

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

"EVALUACION DE LA BIOMASA REPRODUCTORA DE *Sardinops sagax*  
POR EL METODO DE PRODUCCION DE HUEVOS, EN BAHIA MAGDALENA,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO".

Tesis que presenta:  
Julian René Torres Villagas  
para optar por el grado de M. en C.  
con especialidad en Ciencias Marinas.  
La Paz B. C. S. Octubre de 1986.

En el presente trabajo se aborda el problema sobre la evaluación de la población reproductora de Sardinops sagax utilizando el método de producción de huevos en el área de Bahía Magdalena, como un estudio previo a su aplicación en la costa occidental de Baja California Sur.

Se observa que la temporada de reproducción de S. sagax en Bahía Magdalena tiene dos máximos, uno en el invierno y otro en el verano, se identifica que variaciones en la corriente de California están asociadas a estos procesos. Se compara la época de reproducción de esta especie a la largo de la costa occidental de Norteamérica y se describe como un clinal. se encuentra que en Bahía Magdalena la reproducción de la sardina ocurre en un intervalo de temperatura más amplio (16-27 °C), comparado con lo que se ha determinado para la población norteña (frente a California y Baja California Norte). En cuanto al desarrollo embrionario se cuenta con observaciones que indican que el desarrollo con respecto a la temperatura puede describirse como una función potencial, tal como se ha descrito para el área de California y, los resultados sugieren que el desarrollo embrionario en la zona de estudio, es más rápido que en la población del norte. Para la estimación de la producción de huevos en el mar se utilizó el modelo empírico del índice de desarrollo - temperatura, obtenido para esta zona. Se hicieron observaciones para obtener la hora del desove, confirmando el máximo alrededor de las 22:00 horas; asimismo se obtuvieron datos independientes, sobre el índice de mortalidad instantánea en los estadios de huevo, con un valor de  $z = 7.670$ . El valor estimado para la producción diaria de huevos fue de 8.9108 huevos/0.05m<sup>2</sup>, y un valor de  $z = 7.54$ .

Para la estimación de la frecuencia de desovantes, se describen los folículos postovulatorios basándose en las características del proceso de reabsorción en la teca y la capa granulosa y, se tomó en cuenta la asociación de vasos sanguíneos, la cual aumenta al progresar la reabsorción. Para el cálculo de la edad de los folículos postovulatorios, se consideró el día inicial 0 día cero, con una duración de ocho horas, considerando solamente el período en que ocurre el desove entre las 18:00 y 22:00 horas. El valor estimado de la frecuencia de desovantes fue de 0.0573. La fecundidad parcial fue estimada a partir de la distribución de diámetros de ovocitos intraováricos de hembras maduras, puesto que la frecuencia de hecúras hidratadas fue muy baja. El valor de la fecundidad parcial fue de 19,641 ovocitos por hembra. El peso promedio fue corregido a partir de la curva de regresión obtenida para el peso total v.s. peso libre de gónadas para las hembras no hidratadas. El peso promedio fue de 85.885 g por hembra. Para la obtención de la proporción de hembras en términos de peso, se obtuvo la muestra mínima, la cual se fijó en 1 Kg. La proporción de hembras fue de 0.4747 y de estos valores se estimó la biomasa desovante para el área de Bahía Magdalena, en Julio de 1982, resultando ser de 238722.3 toneladas.

Se discuten los procesos de reproducción y el desarrollo

embrionario, su relación con factores ambientales como la temperatura y como afectan las variaciones de la corriente de California, a las estimaciones de los parámetros empleados en la evaluación. Asimismo se hacen comentarios sobre los aspectos metodológicos que deben tomarse en cuenta para utilizar muestras de adultos que provienen de la captura comercial, lo cual puede significar una menor inversión económica. Se concluye que para la aplicación del método de evaluación, en la zona de la costa occidental de Baja California Sur, es necesario establecer observaciones continuas mensuales del ciclo de maduración y tomar en cuenta en los sistemas de muestreo las diferencias poblacionales que se pusieron en evidencia, tales como las características de la temporada de reproducción y, la posible diferencia en el desarrollo, a fin de lograr un óptimo en el sistema de evaluación. En general los métodos empleados para estimar los parámetros del modelo de evaluación, son adecuados para su uso en Bahía Magdalena.

Finalmente también se discute sobre la posibilidad de aplicación de este método para especies tropicales, con las cuales puede ser útil el esquema de investigación que se plantea en este trabajo, el cual comprende observaciones previas sobre la época de reproducción, el horario del desove, el efecto de la temperatura sobre este proceso, así como del desarrollo embrionario, especialmente los valores del desarrollo.

## \* ABSTRACT

This study deals with the problema encountered when evaluating the spawning population of Sardinops sagax by the egg production method. This work was undertaken in Bahia Magdalena, Baja California Sur, as a pilot study, prior its application in the west coast of Baja California Sur.

It became evident that the spawning saeson of S. sagax shows two main peaks, one in Winter and the other in Summer also, variation in the California Current associated to this process were identified. The spawning season of this species is compared along the West Coast of North America, and it is described as a clinal. The reproductive process of S. sagax in Bahia Magdalena occurs within an ample interval of temperature (16-27 °C), as compared to that described for the northern population (California and Northern Baja California). In as regarding the embrionic development, this study shows that the temperature - rate of development relationship can be described as an potential function, such as that described for the area of California. However, these results suggest that the embrionic development rate in the studied areas is somewhat fast than that described for the northern population. An empirical rate of development - temperature model was considered in order to estimate the dayly egg production in the sea to asses the hour of maximum spawning activity, plankton samples were collected every hour during periods of 24 hrs. Analysis of these samples showed that the time of maximum activity is around 22:00 hrs. Likewise, data were obtained and the index of instantaneous mortality rate for the various egg development stages was investigated. the value of  $z$  thus estimated was 7.670. The value for the dayly egg production was 8.9108 eggs/0.05 m<sup>2</sup>, and a mean value of  $z$  of 7.54.

Postovulatory follicles are described according to their histological features and the characteristics of the reabsortion process observed in the thecal and granulosa cells. In calculating the age of postovulatory follicles, the initial day (day 0) was considered to have a duration of 8 hrs thus, the period in which the spawning activity takes place runs from 18:00 hrs to 02:00 hrs. The estimated value for the spawning frequency was 0.0593. Batch fecundity was calculated from the distribution of diameters of intraovarian oocytes of mature female specimens. Gonads with hydrated oocytes were not used, because the frequency of occurrence of such specimens turned out to be exceedingly low. The batch fecundity value thus determined was 18,941 oocytes/female.

Mean weight was obtained from a regression curve fitted between total weight and gonad free weight for non-hidrated females; mean weight was 85.88 g/female. Sex ratio and female proportion was obtained and is refered to as weight. Previously a least-sample which represented a rearonable sex ratio and female proport ion had been obtained, which was determined as 1 kg. Female proportion was 0.4747.

When all of the above mentioned parameters were put together, resulted in 23,722.3 tons of spawning biomas for Bahia Magdalena in July 1982.

A discussion is presented dealing with the reproductive processes and embryonic development, their relation to environmental factors and that variations in the California Current produce anomalies in the parameters involved in the actual motions of the evaluation. Comments are made on the convenience of obtaining samples on board fishing vessels from commercial fleets, in order to reduce operative costs.

## 1 INTRODUCCION

A nivel mundial la sardina es actualmente objeto de una explotación a gran escala. Junto con la anchoveta, aportaron en 1976 alrededor de 15.1 millones de toneladas, aproximadamente el 21 % de la producción pesquera mundial. En 1978 las capturas mundiales de sardina llegaron a 10.6 millones de toneladas, de las que 4.1 millones (31%) fueron de especies del género Sardinops.

Existen pesquerías de clupeidos que son muy antiguas; sin embargo, no fué sino hasta principios de este siglo que se empezaron a capturar en cantidad elevada. Diversos factores han estimulado el crecimiento de esta industria en varios países. A partir de 1916 se utilizó en forma preferente el enlatado de sardina en la costa pacífica de Canadá y los Estados Unidos de América, principalmente debido al aumento de la demanda de alimentos durante la primera guerra mundial (Clark, 19521, hasta 1948 en que la producción se agotó. Más tarde el uso de harina de pescado como fuente de proteínas para consumo animal en las actividades pecuarias, fué otra de las razones principales que fomentaron la explotación de estos recursos. Aunque esta Segunda opción apareció como complemento del enlatado, en la actualidad más del 70 % de las capturas mundiales se destina a la producción de harina y aceite, aunque otras especies se consumen en fresco, tal como la Sardina pilchardus, que tiene una excelente calidad.

En México la pesquería de sardina apareció originalmente asociada con la de California, en la zona de Ensenada e Isla Cedros. A partir de 1955 se inició la captura en Bahía Magdalena, y en 1969 la flota empezó a operar también en el Golfo de California. El hecho de iniciar la explotación en otras áreas y que en ellas las capturas sean multi-específicas, ha permitido aumentar notablemente los valores de producción nacional, puesto que a partir de una captura de 101,000 Tm en 1973 se alcanzaron las 350,000 Tm en 1981, ocupando el segundo lugar en importancia a nivel nacional en cuanto a volúmenes de captura (VI Informe de Gobierno, México 1982). Estos volúmenes corresponden principalmente a Sardinops sagax caerulea conocida como "sardina monterrey" y varias especies de Opisthonema denominadas en conjunto "sardina crinuda".

En la pesquería nacional la sardina monterrey es la especie más importante, no solo por la magnitud de sus capturas, sino porque es la que originalmente se destina para consumo humano directo puesto que en la sardina crinuda se presentan escudetes óseos a lo largo de la línea media ventral, que disminuye la calidad del producto para el enlatado. Sin embargo, actualmente estas especies también se enlatan.

La industria sardinera se encuentra localizada en el Noroeste del país; en Isla Cedros y Bahía Magdalena en la costa Occidental de la Península de Baja California; en Santa Rosalía, Puerto Peñasco, Quaymas, Topolobampo, Mazatlán y otros puertos en el Golfo de California.

La actividad asociada a la explotación de este recurso tiene trascendencia económica y social a nivel local y nacional. Por otra

parte, para Baja California sur representa el recurso industrial pesquero más importante del Estado, tanto por su nivel de producción como por la generación de empleos.

A nivel mundial, las grandes fluctuaciones en la disponibilidad del recurso de una temporada a otra y a más largo plazo, han tenido gran impacto en la actividad económica que representa la pesca de sardinas o anchovetas en diferentes países. Cabe mencionar, por ejemplo, el caso de la sardina de California, que después de haber obtenido valores de producción hasta de 791,330 Tm en 1936-37, para 1951-52 la captura disminuyó a 128,530 Tm (Clark, 1952) para posteriormente desaparecer. También en Sudafrica, donde las capturas ascendieron a 1.6 millones de Tm, mientras que en 1978 apenas alcanzó a 129,000 Tm. Casos semejantes pueden señalarse en Clupea harenaus (el arenque del Mar del Norte), Engraulis ringens en la llamada gran crisis de la anchoveta peruana y, Sardina pilchardus del atlántico europeo. (Lasker, 1981).

Las variaciones en la abundancia de sardina han sido objeto de amplias discusiones. Dos tendencias son evidentes: una explica estos cambios tomando como base una sobreexplotación (Clark y Marr, 1955); la segunda sobre el efecto de las condiciones ambientales, que además de afectar los procesos reproductores influyen el éxito de las generaciones anuales, (Radovich, 1962).

Por otra parte, hay que señalar que en México no se ha llevado a cabo una adecuada planeación de la actividad pesquera. Normalmente se opera sobre la base de una capacidad instalada sin considerar las condiciones de la población que se está explotando. Esta situación se mantiene entre otras cosas, por la carencia de evaluaciones oportunas de las poblaciones y de indicadores de variaciones de la misma a mediano plazo.

De cualquier manera, ya sea desde el punto de vista administrativo de la industria o la regulación de la pesquería, resulta que la evaluación del recurso es el punto de partida, para conocer la magnitud de las existencias, y para ofrecer una base biológica más amplia para la regulación pesquera.

En la actualidad existen diversos métodos para evaluar poblaciones de peces pelágicos, los cuales pueden agruparse como sigue:

- Métodos indirectos basados en la captura (CPUE)
- Conteo directo
- Experimentos de marcado y recaptura
- Levantamientos hidroacústicos
- Censos de huevos y larvas
- Producción diaria de huevos

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS MARINERAS

BIBLIOTECA

Cada uno de estos métodos presenta ventajas y limitaciones, entre otras las siguientes:

Los modelos de producción suponen la relación entre la población, la cantidad de pesca y la pesca total. La mayoría de estos modelos considera que al no haber pesca, la población aumenta, debido al crecimiento neto de los organismos que ya forman la población más el reclutamiento de los juveniles, menos las pérdidas por mortalidad natural. De esta forma, el incremento tiene una relación con las dimensiones de la población. Será pequeño cuando la población es escasa, aproximándose a cero en las poblaciones muy grandes, ya que el incremento natural también es pequeño a medida que el tamaño de la población se aproxima a la capacidad de mantenimiento del medio, por mortalidad, por escasa reproducción, por algún otro factor o todos ellos combinados darán por resultado que el máximo será igual al incremento más el reclutamiento.

Con este razonamiento se puede describir la relación entre la abundancia de la población y el incremento natural; por una parábola en el caso más simple, donde existe un punto máximo en una población de tamaño intermedio. En el caso ideal, la población puede ser explotada a ese nivel máximo, con un valor equivalente al incremento natural sin que la población sufra cambios; es decir, esta captura puede mantenerse indefinidamente. Por lo tanto, la curva es también relativa al rendimiento sostenido con respecto a la abundancia de la población.

Con estos modelos se asocia un valor de captura con la abundancia de la población en forma relativa; es decir, puede saberse que la abundancia de una temporada es el doble de la anterior, sin poder llegar a valores absolutos sobre la magnitud de la misma. Las ventajas de estos métodos radican en que los datos requeridos están generalmente contenidos en las estadísticas de pesca. Por otra parte, su aparente simplicidad no considera la heterogeneidad dentro de la población por ejemplo, las diferencias que se presentan entre los sexos, o la composición por tallas, ni factores externos que afectan el reclutamiento, la alimentación, etc. (Gulland, 1983).

Los métodos directos son impracticables en el caso de las sardinias, debido a la gran densidad de los cardúmenes y a su movilidad, entre otras cosas. Los experimentos de marcado y recaptura, pudieran ser una posibilidad, pero es difícil la recuperación de marcas en particular en peces tan pequeños que se procesan en forma masiva. Por otro lado, la magnitud del recurso hace que para esta técnica se requiera la operación de un programa de marcado con un costo muy elevado.

Los métodos hidroacústicos se basan en la estimación del número y tamaño de cardúmenes por medio de ecos que produce una señal enviada desde un barco. En principio es posible contar los cardúmenes detectados a lo largo de un crucero. En forma simultánea, se efectúa pesca como control, para conocer la composición específica y la proporción de las especies detectadas.

Finalmente, se puede calibrar la cantidad de peces contenidos en



una unidad de volumen y evaluar 105 cardúmenes encontrados en términos de área o volumen, para calcular valores absolutos de biomasa (Burczynski, 1979).

En general, estos métodos pueden llegar a tener una gran resolución, puesto que a partir de los ecogramas se puede llegar a obtener para un cardumen las tallas de los peces que lo integran (Johannesson, 1971).

Las limitaciones derivan fundamentalmente en relación a la pesca de control, puesto que en el caso de la sardina, 5010 puede efectuarse de noche, cuando los peces son más vulnerables a las artes de pesca. De tal manera se debe suponer que los cardúmenes detectados durante el día son los mismos que se capturan por la noche y, además que mantienen sus características de densidad y composición específica a lo largo del día. Otro factor que puede ser crítico, es la intensidad del blanco, que varía de acuerdo al estado fisiológico de los peces y a la posición de éstos con respecto al haz emitido, entre otras cosas. Finalmente otra desventaja, está en la tecnología implícita de 105 instrumentos utilizados, que solo se produce en países industrializados.

Los métodos de censos de huevos y larvas son diferentes a los anteriores, puesto que estiman la población adulta a partir de los huevos y/o larvas recolectados en el mar, evaluando al grupo de reproductores que los produjo. Entre sus ventajas, se cuenta la información que proporciona sobre las áreas de reproducción de las especies, aportando asimismo datos sobre las características de una determinada temporada de reproducción.

