desarrollan adecuadamente entre los 23° y 27 °C, ya que a temperaturas menores de 23 °C, se encontraron poco abundantes y en su mayoría inviables. Por otra parte, se observa que el mayor porcentaje de la abundancia de huevos inviables es encontrado a partir de los 27 °C (figura 12 y 16b).

Por otra parte, no se logra detectar ninguna relación entre la mortalidad de huevos con los valores de salinidad, aunque aparentemente disminuye en 1983 (figura 12a), cuando se incrementa considerablemente la mortalidad, de 1982 a 1983 al revisar los valores de salinidad y mortalidad mensual presentes en el año de 1983, se puede resaltar, que la mortalidad encontrada en agosto fue del 12.18 % con una salinidad de 33.56 o/oo, y en el mes de junio se encontró una salinidad mayor, de 37.17 o/oo con una mortalidad menor, de 11.82 %, (tabla 1 y 3) sin detectar algún patrón que nos pueda dar indicios de su influencia sobre la viabilidad de los huevos.

Los resultados obtenidos de la mortalidad en los huevos por estaciones de muestreo y su relación con los parámetros ambientales, permite establecer que no existe una clara relación entre los valores puntuales de la temperatura y salinidad con la mortalidad de huevos, porque la mayor cantidad de huevos muertos se encuentran tanto a mayores como menores valores de temperatura y salinidad, sin detectarse algún patrón que nos dé indicios de su influencia sobre el éxito o fracaso de los huevos (figura 7a y b).

La mortalidad anual de huevos de la sardina crinuda, observada para el período de estudio, presentó aumentos considerables año con año (tabla 4). El porcentaje de mortalidad encontrado en 1982 fue de un 27.75 % (436.17 huevos), aumentando a un 42.67 % (1170.31 huevos) para 1983, y a un 60.50 % (1703.14 huevos) para 1984, (tabla 4 y figura 13a y b). De tal manera, que las mayores mortalidades se presentaron en 1983 y 1984, coincidiendo con un incremento de la temperatura de 1982 a 1983, y sin cambio notable de esta de 1983 a 1984. Esta relación de mortalidades altas con incremento de temperatura, también se ve reflejada con los valores de temperatura de las estaciones positivas de huevos (tabla, 2 y 4).

DISCUSION

TASAS DE DESARROLLO

Las diferencias específicas evidentes en el tiempo a la eclosión pueden estar enmascaradas por las variaciones en la temperatura ambiente, la cual es uno de los factores más importantes que influyen sobre la velocidad de desarrollo (Blaxter 1969). Para el caso de *Opisthonema libertate* se encontró una relación de recta con la temperatura, así que a 24 °C, los huevos alcanzan la eclosión en aproximadamente 23 horas, y a una temperatura mayor, de 29 °C, el tiempo se reduce en aproximadamente 13 horas (figura 10). Esta relación directa de la temperatura sobre la velocidad de desarrollo concuerda con lo descrito para las siguientes especies con desoves pelágicos: *Sardinops caerulea* en estadios anteriores a la eclosión (Ahlstrom 1943), *Trachurus symmetricus* (Farris 1961), *Sardinops sagax* (Lasker 1964 y 1965), *Etrumeus tares* (O'toole y King (1974), *Sardinops sagax musica* (Garretton y Balbontin 1982), *Engraulis anchoita* (Ciechomski y Sánchez 1984), y *Engraulis mordax* (Lo 1983 y 1985).

Aun cuando esta relación de desarrollo-temperatura se conserva para especies con desoves demersales; se logra observar que el tiempo de incubación de los huevos de: *Alosa aestivalis* de 22.2° a 23.7 °C varía de 55 a 58 horas; *Alosa mediocris* de 16° a 31 °C va de las 48 a 70 horas; *Alosa pseudoharengus* a 21.1° y 28.9° C cuenta con 3.7 y 2.1 días; *Alosa sapidissima* a una temperatura de 12° y 27 °C va de 17 a 2 días; *Dorosoma petenense* 3 días a 21.7 °C y *Dorosoma cepedianum* tienen una duración de 95 y 36 horas a 17° y 27 °C, respectivamente (Jones et. al., 1978), lo que nos indica que existen diferencias en el proceso fisiológico de crecimiento, ya que se observa una diferencia notable en el tiempo de incubación entre las especies con huevos demersales y las especies con huevos pelágicos a temperaturas semejantes como sucede con *Opisthonema libertate*.

Otros factores ambientales que influyen en la velocidad del desarrollo son la concentración salina y el oxígeno disuelto en el agua. Se ha observado que cuando la salinidad es baja puede acelerar o retardar el tiempo a la eclosión, y que el oxígeno tiene un efecto de retarda sobre el desarrollo, especialmente cuando se combina con temperatura a altas (Blaxter 1969). Fonds et al. (1974) no encuentran relación entre la salinidad y el desarrollo embriológico de *Belone belone*. Sin embargo, Alder dice et al. (1959) mencionan que el oxígeno es factor limitante en el

desarrollo, ya que está asociado con la transferencia de oxígeno, y ocurre en especies con huevos grandes y la membrana delgada como en los salmones. Ni derdice y Forrester (1971) mencionan que en general, salinidades altas están asociadas con períodos de incubación cortos.

Con la información disponible hasta el momento, no fue posible determinar la relación de la salinidad con la velocidad de desarrollo de los huevos de la saldierna crinuda. No se observa alguna relación directa o inversa con la velocidad de desarrollo, cuando se presentan grandes cambios en los valores de salinidades de entre 34 y 39 o/oo en cada una de las campañas de muestreo (figura 7b).

Posiblemente al producirse una combinación de efectos. Los huevos de *Opisthonema libertate* se desarrollan a temperaturas salinidades relativamente elevadas de 23° a 29 °C, y de 34 a 39 o/oo, respectivamente, por lo que el efecto de una sola variable no puede ser evaluado al trabajar con muestras extraídas directamente del campo, además de que su desarrollo es relativamente rápido, principalmente a temperaturas por arriba de 24 °C, que de alguna manera ocultan el efecto de otra variable, que pueda ser importante en el desarrollo de los huevos.

Es muy probable que al analizar una variable de manera puntual e independiente no se pueda observar su efecto sobre el tiempo de incubación en el desarrollo embriológico, pero al considerar variables, como los diferentes valores de salinidad y de temperatura a las que estuvo expuesto durante su crecimiento, quizás sea posible comprender más sobre lo que sucede en su desarrollo.

Sal dierna et al. (1987) dividieron en 17 etapas el desarrollo embriológico de *Opisthonema libertate*, sobre la base de que es una especie de afinidad tropical con un crecimiento relativamente rápido; de acuerdo al uso práctico de su clasificación en el reconocimiento de los estadios de desarrollo, resultó ser un tanto complicada ya que se encuentran estadios intermedios, dentro de los 17, que dificultan su clasificación. En el presente trabajo se dividió el desarrollo embriológico de *Opisthonema libertate* en 11 estadios, de acuerdo a la clasificación establecida por Ahlstrom (1943) para *Sardinops caerulea*, debido a que permite una identificación clara de los estadios aún en aquellos huevos encontrados con valores de temperatura de 27° a 30 °C.

Se calcularon los parámetros del modelo propuesto por Lo (1985) utilizando como variables el estadios de desarrollo VI al XI, la temperatura a la que fueron colectadas los huevos de *Opisthonema libertate*, y la edad estimada a partir del tiempo cero, considerado como la hora de máximo desove (21:00 horas), aún cuando se observó evidencia de desoves (huevos recién fertilizados) de las 21:00 a las 08:00 horas; y la presencia de huevos en estadio de mórula con abundancia considerable únicamente de las 21:00 a las 23:00 horas (tabla 5), por lo que se evidencia que la mayor actividad desovante de esta sardina está circunscrito a pocas horas durante la noche, la cual va de las 20:00 a las 23:00 horas, por lo que las edades calculadas de los huevos de *Opisthonema libertate* cuentan con +/- una hora. Se obtuvieron las seis curvas de desarrollo de los estadios antes mencionados y como una aproximación se estimaron las curvas de los estadios II al V.

La familia de curvas obtenidas para los estadios de desarrollo de *Opisthonema libertate*, en el intervalo de temperaturas de 23° a 29 °C, describen claramente como varfa su crecimiento, al igual que para el ca50 de la anchoveta norteña. Al comparar estas curvas con las obtenidas por Lo (1985) para *Engraulis mordax*, se logra observar que su tendencia es la misma, y al compararlas con las obtenidas por Lasker (1964) y Torres-Villegas (1986) para el estadio XI de *Sardinops sagax* (Figura 15a y b) mediante el modelo exponencial, se observa una ligera diferencia, que puede estar dada por los modelos aplicados, pero siguen conservando la misma tendencia, por lo que podría señalarse que la velocidad de desarrollo de huevos pelágicos de los clupeiformes, a temperatura5 que van de los 11° a los 29 °C, puede estar mejor descrita por el modelo exponencial-potencial, ya que en este se involucra al estadio, la edad y la temperatura.

El obtener este tipo de modelos es de gran importancia ya que a partir de las curvas de desarrollo y en combinación con el estadio y la temperatura a la que fueron recolectados los huevos, es posible determinar su edad, y a su vez estimar la hora a la que fueron desovados; permitiendo identificar huevos que provienen de diferentes desoves, dado que en la mayoría de las muestras de plancton se cuenta con la presencia de más de dos estadios con edades notablemente diferentes. A través del conocimiento de la edad de los huevos, se puede obtener un aproximada de la producción diaria de huevos y a su vez efectuar estimaciones de la mortalidad de huevos. Problema que ha estado vigente al tratar de establecer los factores que determinan el éxito de las clases anuales, en este sentido diversos autores consideran que es durante los estadios de huevo y larva en los que se define la abundancia de los reclutas que ingresarán a la pesquería (Gullan 1965; Hempe 1965; Hunter 1976; Lasker 1981; Lough et al., 1981, y Hewitt et al., 1985).

COMPORTAMIENTO REPRODUCTOR

Con base en los resultados obtenidos del análisis de la abundancia de huevos) como consecuencia de la actividad desovante de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, se puede mencionar que la reproducción se lleva a cabo en los meses del verano, de junio a octubre con la máxima actividad en los meses de julio y agosto. Los desoves están asociados con valores medios de temperatura entre los 23° y 30 °C; coincidiendo en parte con lo reportado por Paéz (1976) quien al hacer un análisis histológico de las gónadas, señala que para el área de Mazatlan, Sinaloa, los desoves masivos se llevan a cabo en junio y julio y posiblemente;... se prolongan a agosto y septiembre, cuando la temperatura del agua se encuentra entre los 25° y 29 °C. Por otra parte, Torres-Villegas et al. (1985), determinaron con base en un análisis histológico que esta especie presenta un periodo de reproducción que abarca de marzo a octubre y que la mayor actividad desovante se realizó entre julio y septiembre en los años de 1982 a 1984 para el área de Bahía Magdalena, B.C.S.

Con base en el análisis de la abundancia de huevos y larvas de la sardina crinuda en el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Saldierna et al. (1987) establecieron que la temporada de reproducción abarcó de junio a octubre, y que en julio y agosto se llevó a cabo la máxima actividad de desove, también reportan que el intervalo óptimo de temperatura para que se desarrollen los huevos, va de los 24° a los 28.5 °C, con base en la distribución de frecuencias de las estaciones positivas en relación a la temperatura superficial, y que la actividad reproductiva de esta especie dentro del Complejo Lagunar presenta un patrón geográfico, en la que los desoves se inician en Bahía Almejas, siguen en Bahía Magdalena y finalizan en la Zona de Canales, registrándose en las dos primeras los desoves más importantes.

La actividad reproductiva de esta sardina, en su avance de sur a norte presenta desoves considerables en los sitios con temperaturas entre los 24° y 29 °C, y alcanza su máxima actividad reproductiva durante los meses de julio y agosto, aún cuando se registran desoves de menor importancia en los meses de junio, septiembre y octubre.

Los cambios en la duración e intensidad de las temporadas reproductivas de *Opisthonema libertate* fueron abordados por Saldierna et al. (1987), quienes los asociaron al evento de tropicalización, por efecto de "EL NIÑO" de 1982 a 1983, mencionando que la reproducción de esta especie en 1982 se presentó en tres meses; de julio a septiembre, y que en 1983

amplio el período a cinco meses; de junio a octubre. En el presente estudio para 1984 se observó una reproducción que abarcó cuatro meses, de junio a septiembre, incrementándose muy poco los valores de abundancia de huevos durante el pico de la máxima actividad (en julio), (figura 5c).

Con base en los resultados obtenidos se determinó que la abundancia mensual de huevos de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* se incrementó notablemente de 1982 a 1984; este incremento se encontró asociado con los valores de temperatura promedio mensual y en una relación inversa a los valores de abundancia de la biomasa fitoplanctónica y planctónica. Nienhuis (manuscrito sin publicar) señala que las concentraciones de fitoplancton durante el período de 1980-1985 presentaron cambios considerables; en 1983 y 1984 se produjo una disminución notable en los valores de biomasa (células/litro), con valores de 2 a 3 veces inferiores a los otros años, aún cuando la composición específica permaneció sin cambios.