Su fundamento consiste en que la abundancia de huevos o larvas en el plancton está relacionada con la cantidad de peces que los produjeron, asociando así índices de abundancia de huevos o larvas, con valores de biomasa calculados de forma independiente. Su principal limitación estriba en que se debe contar con una serie histórica de observaciones de biomasa y de índices larvales o de huevos, por lo que no es posible aplicarlo en pesquerías que se inician o en caladeros recientes donde no hay registros previos; además, requieren levantamientos planctonológicos repetidos en una misma temporada\* lo cual eleva los gastos de operación.

Los métodos que se han señalado, tienen como factor común que las medidas son relativas a la población, situación difícil de resolver, en especial en el caso de nuevas pesquerías o nuevos caladeros, donde no hay registros previos, tal como ha sido señalado antes.

Los antecedentes del método de evaluación por producción diaria de huevos fueron propuestos por Saville (1964). Parte de la idea de que se puede conocer el número de reproductores desovantes de una población de peces (número de peces desovantes), a partir de una estimación de la cantidad media de huevos producidos por un desove en un área determinada dividiendo entre el número medio de ovocitos que potencialmente puede producir una hembra y entre la proporción que tienen los sexos en la población. Multiplicando este número por el

peso promedio de los peces, podría calcularse la biomasa de Los reproductores desovantes en un área determinada y en un momento dado como una observación instantánea.

$$B = P / (a b) \quad (1)$$

Donde B = Biomasa desovante, P = Producción diaria de huevos en el mar, a = Fecundidad parcial y b = Proporción de hembras en la población.

Esta idea no pudo aplicarse a la evaluación de poblaciones de sardina, que presenta un ciclo reproductor asincrónico (Clark, 1936; MacGregor, 1957) (fig. 4). Esto significa que en una observación instantánea, es solo una fracción de la población la que se encuentra desovando. En el momento que se propuso la ecuación (1), no se conocía la forma de estimar la fracción desovante de una población. En estos términos, para aplicar la ecuación (1), se debe suponer que toda la población reproductora desova al mismo tiempo, es decir que presenta un ciclo reproductor sincrónico, con una fracción desovante igual al 100 %.

La fracción desovante fué evaluada por Hunter y Goldberg (1980), para Engraulis mordax cultivado en laboratorio, a partir de las cicatrices del desove en el ovario, o sean los folículos postovulatorios que son retenidos en la gónada y que presentan diferentes fases de reabsorción hasta que finalmente desaparecen. Con este proceso, establecieron una escala morfológica con la cual calcularon la edad de 105 estadios postovulatorios (PO). Hunter y Macewicz (1980) trabajando con E. mordax en poblaciones oceánicas, corroboraron la escala morfológica anterior y obtuvieron la fecundidad parcial para la temporada de pesca 1980, utilizando ovarios hidratados a punto del desove.

Finalmente Parker (1980) incluye en el modelo anterior (ecuación 1), la fracción desovante. Un requisito importante para la aplicación del método, es que todos los parámetros tanto de la población reproductora como la de huevos en el plancton, se obtengan en forma simultánea.

$$B = P / (a b c) \quad (2)$$

c-Frecuencia de desovantes por día.

Por todo lo anterior, resulta evidente que el método sólo puede aplicarse durante la temporada de reproducción, la cual hay que ubicar con precisión en el tiempo.

Para la aplicación de esta metodología, la ecuación (2) se debe alterar para el área que comprende el muestreo de plancton y el promedio del peso de las hembras, transformandose en:

$$B = P(AW^*)/(abc) \quad (3)$$

A=Area considerada en el muestreo de plancton, W\*=Promedio del peso de las hembras.

Para estimar los parámetros utilizados en la ecuación (3), existen métodos ya establecidos, como el que MacGregor (1957) utiliza para calcular la fecundidad parcial, para S. sagax aprovechando la distribución polimodal de los diámetros de los ovocitos intraováricos y suponiendo que el grupo desfasado más avanzado representa el próximo desove. LeClus (1977) trabajando con S. ocellata compara tres métodos para estimar la fecundidad, estableciendo sus equivalencias; Balbontin y Fischer (1981) utilizan un aparato muestreador para obtener la distribución polimodal de los ovocitos intraováricos en Merluccius gausi gausi, y calculan la fecundidad total para esta especie.

Sin embargo, Nikolski (1963), al comparar una serie de valores de fecundidad en diversas especies del Mar Negro para diferentes años, hace énfasis en las variaciones que se presentan de una temporada a otra. Bagenal & Braun (1971) relaciona las variaciones de la fecundidad con la calidad y cantidad del alimento proporcionado en el cultivo de Salmo trutta. Esto hace notar una característica importante de la fecundidad: debe ser estimada en la temporada en que se pretende utilizar para los fines de evaluación, puesto que presenta oscilaciones de una temporada a otra.

La utilización de un valor obtenido previamente, sólo puede tomarse como una aproximación del valor de fecundidad parcial, sin que pueda considerársele válido y constante a lo largo del tiempo. Por otra parte, los conceptos de fecundidad parcial y frecuencia de desovantes han sido tratados en forma independiente. Únicamente Hunter y Leong (1981), estudiando los valores energéticos de la maduración y el desove en cultivos de E. mordax, relacionaron la fecundidad parcial con la frecuencia de desovantes para dar un indicador de la fecundidad total en esta especie.

Para la estimación de la frecuencia de desovante s, Cunningham (1898) describió las estructuras postovulatorias en las gónadas de algunas especies de teleosteos. Andrews (1931) las señaló en una descripción detallada del ovario de S. sagax. Finalmente, Hunter y Goldberg (1980), haciendo observaciones en cultivos de E. mordax pudieron estimar la edad de los folículos postovulatorios y obtuvieron la frecuencia de hembras desovantes por día. Hunter y Macewicz (1980) hicieron lo mismo con poblaciones naturales.

En el caso de S. saax en el Pacífico mexicano, es necesario estimar cuanto dura la reabsorción de los folículos postovulatorios; confirmar si es posible agruparlos por edades y, finalmente, calcular la frecuencia de desovantes mediante la clasificación de estos folículos. Para todo lo anterior no existe información específica. Para la evaluación se requiere información de la proporción de sexos; a este respecto, Wong (1976) y Molina y Pedrin (1976), han presentado información; sin embargo, estas proporciones se obtienen como el número de machos por cada hembra en la población, mientras que para los

fines que nos ocupan, es más útil la proporción de hembras en términos de peso.

Para calcular la producción de huevos ( $P_0$ ) no existe información sobre índices del desarrollo embrionario en función de la temperatura, conocimiento fundamental para estimar la edad de los embriones. Se dispone de modelos desarrollados para la región de California (Ahlstrom, 1943; Lasker, 1964). Por último, el índice de mortalidad instantánea fue determinado por Ahlstrom (1954, citado por Smith y Richardson, 1979), también para el área de California.

En México se han realizado algunos estudios sobre *S. sagax*, fundamentalmente en el Golfo de California para coadyuvar en el establecimiento de la pesquería. Yokolov y Wong (1972) dan cuenta de una prospección para definir áreas de pesca y evaluación de existencias, con algunas observaciones biológicas relativas a la reproducción. En este trabajo localizaron la máxima actividad reproductora durante el mes de abril en el área cercana a Guaymas.

Sokolov (1973) describió un esquema tentativo de migraciones de esta especie en el Golfo de California y lo asocia con la actividad reproductora, así como con áreas de surgencia. Wong (1973) indica la proporción sexual en términos de número de individuos y advirtió un predominio de hembras; utilizando un coeficiente de madurez propuso tres desoves parciales. Finalmente) describió el ciclo de madurez con observaciones macroscópicas.

Molina y Pedrin (1974), además de presentar estadísticas pesqueras, hicieron hincapié en el patrón reproductor de esta especie. Asimismo, encontraron que en el Golfo de California se presenta la máxima actividad reproductora desde diciembre hasta marzo, discutiendo sobre las áreas de desove. Padilla (1976) describió la distribución de huevos y larvas de sardina monterrey en el Golfo de California en 1974, señalando los alrededores de Guaymas como el área más importante para el desve.

De la Campa, et al (1976a) efectuaron la evaluación de biomasa desovante por el método de censos larvales para 1975; De la Campa et al. (1976b) describen la distribución de las larvas de *S. sagax* en la costa occidental de Baja California en 1973.

Para aplicar el método de evaluación por producción de huevos, es necesario cubrir hasta donde sea posible la carencia de datos en el conocimiento de una población poco estudiada, infiriendo algunas de sus características basándose en estudios previos en otras áreas. Sin embargo, no es aceptable presumir que el comportamiento de las poblaciones se mantenga estable a lo largo del tiempo y que sea homogéneo para la misma especie a lo largo de toda su distribución espacial.

Por lo tanto, en el presente trabajo se estudian algunos aspectos de la reproducción y desarrollo embrionario de esta especie en

el área de Bahía Magdalena; en principio, para adaptar el método de evaluación por producción de huevos a *S. sagax*; discutir su eficiencia en una especie diferente a la anchoveta para la que ha sido aplicada y para conocer algunas de sus características reproductoras, teniendo en consideración que esta área (la costa Occidental de Baja California) ha sido insuficientemente estudiada.

## OBJETIVO

1. Establecer las bases para la aplicación específica del método de **evaluación por producción de huevos** para **Sardinops sagax** en la **costa** occidental de **Baja California Sur**.

## METAS

- a) Conocer el ciclo de madurez de **S. sagax** en **Bahía Magdalena**.
- b) Conocer, describir y calcular la edad de las **etapas del ciclo de desove de** esta especie.
- c) Calcular la frecuencia de **desovantes por día**.
- d) Calcular la fecundidad parcial.
- e) Calcular la **proporción** de hembras en la población, en **términos** de peso.
- f) Calcular la producción de huevos por **día**.
- g) Integrar toda esta información en un **patrón** que **explique** el comportamiento reproductor de la población.
- h) Llevar a cabo la **evaluación** de biomasa desovante en **Bahía Magdalena**.

## • METODOLOGIA

El planteamiento general de este **trabajo** puede agruparse en tres líneas principales de actividad, a fin de facilitar su **discusión**. La evaluación en si puede dividirse en dos fases: la primera es la estimación del número inicial de huevos en el mar en un **día (Po)**. Para llegar a ella se parte de un muestreo rutinario de plancton, del cual se obtiene la **composición** de huevos por edades hasta definir la distribución de frecuencias por edad en función de la hora de **captura**. La segunda parte, asociada intimamente a la inicial, consiste en el desarrollo de **un sistema** de muestreo con estaciones de 24 horas, que se utilizaron para obtener la validez de algunos parámetros básicos indispensables para la determinación de la edad de 105 huevos recolectados en el muestreo rutinario y, especialmente, para **corroborar** la hora del desove.

La tercera parte comprende el muestreo de **ejemplares** adultos, con el fin de determinar la producción potencial de huevos por **día** por unidad de peso de la población. Aquí quedan agrupados cuatro temas principales, que son: 1) 'la **determinación** del peso promedio de las **hembras**; 2) la estimación de la **proporción** ponderal de hembras en la población; 3) la determinación del promedio de la fecundidad parcial individual y 4) la **estimación** de la frecuencia de desovantes. Un elemento común a estas partes es el análisis histológico, a partir del cual se determina directamente la frecuencia de desovantes y se seleccionan las hembras para determinar la fecundidad y para hacer correcciones de **peso**, necesaria tanto para la estimación del **peso promedio** como para definir la **proporción** de hembras en peso. En la figura (1) se representan los diferentes pasos seguidos **así** como las relaciones que se **pueden** reconocer durante la **aplicación** del **método** de **evaluación**.

### I. Ciclo de madurez gonádico

Tal como **fué** señalado en el **capítulo** anterior, el desarrollo de los experimentos para aplicar el **método** de evaluación por **producción** de **huevos** debe llevarse a cabo durante la época de reproducción, puesto que **sólo en este periodo es posible** obtener resultados positivos. **Fuó necesario**, por lo tanto, determinar el ciclo de madurez gonádico para ubicar en el tiempo todas **las actividades** relativas a la **evaluación**

El ciclo reproductor **fué** seguido mensualmente durante las temporadas de pesca 1981 y 1982, a partir de muestras obtenidas a bordo de la flota comercial, que consistieron en 35 hembras tomadas al **azar**. De ellas se registró el estadio de madurez de acuerdo a una **escala macroscópica** (CICIMAR, 1983b), que ofrece suficiente información sobre la presencia de hembras maduras y en desove a lo largo de la temporada. Los estadios que se consideraron  **fueron**:

#### 0. Indiferenciado

##### 1. Inmaduro

## 2. En maduración

## 3. Maduro y Desove

## 4. Postdesove

Los ejemplares fueron fijados completos, en formalina al 10 % en solución reguladora de fosfatos, con un corte en la línea media ventral. Al desembarcar se registro el peso total, la longitud patrón, sexo y estadio de madurez. Asimismo, se extrajeron las gónadas y en el laboratorio se tomó una muestra de 105 ovarios, para su análisis histológico con el fin de comprobar las observaciones macroscópicas. Las técnicas empleadas para el estudio de la morfología microscópica, fueron de acuerdo a Gray (1958) y Gurr (1962). Se considero como el final de la temporada de reproducción la etapa en que se presentó alta incidencia de folículos atrésicos, puesto que son aquellos que por alguna causa se reabsorben en el ovario sin completar su desarrollo. Estas estructuras fueron clasificadas según los criterios de Lambert (1970). Cuando este fenómeno se presenta en forma masiva, tiene como resultado que la producción de ovocitos disminuye en forma sustancial, iniciando el periodo de reabsorción para luego llegar al estado de reposo.

A partir del estudio histológico del ciclo gonádico, fué posible obtener la talla mínima de madurez, la cual se presenta con dos variantes: la primera se obtiene como la talla de las hembras más pequeñas que se encontraron con estadios avanzados de maduración, la segunda, la talla mínima de hembras donde se identificaron folículos postovulatorios. Esta última determinación es necesaria ya que en la sardina de Sudafrica Sardinoo s ocel lata, se describe una falsa madurez y que consiste en que las hembras pequeñas maduran sin llegar al desove. Sin embargo, la presencia de folículos postovulatorios hace irrefutable, su participación en el desove.

Además del estudio histológico, se calculó el factor de madurez siguiendo la fórmula corregida por Macer (1974):

$$FM = (Wg / Wt - Wg) 100 \quad (4)$$

Donde FM= Factor de madurez, Wg= Peso de las Gónadas y Wt= Peso total

El hecho de utilizar el peso individual libre del peso de las gónadas es con el fin de eliminar el sobrepeso que adquiere el ovario cuando está a punto del desove, ya que hay una hidratación que perdura apenas unas horas. En el caso de las hembras no hidratadas, la relación entre el peso de la gonada y el peso del cuerpo es tan pequeña, que para los fines de seguir la temporada de reproducción "grosso modo" carece de significado.

Con esta información, se obtuvo la proporción de hembras



maduras, clasificando los ovarios de acuerdo con las observaciones histológicas. Se agruparon por intervalos del factor de madurez, para de esta forma definir la madurez de las hembras en función de este factor los ejemplares utilizados en la determinación de la fecundidad parcial; y de aquellas hembras con ovarios hidratados para calcularles el peso antes de la hidratación. En los párrafos correspondientes se explica, en cada caso, como fue utilizado este factor de madurez.

Con la finalidad de comprobar la constancia del patrón de reproducción a lo largo de varios años, se agruparon las líneas de muestreo del plan básico de estaciones oceanográficas de CalCOFI (Anónimo, 1963), en tres zonas: la norte que va de Cabo Mendocino a Punta Concepción, la centro entre Punta Concepción y Punta Eugenia y la sur entre Punta Eugenia y Cabo San Lucas (fig. 2).

Posteriormente, tomando como base los datos de Kramer (1970), se contaron por meses en cada zona las estaciones en cuya muestra existían huevos y larvas de S. sagax, en el periodo comprendido entre 1951 y 1966, agrupandolas por meses.

Por otra parte, a fin de determinar el comportamiento de la temperatura media superficial y su posible correspondencia con el ciclo gonádico de S. sagax en Bahía Magdalena, se analizaron las temperaturas superficiales en un plan de estaciones (fig. 3; CICIMAR, 1984c). La temperatura superficial media para un mes dado representa el promedio simple de temperaturas en todas las estaciones.

Además de lo anterior, se determinó el periodo de insolación en los días 1, 11, 22 y 30 o 31 de cada mes, considerado a partir de la hora en que finaliza el alba, hasta el inicio de la puesta del sol, con el fin de detectar alguna relación entre las variaciones del fotoperiodo y el ciclo de madurez sexual.

## II. Calculo de la producción de huevos en el mar

Para la estimación de la producción de huevos en el mar, se partió de las muestras tomadas en el crucero BAMA XII, realizado en Julio de 1982, con el fin de hacerlo coincidir con la fecha en que se tomaron las muestras de los adultos, las muestras de plancton fueron tomadas en un plan de estaciones que se muestran en la figura (3), con una red cónica de 60 cm de boca y malla de 500 micras, se fijaron en formalina al 4 % neutralizada con borato de sodio. En cada estación se registró la temperatura superficial y la hora de arrastre. En el laboratorio se separo el ictioplancton. Este proceso fue realizado por personal del Departamento de Plancton de CICIMAR.

En estas muestras se identificaron los huevos de S. sagax y se separaron por estadios, de acuerdo a las descripciones de Ahlström (1943). Ya que es un fenómeno común encontrar huevos que presentan un notable estado de degeneración, por lo que no es posible determinar con certeza el estadio al que pertenecen, y esos fueron agrupados en una categoría por separado, y su número fue distribuido en los estadios normales de la muestra de acuerdo a las frecuencias relativas de éstos

últimos, posteriormente se hizo el cálculo de edad para los huevos colectados en cada estación, de acuerdo a los modelos de tiempo de desarrollo - temperatura de Lasker (1964) y el obtenido en este trabajo para Bahía Magdalena, además la edad calculada desde las 22:00 hrs. hasta la hora en que se tomó cada muestra. Se normalizó el número de huevos por cada estación, a un área de 0.05 m<sup>2</sup>.

Para la estimación de la producción media de huevos, se descartaron aquellos que se encontraron en estadio XI, por ser el último estadio antes de la eclosión, y no hay certeza de cuando se inicia este proceso. Tomando como base las densidades de huevos, el área de estudio se dividió en dos zonas, una al norte que comprende los canales y la propia Bahía Magdalena, la otra zona al sur, en Bahía Almajas. El área que representa cada estación fue calculada como el polígono formado por líneas que pasan en el punto medio entre estaciones contiguas.

El cálculo del número de huevos de la edad  $i$ , se hizo de acuerdo con Stauffer y Picquelle (1980), utilizando la ecuación:

$$P_i = \sum_{j=1}^2 w_j P_{ij} \quad (5)$$

Donde:  $P_i$  = Promedio de huevos de edad  $t_i$  en el mar,  $w_j$  = tamaño relativo de las zonas,  $w_1$  (zona Norte) = 0.6839 y  $w_2$  (zona Sur) = 0.3161 y,  $P_{ij}$  = número de huevos de edad  $t_i$  para la región  $j$ .

La edad de los huevos fue agrupada en intervalos de una hora, y fueron utilizados como fracciones de día, por tanto el valor del incremento del intervalo de edad es igual a 0.0417.

Con estos valores se estimó la producción media de huevos en el área muestreada, ajustándolos al modelo exponencial de mortalidad:

$$\ln P_i = -z t (\ln P_0) \quad (6)$$

Donde  $P_i$  = Número de huevos al tiempo  $i$ ,  $P_0$  = Número de huevos al tiempo cero (es decir al tiempo del desove) = Producción inicial,  $z$  = índice de mortalidad instantánea,  $t$  = periodo de tiempo considerado entre las observaciones de  $P_i$ .

Esta ecuación fue resuelta utilizando un método iterativo, mediante el cual se hacen aproximaciones sucesivas con diferentes valores de pendiente (índice de mortalidad instantánea); y calculando la distancia entre la curva y los valores de huevos por edades ( $P_i$ ), de tal modo que el valor seleccionado es aquel que genera una curva con la distancia mínima a las observaciones. En Santander et al. (1984) se presenta el programa de computadora utilizado.

-Se desconocen las temperatura5 a la5 que se produce el desove en el área de estudio

-No hay una valoración de las diferencias en el comportamiento reproductor para la población de S. sagax en el área de la Costa Occidental de Baja California Sur.

-Las temperaturas que se registraron en los muestreos de plancton, fueron Únicamente de superficie.

Previamente a las observaciones planteadas, fué necesario el análisis de la información existente sobre arrastres de plancton realizados en el área, se tomaron los datos presentados en CICIMAR (1983a), que comprende colectas mensuales en Bahía Magdalena, desde fines de 1981 hasta mediados de 1983, donde simplemente se registraron la5 frecuencias de lances de plancton por intervalo5 de temperatura, separando los lances positivos; es decir, aquellos con huevos de S. sagax. Estas frecuencias también se presentan como frecuencias relativas, con el fin de eliminar la influencia de las temperaturas más comunes en el área. Para definir la temperatura Óptima del desove, se utilizó el criterio de Tibby (1937), considerando como la temperatura Óptima para el desove, a los grupo5 modales presentes, estos datos fueron tomado5 de (CICIMAR, 1983a).

Como resultado inmediato, se observa que las temperaturas presentes en la zona, por lo meno5 durante el principio del verano, están por encima del dominio de 105 modelo5 de tiempo de desarrollo - temperatura que existen para el área de California, (Ahlfstrom, 1943; Lasker, 1964), por lo que se hizo necesario ampliar el dominio de este modelo.

La5 estaciones de 24 hora5 se ubicaron localizando la5 áreas de reproducción en la zona con un criterio basado en la definición de Smith y Richardson (1979), consideradas como el área de distribución de huevos del día "0". Para ello, se analizaron muestras de plancton de las campañas BAMA IX, X, XI, XI 1, XXI, (Realizado5 por el Departamento de Plancton del CICIMAR). Se identificaron los estadios de los huevos y se les asignó edad de acuerdo con el modelo de Ahlfstrom (1943). Al realizar los muestreos, se seleccioné el área de reproducción más cercana a la zona donde se hubiesen realizado las operaciones de pesca en los días anteriores, información que se obtuvo directamente de los pescadores.

La5 actividades realizada5 cada hora en estas estaciones, consistieron en el registro de temperatura, salinidad y conductividad en la superficie, media agua y fondo; arrastres superficiales para recolectar plancton, anotando la hora del lance. Además se llevaron a cabo lance5 de pesca con red agallera, con el fin de capturar adultos

que pudiesen estar asociados a los huevos recolectados en las muestras de plancton. Con los datos obtenidos se determinaron las variaciones de temperatura y salinidad en ciclos diarios y, se obtuvieron series del desarrollo embrionario por horas.

Las muestras de plancton fueron fijadas en formalina al 4 % neutralizado con borato de sodio. En el laboratorio fueron separados los huevos de *S. sagax*, y se anoto la hora en que aparecieron huevos en cada estadio, tomando de aquí la hora del desove, por lo menos como una aproximación. Partiendo de este dato, fue posible calcular la edad de los huevos recolectados en cada muestreo de 24 horas, y por extrapolación la edad de los huevos de los muestreos BAMA IX, X, XI, XII, xx. Estos se presentan en gráficas por edades en función de la temperatura a la cual fueron recolectados. Con esto se hizo un ajuste potencial para cada estadio obteniendo un modelo de relación edad - temperatura.

Con los valores de abundancia de huevos por horas, se ajustó el modelo de mortalidad, con el fin de obtener una aproximación del índice de mortalidad como una observación puntual.

Las variaciones de las temperaturas para los tres niveles considerados, se presentan en gráficas.

#### IV. Frecuencia de desovantes

Para determinar la frecuencia diaria de hembras desovantes, hay que hacer las siguientes consideraciones: el desove ocurre durante la noche, entre las 18:00 y las 02:00 horas, con un máximo alrededor de las 22:00 horas, (Ahístrom, 1743 y Hunter, 1982). Además el desove ocurre cada noche como evento independiente, tal como se presenta en los desovantes parciales, es decir cada noche desova un grupo diferente de hembras, hasta que se llega al 100 % de la población reproductora. Posteriormente se repite el ciclo de desove.

Debido a que los cálculos de edad de los folículos PO, también implican la hora del desove, se planteó obtener este dato a partir de la ubicación en el tiempo de hembras con folículos PO(0). Para tal efecto se tomaron muestras cada hora de sardinas mantenidas en un tanque para carnada viva de un barco atunero; confiando que estas hembras lograran estar acondicionadas al cautiverio y se encontraran desovando, la captura de la carnada se realizó en Bahía Asunción Baja California Sur, el 8 de marzo de 1983 y el muestreo diez días después, a partir de 18:00 a las 07:00 horas.

Para la estimación de los parámetros de la población reproductora, se partió de muestras tomadas de 10 lances de pesca a bordo de la flota sardinera durante el mes de Julio de 1982. También se realizaron lances de pesca con red agallera en enero de 1984, donde sólo se tomaron muestras de cuatro lances de pesca. En ambos casos se llevaron los registros y procedimientos que ya se han descrito. Por medio del análisis histológico de este material, se clasificaron los ovarios en las seis categorías establecidas por Hunter y Goldberg

(1980), de acuerdo a la siguiente escala:

1. Ovario5 Hidratados
2. PC1 (0)
3. PO (1)
4. PO (2)
5. Ovario5 Maduros no Desovante 5
6. Ovar ios Inmaduro5

En lo que se refiere a la edad de 105 folículos postovulatorios, al igual que en 105 huevos, se consideró como el tiempo transcurrido que va de las 22:00 horas hasta la hora de captura. Ya que también aquí se presentan generaciones, la edad asignada a la más reciente fue el tiempo transcurrido entre las 22:00 y la hora a la cual se tomaron las muestras. A los folículos postovulatorios intermedios, se les aumentó a esa edad 24 horas, y a esta edad se le sumaron 24 horas más en los folículos PU más viejos.

Debido a que el desove comprende desde las 18:00 hasta las 02:00 horas, 105 folículos postovulatorios más recientes de las hembras recolectadas en este período pueden tener una edad entre 0 y 8 horas. Sin embargo, en la generación de más edad, las edades pueden ir desde 16 hasta 32 horas. Por otra parte, la edad de los folículos de las hembras recolectadas a lo largo del día entre las 02:00 y las 18:00 horas, es de 0 a 32 horas para los recientes y de 22 a 54 horas para los más viejos (fig. 5).

Partiendo de la consideración anterior, se elaboró la descripción histológica de cada uno de los estadios mencionados.

Para la determinación de la frecuencia de desovantes por día, se descartaron los ovarios hidratados y aquellos con folículos PO(0), puesto que ambas categorías se presentan precisamente en el período del desove, por lo que su número no refleja la fracción desovante de la población, debido a que no se sabe si el grupo de hembras hidratadas ya inició el desove, ni si las hembras con PO(0) han terminado de desovar. Además de lo anterior, Hunter y Macewicz (1980) y Alheit (1981), señalan un sesgo en el muestreo de las hembras hidratadas, las cuales aparentemente son más vulnerables a las artes de pesca.

Por todo lo anterior, la frecuencia de desovantes por día se calculó tomando como base la Frecuencia de hembras con PO(1) y PO(2). Esta fracción está representada por el número de hembras en cada categoría, dividido por el número total de hembras maduras en la muestra. Si se asume que no hay sesgo en el muestreo, entonces

$$F_i = M_{hi}/m_i = M_{li}/m_i = M_{2i}/m_i \quad (7)$$

$$Y \quad m_i = M_{hi} + M_{1i} + M_{2i} + M_{ai} \quad (8)$$

Donde  $F_i$  = Fracción de desovantes por día,  $M_{hi}$  = Número de hembras hidratadas,  $M_{1i}$  = Número de hembras con PO(1),  $M_{2i}$  = Número de hembras con PO(2),  $M_{ai}$  = Número de hembras maduras no desovantes; todos para el lance  $i$ .

Cuando se considera el sesgo en el muestreo y la **incertidumbre** en la cantidad de hembras cercanas al período de desove, se supone que la verdadera frecuencia de hembras hidratadas es la misma que la frecuencia de hembras con PO(1) o PO(2), entonces  $M_{hi}$  se substituye por  $(M_{1i} + M_{2i})/2 = m_{hi}$ , de esta manera la **ecuación(8)** se transforma en:

$$F_i^* = M_{1i}/(m_{hi} + M_{1i} + M_{2i} + M_{ai}) \quad (9)$$

$$= M_{2i}/(m_{hi} + M_{1i} + M_{2i} + M_{ai})$$

Donde  $F_i^*$  = Frecuencia de desovantes corregida para el lance  $i$ .

También **debe considerarse** que las hembras con PO(1) y PO(2), representan dos desoves con diferencia de 24 horas; **esto** significa que ambas **categorías** representan **eventos independientes**. Por tanta, La **ecuación (8)** puede escribirse como:

$$F_i^* = M_{1i} + M_{2i}/2(m_{hi} + M_{1i} + M_{2i} + M_{ai}) \quad (10)$$

Finalmente, la estimación de la frecuencia de desovantes es el **promedio** de las frecuencias corregidas de desovantes para todos los lances considerados. La **ecuación** que sigue, representa la frecuencia de desovantes promedio:

$$\bar{F}^* = \sum_{i=1}^{i-n} F_i^*/N \quad (11)$$

La **varianza** se calculó por medio de la **ecuación**:

$$s^2 = s^2 / n(n-1) \quad (12)$$

De estos valores se presenta la **varianza** y el **coeficiente de variación**.

#### V. Fecundidad Parcial

Para la estimación de la fecundidad se parte del **análisis histológico** con el fin de seleccionar ovarios hidratados sin que se presenten **folicúlos** PO, ya que su presencia indica que el desove se ha iniciado y el **número** de ovocitos **intraováricos** estimado es menor. De acuerdo con Hunter y Macewicz (1980), la **ventaja** principal de **utilizar**

hembras hidratadas para la **determinación** de la fecundidad, radica en el corto tiempo con que se presenta esta condición antes del desove, por tanto el reclutamiento de ovocitos al grupo más avanzado que **representa** el próximo desove es **mínimo**. Para el presente **trabajo** la **elección** de **ejemplares** para estimar la fecundidad es crítica debido a que en las muestras utilizadas para la evaluación no **aparecieron** hembras hidratadas. Al utilizar ovarios que a pesar de encontrarse en una etapa avanzada de la madurez no están hidratados, no es posible tener idea del tiempo que les separa del desove, por lo que tampoco puede suponerse el valor del reclutamiento al grupo de ovocitos que representan el próximo desove.

Con estas consideraciones, los ovarios se sometieron a varios análisis, con el **fin de contar con diversos elementos** para la determinación de la fecundidad parcial individual. En primer **término** se **presentó** en **gráficas** en papel de probabilidad la **proporción** de hembras maduras agrupadas por Factor de madurez y se **fixó** artificialmente un **límite** en el valor del factor de madurez, **bajo** el cual todos los individuos se consideraron inmaduros, descartándose hembras maduras que se encuentran en plena reabsorción y por tanto tienen gónadas poco pesadas. En **cambio** las hembras que están en el ciclo de **producción** de ovocitos, tienen mayor peso de **gónadas** y por ende valores más altos del factor de madurez. El siguiente **paso** de esta selección, **fué** el análisis histológico, puesto que **sólo** se consideraron las **gónadas** con gran cantidad de vitelo, organizado en grandes **gotas**, con el **núcleo** irregular o enmascarado por el vitelo, la **xona pelúcida** amplia, las células foliculares altas y con gran **acumulación** de **mucus**, la teca con sus células estiradas (**fig. 26**). La última etapa de esta selección **fué** la **distribución** de diámetros, **eliminandose** aquellas **gónadas** en las que no se observó claramente la **separación** de un grupo de ovocitos de mayor diámetro.

El procedimiento para la última etapa, se **llevó a cabo** como sigue: se tomaron tres muestras de cada **ejemplar**, con un peso aproximado de 0.05 g cada una, **se midieron** los ovocitos contenidos en estas muestras (**MacGregor, 1957**). En el caso de localizar el grupo desfasado, se **evaluó** el número de ovocitos contenidos en este grupo, utilizando papel de probabilidades (**Harding, 1949**), (**fig. 6**) el cual se supone que representa el próximo desove. Este proceso se repite para las tres muestras, **se calcula** el número de ovocitos del próximo desove contenidos en toda la gónada de forma independiente para los tres valores. El valor de fecundidad individual asignado es el promedio de estas tres determinaciones.