Por otra parte, Saldierna et al. (1987) señalan, que las mayores concentraciones de la biomasa planctónica durante el período de 1981 a 1983 son localizadas en los meses del verano con valores de 11.9 a 35.34 ml/m³ para 1983 y durante 1983 con densidades de 3.26 a 10.06 ml/m³. Los valores de biomasa planctónica en 1984 fueron de 1.48 a 2.02 ml/m³. Lo que puede indicar que la presencia de la sardina en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena no sea para llevar a cabo su alimentación sino para realizar sus desoves.

Este análisis se aclara al asociarlo con el fenómeno de "EL NIÑO", el cual inició en el Pacífico Tropical en 1982 (Philander 1983). Este fenómeno fue un evento tanto meteorológico como oceanográfico, que provocó que aguas superficiales del trópico se desplazaran hacia el norte y sur. En el primer caso, llegando a las costas de baja California y California, en donde se detectó desde el otoño de 1982 hasta 1984 (Petersen et al. 1986). Lo que permitió que la población de la sardina crinuda avanzara más al norte de Bahía Magdalena, junto con aguas tropicales, con temperaturas propicias para los desoves, reflejándose en un incremento notable de la abundancia de huevos de 1982 a 1983, y al persistir las condiciones de tropicalización en 1984, también existió un ligero aumento (figura 5c y 6c).

Aún cuando *Opisthonema libertate* es una especie típicamente tropical, que se distribuye desde Bahía Magdalena y Golfo de California, México, hasta Punta Sal y Punta Picos, Perú (Peterson 1956); se ha podido establecer claramente sus épocas y la

intensidad de desove para el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.

La variación medio ambiental que regula la sincronización de reproducción en los clupeidos fueron revisada por Blaxter y Holliday (1963) quienes concluyeron que cierta temperatura histórica anterior al desove, además del suministro alimenticio y posiblemente la longitud del día son importantes, sin embargo hoy en día estos procesos todavía no están entendidos y en general son pobremente conocidos para los peces en general (Vlaming 1972).

Con base en los resultados obtenidos por Saldierna *et. al.* (1987), sobre la biomasa fitoplanctónica y planctónica, y los encontrados en el presente estudio, se puede establecer que la actividad reproductiva de *Opisthonema libertate* se encuentra sincronizada con la combinación de la longitud del día, que en el verano es más prolongada, coincidiendo con valores de temperatura superficial del mar por arriba de los 24 °C, cuando también son alcanzados los valores máximos de la biomasa planctónica y fitoplanctónica.

El nivel de sincronización se explica con base en el grado adaptativo de la especie; los desoves están asociados con valores de temperatura superficial entre los 23° y 30 °C, la velocidad de desarrollo de los huevos por arriba de los 23 °C alcanzan la eclosión en menos de 25 horas aproximadamente y la etapa larvaria vitelina la pasan cuando más en dos días; cuando se completa la pigmentación de los ojos, la boca y el intestino para la primera alimentación, así como el desarrollo completo de las aletas. Cuando todo esto se lleva a cabo, la producción de fitoplancton y zooplancton (plancton) ha alcanzado su valor máximo, quedando alimento disponible para las larvas producidas. Tales características nos permiten establecer que el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena funciona como una incubadora para los huevos y a su vez una zona de alimentación y protección para las larvas.

Otra estrategia reproductiva de la sardina en estudio, esta relacionada al lugar donde se realizan los desoves y la temperatura del agua. Cuando la temperatura (promedio mensual) del agua fue alta, como sucedió en 1983 y 1984, los desoves de *Opisthonema libertate* fueron localizados en las zonas frías del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena; en el caso contrario, en una baja de temperatura como sucedió en 1982, los desoves se encontraron en localidades con temperaturas relativamente mayores al resto del área (figura 5b y c).

MORTALIDAD EN HUEVOS

La finalidad de calcular la edad de 105 huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* fue la de estimar la mortalidad de éstos mediante los cambios en las proporciones de las edades sucesivas del desarrollo embrionario. Las estimaciones en este sentido no se pudieron realizar directamente, porque estas sardinias presentan un periodo de desove amplio a lo largo del día, lo que trae como consecuencia la incorporación de huevos puestos en momentos diferentes. Además los huevos de esta especie cuentan con un ritmo de desarrollo relativamente rápido, con algunos estadios de muy corta duración, la que hace difícil su captura, principalmente de estadios tempranos y tardíos. Por tal motivo, la estimación de la mortalidad de los huevos de esta sardina fue abordada a través del porcentaje de huevos que presentaron estructuras internas anormales (huevos inviábiles), de las colectas de septiembre de 1981 a septiembre de 1984.

En la literatura se cuenta con información sobre mortalidad en huevos, reconociéndolos como huevos inviábiles por presentar un fluido perivitelino turbio, signos de autólisis o de acción bacteriana. En el presente estudio se puntualiza sobre los huevos que presentan estructuras internas mal desarrolladas, reconociendo a estos también como huevos inviábiles.

Southward y Demir (1974) y Re (1981) reportan haber encontrado huevos con fluido perivitelino turbio, signos de autólisis o de acción bacteriana en *Sardina pilchardus*. Smith y Hewitt (1985) mencionan que una gran fracción de los huevos de la anchoveta norteña, *Engraulis mordax* están distorciónados, declarándolos como huevos dnr-males, dificultando el reconocimiento del estadio de desarrollo. Torres-Villallegas (1986) reporta huevos con un notable estado de degeneración de *Sardinops sagax* y menciona la dificultad en determinar con certeza el estadio de desarrollo al que pertenecen.

En el análisis de los huevos de *Opisthonema libertate* recolectados de septiembre de 1981 a septiembre de 1984, se presentaron tanto huevos en buen estado de desarrollo como mal desarrollados. Southward y Demir (1974) mencionan que las mayores mortalidades de los huevos de peces pueden estar dadas por el método de colecta, además Rollefsen (1933 citado en Southward y Demir, 1974) mostró que los huevos de peces son muy susceptibles al daño mecánico, especialmente durante las etapas tempranas. De acuerdo a las observaciones realizadas en los huevos de la sardina crinuda, obtenidos con embarcación en movimiento y con embarcación sin movimiento (con red tipo CalVET), se puede mencionar que en ambas artes de captura se encontraron huevos con

buen desarrollo y aquellos que presentaron estructuras mal desarrolladas, en el caso de la captura en movimiento. Se observaron embriones fuera del huevo, que en algunos casos fueron destruidos, reflejo claro del daño mecánico. Después de revisar detalladamente aquellos que presentaron malformaciones se llegó a la conclusión de que el grado de deformación observada no podía ser asociado al efecto mecánico del arrastre o alteración producida por el formaldehído al momento de la fijación y conservación de la muestra.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de la mortalidad mensual y anual de huevos de *Opisthonema libertate* con los parámetros ambientales, se puede mencionar que la mortalidad de éstos se incrementó del año 1982 al año 1984. Antes de que se presentaran los efectos de tropicalización en el área de estudio los porcentajes de mortalidad para 1982 fueron relativamente bajos de 15.26 a 23.84 % (con una media anual de 19.55 %), con valores medios de la temperatura que van de 23.67° a 27.12 °C. Durante los efectos más intensos de "EL NIÑO" de 1983, los porcentajes de mortalidad variaron de 11.82 a 55.96 % (con una media anual de 26.65 %), coincidiendo con los valores medios de la temperatura de 28.74° a 29.63 °C, siendo éstos los más elevados del período analizado, al mantenerse el calentamiento del agua durante 1984, los porcentajes de mortalidad se incrementaron notablemente de 22.31 a 74.09 % (con una media anual de 51.40%).

Los porcentajes obtenidos de mortalidad en los huevos de *Opisthonema libertate*, se encuentran dentro de los intervalos reportados para el arenque del mar del norte, *Sardina pilchardus* por Southward y Demir (1974) con valores entre los 38.00 y 92.00 % (50.00 % en promedio) y los recabados por Re (1981) que van del 12.60 al 50.30 %, con un promedio anual de 27.80 %. Por lo que podría pensarse, que aún cuando son géneros diferentes, que se encuentran en latitudes y condiciones distintas; las variables que influyen en la viabilidad de los huevos actúan de igual manera.

De los resultados obtenidos del análisis de la salinidad y temperatura en relación a la mortalidad de los huevos de la sardina crinuda, no permiten determinar el grado de influencia de éstos en la viabilidad de los huevos, porque los valores de temperatura y salinidad dentro de cada una de las campañas de muestreo presentan una variación considerable (figura 7a y b). Coincidiendo con lo reportado por Re (1981), quien menciona que no existió relación entre la mortalidad de los huevos de *Sardina pilchardus* y la salinidad promedio o el oxígeno disuelto.

El efecto de la temperatura sobre la veluridad de desarrollo puede ser un factor importante que determine el éxito o el fracaso de un huevo. Hunter (1977) menciona que la duración del tiempo de incubación, esta en su mayor parte afectado por la temperatura: mientras que Lasker (1965) reportó que el tiempo de incubación, disminuye a temperaturas altas y se alarga a temperaturas bajas. Los huevos de *Opisthonema libertate* cuentan con esta relación de tiempo y temperatura, con un ritmo de desarrollo relativamente rápido, alcanzando el estadio cercano a la eclosión (estadio XI) entre las 13 y 25 horas aproximadamente, a 29° y 23 °C, respectivamente (figura 10).

Lasker (1965) reporta que a una temperatura por debajo de los 13 °C los huevos de la sardina monterrey, *Sardinops sagax* eclosionan y que las larvas generadas (desarrolladas) no llevan a cabo la formación de la mandíbula y la pigmentación de los ojos falla, por lo cual los 13 °C puede ser considerado como el límite inferior de supervivencia de las larvas de la sardina monterrey.

Este punto de vista puede ser considerado para los huevos de *Opisthonema libertate*, ya que a una temperatura por arriba de los 27 °C, los huevos se desarrollan en menos de 16 horas, sobrepasando su posible límite óptimo superior, incrementando la probabilidad de que estos huevos perezcan. Este análisis se ve reforzado con los porcentajes de la abundancia de huevos viables e inviables obtenidos con la información disponible hasta el momento, por cada grado centígrado, resaltándose que a partir de los 27 °C es cuando se encuentra la mayor cantidad de huevos inviables (figura 16a y b), y que por arriba de esta temperatura se encuentran los valores de mortalidad por arriba del 50 % (tabla 1 y 3, y figura 12b y 12c); así tenemos que en el mes de julio de 1983 y julio de 1984 se presentan los valores máximos de mortalidad de huevos de *Opisthonema libertate*, coincidiendo con los valores medios de temperatura más elevados del período de estudio.

Otro punto de vista es el expresado por Blaxter (1969), menciona que la condición inicial de desarrollo esta determinado por el genotipo de los padres y que el comportamiento reproductivo de éstos puede tener una considerable influencia sobre la viabilidad de las crías.

Por otra parte, Torres-Villalgas y Perezgomez (1988) mencionan que para el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena la fecundidad parcial de *Opisthonema libertate* fue mayor en 1983, en comparación a 1984; también reportan que en 1983 los ovocitos fueron pequeños con un promedio de 0.576 mm de diámetro, y que en 1984 fueron de mayor tamaño con un promedio de 0.616 mm (figura 14). Al comparar estas variaciones de la fecundidad y tamaños de

ovocitos, con los valores obtenidos de la abundancia de huevos durante los años de 1982 a 1984, se puede señalar, que en 1983 la producción de huevos fue menor en comparación a los obtenidos en 1984.

La abundancia de huevos de *Opisthonema libertate* en 1984 (figura 5c y 6c), puede asociarse a la persistencia de las condiciones de tropicalización ocasionada por el fenómeno de "EL NIÑO", ya que su influencia se registró desde el otoño de 1982 hasta 1984 (Petersen et al., 1986), lo que probablemente permitió que gran parte de la población de esta especie llevara a cabo la reproducción y por tanto el valor de la abundancia de huevos que se registró fue superior al obtenido en 1983.

Por otra parte, se puede considerar que el cambio en la Fecundidad como una respuesta atribuible a condiciones adversas en la alimentación, con un desfasamiento en un año (Torres-Villegas y Perezgomez 1988), y que el cambio en el tamaño de ovocitos puede surgir de la alteración en la relación normal entre la velocidad de crecimiento y la velocidad de la diferenciación de la maduración de las ovogonias en el ovario, y que dicha velocidad puede ser influenciada no solamente por los factores abióticos, a través de la acción directa del medio ambiente, o endógenos los cuales influyen en los procesos metabólicos y fisiológicos de los desovantes (Daoulas y Economou 1986).

La diferencia observada en los tamaños de los ovocitos de la sardina crinuda para los años de 1983 y 1984, puede ser relacionada con el éxito de los huevos depositados en el mar, y a su vez con la supervivencia larval, ya que, el tamaño de una larva al tiempo de la primera alimentación y la cantidad del tiempo disponible para encontrar alimento antes de que comience la inanición inevitable, está determinado por la influencia maternal del tamaño del ovocito y por la temperatura del agua (Hunter 1977), puesto que el tamaño de los ovocitos guarda una íntima relación con la cantidad de material de reserva para el embrión y la larva (Hunter 1981).