Con los valores de fecundidad individual, se ensayaron correlaciones entre la Fecundidad y varios **parámetros**, tales como el **peso del cuerpo**, peso del cuerpo libre de **gónadas**, **longitud patrón** y **longitud patrón al cubo**. Para la estimación de la fecundidad parcial, **se utilizó** la **ecuación del mejor ajuste**, calculandose la fecundidad para todas las **hembras recolectadas**; el valor utilizado en la **evaluación** **fué** la media de todos los **lances muestreados**. Las **ecuaciones** utilizadas son las siguientes:

$$\bar{P}_p = \frac{\sum_{i=1}^N F_{pi}}{N} \quad (13)$$

Donde  $F_p$  = fecundidad parcial media,  $F_{pi}$  = fecundidad parcial para el lance  $i$ ,  $N$  = número de lances.

La **varianza** **fué** calculada con la siguiente **ecuación**:

$$s^2 = s^2 / n(n-1) \quad (14)$$

## VI. Peso Promedio

Para el cálculo del promedio del peso de las hembras, es necesario **hacer una corrección** debido a la **hidratación del ovario**, que se traduce en una ganancia en el peso de la gónada.

En la sardina monterrey (*S. sagax*), la hidratación se inicia a partir de las 5 primeras horas del día, (alrededor de las 2:00 horas) y es total después del mediodía; por ello, el peso de las hembras que presentaron los primeros indicios de hidratación fueron corregidos utilizando para su selección las observaciones **histológicas** y el análisis de la proporción de maduros en el papel de probabilidades de donde se **seleccionó** como el valor **mínimo del factor de madurez 7.0**, y a partir de este valor se procedió a la corrección del peso.

Para hacer la estimación del peso antes de la hidratación, se **calculó la correlación** del peso total ( $W_t$ ) contra el peso total **menos el peso de la gónada** ( $W_t - W_g$ ) de las hembras con factor de madurez menor a 7.0. A partir de esta **ecuación** se calculó el peso de las hembras hidratadas utilizando su peso libre de gónadas. Nuevamente se tiene un peso promedio por lance y el estimado es el promedio de los valores asignados para todos los lances considerados.

## VII. Proporción sexual

La determinación se realizó de dos formas diferentes: la primera consistió en tomar por lance una muestra al azar, separar hembras, machos e indiferenciados y pesar cada **grupo**, de terminando la proporción de los **sexos**, por comparación de pesos.

La segunda se basa en el hecho de que el registro de pesos de los **ejemplares** de la muestra es al **azar**, sin separar hembras de machos; por tanto, la proporción en peso **obtenida** de la suma de los pesos individuales (representa la proporción buscada. Sin embargo, como en las muestras hay hembras hidratadas que llevan un sobrepeso debido a su **estado** próximo al desove, el peso utilizado es el corregido, tal como se describió en el apartado **anterior**. Según Stauffer y Picquelle (1980) en esta forma de determinar la proporción existen dos **fuentes** de variación, que se introducen **por el numerador** de la proporción, y que es el peso de las **hembras** y, por el denominador, que **serían** los



diferentes pesos de las muestras. Por lo que sugieren mantener el peso constante, ajustando el peso de la muestra a un valor dado. Para esto se suman los pesos totales corregidos hasta lograr un ligero sobrepeso del tamaño prefijado de la muestra y restando el sobrepeso del último ejemplar considerado, sólo en el caso de que el último ejemplar con el que se completó la muestra sea una hembra ya que se requiere utilizar el peso de las hembras y no de los machos.

En el caso del ejercicio de muestra mínima, se fijó como tamaño de muestra un kilogramo, pero la proporción también fue calculada sin hacer el último ajuste para fines de comparación. En ambos casos se registro también la variación que se presenta al modificar el tamaño de la muestra, obteniendo la proporción de hembras para muestras de 200 gramos y haciendo los cálculos en forma acumulable.

CENTRO INVESTIGATIVO DE  
CIENCIAS FÍSICAS  
I. I. I.  
BIBLIOTECA

## RESULTADOS

### 1. Ciclo reproductor

A lo largo del proceso de determinación de la condición gonádica mensual (fig. 7), se observó que la frecuencia del estadio III fué elevada entre los meses de enero y febrero, con una segunda recuperación menor entre junio y julio. A partir de julio se presentan estadios de postdesove (estadio IV), que fueron reconocidos por la presencia de atresias masivas, que se incrementan en el siguiente mes, marcando el final de la temporada de reproducción. En el mes de octubre, los estadios dominantes señalan inactividad reproductora; en noviembre se inicia nuevamente el ciclo.

En el periodo intermedio entre estos máximos de desove se mantiene cierta actividad reproductora, aunque con valores muy bajos. Cabe señalar que en la temporada 1983, la época de reproducción fué muy irregular, ya que terminó en los meses de mayo-Junio con un 5010 máximo de reproducción en el invierno. Al parecer se trata de una condición anormal.

La actividad reproductora también se pone de manifiesto con el factor de madurez (fig. 8) cuyos valores medios revelan también dos máximos: uno muy importante en el invierno y otro en el verano, de menor importancia. Puede verse que la variación del Factor de madurez es mayor en los máximos de reproducción, mientras que el mínimo se presenta fuera del período reproductor. Por lo tanto, la amplitud del intervalo (media  $\pm$  desviación típica) presenta variaciones marcadas a lo largo del año y en relación con el ciclo reproductor.

Durante la temporada 1982 (fig. 8b) los valores de FM son más altos y la variación es menos aparente respecto al año anterior, debido a la selección de hembras maduras que conduce a una fuerte tendencia a valores de FM más elevados. Sin embargo, también se presentaron oscilaciones. En febrero el valor medio fué cercano a 7.0 y en mayo disminuyó a 1.7, aumentando posteriormente. En julio alcanzó 4.8, disminuyendo en agosto a 1.8 y a 1.2 en noviembre.

Para la talla mínima de reproducción se observaron diferencias en las tallas encontradas por ambos métodos y entre años; como se muestra en la tabla No. 1

Tabla No. 1. Talla mínima de madurez y número de folículos postovulatorios (PO) para las temporadas 1981 y 1982.

ANO	TAL. 1. ADE MADUREZ	TALLA CON PO
1981	136	155
1982	135	140

## II. Abundancia de huevos y larvas

En cuanto a la abundancia de huevos y larvas de sardina, en las observaciones de CalCOFI que abarcan de 1951 a 1966, puede verse que en la zona norte se presentó un máximo de abundancia durante los meses de primavera (fig. 9) aunque esta zona fue muestreada en forma irregular. En la zona centro (fig. 10) se evidencia un patrón muy semejante, solo que abarcando un periodo de tiempo mayor; para la zona sur, el patrón de abundancia es irregular, pero es posible observar un máximo en el invierno y dos pequeñas recuperaciones: al principio y al final del verano (fig. 11). En esta última zona se ve una mayor variación, no solo en los meses en que se presentan los máximos de reproducción, sino también en la duración que tienen. Esta variación se presenta en forma consistente a lo largo de todas las observaciones.

Con respecto a las variaciones de temperatura media superficial, en 1982 (fig. 12) se muestra una distribución con dos puntos máximos; uno entre enero y marzo con un valor de 20°C y otro que comprende de agosto a octubre, con 28°C. El seno entre estos dos puntos se presentó entre abril y mayo con temperaturas de 18°C. En 1983, se presentó un incremento en la temperatura en algunas localidades en Bahía Magdalena, lo que dio como resultado que la temperatura media fuera más alta, hasta de 3°C de incremento, al comparar los meses homologos de 1982 y 1983,

En cuanto al ciclo de insolación a lo largo del año (fig. 13), se observa una curva senoidal, en la que el valor más alto está entre Junio y Julio y 105 valores mínimos entre diciembre y enero.

El análisis de las temperaturas superficiales asociadas a los lances de plancton en los que se obtuvieron huevos de sardina durante 1982 y 1983, reveló dos máximos muy marcados, uno muy alto a los 19°C y otro a los 26°C, este último con frecuencias menores (fig. 14). Al transformar estas observaciones a frecuencias relativas, se confirman dos tendencias de relación temperatura - desove: la primera entre 17 y 19°C y la otra alrededor de los 26°C (fig. 14b).

## III. Observaciones del desove

En cuanto a la localización de las estaciones de 24 horas, se presentaron varios puntos que en forma regular son área de desove, especialmente las estaciones J y M3. Como es de suponerse, estas áreas varían, dependiendo de la época del año (fig. 15). Además se nota que Bahía Almejas puede tener grandes concentraciones, particularmente en los meses de verano, cuando el área de reproducción abarca casi toda su extensión.

Durante las observaciones especiales de 24 horas, que se establecieron en Junio de 1983 y en enero de 1984, los huevos en

estadio 1 (según la descripción de Ahlstrom, 1943), aparecieron a las 21:00 horas, completando su desarrollo en 40 horas aproximadamente a una temperatura promedio de 19.46 °C (fig. 17). En la segunda estación, el estadio I se registro a las 21:30 hrs, con un tiempo hasta la eclosion de aproximadamente 36 horas, con temperatura promedio de 20.44 °C.

En las series de desarrollo obtenidas, se nota que los estadios VI y XI tienen mayor tiempo de permanencia; en cambio, el estadio V, es de corta duración y prácticamente no aparece en las muestras. Por otra parte, al graficar la abundancia de huevos en función de su edad (fig. 16), se ajustó la parte de la curva con pendiente positiva al modelo de mortalidad (ecuación 5), obteniendo de esta manera un valor independiente del coeficiente de mortalidad,  $z = 7.670$ .

A partir de la hora del desove, fue posible estimar la edad de los huevos que fueron utilizados para localizar las breas de reproducción, junto con las series de desarrollo logradas. Se graficaron las edades estimadas de los huevos en relación con la temperatura; debido a que no se contó con suficiente información de todos los estadios, sólo se hicieron ajustes a un modelo potencial, para los estadios II, III, VI, VII y XI. Los valores de los parámetros de las regresiones se muestran en la tabla No. 2.

Tabla No. 2. Valores para el ajuste potencial edad - temperatura, de los huevos en los estadios II, III, VI, VII y XI.

ESTADIO		b	r	N
II	286111.3	3.8229	-0.3564	9
III	285.6560	1.1718	-0.1424	8
VI	410.0040	1.8784	-0.4725	27
VI1	7442.719	1.9913	-0.6087	13
XI	5321.850	1.6935	-0.8466	17

En la figura (17) se comparan las curvas obtenidas para los estadios mejor representados, y en la figura (18) se comparan los modelos de tiempo de desarrollo de Lasker (1964) y el obtenido en el presente trabajo, ambos para el estadio XI.

Además de lo anterior, en el registro de las 5 temperaturas en superficie, media agua y fondo, (figs. 19), se observa que las anomalías de temperatura por nivel y entre niveles no sobrepasa en general  $\pm 1$  °C, dentro de las áreas de reproducción.

### III. Producción de huevos en el mar

El estudio de las muestras de plancton en el laboratorio, reveló los valores por estadios por estación como se muestra en la tabla No. 3: Es evidente que el brea de reproducción más importante es la zona sur, comprendida entre las estaciones 0 y 5 (ver plan de estaciones, fig. 15d).

Tabla No. 3. **Número** de huevos recolectados por **estación**. EST = estación (ver plan de estaciones), T C = **Temperatura** superficial, DIS = huevos **no** viables.

EST	HORA	T C	ESTADIOS											DIS	
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
E	13:17	23.7	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
G	14:47	27.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
H	15:43	27.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
I	16:30	28.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
J	06:51	20.8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
L1	09:37	20.6	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-
L2	09:13	23.9	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	2	4
M1	10:04	17.4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
M3	11:15	26.7	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-
N2	11:46	24.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-
O	12:05	24.0	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-
P1	13:14	24.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
P2	12:38	26.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-
Q1	07:08	25.12	-	-	-	-	-	-	-	586	-	-	-	-	-
Q2	08:49	25.62	-	-	-	-	-	-	-	-	716	-	-	-	-
Q3	07:14	26.0	-	-	-	-	-	-	-	-	379	-	-	-	23
R1	07:38	23.24	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-
R2	08:25	21.42	-	-	-	-	-	-	194	-	-	-	-	-	-
S	08:02	17.4	-	-	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Al aplicar el modelo de tiempo de desarrollo - temperatura a los datos de la tabla anterior, se observó que sólo las muestras de Las estaciones L2 y Q3 presentaron huevos con edades superiores a 24 horas, según se muestra en la tabla No. 4, donde además se presentan los datos normalizados a 10 m<sup>3</sup> y la extrapolación al área asignada para cada estación.

Tabla No. 4. **Número** de huevos por estación, normalizado a 0.05 m<sup>2</sup>. Se presenta el área asignada a cada estación, la edad calculada y el número de huevos afectado por el tamaño relativo de la zona en que se encuentra.

ESTACION	EDAD	AREA	No. HUEVOS	Pij
E	15.0	28.8	0.001605	0.0010976
G	17.0	40.0	0.011065	0.0075673
H	17.0	17.8	0.001447	0.0007876
I	18.5	104.0	0.006486	0.0044358
J	7.0	73.4	0.010380	0.0071044
L1	11.5	48.2	0.016239	0.0111059
L2	11.0	44.2	0.302250	0.2067088

Cont.	Tabla No.	4			
	M1	12.0	28.6	0.001239	0.0008474
	M2	13.0	64.7	0.068785	0.0470421
	M3	13.5	63.7	0.407700	0.2789628
	N2	12.0	48.1	0.161850	0.1106892
	O	14.0	22.3	0.243750	0.1667006
	P1	15.0	34.1	0.051250	0.0162001
	P2	14.5	46.5	0.131100	0.0414407
	Q1	9.0	39.7	4.000300	1.2644948
	Q2	11.0	36.1	4.451750	1.4071982
	Q3	11.0	53.1	0.576050	0.1820894
	R1	9.5	22.5	0.054450	0.0172113
	R2	10.5	30.2	0.668250	0.2112338
	S	10.0	8.7	0.100500	0.0317680

Para aplicar el modelo de mortalidad, se dividió el Brea de estudio en dos zonas de reproducción, de acuerdo a la densidad de huevos, en la tabla No. 5 se presentan los datos por zona.

Tabla No. 5. Numero de huevos ( $P_i$ ) agrupados por edades ( $t_i'$ ), por zona, en el área total de Bahía Magdalena.

EDAD	$t_i'$	$P_i$
9.0	0.3750	0.6444
10.0	0.4166	0.1215
11.0	0.4583	0.9036
12.0	0.5000	0.0578
13.0	0.5416	0.1630
14.0	0.5833	0.1041
15.0	0.6250	0.0086

Con los datos de la tabla anterior, se hizo el ajuste al modelo de mortalidad, utilizando el método iterativo. Finalmente, el valor de  $P_0$  fue de 8.9108 huevos por cada 0.05 m<sup>2</sup> y el coeficiente de mortalidad  $z = 7.54$ .

#### IV. Frecuencia de desovantes

Con el fin de calcular la frecuencia de desovantes, los ovarios se clasificaron, de acuerdo a sus características histológicas, en las cinco categorías que describen Hunter y Goldberg (1980) para Engraulis mordax. A pesar de que el proceso del desove y la reabsorción de los folículos postovulatorios puede generalizarse a los vertebrados, existen características particulares para cada especie, por otra parte, aunque existen descripciones de los folículos postovulatorios de S. sagax (Andrews, 1931 y Alarcon et al., 1984) se consideró que éstas aún son incompletas para estimar la frecuencia de desovantes. Por lo anterior se consignan las siguientes descripciones.

### i. Ovarios Hidratados \*

Son ovarios que presentan folículos en el estado más avanzado en el desarrollo (**fig. 22**); los ovocitos tienen gran cantidad de vitelo organizado en grandes gotas; el **núcleo** es muy irregular, **normalmente** disuelto. El **ovocito** absorbe gran cantidad de **agua**, lo que trae como consecuencia un aumento repentino en su tamaño y una **gran** transformación **morfológica**.

Esta **hidratación** afecta **también** a las células que forman el **folículo**, las cuales se hidratan también; son muy altas y **contienen** gran cantidad de mucus. Estas células se rompen tras la **presión** resultante del aumento de volumen del **ovocito**. Las células de la teca se estiran al máximo, han **adquirido** una apariencia plana y se confunden con la capa folicular. Todos estos cambios modifican en **forma** sustancial el peso del ovario. La normalidad se restablece con el desove, unas horas **después**. A nivel anatómico, se observan los ovarios muy turgentes, gelatinosos y transparentes, con desprendimiento de mucus muy **viscoso**.