Al tomar en consideración los estudios de Nienhuis (Documento interno CICIMAR 1988) y Saldierna et al. (1987) sobre las biomásas fitoplanctónica (de 1983 a 1985) y planctónica (de 1981 a 1983), y los obtenidos en el presente trabajo para el año de 1984, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, se logra observar la disminución clara de las concentraciones de fitoplancton y plancton de 1982 a 1984, corroborando lo postulado por Torres-Villegas y Perezgomez (1988) quienes señalan que la fecundidad mayor y ovocitos pequeños encontrados en 1983 son

atribuibles a condiciones adversas en la alimentación del año anterior, este efecto fue más acentuado en 1984, reflejándose en una disminución de la fecundidad y el aumento del tamaño de los ovocitos.

Además se logra apreciar una relación directa entre el cambio de fecundidad y el tamaño de los ovocitos; en 1983 se presenta una fecundidad alta, con ovocitos pequeños, y con densidades de fitoplancton y plancton mayores que los encontrados en 1984. Al disminuir considerablemente la cantidad de fitoplancton y plancton en 1984 se procrearon huevos de mayor tamaño, aunado a una disminución de la fecundidad, lo que podría interpretarse como una adaptación de la población, al no encontrar concentraciones de alimento adecuadas durante 1983 para las futuras larvas, se producen ovocitos-huevos con una mayor cantidad de vitelo que a su vez dan lugar a larvas más grandes, y al contar con mayor reserva vitelina, disponen de un período de tiempo más prolongado para encontrar alimento.

Elaxter (1969) encuentra que los desoves de invierno-primavera del arenque, son de baja fecundidad y huevos grandes, como adaptación a poco alimento para las crías (jóvenes) pero con una población de depredadores baja, y en los desoves de verano-otoño, la condición de fecundidad es alta y el tamaño de los huevos menor, presumiblemente como una adaptación a la disponibilidad de buen alimento y muchos depredadores. Estos conceptos pueden ser aplicados a lo que sucede con *Opisthanoma libertate*, aunque es una especie tropical, realiza su reproducción en unos cuantos meses del año; principalmente en el verano, (figura 5c). Se puede mencionar que durante 1983 esta especie presentó una fecundidad parcial alta con ovocitos pequeños, y están asociados a los valores de temperatura más elevados del período de estudio, tanto en los promedios mensuales de la temperatura como en los valores registrados en las estaciones con presencia de huevos (figura 5b), respondiendo a un período de incubación corto y posiblemente a buen alimento.

Mientras que para 1984 los valores promedio de fecundidad fueron bajos; y el tamaño de los ovocitos fue mayor (figura 14), y están relacionados con valores relativamente bajos de temperatura (figura 5b), reflejándose en un período de incubación más prolongado, y con una disminución en la disponibilidad del alimento.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se puede resaltar que la cantidad de huevos depositados en el mar está directamente relacionado con la fecundidad, y esta a su vez con la disponibilidad del alimento. Durante los años de 1983 y 1984 el

alimento disminuyó y debió afectar la condición de los adultos, e influyó en la capacidad reproductora de los progenitores, afectando la producción de ovocitos y a su vez la viabilidad de los huevos. Si bien *Opisthonema libertate* es una especie típicamente fitoplanctofaga (Romero 1988), se podría pensar que la calidad del alimento en la zona de estudio no es la adecuada para la producción de ovocitos, ya que la microalga *Rhizosolenia alata* es predominante durante la primavera y verano (Nienhuis y Guerrero 1985) y el verano (Romero 1988) para el área de estudio. Romero (1988) menciona que esta especie tiene una consistencia más blanda y con un mayor grado de digestión que otras especies, como *Melosira sulcata*, que tiene un alto grado de silificación de sus frústulas, por lo que es muy probable que sea de difícil digestión; este mismo fenómeno también se observa en los componentes del zooplancton, así el copépodo harpaticóide *Euterpina acutifrons*, es una especie nerítica de exoesqueleto duro, se encuentra en los tubos digestivos con mayor frecuencia y en menor grado de digestión que otros copépodos como *Oithona* sp y *Acartia* sp, las cuales también forman parte importante del espectro trófico de *Opisthonema libertate* (Romero 1988).

Por lo que podría pensarse que la relación de la alimentación (del año anterior al desove) y cambio de fecundidad y tamaño de ovocitos de 1983 a 1984 sea real, ya que se encontró una mortalidad de aproximadamente un 42% durante 1983, incrementándose ésta aproximadamente a un 60% en 1984, coincidiendo con la disminución marcada tanto en la biomasa fitoplanctónica como en la planctónica durante estos años.

El éxito de sobrevivencia de los huevos probablemente este relacionado con la interacción de varios eventos como lo son: la temperatura a la que se llevó a cabo la maduración de las ovogonias en el ovario, la calidad del alimento utilizado para la producción de los ovocitos, y las diferentes temperaturas del agua a la que se desarrollaron los huevos. De tal manera que sea una adaptación de la especie para producir huevos con un tamaño dado, que dependerá de las condiciones ambientales y de la disponibilidad y calidad del alimento, como una estrategia de la población para incrementar la probabilidad de éxito de los huevos.

CONCLUSIONES

En el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena los desoves de *Opisthonema libertate* se llevan a cabo desde las 21:00 a las 08:00 horas, y el desove máximo sucede a las 21:00 horas.

La edad de los huevos de *Opisthonema libertate* puede ser calculada a partir de la hora de máximo desove (21:00 horas).

Mediante la relación del estadio de desarrollo y la edad de los huevos de *Opisthonema libertate* y la temperatura a la que fueron recolectados, se determinó el siguiente modelo, que calcula la edad promedio de los huevos de esta especie:

$$Y_{i,t} = 34.10346527 * e^{(-0.111596 * t + 0.015639 * i)} * i^{(0.877202)}$$

Las curvas de desarrollo de los huevos de *Opisthonema libertate* del estadio II al XI, a diferentes valores de temperaturas (de 23 a 29 °C), describen la velocidad de desarrollo de los huevos de esta especie, y se determinó que su velocidad de desarrollo es directamente proporcional a la temperatura; a una temperatura menor el tiempo a la eclosión es mayor, mientras que a una temperatura elevada, el tiempo de desarrollo hasta la eclosión se reduce considerablemente.

La actividad reproductiva de *Opisthonema libertate*, esta relacionada con la longitud del día, que en el verano es más prolongada, meses en los cuales lleva a cabo los desoves, con valores de temperatura del mar por arriba de los 24 °C, época en la cual también son alcanzados los valores máximos de la biomasa fitoplanctónica y planctónica y el desarrollo de los huevos hasta la eclosión es relativamente rápido.

El área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur, funciona a manera de una incubadora para los huevos de *Opisthonema libertate*, ya que el desarrollo de los huevos a temperaturas por arriba de los 24 °C llegan a la eclosión en menos de 23 horas.

La mortalidad de los huevos de *Opisthonema libertate* para el At-ca del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, puede ser evaluada mediante la presencia en el embrión de estructuras corporales mal desarrolladas.

El aumento de La mortalidad en los huevos de *Opisthonema libertate*, esta determinado principalmente por dos factores. Uno de ellos, esta referido a la disponibilidad del alimento para los progenitores, ya que éste va determinar la condición e influir en la capacidad reproductora de éstos, y a su vez la viabilidad de los huevos. El otro factor que esta relacionado con la mortalidad de huevos es el incremento notable de la temperatura superficial del mar en el área del Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, por la influencia directa del fenómeno oceanográfico de "EL NIÑO" de 1982-1984, ya que los valores máximos de mortalidad de los huevos de esta especie, fueron encontrados principalmente con valores de temperatura superficial por arriba de los 27 °C.

BIBLIOGRAFIA

- AHLSTROM, E. H., 1943. Studies on the Pacific pilchard or Sardine (*Sardinops caerulea*) 4.- Influence of the Temperature on the Rate of Development of Pilchard Eggs in Nature. Spec. Sci. Rep., U. S. F. W. S., (23): 1-26.
- , 1954. Distribution and abundance of egg end larval populations of the Pacific sardine. Fish. Bull., U. S., 56(93): 83-140.
- , 1959. Distribution and abundance of Eggs of Pacific Sardine, 1952-1956. Fish. Bull. U. S., 60(165): 185-213.
- , 1959a. Vertical distribution of Pelagic fish eggs end larvae off California and Baja California. Fish. Bull., U. S., 60(161): 107-146.
- , 1960. Synopsis on the Biology of Pacific Sardine (*Sardinops caerulea*). FAO Fish. Biol. Synops., No. 17.
- , 1965. A review of the effects of the environment of the Pacific Sardine. ICNAF Spec. Pub., (6): 53-74.
- AHLSTROM, E. H. Y H.G. MOSER, 1980. Identification of Pelagic Marine Fish Eggs. CalCOFI Rep., 31: 121-1.X;.
- ALDERDICE, D. F. Y FORRESTER, C. R., 1971. Effects of salinity and temperature on embryonic development of the petrale sole (*Eopsetta jordani*). J. Fish. Res. Bd. Can. 28 (5): 727-744.
- ALDERDICE, D. F., WICKETT, W. P. Y BRETT, J. R., 1959. Some effects of exposure to low dissolved oxygen levels on Pacific salmon eggs. J. Fish. Res. Bd. Can., 15: 229-250.
- ALVAREZ, S., A. GALINDO Y A. CHEE, 1975. Características Hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S. Cienc. Mar., 2(2):94-110.

ANONIMO, 1983. La Pesquería de la Sardina en Baja California Sur. Informe Final a la Secretaria de Pesca, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.F.N., La Paz, B.C.S., México, 279p.

-----, 1984a. Atlas de Distribución y Densidad de Huevos y Larva; de Clupeidos en la Costa Pacifica de Baja California Sur. 1982-1984. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N. Atlas CICIMAR No. 1.

-----, 1984b. Atlas de Distribución y Densidad de Huevos y Larvas de Clupeidos en el Complejo Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur. 1981-1983. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N. Atlas CICIMAR No. 2.

-----, 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 a la Secretaria de Pesca. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N. 211p. + Anexo.

BAGENAL, T. B., 1971. The inter-relation of the size of fish eggs, the date of spawning and the production cycle. J. Fish. Biol. 3: 207-219.

BEERS, J. F. I., 1976. Volumetric methods. En: t-l. F. Steedman (ed.), Zooplankton fixation and preservation. Monographs on oceanographic methodology, No. 4. UNESCO Press, Paris, p. 54-60.

BERRY, F. H., Y I. BARRETT, 1963. Gillraker analysis and speciation in the thread herring genus Opisthonema. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 1(5) 113-153 (ingles), 154-190 (español).

BLAXTER, J. H. S. Y HOLLIDAY, F. G. T., 1913. The behaviour and physiology of herring and other clupeoids. Ad. Mar. Biol. 1: 261-393.

BLAXTER, J. H. S., 1969. Development: eggs and larvae. En: Hoar W. S. y D. J. Randall (eds.), Fish physiology, Academic Press, New York, Vol 3: 177-252.

SECRETARIA DE PESCA
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
I.F.N. LA PAZ, B.C.S., MEXICO

- BLAXTER, J. H. S. Y J. R. HUNTER, 1982. The biology of the clupeid fishes. Ad. Mar. Biol., Vol 20: 1-223.
- CASAS-VALDEZ, M., 1983. Distribución en tiempo y espacio de las especies de sardina y marcarela en Bahía Magdalena, B. C. S., México. tesis de Maestría CICIMAR-IPN, México. 176p.
- CASTRO-BARRERA, T., 1975. Ictioplancton de Bahía Magdalena, Baja California Sur. Cienc. Mar., 2(2): 10-36.
- CASTRO-ORTIZ, J. L., 1984. La variación en la abundancia de los cardumenes de peces pelágicos y su relación con los factores ambientales en Bahía Magdalena, B. C. S. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, México., 122pp.
- CIECHOMSKI, J. D. Y R. P. SANCHEZ, 1984. Field estimates of embryonic mortality of Southwest Atlantic anchovy (*Engraulis anchoita*). Contrib. Inst. Nac. Invest. Des. Pesq., Mar de Plata, 30: 172-187.
- CLARK, F. Y MARR, 1955. Population dynamics of the pacific sardine. CalCOFI Rep. July 1953-31 March 1955, 11-48p.
- DAOVLAS, CH. Y A. N. ECONDMOU, 1986. Seasonal variation of egg size in the sardine, *Sardina pilchardus* Walb., of the Saronikos Gulf: causes and a probable explanation. J. Mar. Biol., 28: 449-457 .
- DE LA CAMPA-GUZMAN, S., 1974. Larvas de peces colectadas en la costa suroeste de Baja California durante Mayo-Junio de 1973. IPN/SC: 4, Mex.
- ESCUADERO, M. A. Y R. M. OLVERA, 1976. Estimación de la Biomasa Reproductora de Anchoveta, *Engraulis mordax* Girard, a partir del Censa larval en la Costa Occidental de Baja California, México. (Nov. 1974-Dic. 1975) . Mem. Simp., Rec. Pesq. Masivos de México I: 295-313.
- FARRIS, D. A. ,1961. Abundance and Distribution of eggs and larvae and survival of larval of jackmackerel (*Trachurus symmetricus*). Fish. Bull., 61: 247-279.