### ii. Folículos Postovulatorios del día cero.

En esta **categoría** se agrupan los Folículos postovulatorios **más** recientes PO(O) (**fig. 23**), que se ven como cordones celulares muy plegados sobre **sí** mismos, formados por dos capas: la teca, de **células** planas y la granulosa, de **celulas** mas o menos cúbicas. Estos cordones normalmente son abundantes y de gran **tamaño**. En algunos casos se localizan aún **folículos** hidratados. Externamente, pueden verse los ovarios prácticamente iguales a los hidratados, en **el** caso de que apenas se haya iniciado el desove. Conforme éste **avanza**, se **observa** menor cantidad de **ovocitos**, pero la turgencia persiste **aún** después de haber concluido el desove.

### iii. Folículos postovulatorios del día uno.

Los folículos postovulatorios PO(1) (**fig. 24**), muestran el proceso de **reabsorción** en pleno. Las **células** foliculares han perdido su clara organización en cordones, que aunque se ven **flexionados**, son más simples y pequeños. Se observan los núcleos **picnóticos** de las **células** mas degeneradas. Las células de la teca se han asociado a vasos sanguíneos y se han integrado **algunos** elementos del tejido **conjuntivo** lo que le **dá** una apariencia de mayor grosor y desorganización. Puede verse una tendencia a la mezcla de las dos **capas** que constituyen el folículo. Los ovarios en estas condiciones no son **distinguidos** a simple vista de los ovarios maduros.

### iv. Folículos postovulatorios del día dos.

El proceso degenerativo es muy **avanzado** (**fig. 25**), la **diferenciación** entre la granulosa y la teca prácticamente no existe.

Las células que conforman esta estructura son poliédricas y presentan núcleos picnóticos. El folículo ha perdido su estructura flexionada con un lumen; ahora es pequeño y compacto. En éste estadio, su diferenciación con estructuras atrésicas es crítica. Sin embargo en el caso de los folículos atrésicos puede verse la acumulación de gránulos de pigmento amarillo, la cual es muy característica de los estadios avanzados de atresia.

#### V. Ovarios maduros no desovantes.

Estas gónadas presentan una gran cantidad de vitelo (fig. 26). Puede verse que el núcleo empieza a deformarse; las células de la granulosa pueden presentarse cúbicas o cilíndricas, que pueden ser muy altas. En este último caso se inicia la acumulación de mucus típico de la hidratación; las células de la teca son planas.

En esta condición pueden observarse o no diferentes estadios atrésicos, que pudieran representar folículos postovulatorios muy viejos. En esta categoría también se agrupan las gónadas con alto grado de atresia (fig. 27). El aspecto externo de estas gónadas puede variar considerablemente, desde la condición inmediata anterior al desove, hasta los estadios de reabsorción.

#### vi. Ovarios inmaduros.

Son ovarios que presentan ovocitos con escasa o nula cantidad de vitelo (fig. 28); carecen de zona pelúcida y las dos capas foliculares son planas; además, no se presentan estadios atrésicos tempranos con vitelo. Estas gónadas normalmente tienen poco peso y volumen. En algunos casos se confunden con estadios de postdesove o de indiferenciación, y representan el inicio de las fases de proliferación y vitelogénesis. Se presentan con mayor frecuencia al inicio de la temporada de reproducción.

#### vii. Estadios atrésicos

En la primera fase del proceso de atresia (estadio alfa, fig. 29), todo el contenido del ovocito y las capas que lo envuelven degeneran, pero aún se reconocen las estructuras originales del folículo. En el caso de folículos con vitelo, se observa la zona radiada y algunos gránulos de vitelo más o menos dispersos.

En una etapa posterior se forma una estructura más compacta, que puede tener una cavidad. El folículo sigue estando formado por la teca y la granulosa, entremezclados con vasos sanguíneos. En el caso de folículos con vitelo, lo único que puede verse son algunos gránulos de vitelo; la zona pelúcida ha desaparecido. Este es el estadio beta (corpus atreticum). (fig. 30).

Las siguientes categorías se consideran tardías. Aquí, el folículo ha disminuido notablemente su tamaño, formándose una



estructura compacta que, como resultado de la degeneración, ha acumulado **gránulos** de pigmento amarillo-café. Dependiendo de la intensidad de este color y del tamaño de las **estructuras**, se catalogan como **atresia gamma** (fig. 31) o delta (fig. 32).

El resultado de las observaciones de hembras cautivas no **revelo ningún** indicador del desove. En la figura (21) se presentan las variaciones **del** factor de madurez por horas durante **estas** observaciones.

Las edades estimadas de los **folículos** postovulatorios (tabla No. 6, para Julio de 1982 y en la tabla No. 7, para enero de 1984) se calcularon de acuerdo a las **categorías** anteriores, tomando como punto de partida las 22:00 horas

Tabla No. 6. Edad **potencial** de los folículos postovulatorios, calculados para los diez lances de pesca muestreados en **julio** de 1982.

LANCE	HORA	PO(0)	PO(1)	PO(2)
1.	0.15000	2. 15000	26. 1500	50. 1500
2.	3.20000	5.20000	27. 2000	53. 2000
3.	0.10000	2. 10000	36. 1000	50. 1000
4.	4. 50000	6. 50000	30. 5000	54. 5000
5.	3. 20000	5. 20000	27. 2000	53. 2000
6.	3.10000	5. 10000	27. 1000	53. 1000
7.	2. 40000	4. 40000	28. 4000	52. 4000
8.	2. 50000	4. 50000	28. 5000	52. 5000
9.	3.27000	5. 27000	24. 2700	53. 2700
10.	4. 30000	6. 30000	30. 3000	54. 3000

PO(0) = folículos postovulatorios de **día cero**, PO(1) = folículos postovulatorios de día uno y, PO(2) = folículos postovulatorios de día dos.

Tabla No. 7. Edad **potencial** de los **folículos** postovulatorios para cuatro lances de **pesca** realizados en enero de 1984.

Lance	hora	PO(0)	PO(1)	PO(2)
1	03: 00	1. 0	25. 0	49. 0
2	20: 00	0. 0	33. 0	47. 0
3	21: 00	0. 0	34. 0	48. 0
4	05: 00	8. 0	32. 0	56. 0

En **las** tablas No. 8 y 9, se presentan las frecuencias de cada categoría y la **estimación** de la **fracción** de desovantes por día para cada lance de pesca en Julio de 1982 y, en enero de 1984 respectivamente.

Tabla No. 8. Frecuencia diaria de desovantes corregida, por lance de pesca para Julio de 1982.

Lance	Mai	AT. MAS	PO(O)	PO(1)	PO(2)	FDi
1	10	1	0	2	1	0.0968
2	18	3	0	1	0	0.0444
3	3	7	0	1	0	0.0870
4	17	2	0	0	1	0.0489
5	18	1	0	0	0	0.0000
6	20	1	0	0	0	0.0000
7	16	2	0	0	1	0.0513
8	22	0	0	0	1	0.0714
9	15	0	0	1	4	0.0714
10	22	2	0	1	4	0.0820

Donde Mai = hembras maduras no desovantes, AT. MAS. = atresia masiva, PO(0) = folículos postovulatorios del día cero, PO(1) = folículos postovulatorios del día 1, PO(2) = folículos postovulatorios del día dos, FDi = frecuencia de desovantes por lance.

La fracción desovante promedio para Julio de 1982 fu/ de 0.0593, con una desviación típica de 0.0119 y un coeficiente de variación de 0.2023.

Tabla No. 9. Frecuencia de desovantes por lance en enero de 1984.

Lance	Mai	AT. MAS	PO(O)	PO(1)	PO(2)	Fi
1	29	0	0	0	6	0.0856
2	22	0	0	1	2	0.0560
3	8	0	3	1	1	0.1364
4	7	0	1	6	4	0.2381

La fracción media de hembras desovantes para enero de 1984, fué de 0.1290.

## V. Fecundidad parcial

Como primer criterio para seleccionar las hembras para el estudio de fecundidad, se utilizó la proporción de hembras maduras, de acuerdo al factor de madurez (fig. 33), fijando el límite a un valor de FM = 7.0, descartando las hembras con valores de FM menores a este; el segundo criterio fué la distribución de diámetros de ovocitos intraováricos (fig. 6a). Por último estas distribuciones se graficaron en papel de probabilidad (fig. 6b). En la tabla No. 10, se presentan los valores de fecundidad individual.

Tabla No. 10. **Valores** de Fecundidad parcial individual para Julio de 1982.

LP	Wt	Wt-Wg	F
164.	65.0000	63.0300	15066.
160.	67. <del>8000</del>	65. 6000	17463.
165.	70.9000	67. 7100	22579.
166.	79.8000	76. 4800	18712.
166.	92. 0000	89. 1400	22653.
169.	84.0000	79. 6100	28056.
169.	81. 0000	77.6300	22061.
170.	103.7000	98. 9800	37196.
170.	89. 3000	84. 7300	29050.
160.	70.0000	68.7100	16645.
165.	84.0000	79. 2900	23005.
165.	84. <del>0000</del>	<del>80. 3800</del>	32223.
163.	72. 5000	68. 5100	19606.
174.	91. 5000	87. 3400	35170.
176.	92. 8000	89. 6400	24504.
176.	96. 7000	93.3200	21404.
176.	90.2000	86. 9000	20394.
179.	98. 7000	94. 4100	30061.
174.	100.0000	95. 7900	26485.
165.	79. 5000	76.8800	13814.
164.	90. 5000	87.9700	27385.
165.	62.4000	58. 2100	29387.
166.	81. 5000	78.7800	18117.
168.	84. 4000	80. 8600	18939.
167.	83. 0000	79.9500	24798.
170.	95.0000	87. 3000	10519.
140.	41.5000	39. 4500	8305.
136.	42.0000	39.7300	9700.
135.	41.6000	39. 9100	8316.
136.	40.9000	38.8100	10035.
138.	39. 8000	37. 4400	6735.
137.	42. 1000	40. 0700	8507.
168.	94.0000	87.0800	32209.
175.	97. 5000	90. 9400	18285.
172.	85. 5000	79. 7900	7478.
172.	100. 5000	93. 6200	13485.
174.	98.0000	91. 5700	20730.
164.	75.9000	70. 7600	14220.
176.	102. 0000	93. 8700	9259.
170.	83. 5000	76. 0000	<b>11161.</b>
170.	84. 5000	78. 3700	11826.
168.	82. 9000	72. 1400	11498.
189.	88. <del>6000</del>	78. 5200	12711.
168.	84.6000	76. 6000	32882.
175.	97.0000	88. 8500	12510.
160.	79. 5000	73. 0400	24524.
170.	89. 6000	82. 3600	9964.
174.	91. 5000	84. 3300	29645.
177.	107.9000	99.4000	10872.

Cont. tabla No. 10.

170.	73. 5000	67.6900	10346.
134.	39.3000	37.3100	7603.
138.	40. 9000	38. 5400	7912.
135.	38.4000	35. 9600	7372.
137.	37. 4000	34. 9300	8434.

Donde F = fecundidad parcial individual, LP = longitud patrón,  
Wt = peso total y, Wt-Wg = peso libre de gónadas.

Con estos valores se ensayaron diferentes ajustes para determinar la relación existente entre la fecundidad parcial y a) peso libre de gónadas; b) peso total; c) longitud patrón y d) longitud patrón al cubo. En la tabla No. 11, se presentan los valores de las (diferentes correlaciones.

Tabla No: 11. Resumen de las correlaciones lineal, exponencial, logarítmica y potencial para el ajuste de fecundidad individual y longitud patrón, longitud patrón al cubo, peso total y peso libre de gónadas.

Regresion	a	b	r	r <sup>2</sup>
Lineal	-3.06E 04	2.99E 02	4.87E-01	2.37E-01
Exponencial	5.90E 04	2.03E-02	5.79E-01	3.34E-01
Logarítmica	-2.22E 05	4.72E 04	4.77E-01	2.49E-01
Potencial	1.28E-00	3.21E 00	5.91E-01	3.49E-01

#### REGRESION LONGITUD PATRON VS. FECUNDIDAD INDIVIDUAL

REGRESION	a	b	r	r <sup>2</sup>
Lineal	4.18E 03	3.83E-03	4.62E-01	2.13E-01
Exponencial	5.10E 03	2.61E-07	5.46E-01	2.99E-01
Logarítmica	-2.21E 05	1.57E 04	2.48E-01	2.48E-01
Potencial	1.30E-03	1.07E 00	5.91E 00	3.49E-01

#### REGRESION DE LONGITUD PATRON AL CUBO VS. FECUNDIDAD INDIVIDUAL

REGRESION	a	b	r	r <sup>2</sup>
Lineal	1.14E 03	2.20E 02	5.28E-01	2.79E-01
Exponencial	5.35E 03	1.43E-02	3.97E-01	3.57E-01
Logarítmica	-4.53E 04	1.47E 04	5.49E-01	3.01E-01
Potencial	2.46E 02	9.73E-01	6.31E-01	3.98E-01

#### REGRESION DE PESO TOTAL VS. FECUNDIDAD INDIVIDUAL

REGRESION	a	b	r	r <sup>2</sup>
Lineal	3.52E-01	2.49E 02	5.60E-01	3.16E-01

Cont. tabla No. 11.

Exponencial	4.99E 03	1.61E-02	6.31E-01	3.98E-01
Logarítmica	-4.73E 04	1.54E 04	5.71E-01	3.26E-01
Potencial	2.16E 02	1.02E 00	6.54E-01	4.28E-01

### REGRESION DE PESO LIBRE DE GONADAS VS. FECUNDIDAD INDIVIDUAL

Donde  $r^2$ =coeficiente de correlación,  $r$ =coeficiente de determinación.

En general, los coeficientes de correlación son bajos, el máximo fué de 0.654 para el ajuste potencial de fecundidad contra peso libre de gónadas. Este último ajuste se eligió para calcular la fecundidad parcial media en función del peso libre de gónadas. En la figura (34) se presenta el diagrama de dispersión y la curva de regresión. La ecuación utilizada fué la siguiente:

$$\ln F = \ln 216 + (1.02) \ln (Wt - Wg) \quad (15)$$

Donde F = Fecundidad parcial, Wt = Peso total y Wg = Peso da la gónada.

En la siguiente tabla se dan los valores de fecundidad parcial media corregida por lance de pesca.

"Tabla No. 12. Fecundidad parcial calculada por lance de pesca para Julio de 1982.

LANCE	1	N = 33	MEDIA = 20884.	DESV. S-P. = 2158.
LANCE	2	N = 23	MEDIA = 20188.	DESV. ST. = 2433.
LANCE	3	N = 17	MEDIA = 19340.	DESV. ST. = 3239.
LANCE	4	N = 17	MEDIA = 19800.	DESV. S-I. = 1697.
LANCE	5	N = 19	MEDIA = 19683.	DESV. ST. = 2162.
LANCE	6	N = 19	MEDIA = 19687.	DESV. ST. = 2361.
LANCE	7	N = 15	MEDIA = 18415.	DESV. ST. = 2243.
LANCE	8	N = 20	MEDIA = 19768.	DESV. ST. = 1639.
LANCE	9	N = 25	MEDIA = 18965.	DESV. ST. = 2145.
LANCE	10	N = 20	MEDIA = 20029.	DESV. ST. = 2587.

Donde DESV. ST. = Desviación típica.

Finalmente la fecundidad parcial media corregida de la población, fué de 19641 ovocitos por hembra con una desviación típica de 214.09 y el coeficiente de variación de, 0.0109.

## VI. Peso promedio

En la figura (35) se presenta la curva para corregir los pesos de hembras hidratadas o con gónadas muy viscosas, con una notable ganancia de peso por hidratación del ovario. La curva determinada fue:

$$W^* = 0.104 + 0.964(W) \quad (16)$$

El ajuste de la curva tuvo un coeficiente de correlación  $r = 96.8$ , el peso corregido fue de 85.385 con una desviación típica de 0.9141 y un coeficiente de variación de 0.0106. En la siguiente tabla se consignan los valores de peso corregido por lance de pesca.

Tabla No. 13. Peso promedio calculado de hembras en julio de 1982

LANCE	W*	S
1	91.22	9.3612
2	87.62	10.2116
3	85.53	13.9364
4	86.66	9.0751
5	86.56	8.8359
6	85.23	10.1513
7	80.53	9.7203
8	85.31	6.8259
9	82.66	8.8312
10	87.53	10.7040

$$W^* = 85.885 \quad s = 0.9141 \quad CV = 0.0106$$

## VII. Proporción sexual

En la tabla que sigue, se presentan los valores de la proporción de hembras utilizado en la evaluación de Julio de 1982.