- FELIX-URAGA, R., 1986. Edad, crecimiento y estructura poblacional de *Sardinops sagax caerulea* en Bahía Magdalena, B. C. S., durante 1981 a 1984. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, México 103p.
- FIEDLER, P. C., 1984. Satellite observations of the 1982-1983 El Niño, along the U. S. Pacific Coast. Science American Association for the advancement of Science, Vol. 224: 1251-1254.
- FONDS, M., ROSENTHAL Y D. F. ALDERDICE, 1974. Influence of temperature and salinity un embryonic development, larval Growth and Number of Vertebrae of the Garfish, *Belone belone*. En: Blaxter, J. H. S. (ed), The Early Life History of Fish. Springer Verlag, 509-525.
- FUNES-RODRIGUEZ, R., 1985. Abundancia de Sifonoforos y larvas de *Sardinops sagax caerulea* en el invierno (1981-1982), en Bahía Magdalena, B. C. S., México. Inv. Mar. CICIMAR, 2(2): 70-76.
- FUNES-RODRIGUEZ, R. Y A. ESQUIVEL HERRERA, 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.
- GARSDIE E. T., 1959 Some effects of oxigen in Relation to temperature on the Development of lake trout embryos. Can. J. Zool. Vol 37. 589-698.
- GARRETON, M. Y F. BALBONTIN, 1983. Efecto de la temperatura en el desarrolla embrionario y crecimiento inicial de las larvas de la ciar-dina española, *Sardinops sagax musica*, en condiciones de laboratorio. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 18(1): 57-71.
- GULLAND, J. A., 1965. Survival of the youngest stages of fish and its relation to year-class strength. ICNAF, Spec. Publ., Vol 6, p. 8-9: 363-371.
- HARO-GARAY, M., 1983. Contribución al estudio de la variación espacial de la diversidad de los quetognatos durante el Invierno de 1981 en Bahía Magdalena, Baja California Sur,

México. Tesis Profesional CICIMAR-IPN, México. 42p.

- HEMPFL, G., 1965. On the importance of larval survival for the population dynamics of marine food fish. CalCOFI Rep., 10: 13-23.
- HERNANDEZ-VAZQUEZ, S., 1983. Análisis y normalización del esfuerzo pesquero de la flota sardinera en Bahía Magdalena, B. c. S. México (1972-1981). Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, México 142p.
- HERNANDEZ-TRUJILLO, S., A. ESQUIVEL-HERRERA Y R. SALDIERNA-MARTINEZ., 1987. Biomasa zooplanctónica en la Costa Oeste de Baja California Sur (1982-1985). Mer. Simposium Sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. 28 a 30 de abril de 1987. La Paz, B. C. S.
- HEWITT, R. P., G. H. THEILACKER Y N. H. LO, 1985. Causes of Mortality in young jack mackerel. Mar. Ecol. Prog. Ser., 26: 1-10.
- HUNTER, J. R., 1976. Report of Colloquium on Larval Fish Mortality Studies and their Relation to Fishery Research, January 1975. NOAA Tech. Rep., NMFS, CT RC-395, iii+5p.
- , 1977. Behavior and survival of northern anchovy *Engraulis mordax* larvae. CalCOFI Rep. 19: 138-146.
- , 1981. Feeding Ecology and Predation of Marine Fish Larvae. En: R. Lasker (ed.). Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology and Relation to Fisheries. Washington Sea Grant Program. 33-77.
- HUNTER, J. R. Y GOLDBERG, S. R., 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 77: 641-652.
- KRAMER, D., 1970. Distribution Atlas of fish eggs and larvae in the California Current Region: Pacific Sardine, *Sardinops caerulea* (Girard), 1951 Through 1966. CalCOFI Atlas, No. 12.

- LASKER, R., 1964. An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, Development and Growth of Pacific Sardine Embryos and Larvae. Copeia. 1964(2): 399-405.
- , 1965. The physiology of pacific sardine embryos and larvae. CalCOFI Rep., 10: 96-101.
- , 1981. The role of a Stable Ocean in Larval Fish Survival and subsequent recruitment. En: Lasker R. (ed.), Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology, and Relation to Fisheries Washington Sea Grant Progr. Seattle., 79-87.
- LEE, C. S. Y. B. MENU., 1981. Effects of salinity on egg development and hatching in grey mullet Mugil cephalus L. J. Fish-Biol. 19, 179-188.
- LO, N. C. H., 1983. Re-examination of three parameters associated with anchovy egg and larval abundance: Temperature dependent incubation time, yolk-sac growth rate and egg and larval retention in mesh nets. Southwest Fish. Cent., Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Report. TM-NMFS-SWFC-31, 33p.
- , 1985. A model for temperature-dependent northern anchovy egg development and an automatic procedure for the assignment of age to staged egg. En: Lasker R. (ed), An Egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy Engraulis mordax, U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS, 36: 43-50.
- LOEB, S. V., P. E. SMITH Y G. H. MOSER., 1983. Ichthyoplankton and Zooplankton abundance patterns in the California Current area 1975. CalCOFI Rep. Vol. 24: 109-131.
- LOUGH, P. G., G. R. BOLZ, D. G. MARVIN Y D. C. POTTER, 1981. Abundance and survival of sea herring (Clupea harengus L.) larvae in relation to environmental factors, spawning stock size, and recruitment for the Georges Bank area, 1968-1977. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer., 178: 220-222.
- MAY, R. C., 1974. Larval mortality in Marine Fishes and the critical period concept. En: Blaxter J. H. S. (ed). The

Early Life History of Fish. Springer-Verlag, Berlin, 3-19.

McLAIN, D. R., R. BRAINAR, AND F. P. CHAVEZ, 1985. Anomalous warm events in eastern boundary current systems. CalCOFI Rep., 26: 51-64.

MOSER, H. G., E. H. AHLSTROM, D. KRAMER Y E. STEVENS, 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf California. CalCOFI Rep., 17: 112-127.

NIENHUIS, H. Y R. GUERRERO CABALLERO, 1985. A qualitative analysis of the annual phytoplankton cycle of the Magdalena Complex (México). J. Plank. Res. 7(4): 427-441

-----, 1986. Biomasa y distribución del fitoplancton entre 1980 y 1984 en Bahía Magdalena Baja California Sur, México. Atlas CICIMAR No. 5, 63p.

NIENHUIS, H. J., 1988. Interannual fluctuation of the phytoplankton biomass and species composition of the Magdalena Lagoon Complex, B. C. S., México, from 1980 to 1985. Documento interno CICIMAR-IPN.

O'TOOLE, M. J. Y D.P.F. KING, 1974. Early development of the roundherring *Etumeusteres* (de Kay) from the southeast Atlantic. Vieel Milieu, A, 24: 433-452.

PALOMARES-GARCIA, J. R., 1989. Análisis de la variación espacio-temporal de los copepodos planctónicos en Bahía Magdalena (1983-1984), Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, México. 55p. + Anexos.

PAEZ, B. F., 1976. Desarrollo Gonadal, Madurez, Desove y Fecundidad de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* (Gunther) de la zona de Mazatlan, Basados en el Análisis Histológico de la Gónada. Mem. Simp. sobre Recursos Masivos de México. Ensenada, B. C., 28-30 Sept. 1976, 263p.

PETERSEN, V. ti., R. J. LAVENBERG, G. E. MCGOWEN AND R. S. GRUJE, 1986. Physical-chemical characteristics and zooplankton Biomass on the Continental shelf off Southern California. CalCOFI Rep., 27: 36-52.

- PETERSON, C. L., 1956. Observation on the taxonomy, biology, and ecology of the engraulid and clupeid fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull., 1: 139-280.
- PHILANDER, S. G. H., 1983. El Niño Southern Oscillation phenomena. Nature Vol. 302. No. 5906. 295-301.
- RADOVICH, J., 1962. Effects of sardine stock size and environmental in year class production. Calif. Fish. and Game. 2(48): 123-140
- RE, P., 1981. Seasonal occurrence, mortality and dimensions of sardine eggs [*Sardina pilchardus* (Walbaum)] off Portugal. Cybius, 5 (4): 41-48.
- RODRIGUEZ-SANCHEZ, R., 1989. Taxonomía de las especies del género *Opisthonema* (sardina crinuda) en el Noroeste de México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, México. 101p.
- ROGERS, C. A., 1976. Effects of temperature and salinity on the survival of winter flounder embryos. Fish. Bull. Vol. 74 No. 1 52-58.
- ROMERO-IBARRA, N., 1988. Alimentación de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Gunther) en el área de Bahía Magdalena, B. C. S., México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, México. 54p.
- SALDIERNA-MARTINEZ, R. J., C. A. SANCHEZ-ORTIZ, Y G. R. VERA-ALEJANDRE, 1987. Estudios sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda, (*Opisthonema libertate*), y monterrey, (*Sardinops sagax*), en Bahía Magdalena, B. C. S. I. Descripción de huevos. II. Distribución y Abundancia de huevos y larvas. III. Mortalidad Larval. Tesis de Licenciatura U.A.B.C.S., México. 168 p.
- SCOFIELD, E. C., 1954. Early Life History of the California sardine (*Sardinops caerulea*), with special reference to distribution of eggs and larvae. Calif. Div. Fish. and Game, Fish. Bull., (41): 48p.

SCOFIELD, E. C. Y M. J. LINDER, 1930. Preliminary report of the early life history of the California sardine. Cal. Div. Fish and Game, 6: 120-124.

SMITH, P.E., 1973. The mortality and dispersal of sardine eggs and larvae. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 164: 282-291.

-----, 1981. Fisheries on Coastal pelagic schooling fish. En Lasker R. (ed.), Marine Fish Larvae. Morphology, Ecology and Relation to Fisheries. Washington Sea Grant Program, Seattle, p. 1-31.

SMITH, P. E. Y R. P. HEWITT, 1985. Sea survey design and analysis for an egg production method of anchovy biomass assessment. En: Lasker R. (ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, Engraulis mordax. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 17-26.

SMITH, P. E. Y S. L. RICHARDSON, 1979. Técnicas modelo para prospección de huevos y larvas de peces pelágicos. FAD. Doc. Tec. Pesca. 175: 107p.

SOUTHWARD, A. J. Y N. DEMIR, 1974. Seasonal changes in dimensions and viability of the development eggs of the Cornish pilchard (Sardina pilchardus) off Plymouth, En: Blaxter J. H. S. (ed.): The early life history of fish, Springer-Verlag, Berlin. 53-68.

TORRES-VILLEGAS, J. R., C.G. GARCIA M., R.I. OCHOA Y V. A. LEVY, 1985. Parámetros reproductivos de la Población de Opisthonema libertate (Gunther) (Pisces: Clupeidae) y discusión sobre su evaluación por evaluación de huevos, en Bahía Magdalena, B. C. Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR 2(2): 45-47.

TORRES-VILLEGAS, 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-IPN, La Paz, B.C.S. México. 88p.

- TORRES-VILLEGAS, J. R. Y L. PEREZGOMEZ, 1988. Variación de la fecundidad de *Opisthonema libertate* (Gunther, 1866) (Pisces: Clupeidae) de 1983 a 1985 en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Inv. Pesq. España. 52(2): 193-206.
- VLAMING, V. L., 1972. Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review. J. Fish. Biol. 4: 131-140.
- WARE, D. M., 1975. Relation between egg size, growth, and natural mortality of larval fish. J. Fish. Res. Board. Can., 32: 2503-2512.
- WHITEHEAD, P. J. P., 1985. FAO species catalogue, Vol. 7. Clupeoi fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies, and wolfherrings. Part 1: Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fish. Synop., (125) Vol. 7, Pt. 1: 303p.