Tabla No. 14. Datos de proporción sexual obtenidos por número de hembras y machos de 1980 a 1982 (proporcionado por el Departamento de Pesquerías del CICIMAR).

FECHA	IND		HEMBRAS		MACHOS		F		PROP		wt	E
	W	N	Wm	W	N	Wm	W	N	Wm			
8006	74.7	13	971.1	71.8	35	2513	71.7	17	1218.9	4703	0.2592	
8007	63.9	9	575.1	69.0	71	4399	72.2	24	1732.8	7207	0.2403	
8008	81.1	20	1622.0	77.9	47	3661	81.5	130	10595.0	15878	0.6573	
8104	0.0	0	0.0	64.7	22	1423	71.5	28	2002.0	3425	0.5941	
8105	0.0	0	0.0	63.9	20	1278	64.2	27	1733.0	3011	0.5755	

## DISCUSION

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó un modelo de investigación cuyo objetivo es la evaluación de la población reproductora de S. sagax por el método de producción de huevos en el área de Bahía Magdalena, y el establecimiento de las bases para la aplicación de esta metodología a nivel extensivo en las poblaciones de sardina que se explotan en el país. Durante el desarrollo de este trabajo se ha integrado información sobre los procesos de madurez gonádica, el desove y el desarrollo embrionario. Estos datos presentan semejanzas y diferencias con la población de sardina del área de California, donde se estudió esta especie con particular interés. Las características de la población sureña de S. sagax hace que la aplicación del método de evaluación requiera de una serie de estudios previos, así como de estrategias de muestreo, las cuales para las condiciones del norte resultan innecesarias. En la discusión que sigue, se abordan estas cuestiones para cada una de las partes que integran el modelo de investigación aplicado.

### 1. Ciclo de reproducción y 105 parámetros ambientales

La forma que tiene el ciclo de maduración gonádica de S. sagax en el área de Bahía Magdalena, con dos máximos de desove uno muy alto en el invierno y otro menor en verano. También se indica para otras especies tales como Katsuwonus pelamis (Suárez y Duarte, 1961; Carles, et. al., 1971), Andara tuberculosa (Baqueiro et. al., 1981) y Modiolus capax. (Ochoa-Báez, 1985), y se ha sugerido que este patrón reproductor puede ser típico de peces subtropicales (Joseph, 1963). Esto indica que es una característica difundida entre varias especies. En el caso de S. sagax sólo se ha descrito un máximo de reproducción durante la primavera (Smith, 1981), para el área de California. A pesar de que 105 máximos de desove se presentaron en forma consistente durante dos años consecutivos (1981 y 1982) en Bahía Magdalena, es necesario saber si se trata de una forma regular de la reproducción o fué un evento aislado en el tiempo.

La consistencia de este patrón en el ciclo de reproducción puede juzgarse a partir de la distribución de huevos y larvas de S. sagax en la costa occidental en una serie de varios años. Con esto se demuestra una distribución clinal del ciclo, que se inicia al norte de Cabo Mendocino, California, donde hay un máximo de desove de corta duración en la primavera, hacia el sur de Punta Concepción se mantiene el mismo patrón pero con mayor amplitud y, a partir de Punta Eugenia, el máximo de reproducción se desplaza a 105 meses de invierno y aparecen dos máximos pequeños, uno al principio del verano y otro en el otoño. Esta misma distribución es evidente en los datos de huevos y larvas presentados por Ahlstrom (1954 y 1956) para la zona sur.

De esta forma, a partir de estos datos del plancton, se identifican tres máximos de reproducción, lo cual difiere con lo encontrado en los adultos, puesto que en la población de estos sólo se presentan los dos máximos descritos, y justamente durante el periodo de

otoño, que corresponde al tercer máximo de desove, S. sagax muestra un franco proceso de reabsorción de la gónada.

Si se toma en cuenta que precisamente en el otoño es cuando se indica el máximo de la reproducción de isthonema libertate (Torres-Villegas et. al., 1985) y, por otro lado, en la bibliografía consultada sobre esta última especie no existe una descripción de sus huevos, y sus larvas han sido descritas recientemente (Funes-Rodríguez y Esquivel-Herrera, 1985) es muy posible que este máximo de desove en el otoño sea de Opisthonema. Esto es un hecho importante, puesto que precisamente en la época de verano puede haber mezcla de huevos de S. saax y Opisthonema spp., aunque el análisis de las gónadas de ambos grupos en Julio de 1982, solo reveló reproducción de S. sagax, lo cual sugiere que los huevos colectados en esa fecha son de sardina monterrey.

Bajo la consideración anterior, puede verse que el patrón de la reproducción de S. sagax en la Costa Occidental de Baja California Sur a lo largo de 20 años se ha presentado de forma semejante que en Bahía Magdalena. En esta serie de cruceros realizados por CALCOFI, pueden verse variaciones de un año a otro, y de hecho el patrón prácticamente es diferente para cada año, aunque conservando los dos máximos. Situación muy distinta en las zonas centro y norte, donde el patrón es muy constante en el área y en el período de tiempo donde se presenta el patrón de reproducción.

Es necesario analizar los factores ambientales que se encuentran asociados al comportamiento reproductor y el desarrollo embrionario. Para la madurez gonádica se sabe de la influencia de diversos factores, tales como el fotoperíodo y la temperatura (Leong 1971), en el desarrollo embrionario parece ser la temperatura el factor más importante, por lo menos para la sardina (Hempel, 1981). En Bahía Magdalena, la temperatura superficial presenta un ciclo bien marcado, con dos valores máximos, uno en la primavera y otro a finales del verano: Por otra parte, S. sagax lleva a cabo el proceso de reproducción y desarrollo embrionario en un amplio intervalo de temperatura como puede verse con los datos reunidos para la temperatura óptima para el desove.

Como se ve en los resultados los máximos de reproducción coinciden con periodos de ascenso de la temperatura. En el invierno prevalece un régimen templado alrededor de los 17 a 18°C, mientras que en el verano las temperaturas donde se registró el desove, alcanzan los 26°C. Ambos máximos se encuentran separados por un periodo de baja temperatura en la primavera, y todo esto coincide con las observaciones de Tibby (1937), quien describe este comportamiento para la sardina del sur de Punta Eugenia, mientras que en el norte se presentan únicamente las condiciones templadas;

Si se compara el ciclo de temperatura superficial observada en Bahía Magdalena, con los datos históricos de temperatura superficial de las campañas oceanográficas de CALCOFI (Anónimo, 1963), se pone en evidencia que en la costa occidental de Baja California Sur se presenta el mismo patrón de variación de la temperatura superficial entre Las



años 1950 y 1959, las temperaturas mínimas se presentan en la primavera y las máximas en el otoño, lo que sugiere que este ciclo de temperatura se presenta regularmente en la costa occidental de Baja California Sur.

Intimamente relacionado con esta variación en la temperatura se encuentra la influencia de las corrientes marinas, las cuales pueden conocerse por el **flujo geostrofico**, que da una representación de la intensidad y dirección de las corrientes, basándose en la inclinación que tiene la superficie del agua para dar como resultado el movimiento de la corriente. En las variaciones del **flujo geostrofico** entre 1939 y 1964 (Wyllie, 1966), puede verse que a lo largo de estos años, en la primavera la Corriente de California que fluye hacia el sur, corre muy cerca de las costas de Baja California Sur, disminuyendo así la temperatura, además en esta temporada soplan vientos del oeste de una manera constante. Por el contrario en el otoño la influencia es de la masa de agua ecuatorial que invade esta región penetrando entra la península y la Corriente de California, y con estas condiciones tropicales se asocian las temperaturas más altas.

Al comparar los valores de temperatura superficial, registrados en los cruceros de CALCOFI, para las tres zonas en que fue dividido el plan básico de estaciones a lo largo de la costa occidental de California y Baja California (fig. 2), se observa que durante el principio del verano se presentan las temperaturas más altas a las cuales se reproduce S. sagax, y la temperatura que se presenta durante la primavera, aunque es baja, no alcanza valores inferiores a los que se presentan en las zonas centro y norte, donde además esta especie se reproduce. Entonces quizá la reproducción disminuya por influencia de los vientos, los cuales provocan turbulencia desestabilizando la columna de agua, lo cual parece ser importante para el desove de especies como la sardina y la anchoveta del norte (Lasker, 1981). Como indicador de esto se cuenta con los registros de temperatura en los ciclos diurnos, donde se observa que la columna de agua es homogénea en las breas de reproducción, condición que permanece por espacio de varios días.

Bajo estas consideraciones, las dos tendencias del desove con respecto a la temperatura, son el resultado por un lado, de un amplio intervalo de temperatura para el desove y, por otro, de la intensidad de los vientos, que modifican notablemente la estructura de la columna de agua, lo cual no detiene el proceso reproductor, pero la población de S. sagax no llega al desove en forma masiva. Este hecho, también Justifica el utilizar la temperatura superficial para los cálculos de edad en los huevos, puesto que se desarrollan en condiciones de homogeneidad térmica en la columna de agua.

Teniendo en cuenta las características oceanográficas de la costa occidental de Baja California Sur, es alrededor de Bahía Magdalena donde se presenta el límite entre la Corriente de California y la masa de agua ecuatorial, mientras permanece la influencia de la primera, se observa un régimen templado y entonces la población de S. sagax se mantiene en condiciones reproductoras aún a temperaturas superiores a los 26°C, pero sólo se llega al desove cuando se presentan las condiciones adecuadas en forma local, tal como los vientos, al

terminar esta influencia, y se presenta el agua ecuatorial, predomina un régimen tropical y durante el cual no se evidencia actividad reproductora en la sardina. Este frente que puede ponerse en evidencia por la temperatura, no es solamente una interfase térmica, sino que en realidad son dos ambientes distintos los que en esta zona entran en contacto. Además esta interfase se mueve a lo largo de la costa occidental de B.C.S en una franja que se localiza aproximadamente desde el sur de Punta Eugenia hasta Punta Lobos. De esta forma la frontera crea condiciones particulares de zona de interacción alternándose en dos temporadas, el invierno y el otoño. Asociado a las variaciones de esta interfase se encuentra la reproducción de S. sagax en la zona sur.

Todo esto tiene particular interés para la aplicación del método de evaluación, puesto que las variaciones de la zona de transición, se reflejan fuertemente en el proceso reproductor de la sardina, generando así incertidumbre sobre la ubicación en el tiempo del desove Su extensión y localización, la cual puede ser más o menos amplia dependiendo de las condiciones ambientales. Esto crea la necesidad de vigilar constantemente la reproducción de esta especie) con el fin de realizar la evaluación en el momento más adecuado, especialmente si se toma en cuenta la cantidad de recursos que se requieren para llevar a cabo esta evaluación, que si bien es una técnica más económica que otros métodos mediante el ictioplancton, requiere de cierta inversión. Esto Justifica plenamente un seguimiento estrecho de la reproducción de la sardina, puesto que es muy alto el riesgo de ubicar los muestreos fuera de la época adecuada@ lo cual puede afectar notablemente la variación de los datos, y como consecuencia la precisión de la evaluación posiblemente será menor.

## II. El desove y características reproductoras de la población adulta

En los cálculos para obtener la frecuencia de desovantes por día, y la producción de huevos, se parte de las edades calculadas a partir de la hora del desove, como se dijo anteriormente. Los resultados de las observaciones diurnas, indican que el desove se llevó a cabo alrededor de las 21:30 hrs, según los datos de Ahlstrom (1943) el desove ocurre en un intervalo entre las 20:00 y las 02:00 horas, y en Hunter (1981b) se menciona este intervalo entre las 18:00 y las 02:00, con un máximo alrededor de las 22:00 horas. Esto hace razonable el considerar que la hora del desove en Bahía Magdalena ocurre a las 22:00 horas, para fines de los cálculos de edad requeridos para la evaluación.

Este horario del desove es señalado como parte de una estrategia de reproducción orientada para evitar los depredadores, que son activos durante el día (Hunter, 1981) puesto que en las manchas de desove se presentan altas concentraciones de huevos de esta forma, con el desove nocturno los depredadores no muestran actividad y se permite que los huevos desovados se difundan, siendo menos accesibles a la depredación. Sin embargo esto no elimina el canibalismo, ya que los mismos adultos pueden alimentarse de sus huevos, puesto que están presentes al mismo tiempo en las áreas donde se efectúa el desove (Hunter y Kimbrell, 1980). Esta distribución de los huevos, en manchas también se

relaciona con la distribución de los organismos que constituyen el alimento de las larvas y adultos (Alvaríño, 1980).

Estas características son el resultado del proceso de desove que se lleva a efecto en el seno de los cardúmenes, en un punto determinado. Así al momento del desove los huevos se localizan en manchas muy concentradas que van dispersándose hacia la periferia. En la zona de Bahía Magdalena, se advierte que más del 70 % de los huevos muestreados en Julio de 1982, provienen de dos estaciones únicamente, un hecho semejante reporta Smith (1981) para los huevos de S. sagax en California, donde el 37% de los huevos colectados de 1951 a 1959 por CalCOFI, provienen de 0.6% de las estaciones muestreadas. En la figura (20) se muestra la configuración de una mancha de desove, basado en las densidades observadas en Bahía Magdalena, en Julio de 1982 se ve que la densidad de huevos disminuye bruscamente hacia la periferia y presenta una alta concentración en el centro.

En el caso de los adultos, los eventos asociados al desove se agrupan en el ciclo de producción de ovocitos, siendo la frecuencia de desovantes, en cierta forma un indicador de la intensidad del desove. Este ciclo se inicia con la madurez de la población adulta, sigue con la hidratación de una fracción y el desove. A partir de aquí pueden seguirse dos caminos: uno al estadio de reposo, señalado por la presencia de gran cantidad de folículos atresícos; el otro, es la reorganización del ovario y nuevamente la hidratación y desove.

Tomando como base el ciclo de producción de ovocitos, la frecuencia de desovantes por día representa el valor promedio de la fracción de hembras de la población que desovan cada noche, para enero de 1984 esta fracción fue de alrededor del 13%, lo cual significa que el 100 % de la población desova en alrededor de 7 días durante los máximos de desove; los cuales comprenden un periodo de cinco meses por temporada. El hecho de mantener una población preparada para el desove cada noche a lo largo de un periodo tan largo, implica que la reorganización del ovario y la maduración del siguiente grupo de ovocitos tarda un periodo cercano a los 7 días, de tal forma que puede esperarse que potencialmente una hembra desove alrededor de 20 veces a lo largo de la temporada. Tal condición coincide con lo observado en Engraulis mordax (Hunter y Leong, 1983). Por otra parte, el valor de frecuencia de desovantes encontrado para julio de 1982, indica que este parámetro presenta variaciones, que posiblemente se presenten a lo largo de la misma temporada, por tanto no existe seguridad en los 20 desoves, y por lo tanto en el velar de la fecundidad total de esta especie.

Si además a esto se considera que la fecundidad media observada fue de alrededor de 19,000 ovocitos por hembra por desove parcial, se está hablando de un potencial cercano a los 380,000 ovocitos por hembra por temporada, es decir en 20 desoves parciales, en contraposición están los valores de fecundidad total reportados por Clark (1934) para S. sagax con 190,000 ovocitos por hembra en tres desoves, MacGregor (1957) señala también tres desoves con un potencial cercano a los 105,000 ovocitos por hembra y, Pdex (1976) considera solo dos desoves, en O. libertate y señala una fecundidad total de 80,000 ovocitos por

hembra, estos datos dan una idea de la diferencia entre los valores estimados con un número tan pequeño de desoves y los obtenidos al considerar el número potencial de desoves parciales, tomando como base la fracción de desovantes por día. En este sentido, Lasker (1984) apunta que al no tomar en cuenta los altos valores de producción de ovocitos, las estimaciones de la fecundidad que se han realizado representan una subestimación importante de este parámetro, por ello las evaluaciones de la biomasa desovante resultado de la división del censo de huevos entre la fecundidad, tienen una sobreestimación notable de la biomasa.

Para el método de evaluación por producción de huevos, los parámetros de la población adulta que tienen mayor problema son la fecundidad parcial y la fracción de desovantes por día, como se ha visto esto es porque hasta hace poco tiempo se consideraban valores de producción de ovocitos notablemente bajos. Este aspecto es importante para la evaluación, puesto que dada la dinámica reproductora de los desovantes parciales, la estimación de la biomasa es una observación instantánea y, los parámetros del modelo representan valores diarios ó como la fecundidad parcial por desove.

Desde el punto de vista técnico, para la estimación de la fecundidad parcial se deben tener en cuenta los horarios con que el ciclo de desove se desarrolla, puesto que las hembras hidratadas utilizadas por Hunter y Macewicz (1980) se presentan a partir del mediodía hasta el atardecer y disminuye drásticamente su número al llegar al máximo del desove, alrededor de las 22:00 hrs. Sin embargo, al utilizar muestras provenientes de la captura comercial, que opera regularmente después de las 23:00 hrs, la probabilidad de obtener hembras hidratadas es sumamente baja. Este es un problema generalizado, por el 1º Hunter et al. (1984), plantean como alternativa utilizar hembras maduras preparándose para el desove, obtener la distribución de diámetros de ovocitos intraováricos y estimar el grupo que representa el próximo desove, por el desfaseamiento de un grupo modal más avanzado (fig. 6).

En esta forma de estimar la fecundidad parcial, no se tiene una estimación del tiempo que deberá transcurrir entre el estado en que se encuentran y el desove, situación muy diferente se presenta en lo propuesto por Hunter y Macewicz (1980), quienes utilizan sólo hembras hidratadas para estimar la fecundidad, en este caso se sabe que es cuestión de unas horas para que lleguen al desove, esto permite suponer que en este corto tiempo el reclutamiento de ovocitos inmaduros al grupo de desove es muy bajo, asimismo la pérdida de ovocitos hidratados por proceso de atresia; sin embargo) cuando se utilizan hembras maduras no hay bases para establecer estas suposiciones.

Además de lo anterior, cuando se realizan las manipulaciones en el laboratorio, existe una diferencia importante entre ambas técnicas, cuando se utilizan hembras maduras la estimación del grupo de ovocitos desfasados requiere todos los pasos que se han descrito, en cambio con las hembras hidratadas este desfaseamiento es tan evidente que el grupo de los ovocitos próximos al desove se evalúa en forma directa sin necesidad de obtener la distribución de diámetros.

Al comparar los valores estimados de la fecundidad parcial, basados en hembras maduras, con 3 obtenidos para otras 5 especies, se observa que la fecundidad relativa encontrada para S. sagax tiene un valor comparable, como se ve en la tabla 13. Apesar de esto sería interesante hacer estimaciones por ambas metodologías, en forma simultánea, para comparar la resolución de los métodos en función de los costos del muestreo, puesto que para trabajar con hembras maduras, se puede realizar el muestreo a burdo de la flota comercial, pero para obtener hembras hidratadas se requiere de embarcaciones para tomar muestras durante el día, cuando generalmente la flota no opera.

Tabla No. 16. Comparaciones de la fecundidad parcial relativa de S. sagax con otras especies afines.

Especie	FEC	año	Fuente de información
<u>E. mordax</u>	444	1980	Picquelle y Hewitt (1984)
<u>E. mordax</u>	623	1981	
<u>E. mordax</u>	546	1981	
<u>E. mordax</u>	576	1982	
<u>E. mordax</u>	473	1983	
<u>E. ringens</u>	597	1981	Alheit et. al. (1983)
<u>O. libertate</u>	372	1984	Torres-Villegas et. al. (1985)
<u>S. sagax</u>	371	1984*	
<u>S. sagax</u>	220	1982	

\* Valor obtenido para el Golfo de California.

En cuanto a la estimación de la frecuencia de desovantes por día aparece una limitante técnica, debido a la dificultad que existe en la diferenciación de las clases de folículos postovulatorios. En descripciones anteriores (Cunningham, 1898; Andrews, 1931), no se consideraba el tiempo transcurrido entre el desove y la hora en que se toman las muestras, por lo tanto carecen de utilidad práctica, para determinar la fracción desovante. Más recientes son los trabajos en E. mordax (Hunter y Goldberg, 1980) y en S. sagax (Alarcon et. al., 1984) éstas descripciones se hacen en función de los cambios morfológicos de la capa granulosa del folículo, así como del lumen que queda después del desove. Sin embargo el proceso de cicatrización incluye a la teca externa y sobre todo a los elementos del tejido conjuntivo especializados en la reabsorción de los tejidos, así como del proceso de capilarización de la zona. Estas características se tratan de incluir en las descripciones que se han presentado, con la finalidad de proporcionar más elementos para la clasificación de los folículos postovulatorios. Esto sin duda no elimina la necesidad de una capacitación especial del personal que debe llevar a cabo estas observaciones, tales como lo proponen Alarcon et. al. (1984), pero se trata de hacer más fácil el entrenamiento al señalar más características de los folículos postovulatorios.

En cuanto a los cálculos para la estimación de la frecuencia de desovantes por día se ha señalado que la ventaja de considerar el día " " de sólo 8 horas, radica en que los folículos PD(2) son 16 horas más

10" de solo 2 horas, radica en que los folículos PO(2) son 16 horas más jóvenes, evitando la dificultad señalada por Hunter y Mecewicz (1980) en el sentido de confundir estas estructuras con atresias beta. En la figura (5) se comparan gráficamente estos dos sistemas, donde se hace evidente que con el método utilizado los folículos postovulatorios del día dos son más jóvenes. Otra cuestión que es señalada por los mismos autores, es la aparente mayor vulnerabilidad a las artes de pesca por parte de las hembras hidratadas, situación que en este caso no se presentó, por que no aparecieron hembras en este estadio en las muestras utilizadas. Sin embargo hay que mencionar que la operación de pesca comercial dista mucho de un sistema de muestreo intensivo a todo lo largo de las áreas de reproducción, donde existe incluso la selección de cardúmenes de interés para la Flota.

En este sentido, es posible trabajar de dos formas: una, considerar un muestreo específico, el cual pudiera únicamente completarse con muestras tomadas de la pesquería, la otra forma es utilizar un muestreo extensivo que dependa sólo de la operación comercial. Nuevamente, se trata de un balance entre la precisión requerida y el costo que representa.

### III. Tiempo de desarrollo embrionario y producción diaria de huevos.

La velocidad con que se lleva a cabo el desarrollo embrionario, no es utilizada directamente en la evaluación, sin embargo es importante para calcular la edad de los huevos censados. Esta velocidad se ve afectada por los factores ambientales, puesto que en esta fase se trata de organismos planctónicos, en el caso de S. saga y otros clupeidos se reconoce a la temperatura como el factor de mayor importancia (Hempel, 1979), la forma en que este parámetro influye sobre el desarrollo se describe como una función potencial (Zweifel Lasker, 1976), de hecho el modelo de tiempo de desarrollo obtenido tiene la misma forma, sin embargo difiere de los modelos anteriores para la sardina (Ahlstrom, 1973 y Lasker, 1964), debido a que su dominio alcanza los 27°C y por tanto puede considerarse como un indicador del comportamiento del tiempo de desarrollo a temperaturas superiores a los 21°C.

A partir de los resultados obtenidos, se pone en evidencia que en las condiciones de Bahía Magdalena, el desarrollo mantiene el comportamiento descrito por una función exponencial, sin disminuir la velocidad a mayor temperatura, como pudiera ocurrir al acercarse al límite de tolerancia de temperatura para el desarrollo embrionario. Sin embargo en el modelo encontrado se advierte que la pendiente es más suave, esto puede ser debido producido por la poca información con que se contó para desarrollar el modelo, sin embargo también puede tratarse de una diferencia entre la población norteña en California y la del sur en costa Occidental de Baja California Sur.

A la luz de los datos proporcionados por el modelo de tiempo de desarrollo-temperatura, es necesario volver a considerar las temperaturas a las que se produce el desove, puesto que dado la diferencia que ésta presenta en la temporada es decir, en el invierno

Otro extremo, alrededor de 26-27 °C, entonces resulta que el tiempo de permanencia en los estadios de huevo, varía notablemente en la temporada, puesto que en el invierno el desarrollo se completa en más de 48 horas, pero en verano tarda cerca de 24 horas, o menos. Estas condiciones influyen fuertemente en la distribución de los huevos, puesto que cabe esperar que en el verano la distribución de los huevos sea en manchas de mayor densidad y por lo tanto quizás resulte adecuado modificar el sistema de muestreo con el fin de aumentar la precisión de la estimación de la producción diaria de huevos.

Otra cuestión que de esto resulta, es el índice de mortalidad instantánea, puesto que en las estaciones de 24 horas y el obtenido en toda el área de Bahía Magdalena, en julio de 1982, resultaron valores muy cercanos, mayores a 7.0 por día. Smith (1973, citado por Hempel, 1979) menciona un valor de  $z = 0.3$  por día. Por una parte estos resultados sugieren la posibilidad de un comportamiento más o menos estable de la mortalidad instantánea, y por otro, existe una diferencia notable con la mortalidad reportada para el área de California, esta diferencia puede estar relacionada con las condiciones en dos regiones distintas pero también puede ser efecto de las pocas observaciones disponibles, por tanto no es posible llegar a una conclusión.

Por lo que se refiere al valor de producción de huevos, se llegó a un valor parecido al que se reporta para E. mordax (Stauf fer y Picquelle, 1980) por tanto se considera como una estimación razonable de la producción media de huevos en el mar. Sin embargo, la precisión con que fue obtenido este valor medio, se vio afectado sustancialmente por la distribución de los huevos en el mar, y por el muestreo realizado, el cual consistió en un número reducido de arrastres superficiales de plancton en un plan de pocas estaciones, lo que obliga a comparar los resultados de muestras muy abundantes en el número de huevos, con estaciones donde prácticamente no aparecieron, generándose así una variación más amplia.

En la aplicación de esta metodología en especies como S. saqax o como ha sido el caso de E. ringens (Smith et al., 1983), es importante considerar el sistema de muestreo. Se recomienda tomar un número elevado de muestras de pequeño tamaño, hasta donde esto sea posible por el aumento del tiempo de barco, que repercute sobre los costos de muestreo. Específicamente para el caso de E. mordax, se desarrolló un colector de plancton para arrastres verticales, descrito por Hewith (1983). El proceso de estas muestras, resulta económico para su aplicación en un sistema de muestreo intensivo.

En el caso del presente trabajo, quedó demostrado que el sistema de muestreo utilizado, resulta con baja resolución sobre las áreas de reproducción de S. saqax, quizá para otras especies que tengan áreas de reproducción más extensas y que la distribución en manchas no sea tan marcada, pudiera ser un sistema más eficiente.

Para la estimación de la producción de huevos, se asumió que el coeficiente de mortalidad es constante en el área muestreada, lo cual no es estrictamente cierto, puesto que pueden presentarse variaciones, pero es válido reconocer el valor medio como la tendencia general.

pero es válido reconocer el valor medio como la tendencia general.

#### IV. Evaluación de la biomasa reproductora.

Hasta aquí se han discutido cada uno de los parámetros que se utilizan en la evaluación por producción de huevos. Ahora si se analizan los valores medios de cada parámetro y el valor de biomasa obtenido se hace evidente que existen dos fuentes importantes de variación, una es la frecuencia de desovantes y la otra la estimación de la producción de huevos, a lo largo de esta discusión se han expuesto algunas ideas sobre el comportamiento de estos parámetros, lo cual en cierta forma explica esta gran variación.

Esto apunta directamente a los problemas relativos al muestreo que deber8 organizarse para llevar a cabo la evaluación de la sardina a gran escala, aunque sin llegar a considerar modificaciones en la metodología, por lo menos en el área de la costa Occidental de Baja California Sur.

Finalmente el valor de biomasa obtenido, cercano a las 23,000 Tm para el mes de Julio de 1982, es diferente al obtenido por Hernández-Vázquez (1984 Informe Interno) con 17,000 Tm para la misma época, lo cual se determinó por medio del análisis de captura por unidad de esfuerzo. La diferencia observada puede tener dos explicaciones, la primera es que por razones operativas, no se lleva a cabo el muestreo de adultos en forma simultánea con el muestreo de plancton, aunque la diferencia en tiempo fué de 5010 unos días, pero dado las dimensiones mismas del sistema estudiado, pueden tener un efecto amplificado, la otra razón tiene que ver con la naturaleza de los métodos de evaluación, esto es el análisis de captura por unidad de esfuerzo refleja la tendencia general para el periodo considerado, en el método por producción de huevos la observación es instantánea. Esto también sugiere que la fracción de la población disponible a la pesquería dentro de Bahía Magdalena, recibe un aporte del área vecina, puesto que si se considera la captura total obtenida en la zona para Julio de 1982, el valor de biomasa es superior a estas capturas.

Bajo estas consideraciones, puede sugerirse que Bahía Magdalena es un sitio de refugio para el desove de la sardina, esto no significa que representa toda el área de reproducción de la costa Occidental de Baja California Sur, pero sí que existe cierta tendencia de los cardúmenes a desovar dentro de la Bahía. En éste sentido no existen pruebas concluyentes que apoyen esta hipótesis, lo cual será aclarado cuando se disponga de mayor información de la sardina en la zona circunvecina a la bahía.

Al llegar a este punto se puede ver que los métodos empleados para la evaluación por producción de huevos, tienen un resultado satisfactorio, si se piensa utilizar esta metodología para la población presente en la costa occidental de Baja California Sur, así mismo los señalamientos que se hacen a lo largo del desarrollo de este trabajo, sobre la interpretación de estos resultados específicamente los que se refieren a los valores de producción diaria y sus variaciones, con esto



se está en condiciones de señalar que este método es aplicable aún utilizando las muestras provenientes de la flota comercial, para el muestreo de adultos, pero hay que dejar claro que se trata de un compromiso entre las principales ventajas de este método, tales como los niveles de confianza en que se pretende utilizar y los costos que esto representa.

Desde el punto de vista técnico, la aplicación de esta metodología tiene cuestiones que es preciso resolver previamente antes de plantear su utilización en un área extensa. Aún para el caso de una especie como *S. sagax*, la cual se ha estudiado desde hace tiempo, pero donde existen diferencias en las poblaciones que se manifiestan en características particulares de diversos índices metabólicos y de producción de gametos, lo cual repercute en las estimaciones de los parámetros poblacionales requeridos, por otra parte, si se trata de especies poco estudiadas, como puede ser el caso de especies pelágicas tropicales, esto representa una de las mayores limitantes para esta metodología de evaluación, puesto que es necesario contar con información detallada de los procesos de la reproducción y del desove, así como del desarrollo embrionario, lo cual en la mayoría de 105 casos se desconoce.

Otra parte que debe señalarse es en cuanto a la obtención de muestras y el proceso de laboratorio, ya que éstas dos partes del sistema de evaluación requieren de manipulaciones específicas, tal como se señaló anteriormente. Una de las ventajas de este método es que ofrece la posibilidad de obtener los valores de biomasa en forma expedita, que resulta posible en esta especie, o en cualquier otra, siempre y cuando se cuente con los sistemas organizados como líneas de producción, perfectamente articuladas y mecanizadas hasta donde es posible, con el fin de contar con la información necesaria para alimentar el modelo de evaluación en el momento oportuno.

Con todo lo hasta aquí expuesto se ha planteado un esquema de investigación para llevar a cabo la evaluación por producción de huevos en *S. sagax*, sin embargo el esquema es válido para otras especies de desovantes parciales. Esto resulta importante si se piensa en los recursos pesqueros tropicales, tales como la sardina crinuda (*Opisthonema* spp) que en la actualidad tiene gran importancia para la industria nacional. Bajo este esquema se han probado 105 métodos requeridos, se han realizado observaciones básicas sobre la reproducción y el desarrollo embrionario de *S. sagax*, para la estimación de los parámetros necesarios y se han analizado sus posibilidades y algunas alternativas, las cuales pueden ser el punto de partida para realizar estos trabajos con otras especies importantes de las cuales para el caso concreto de nuestro país, existe un escaso conocimiento.

## CONCLUSIONES

1. Se confirma la distribución clinal del patrón de reproducción de S. sagax en la costa occidental de Norteamérica.

2. La forma del ciclo de reproducción en el área de estudio, se presenta con irregularidades a lo largo de los años, sin embargo aparece en forma consistente con dos máximos.

3. La reproducción de S. sagax en Bahía Magdalena, se lleva a cabo en un amplio intervalo de temperaturas: e-i cual se amplía hacia las temperaturas más altas.

4. El comportamiento de la temperatura, dentro de las áreas de reproducción de S. sagax en Bahía Magdalena, muestra homogeneidad en la columna de agua.

5. Los procesos reproductivos de S. sagax en Bahía Magdalena, están asociados a las variaciones que tiene el frente entre la Corriente de California y la masa de agua ecuatorial presente en la zona.

6. El tiempo de desarrollo embrionario con respecto a la temperatura, sigue un comportamiento semejante al que se describe para el área de California, como un modelo potencial.