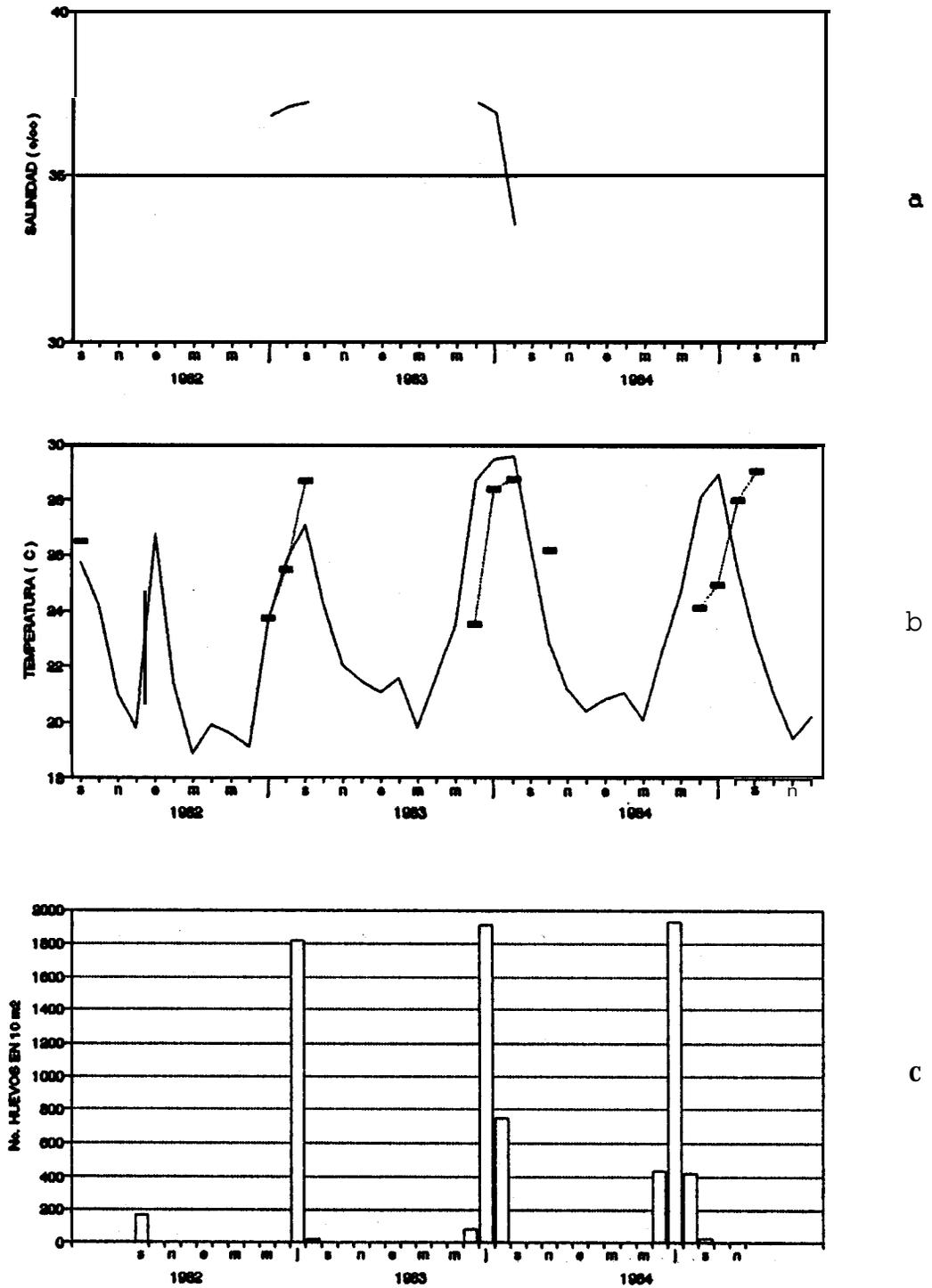
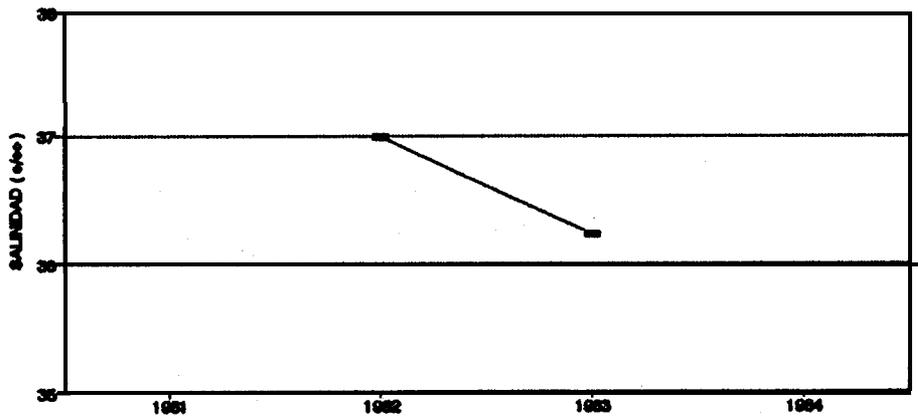
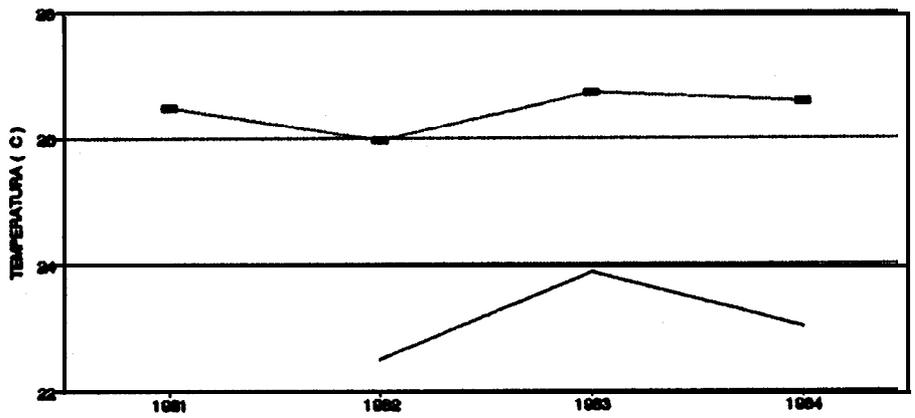


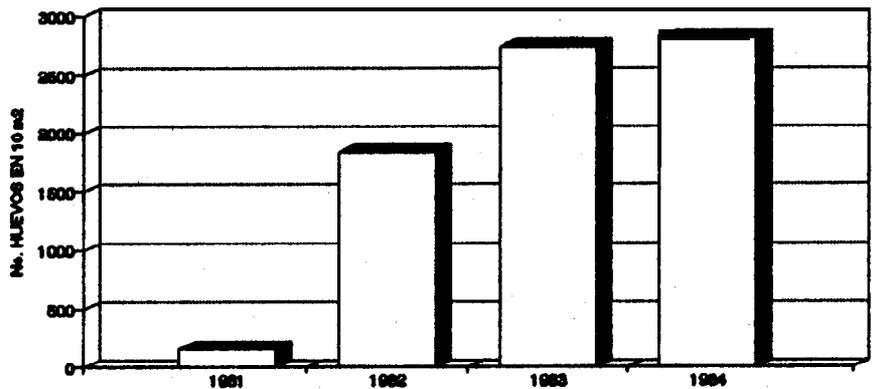
Figura 5.- Registros mensuales de: a) Salinidad superficial, b) Temperatura superficial; Promedio mensual (línea continua), y en estaciones positivas de huevos (línea punteada), y c) Abundancia mensual de huevos, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S.



a

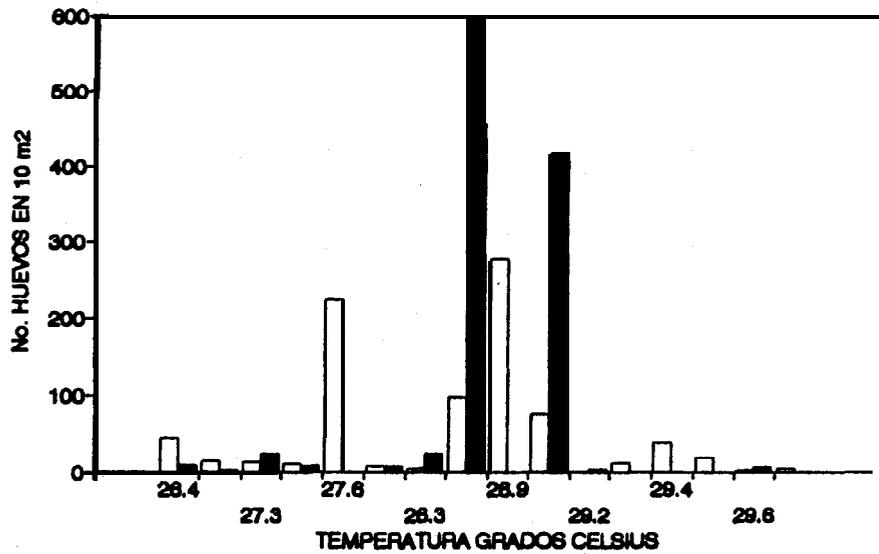


b

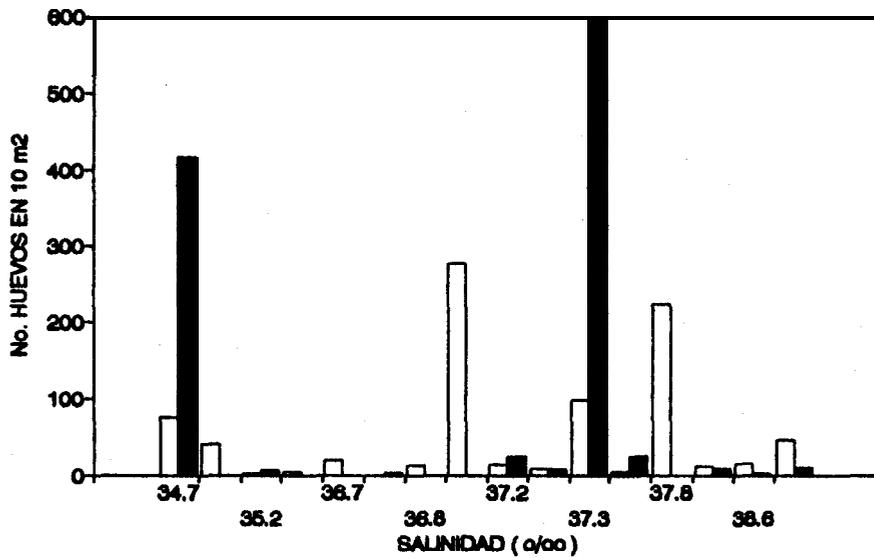


c

Figura 6.- Registros anuales de: a) Salinidad superficial, b) Temperatura superficial; Promedio anual (línea continua), y en estaciones positivas de huevos (línea punteada), y c) Abundancia anual de huevos, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, B.C.S.



a



b

Figura 7.- Abundancia de huevos viables (barras vacías), e inviables (barras oscuras), con relación a: a) Temperatura superficial (julio de 1983), y b) Salinidad superficial (julio de 1983) en Bahía Magdalena, B.C.S.

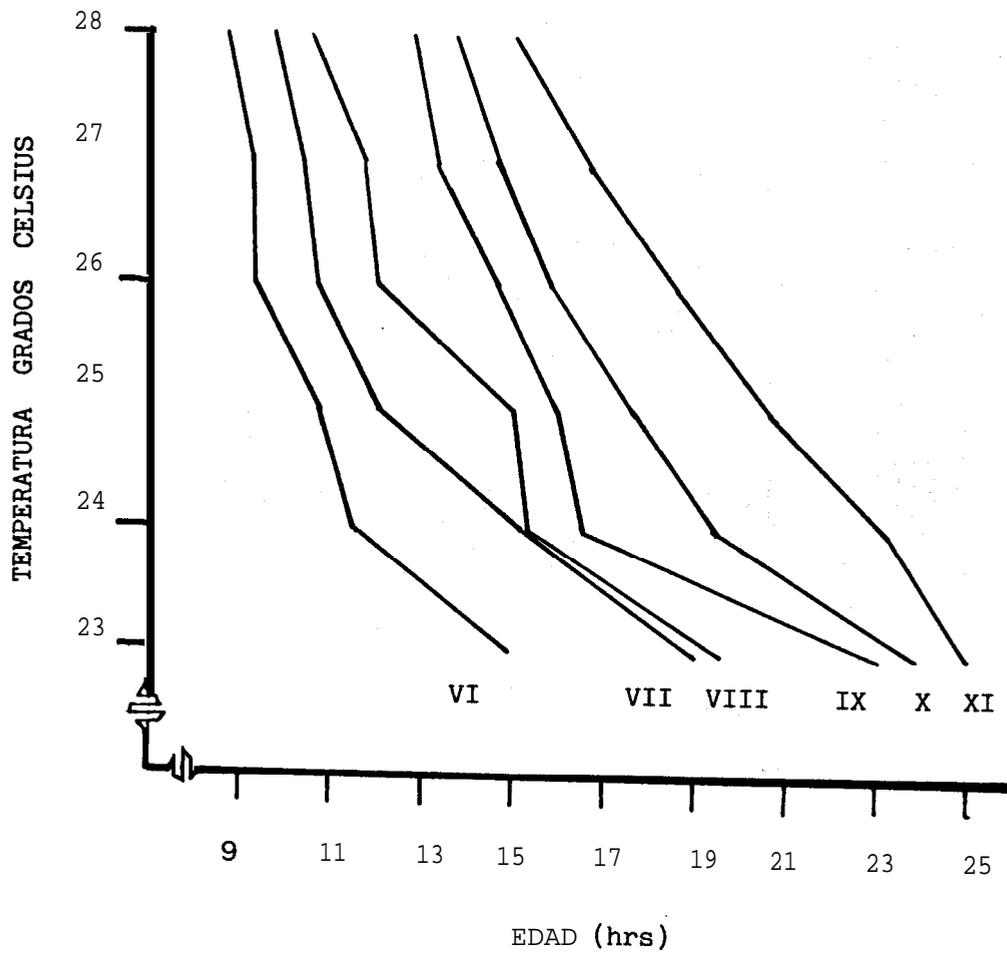


Figura 9.- Curvas de desarrollo de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* a diferentes valores de temperatura.

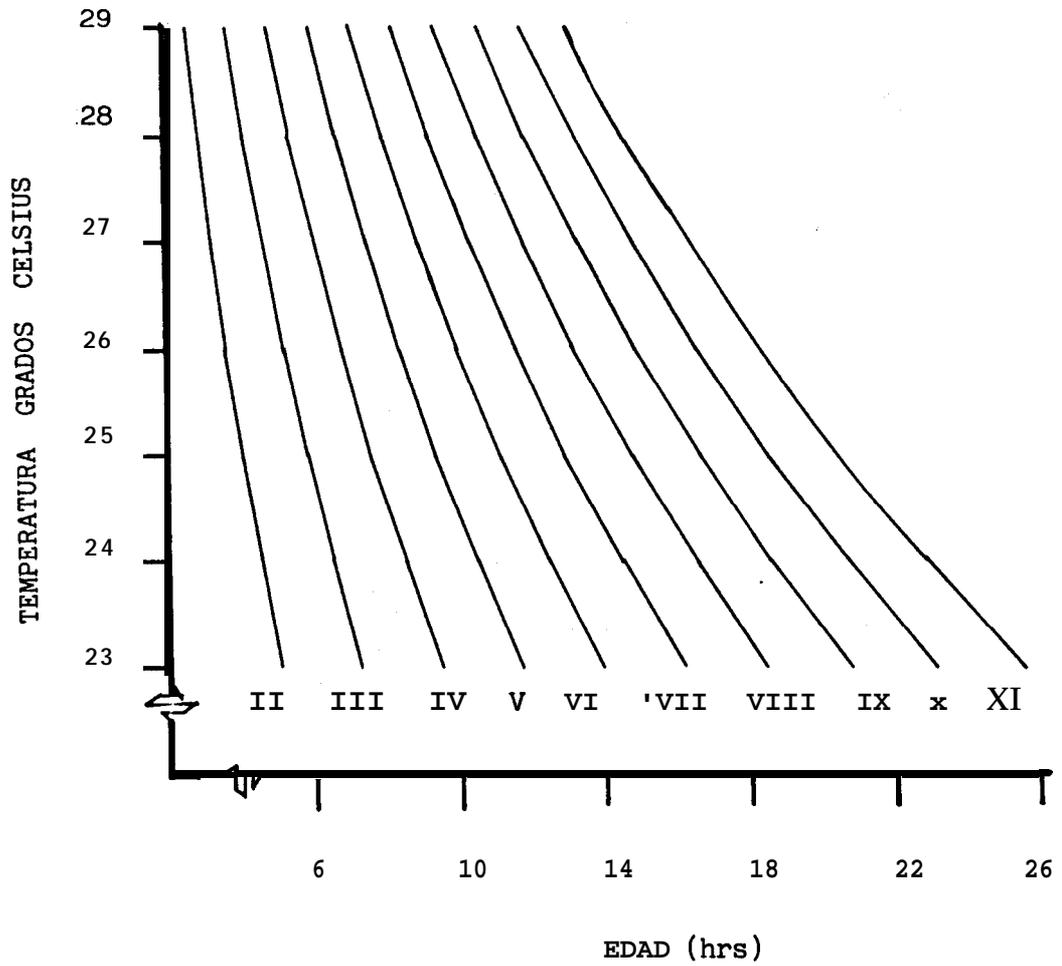


Figura 10.- Curvas de desarrollo calculadas, para los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* a diferentes valores de temperatura.

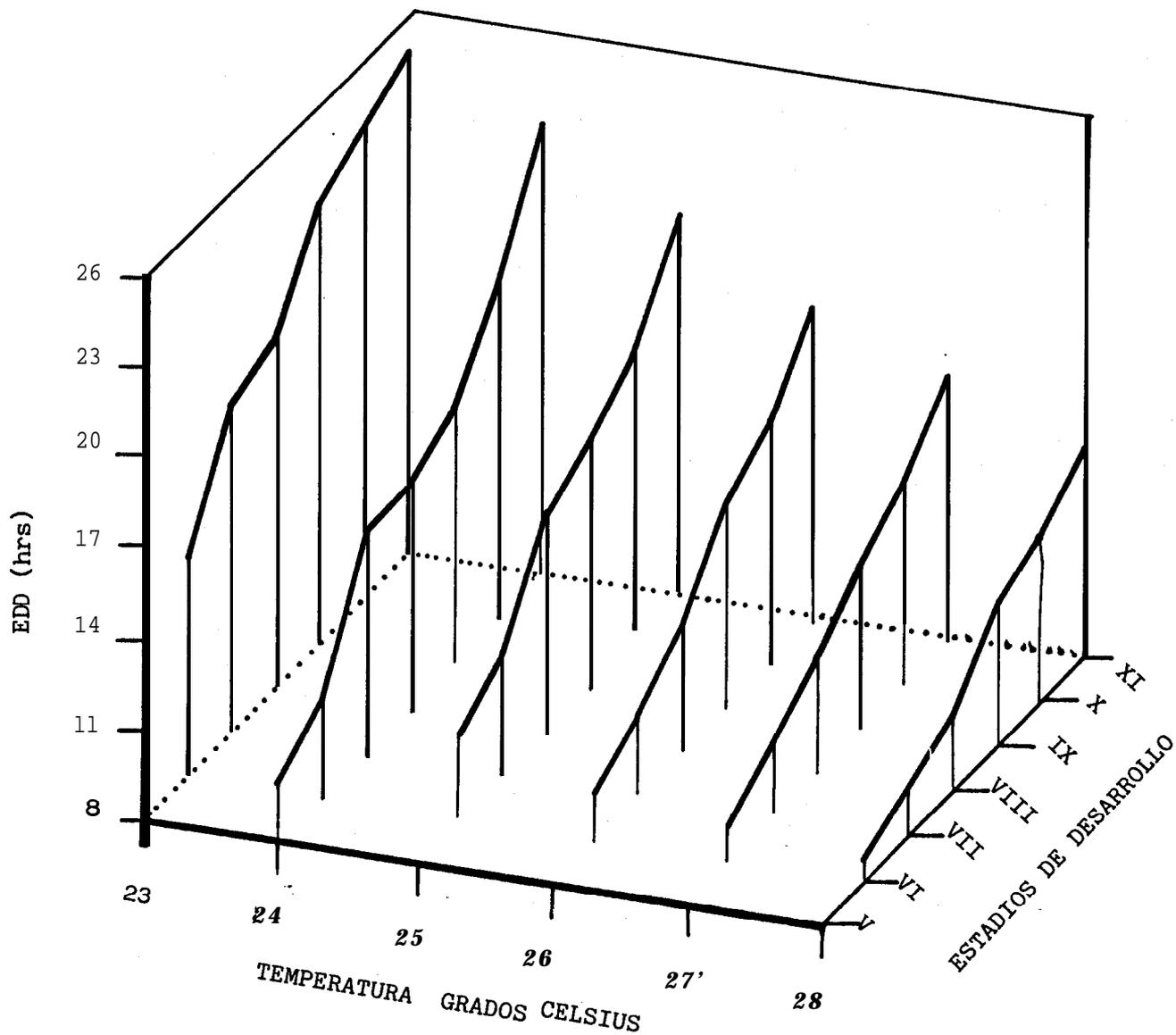
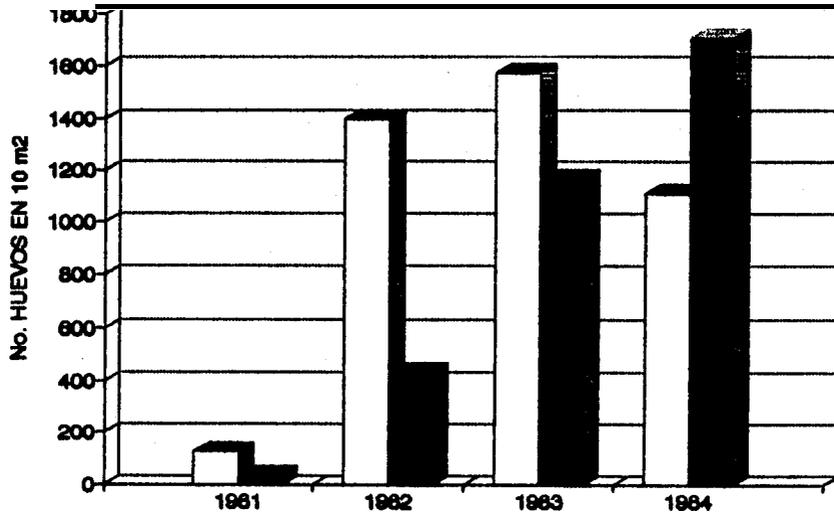


Figura 11.- Curvas de desarrollo de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*.



a

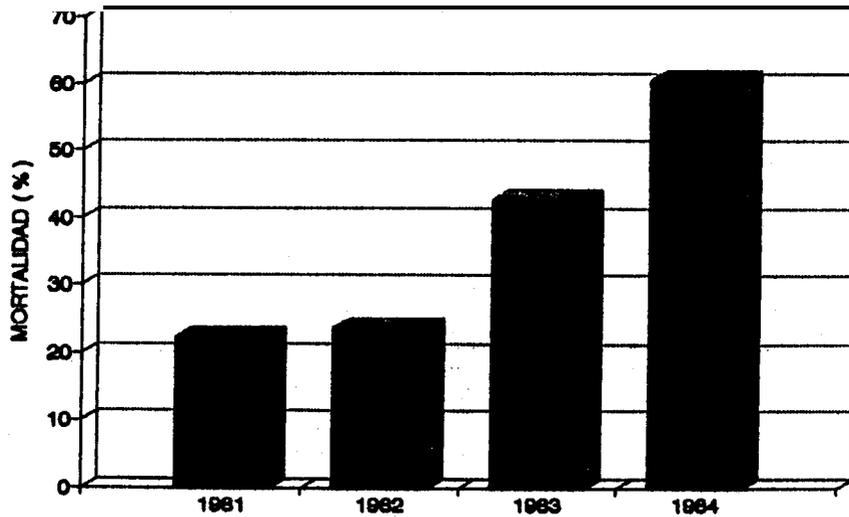


Figura 13.- Registro anual de: a) Abundancia de huevos viables (barras vacías) y abundancia de huevos inviables (barras oscuras), y b) Porcentaje de mortalidad de los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate*.

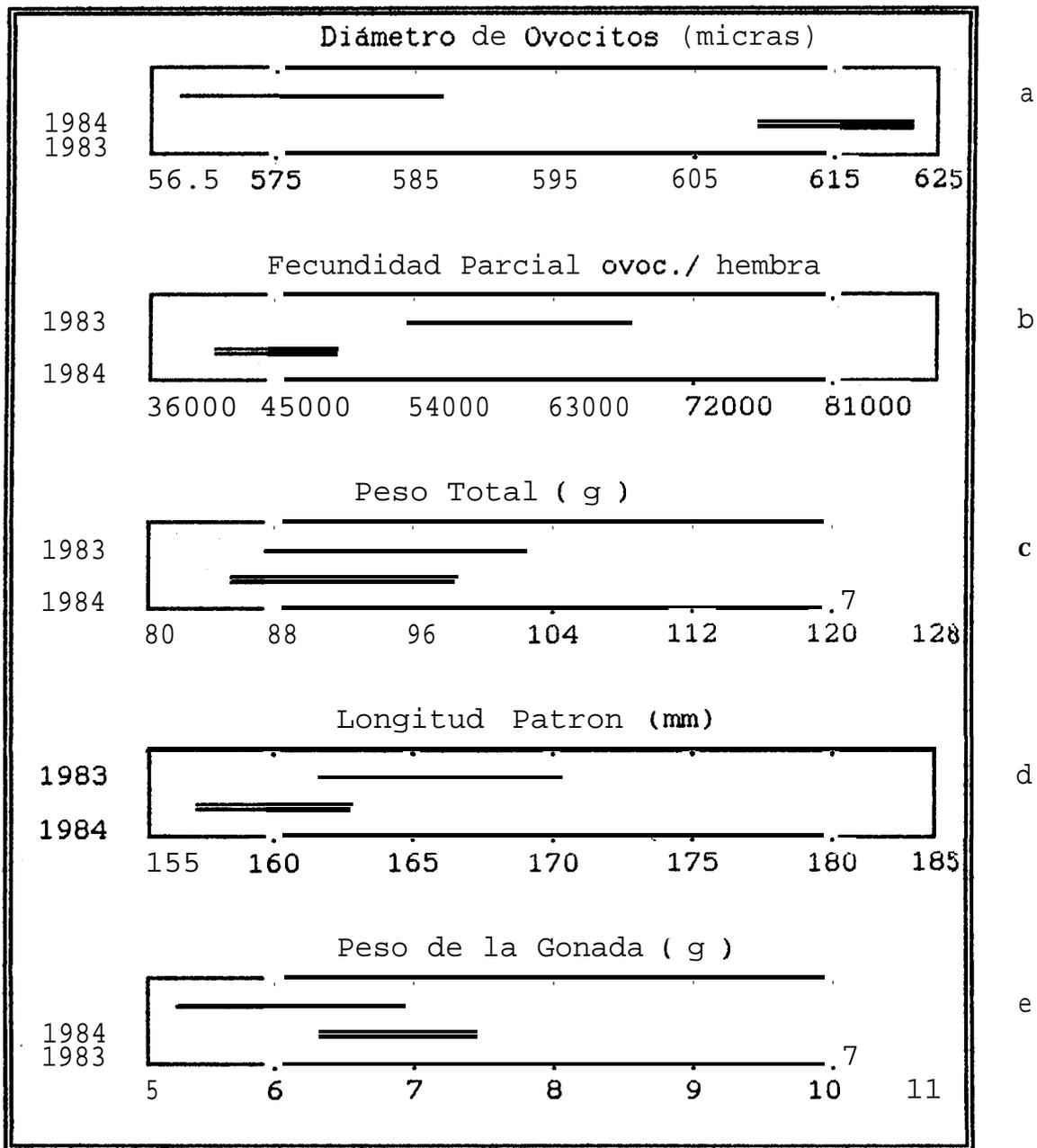
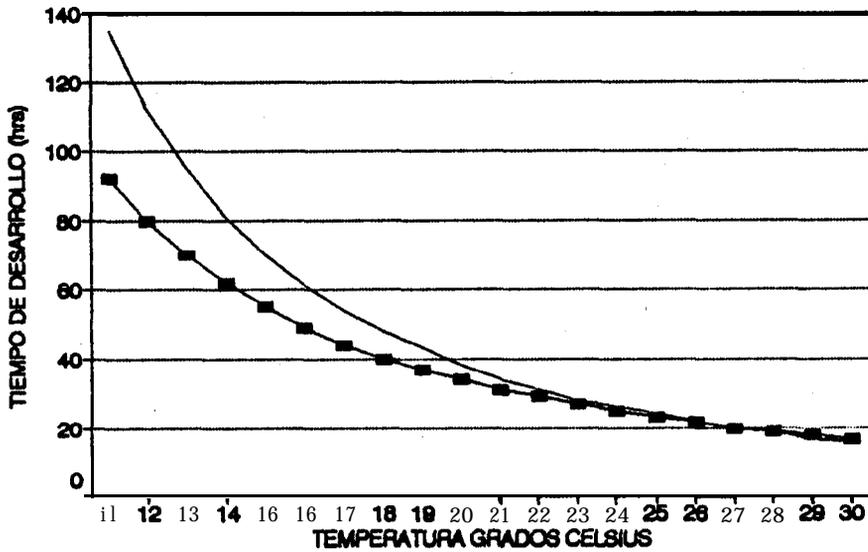
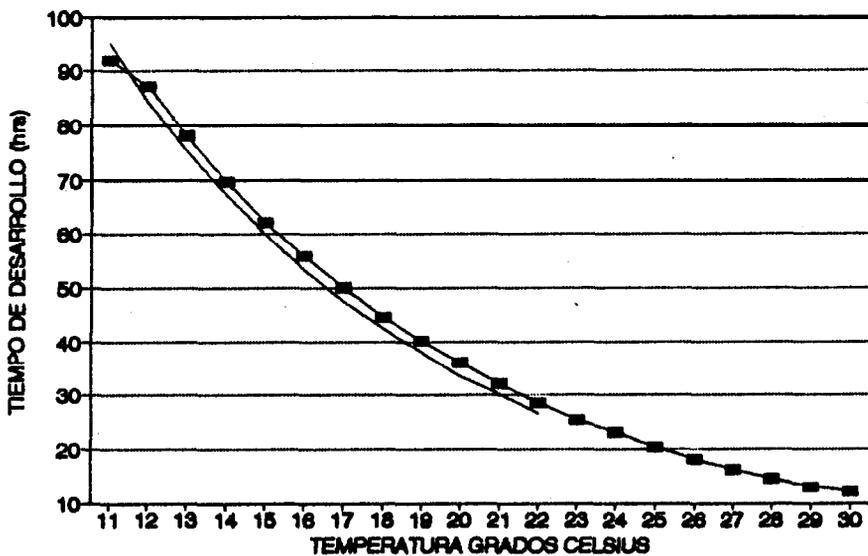


Figura 14.- Comparación interanual de la media y el intervalo al 95 % de a) diámetro de los ovocitos, b) fecundidad parcial, c) peso total, d) longitud patrón y e) peso de la gónada. Modificado de Torres-Villegas y Perezgomez (1988).

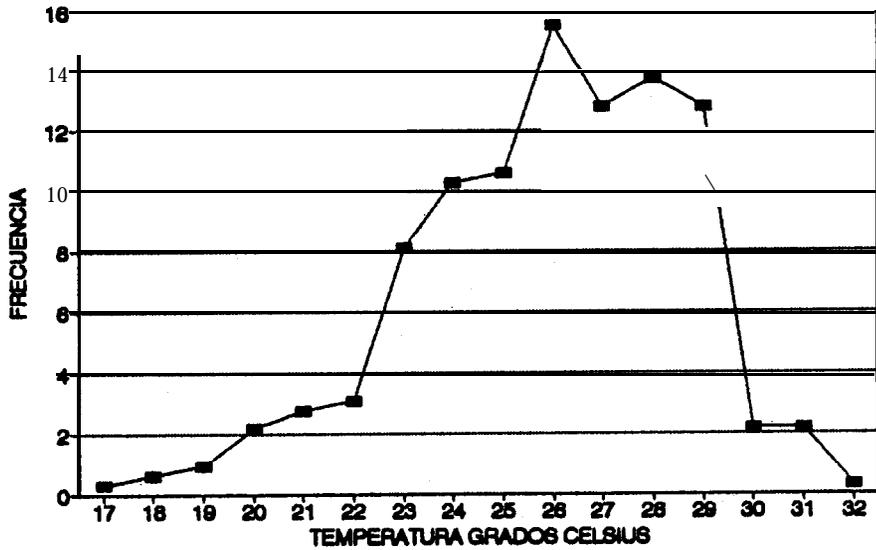


a

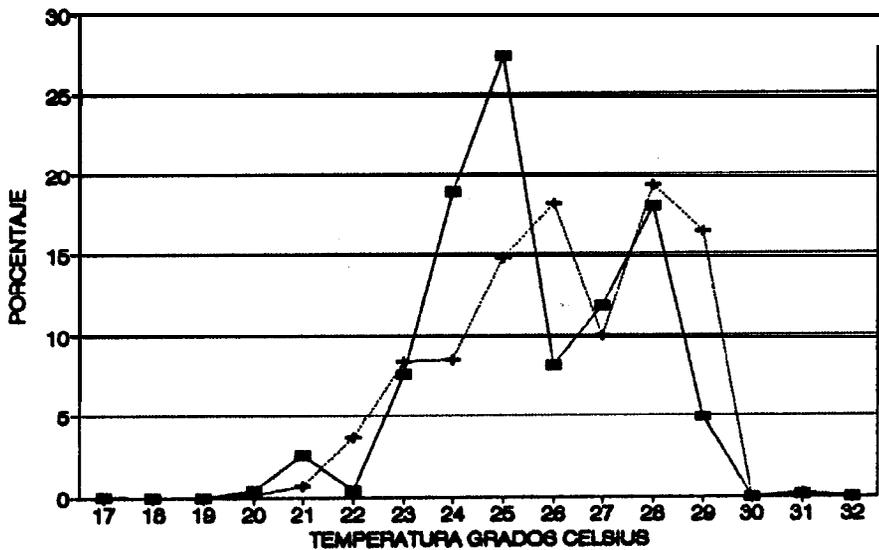


b

Figura 15.- a) Comparación de los modelos exponencial de tasa de desarrollo-temperatura obtenido por Lasker (1964) (línea continua)., y el obtenido por Torres (1986) (línea punteada). para los huevos de Sardinops sagax b) Comparación de los modelos exponencial-potencial de tasas de desarrollo, estadio-edad-temperatura obtenido por Lo (1985) para Engraulis mordax (línea continua) y el obtenido para Opiethonema libertate (línea punteada).



a



b

Figura 16.- a) Frecuencia de Temperaturas por grado centígrado registradas en Bahía Magdalena, B.C.S., de septiembre de 1981 a septiembre de 1984. b) Porcentaje de la abundancia por grado centígrado, de huevos viables (línea continua) y huevos inviables (línea punteada) de *Opisthonema libertate*.

Tabla 1.- Registros mensuales de: Temperatura superficial (TEM SUP), estaciones positivas de huevos (E/+); Salinidad superficial (Sal. Sup.), y Biomasa planctónica en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur.

AÑO MES	TEM SUP °C	TEM SUP (E/+)	SAL SUP (o/oo)	BIOMASA PLANCTONICA
B109	25.72	26.50		3.30
B207	23.67	23.75	36.77	37.93
B208	25.79	25.51	37.03	36.84
B209	27.12	28.70	37.17	1.84
B306	28.74	23.56	37.17	1.03
B307	29.51	28.44	36.87	8.02
B308	29.63	28.80	33.56	3.82
B310	22.91	26.20	37.34	1.35
B406	28.16	24.20	-----	1.82
B407	28.99	25.02	-----	1.62
B408	25.68	28.05		2.02
B409	23.11	29.10	-----	1.48

----- Si n dato

Tabla 2. - Registro del promedio anual de: Temperatura superficial (TEM SUP), estaciones positivas de huevos (E/+); Salinidad superficial (SAL SUP), y Biomasa planctónica (B P), en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.

AÑO MES	TEM SUP °C	TEM SUP °C (E/+)	SAL SUP o/oo	B P ml/m3	B P ml/m3
1981	-----	26.50	-----	-----	-----
1982	22.52	25.98	36.99	107.73	8.98
1983	23.88	26.75	36.24	29.10	2.42
1984	23.03	26.59	-----	17.64	1.47

----- Sin dato

Tabla 3.- Abundancia mensual de: Huevos viables e inviables, totales y porcentaje de mortalidad de huevos de la sardina, *Opisthonema libertate* en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.

AÑO MES	VIABLES	INVIABLES	ABUNDANCIA TOTAL	VIABLES (%)	MORTALIDAD (%)
8109	127.65	36.62	164.27	77.70	22.30
8207	1385.43	433.58	1819.01	76.16	23.84
8208	14.38	2.59	16.97	84.74	15.26
8209	0.41	0.00	0.41	100.00	0.00
8306	70.88	9.50	80.38	88.18	11.82
8307	841.63	1069.41	1911.04	44.04	55.96
8308	659.03	91.40	750.43	87.82	12.18
8310	0.55	0.00	0.55	100.00	0.00
8406	340.54	97.77	438.31	77.69	22.31
8407	500.11	1429.82	1929.93	25.91	74.09
8408	264.96	159.15	424.11	62.47	37.53
8409	6.48	16.40	22.88	28.32	71.68

Tabla 4. - Abundancia anual de: Huevos viables e inviables, totales, y porcentaje de mortalidad de los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate* en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.

AÑO MES	VIABLES	INVIABLES	ABUNDANCIA TOTAL	VIABLES (%)	MORTALIDAD (%)
1981	127.65	36.62	164.27	77.70	22.30
1982	1400.22	436.17	1836.39	76.25	23.75
1983	1572.09	1170.31	2742.40	57.33	42.67
1984	1112.09	1703.14	2815.23	39.50	60.50

Tabla 5.- Abundancia de huevos del I y II del desarrollo embrionario de la sardina, *Opisthonema libertate* durante el ciclo de 24 horas, en el Complejo Lagunar de Bahía Magdalena.

HORA	ESTADIO	ABUNDANCIA EN 10 m ²	ESTADIO	ABUNDANCIA EN 10 m ²
21:15	I	1.98	II	223.78
22:08	I	4.32	II	1058.79
23:06	I	11.87	II	760.65
00:06	I	2.79		
01:07	I	2.14		
02:07	I	0.64		
03:00				
04:00				
05:00				
06:00	I	1.12		
07:00				
08:00	I	0.62		

Tabla 6. -- Valores de edad calculada (en horas) de los estadios del desarrollo de la sardina, *Opisthonema libertate* a diferentes valores de temperatura.

ESTADIO	23°C	24°C	25°C	26°C	27°C	28°C
V	-----	10.00	-----	-----	-----	-----
VI	15.00	11.50	11.10	9.25	9.19*	9.03*
VII	19.00	15.25	12.00	10.58	10.32	10.08*
VIII	20.03*	15.35*	15.00	12.00	12.05*	10.50
IX	23.00	16.50	16.33*	15.03	13.25	13.15
X	24.23*	19.50	18.02	16.15	15.03	14.08
XI	25.00	23.25	21.03	18.53	17.05	15.00

----- Sin dato

* Datos calculados

Tabla 7.- Coeficientes obtenidos para los estadios del desarrollo embrionario de la sardina, *Opisthonema libertate*.

ESTADIO	Ln a	b	r	r ²	ω
VI	4.9631	-0.1023	-0.9385	0.8809	0.05
VII	5.9214	-0.1334	-0.9485	0.8997	0.05
VIII	5.6626	-0.1194	-0.9701	0.9411	0.05
IX	5.4439	-0.1055	-0.9293	0.8638	0.05
X	5.5759	-0.1071	-0.9802	0.9608	0.05
XI	5.6408	-0.1046	-0.9986	0.9972	0.05

BIBLIOTECA

Tabla 8.- Coeficientes obtenidos para las temperaturas en grados centígrados (°C) a la que se colectaron los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate*.

TEMPERATURA (°C)	Ln a	b	c	r	r ²	ω
23	-0.3522	-0.1843	2.3337	0.9759	0.9525	0.05
24	1.1570	0.0629	0.5235	0.9693	0.9395	0.05
25	0.8306	0.0423	0.7114	0.9849	0.9702	0.05
26	1.2349	0.1220	0.1412	0.9936	0.9874	0.05
27	1.4491	0.1121	0.0531	0.9993	0.9987	0.05
28	1.1387	0.0771	0.3047	0.9874	0.9750	0.05

Tabla 9.- Coeficientes obtenidos de la relación Estadio, Edad y Temperatura, a la que fueron colectados los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate*.

a	b	c	d	r	r ²	σ
34.10346527	-0.111596	0.015639	0.8772	0.976	0.953	0.05

Tabla 10.- Edad promedio (en horas) de los diferentes estadios del desarrollo embrionario de los huevos de la sardina, *Opisthonema libertate*, para diferentes valores de temperatura.

ESTADIO	23°C	24°C	25°C	26°C	27°C	28°C	29°C
II	5.36	4.44	4.37	3.55	3.17	3.24	2.54
III	7.19	6.43	6.15	5.15	4.60	4.12	4.08
IV	9.40	8.41	7.52	6.73	6.02	5.38	5.21
V	12.02	10.39	9.29	8.31	7.43	6.65	6.35
VI	14.25	12.39	11.08	10.31	9.26	8.33	7.09
VII	16.10	14.40	13.28	11.52	10.31	9.22	8.24
VIII	18.39	16.45	15.11	13.16	12.17	10.53	9.41
IX	21.61	18.52	16.57	15.22	13.25	12.25	11.00
X	23.08	21.04	18.46	16.51	15.17	13.21	12.21
XI	25.48	23.19	20.39	18.23	16.31	14.58	13.05

Tabla 11.- Valores de: Temperatura superficial) estadio de desarrollo, edad promedio(en horas) de los huevos, y abundancia de los huevos de *Opisthonema libertate* de septiembre de 1981 a septiembre de 1984 y de agosto de 1988.

TEMPERATURA (°C)	ESTADIO	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA len 10m ²)
septiembre/1981			
25.00	VI	11.08	2.03
26.00	VI	10.31	0.38
26.00	VI	10.31	2.92
26.00	VI	10.31	1.08
26.00	VI	10.31	0.96
26.00	VII	11.52	0.38
26.00	VII	11.52	2.92
26.00	VII	11.52	7.02
26.00	VII	11.52	1.92
26.00	XI	18.24	0.27
27.00	VII	10.31	0.51
27.00	VIII	12.17	1.53
27.00	IX	13.26	0.30
27.00	XI	16.31	103.96
27.00	VII	10.15	1.11
27.00	X	14.37	0.36

Tabla II.- Continuación.

TEMPERATURA (°C)	ESTADIO	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA (en 10m ²)
julio/1982			
25.10	IV	7.44	1.36
20.00	V	16.24	2.10
20.60	V	15.19	3.24
20.00	V	16.24	9.10
25.60	V	9.09	1.94
23.70	VI	13.21	0.32
23.90	VI	12.53	78.12
25.10	VI	11.36	131.92
25.60	VI	10.36	4.85
21.40	VI	16.56	128.34
24.00	VII	14.40	18.18
24.00	VII	14.40	22.75
24.60	VII	13.47	1.71
25.60	VII	12.05	694.52
21.40	VII	19.25	4.14
20.80	VIII	23.51	2.08
26.70	VIII	12.17	59.84
24.00	VIII	16.45	4.04
24.60	VIII	15.38	5.13
26.80	VIII	12.04	10.08
26.00	VIII	13.16	10.44
26.70	IX	14.11	5.44
26.80	IX	13.56	14.28
26.00	IX	15.22	67.57
27.10	XI	16.13	1.32
27.60	XI	15.25	0.29
28.00	XI	14.59	12.90
20.60	XI	33.31	3.24
23.90	XI	23.05	2.52
17.40	XI	48.01	0.25
agosto/1982			
26.20	V	8.13	1.24
22.60	VI	14.48	1.48
23.00	VI	14.25	5.25
26.20	VI	10.09	17.36
25.10	VI	11.36	2.10
23.00	VII	16.10	2.10
26.20	VII	11.27	65.72
25.30	VII	12.46	3.30
28.40	IX	11.34	2.16
septiembre/1982			
28.70	VIII	10.14	0.41

Tabla 11.- Continuación.

TEMPERATURA (°C)	ESTADIO	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA (en 10m ²)
junio/1983			
24.80	VI	11.33	29.25
23.60	VII	15.06	4.68
21.10	VII	20.31	2.97
21.40	VII	19.25	0.26
21.50	VII	19.04	4.84
23.70	VI1	15.29	25.42
24.80	VII	13.17	380.64
25.00	VII	13.28	11.16
23.40	VII	15.40	0.86
24.70	VIII	15.21	0.54
25.80	VIII	13.46	0.26
23.60	VIII	17.20	0.78
24.40	VIII	16.13	1.46
21.40	VIII	22.39	0.52
25.00	VIII	15.11	0.93
25.40	VIII	14.07	399.62
24.90	VIII	15.28	0.57
20.60	VIII	24.04	2.66
23.40	VIII	17.59	112.23
24.70	IX	17.14	0.27
24.40	IX	18.12	4.38
23.20	IX	20.26	0.25
23.40	IX	20.21	89.01
24.70	X	19.09	0.27
25.80	X	17.29	0.13
24.40	X	20.14	0.73
23.20	X	22.57	3.75
24.70	XI	21.08	0.81
25.80	XI	19.05	2.60
23.20	XI	25.32	3.75
julio/1983			
28.90	VI	7.17	1.87
26.90	VII	10.42	0.85
28.90	VII	8.34	104.72
29.20	VII	8.06	3.44
29.50	VIII	9.30	0.82
28.90	VIII	9.52	149.60
29.20	VIII	9.21	8.60
29.60	IX	10.32	1.84
28.40	IX	11.34	10.99
26.90	IX	13.40	2.55
27.60	IX	12.40	46.24
28.90	IX	11.12	18.70

Tabla 11. - Continuación.

TEMPERATURA (°C)	ESTADIO	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA (en 10m ²)
julio/1983			
29.40	X	11.30	38.57
29.10	X	12.08	75.21
28.40	X	13.03	86.35
27.30	X	14.28	7.02
26.90	X	15.33	11.05
27.60	X	14.21	178.16
27.30	X	14.28	6.54
28.30	X	13.17	6.54
27.30	XI	16.17	5.85
28.30	XI	14.11	3.22
26.40	XI	17.44	45.60
27.30	XI	16.17	4.36
29.50	XI	12.34	17.22
28.90	XI	13.19	1.87
29.70	XI	12.07	3.81
agosto/1983			
29.80	V	5.44	0.36
29.80	VI	6.48	0.54
27.30	VII	10.37	2.20
27.90	VII	9.32	211.47
28.00	VII	9.22	3.12
29.80	VII	7.54	20.70
x3.80	VII	8.43	48.59
27.30	VIII	11.38	0.20
31.00	VIII	7.53	0.52
28.80	VIII	10.03	7.60
28.00	VIII	10.53	20.80
29.80	VIII	9.01	22.86
28.80	VIII	10.03	36.55
27.30	IX	13.22	0.20
28.80	IX	11.24	20.00
28.00	IX	12.26	28.60
29.80	IX	10.10	1.44
28.80	IX	11.24	14.19
28.80	X	12.08	2.20
28.00	X	13.21	33.28
29.80	X	11.21	0.54
28.80	X	12.08	76.54
28.80	XI	13.34	0.80
28.00	XI	14.59	22.88
28.80	XI	13.34	52.03
octubre/1983			
26.20	VII	11.27	0.55

Tabla 11.- Continuación.

TEMPERATURA (°C)	ESTAD IO	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA (en 10m ²)
junio/1984			
24.00	V	10.39	0.57
25.00	VI	11.08	17.52
25.00	VI	11.08	4.50
24.20	VI	12.11	6.90
24.00	VI	12.39	2.85
24.50	VI	12.11	11.80
22.50	VII	17.03	0.28
25.00	VII	13.28	251.12
25.00	VII	13.28	44.10
25.00	VIII	15.11	0.90
julio/1984			
23.80	VI	13.07	6.00
23.30	VI	13.39	16.50
24.00	VI	12.39	5.59
23.60	VI	13.35	19.32
22.00	VI	15.48	17.68
23.90	VI	12.53	26.64
23.60	VI	13.35	3.52
25.00	VI	11.08	147.95
25.30	VI	11.11	17.92
24.40	VI	12.25	43.47
25.50	VII	12.18	12.40
24.50	VII	14.02	12.30
24.50	VII	14.02	1.55
26.00	VIII	13.16	22.26
26.90	VIII	12.30	11.57
26.60	VIII	12.31	9.90
24.40	VIII	16.13	7.13
24.60	VIII	15.38	4.06
24.60	IX	17.33	17.36
27.00	X	15.17	13.63
26.50	X	16.02	10.03
26.20	X	16.15	16.00
28.50	X	12.49	0.28
23.80	XI	23.31	0.25
23.30	XI	25.05	2.64
26.00	XI	18.24	2.43
26.00	XI	18.24	21.78
25.00	XI	20.39	0.55
25.80	XI	19.05	25.20
24.50	XI	21.56	4.20

Tabla 11.- Continuación.

TEMPERATURA (°C)	ESTAD I ù	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA (en 10m ²)
agosto/1984			
26.00	VI	10.31	0.32
27.00	VI	9.26	0.69
29.50	VII	8.20	0.32
28.00	VII	9.22	1.46
29.50	VII	8.20	4.95
29.50	VIII	9.30	1.76
28.00	VIII	10.53	38.70
29.50	VIII	9.30	19.25
29.00	VIII	9.42	0.88
28.00	IX	12.26	100.01
29.50	IX	10.03	5.50
26.50	IX	14.02	1.33
28.00	X	13.21	13.84
26.50	X	16.02	0.57
27.00	X	15.17	5.22
28.00	XI	14.59	9.49
29.50	XI	12.34	26.95
31.00	XI	10.44	5.13
27.00	XI	16.31	0.87
28.50	XI	14.20	4.50
28.00	XI	14.59	15.40
28.00	XI	14.59	1.32
29.00	XI	13.05	2.55
29.00	XI	13.05	0.43
28.00	XI	14.59	0.50
27.00	XI	16.31	0.54
28.50	XI	14.20	1.12
25.50	XI	19.28	2.80
septiembre/1984			
27.40	VIII	11.26	0.16
27.40	IX	13.08	0.32
27.40	X	14.12	2.24
31.50	X	9.34	0.16
28.40	XI	14.35	0.46
27.40	XI	16.00	0.48
29.10	XI	13.30	1.03

INSTITUTO
 DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS
 Y TECNOLÓGICAS
 DEL ESTADO DE
 VERACRUZ
 VERACRUZ, VERACRUZ
 1984

Tabla 11.- Continuación.

TEMPERATURA (°C)	ESTADIO	EDAD (en horas)	ABUNDANCIA (en 10m ²)
agosto/1988, ciclo 24 horas			
24.00	I	2.38	1.98
24.00	I	2.38	4.32
23.60	I	2.49	11.87
23.80	I	2.43	2.79
25.30	I	2.06	2.14
26.00	I	2.30	0.64
26.00	I	2.30	1.12
24.50	I	2.25	0.62
24.00	II	4.44	223.78
24.00	II	4.44	1058.79
23.60	II	5.04	760.65
23.80	III	6.58	1601.18
25.30	IV	7.28	1504.61
26.00	V	8.31	722.31
26.00	VI	10.31	581.90
26.00	VII	11.52	1142.75
26.00	VII	11.52	796.61
26.00	VII	11.52	1452.18
26.00	VII	11.52	71.28
24.50	VII	14.02	354.95
25.00	VII	13.28	44.52
25.00	VII	13.28	55.93
26.00	VII	11.52	11.72
26.00	VII	11.52	7.10
26.00	VIII	13.16	11.72
26.00	VIII	13.16	26.47
26.50	IX	14.02	12.64
26.00	X	16.51	1.29
24.00	XX	23.20	2.97
24.00	XI	23.20	2.70
23.60	XI	24.24	2.54
26.00	XI	18.24	73.58
26.50	XI	17.25	0.94
27.00	XI	16.31	375.7
27.00	XI	16.31	15.88
27.00	XI	16.31	32.25
27.00	XI	16.31	5.68
26.00	XI	18.24	3.41
26.00	XI	18.24	16.73

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA
 I. P. N. E.