7. Aparentemente en el área de estudio, el desarrollo embrionario se completa en menos tiempo que en el área de California, no solo por la diferencia en la temperatura, sino que el modelo de tiempo de desarrollo, para California tiene una pendiente menor que el encontrado en Bahía Magdalena.

8. Se confirman que a las 22:00 horas se presenta el máximo del desove cada noche.

9. Considerando el ciclo de producción de ovocitos, S. sagax presenta un número elevado de desoves por temporada y, por tanta una producción de ovocitos notablemente mayor a los valores considerados hasta ahora.

10. El valor obtenido para la fecundidad es un valor menor al reportado para otros clupeidos, pero comparable al obtenido para esta especie en California.

11. El proceso de reabsorción de los folículos postovulatorios, es semejante al descrito para E. mordax, sólo que las cicatrices del desove son de mayor tamaño y la teca externa es más gruesa.

12. El sistema para la estimación de la frecuencia de desovantes que considera al día 1 de sólo ocho horas, resultó apropiado para esta especie en las condiciones en que desarrolló el trabajo.

13. LOS valores encontrados, de frecuencia de desovantes,

revelan que este parámetro varía notablemente, estas oscilaciones pueden ser dentro de la misma temporada e interanuales.

14. El valor encontrado del coeficiente de mortalidad es muy alto, pero pudiera estar relacionado con las condiciones propias de la época y la localidad donde se trabajó.

15. El valor de producción media de huevos en el mar, es comparable al reportado para otras especies.

16. La forma en la cual se lleva a cabo el desove, en el seno de los cardúmenes, hace que este fenómeno sea prácticamente puntual, por tanto representa la mayor fuente de variación en la estimación de la biomasa desovante.

17. El valor de biomasa desovante está en el mismo orden de magnitud que el reportado por otros métodos, por tanto se considera aceptable, y señala la factibilidad de aplicación del método de evaluación por producción de huevos a gran escala.

18. No se recomienda llevar a cabo la evaluación de la biomasa reproductora de S. sagax por métodos ictioplanc tonológicos, durante el máximo de reproducción de verano.

19. Para el desarrollo de la evaluación de S. sagax por este método, es posible utilizar muestras de adultos provenientes de la flota comercial, sin embargo el valor obtenido no representa el valor real de la biomasa desovante, y solo puede usarse como índice de abundancia.

## \* BIBLIOGRAFIA

- Ahlstrom E. H. 1943. Studies on the Pacific Pilchard or Sardine (Sardinops Caerulea) 4. - Influence of the Temperatura on the Rate of Development of Pilchard Eggs in Nature. Fish and Wild. Serv. Spec. Scientific Rep. no. 23.
- Ahlstrom, E. H. 1954. Distribution and Abundance of Egg and Larva I Populations of the Pacific Sardine. Fish. Bull. 59(73):83-140.
- Ahlstrom, E. H. 1956. Sardine Eggs and Larvae and Other Fish Larvae. Pacific Coast, 1956. u. s. Dept. Interior Fish and Wildlife Serv. Spec. Sci. Rep. : Fisheries No. 251, 84 pp.
- Alarcon, V. H., S. R. Goldbrgg y J. Alheit. 1984. Histología de folículos postovulatorios de la sardina (Sardinops sagax) de l Perú. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. 8(1): 1-16.
- Alheit, J., B. Alegre & V. H. Alarcon. 1983. Batch fecundity and spawning frequency of various anchovy Genus: Engraulis populations from upwelling areas and their use for spawning biomass estimates. FAO Fish. Rep. 291: 977-985
- Alheith, J. 1984. Spawning Frequency of Peruvian Anchovies Taken With a Purse Seine. in An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application fo the Northern Anchovy Engraulis mordax. Lasker (ed). NMFS. S&C. Administrative Report LJ-84-37.
- Alheith, J., V. H. Alarcon and B. Maceuicx. 1984. Spawning Frequency and Sex Ration in the Peruvian Anchovy, Engraulis. CALCOFI Rep. Val. 25: 43-52
- Alvar iño, A. 1980. The Relatinn Between the Distribution of Zooplankton Predators and Anchovy Larvae. Calif. Coop Oceanic Fish. Inves t. Rrp. 21: 150-160.
- Andrews, C. B. 1931. The Development of the Uva of the California Sardine (Sardina caerulea). Unpub. Manusc. 88 p. Stanford University, Stanford, C.A. 74303.
- Anónimo. 1963. CalCOFI Atlas of 10-meter Temperatures and Salinities 1949 through 1959. CalCOFI Atlas No. 1.

- Bagenal, T. B. and E. Braun. 1971. Eggs and Early Life History. in Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. W.E. Riker (editor) IPB Handbook no. 3 Inst. Biol. Programm.
- Balbontin, F. & W. Fisher. 1981. Ciclo Sexual y Fecundidad de la Merlusa, Merluccius gayi gayi, en la Costa de Chile. Rev. Biot. Mar. Inst. Oceanología Univ. Valparaiso. 17(3):285-334.
- Baqueiro, E. C., I. Peña R. y J. A. Masso. 1981. Análisis de una Población Sobreexplotada de Argopecten circularis (Sowerby, 1935) en la Ensenada de la Paz, B. c. s., México. Ciencia Pesquera Inst. Nal. Pesca Sria. Pesca México I(2): 57-65.
- Baqueiro, E. C., M. Mucino D. y R. Merino M. 1982. Análisis de una Población de Pata de Mula Anadara tuberculosa Sujeta a Explotación Intensiva en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. Ciencia Pesquera Inst. Nal. Pesca Sria. Pesca México (3): 75-82.
- Burczynski, J. 1979. Introduction to the Use of Sonar Systems for Estimating Fish Biomass. FAO, Fish. Tech. Paper No. 191. FIRM/T191(En).
- Carles, M.C.A. 1971. Características Biológicas Pesqueras del Bonito (Katsuwonus pelamis) y de la Albacora (Thunnus atlanticus) en la Costa Nororiental de Cuba. INP. No. 32, 51 pp.
- Clark, F.N. 1936. Maturity of the California Sardine (Sardinia caerulea), Determined by the Ova Diameter Measurements. Calif. Div. Fish and Game, Fish Bol 1. 42: 1-49.
- Clark, F. 1952. Review of the California Sardine Fisheries. California Fish and Game. 3 (38): 367-380.
- Clark, F. & Marr. 1955. Population dynamics of the Pacific sardine. Mar. Res. Comm. California Cooperative Ocean Fisheries Investigation Program Report, July 1953-31 March 1955, pp 11-48.
- CICIMAR. 1983a. Investigaciones Ictioeconómicas en la Costa Occidental de Baja California Sur y Bahía Magdalena para Evaluar la Biomasa Reproductora de Sardina y Anchoveta. 20. y 3er. Informes Parciales a la Secretaría de Pesca. CICIMAR Apdo. Post. 476 La Paz BCS CP X3000.

- CICIMAR. 1983b. La pesquería de Sardina en Baja California Sur. Informe Final a la Secretaría de Pesca. CICIMAR Apdo. Post. 476 La Paz BCS CP 23000.
- CICIMAR. 1984. Atlas de distribución y densidad de huevos y larvas de clupeidos y engraulidos en el complejo Bahía Magdalena - Bahía Almejas, Baja California Sur 1981-1983. Atlas No. 2.
- Cunningham, J. I. 1898. On the Histology of the Ovary and of the Ovarian ova in Certain Marine Fishes. J. Mier. Seig. New Serv., 40:101-163.
- De la Campa, S., M. A. Padilla y P. E. Smith. 1976. Estimaciones de Biomasa de Reproductores de Sardina Monterrey (Sardinops sagax) a través de Censos larvales. Golfo de California. Temporada 1975. Mem. Primer Simp. Nal. de Rec. Masiv. Mex. SIC. Subsecretaría de Pesca. Ensenada, B. C. (1):295-313.
- De la Campa, S., R. M. Olivera y J. P. Ortiz. 1976. Distribución de larvas de peces en la costa occidental de Baja California, segundo semestre de 1973. Mem. Primer Simp. Nal. de Rec. Masiv. Mex. SIC. Subsecretaría de Pesca. Ensenada, B. C. (2):43-102.
- Funes-Rodríguez R. y A. Esquivel-Herrera. 1985. Determinación de larvas; 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.
- Gray, P. 1958. Handbook of basic microtechnique. Mac Graw-Hill Co. Inc. New York. 252 p.
- Gulland, J. A. 1983. El Porqué de las Evaluaciones. FAO CIRC. PESC. NO. 759. FIRM/C759(Es).
- Gurr, E. 1962. Staining animal tissues, practical and theoretical. Leonard Hill Ltd. London. 631 p.
- Harding, J. P. 1949. The Use of Probability Paper for the Graphical Analysis of Polymodal Frequency Distributions. J. Mar. Assn. Vol. 28.
- Hempel, G. 1979. Early Life History of Marine Fish. The Egg Stage. Washington Sea Grant Pub. 70 pp.

- Hewitt, R. 1983. Roll, Heave and Vertical Ichthyoplankton Tows. *Ocean Science and Engineering*. 8 (1):41-51.
- Hunter, J. R. 1981a. The Feeding Ecology of Marine Fish Larvae. In *Fish Behavior and its Use in the Capture and Culture of Fishes* (eds. J. E. Bardach, J. J. Magnuson, R. C. May and J. K. Reinhart). ICLARM Conf. Proc. 5, Internti l. Center for Living Aquatic Resources Mgmt., Manila p 287-330.
- Hunter, J. R. 1981b. Feeding Ecology and Predation of Marine Fish Larvae. in *Marine Fish Larvae, Morphology, Ecology and Relation to Fisheries* (Lasker, R. ed.). Washington Sea Grant Program.
- Hunter, J. R. and S. R. Goldberg. 1980. Spawning Incidence and Batch Fecundity in Northern Anchovy, Engraulis mordax. *Fish. Bull.* 77(3): 641-652.
- Hunter, J. R. & C.A. Kimbrell. 1980. Egg cannibalism in the northern anchovy, Engraulis mordax. *Fish. Bull.* 78(3): 811-816.
- Hunter, J. R. and B. J. Macewicz. 1980. Sexual Maturity, Batch Fecundity Spawning Frequency and Temporal Pattern of Spawning for the Northern Anchovy, Engraulis mordax, During the 1979 Spawning Season. *CalCOFI Rep.* 21, 137-149.
- Hunter, J. R. & R. Leong. 1981. The Spawning Energetics of Female Northern Anchovy, Engraulis mordax. *Fish. Bull.* 79(2): 215-230.
- Hunter, J. R., N. C. H. Lo & R. J. H. Leong. 1984. Batch Fecundity in Multiple Spawning Fishes. in *An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy Engraulis mordax*. Lasker (ed). NMFS. S&C. Administrative Report LJ-84-37.
- Johannesson, K. 1971. A Review and Description of RFS Hydro-acoustic System. Results of the UNDP(SF)/FAO Regional Fisheries Survey in West Africa. Report No. 2.
- Joseph, J. 1963. Fecundidad del Atun Aleta Amarilla (Thunnus albacares) y el Barrilete (Katsuwonus pelamis) del Oceano Pacifico Oriental. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 7(4).
- Kramer, D. 1970. Distributional Atlas of Fish Eggs and Larvae in the

California Current Region: Pacific Sardine, Sardinops caerulea (Girard), 1951 Through 1966. CalCOFI Atlas No. 12, State of California

- Lambert, J. G. D. 1970. The Ovary of the Guppy, Poecilia reticulata the Atretic Follicle, a Corpus Atreticum or a Corpus Luteum Pracovulationis. Z. Zellforsch. 107: 54-67.
- Lasker, R. 1964. An Experimental Estudy of the Effect of Temperature on the Incubation Time, Development and Growth of Pacific Sardine Embrios and Larvae. Copeia. No. 2: 399-405.
- Lasker, R. 1981. The Role of a Stable Ocean in Larval Fish Survival and Subsequent Recruitment. in Marine Fish Larvae, Morphology, Ecology and Relation to Fisheries (Lasker, R. ed.). Washington Sea Grant Program.
- Lasker, R. 1984. An Egg Production Method for Anchovy Biomass Assessment. in An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy Engraulis mordax. Lasker (ed). NMFS. SWFC. Administrative Report L J-84-37.
- LeClus, F. 1977. A Comparison of Four Methods Used in Fecundity Determination in the Pilrhard Sardinops ocellata. Fish. Bull. S. Afr. 9: 11-15
- Leong, R. 1971. Induced Spawning of the Northern Anchovy Engraulis mordax Girard. Fish. Bull. 67 (2): 357-360.
- Mac er, C. T. 1774. The Reproductive Biology of the Horse Meseel Trachurus trachurus (L.) in the North Sea and English Channel. J. Fish Biol. 6: 415-438.
- MacGregor, J. 1957. Fecundity of the pacific sardine (Sardinops caerulea). Fish. Bull. 57 (121):424-449.
- Molina, D. y O. Pedrin. 1774. Explotación de la Sardina en Zonas Próximas a Guaymas, Son. Mem. V Congr. Nac. Ocean. (Guaymas, Son.): 21-30.
- Nikolsky, G. V. 1963. The Ecology of Fishes, Academic Press, London. 352 pp.



- Ochoa-Báez, R. I. 1785. **Algunos Aspectos Sobre el Ciclo de Reproducción de Modiolus capax (Conrad, 1837) (Bivalvia: Mytilidae); en la Bahía de La Paz, Baja California, Mexico.** Inv. Mar. **CICIMAR**, 1785, 2(2):86-103.
- Páez, F. 1776. **Desarrollo gonadal, madurez, desove y fecundidad de sardina crinuda, Opisthonema libertate (Gunther) de la zona de Maxatlán, basados en el análisis histológico de la gónada.** Mem. Primer Simp. Nal. de Rec. Masiv. Mex. SIC. Subsecretaría de Pesca. Ensenada, B. C. (2):207-264.
- Padilla, M. A. 1776. **Huevos y larvas de sardina monterrey (Sardinops sagax caerulea) del Golfo de California, diciembre de 1974.** Mem. Primer Simp. Nal. de Rec. Masiv. Mex. SIC. Subsecretaría de Pesca. Ensenada, B. C. (2): 15-35.
- Parker, K. 1980. **A Direct Method For Estimating Northern Anchovy Engraulis mordax, Spawning Biomass.** Fish. Bull. 78(2): 541-544.
- Picquelle S.J. & R. P. Hewitt. 1984. **The 1983 spawning biomass of the northern anchovy.** CalCOFI Rep. vol. XXV: 16-27.
- Radovich, J. 1962. **Effects of sardine stock size and environmental in year class production.** Calif. Fish and Game. 2(48): 123-140.
- Saville, A. 1964. **Estimation of Abundance of a Fish Stocks from Eggs and Larval Surveys.** 3.n J. A. Quland (editor), **On the Measurement of Abundance of Fish Stocks**, p. 164- 170. Rapp. P-V Reun. Con. Perm. Int. Explor. Mer. 155.
- Smith, P. E. 1973. **The mortality and dispersal of sardine eggs and larvae.** Rap. R.-v. Reun. Cons. Perm. imnt. Explor. Mer. 164: 282-292.
- Smith, P. E. 1981. **Fisheries on Coastal Pelagic Schooling Fish. in Marine Fish Larvae, Morphology, Ecology and Relation to Fisheries (Lasker, R. ed.).** Washington Sea Grant Program.
- Smith, P.E. y S. L. Richardson. 1979. **Técnica5 Modelo para Prospecciones de Huevos y Larvas de Peces Pelágicos.** FAO, Documentos Tecnicos de Pesca No. 175. FIR/T175(ES).
- Smith, P. E., H. Santander y J. Alheith. 1983. **Detalles Técnicos de**

un Plan de Crucero para Estimar la Biomasa Desovante de Anchoveta. Bol. Inst. Mar Perú-Calif ISSN-0378-7499, 7(2): 47pp.

Sokolov, V.A. 1973. Investigaciones Biológico Pesqueras de los Feces Pelágicos del Golfo de California. CalCOFI. Rep. (17): 92-96.

Sokolov, V. A. y M. Wong. 1972. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1970. Informe científico No. 1 INP/SI: 11. 32 pp.

Stauffer, G. D. and S. J. Picquelle. 1980. Estimates of the 1980 Spawning Biomass of the Central Subpopulation of Northern anchovy. NOAA. NMFS. SFC. Administrative report LJ-80-09.

Suarez, J.A. y P.P. Duarte. 1961. Biología Pesquera del Bonito (Katsuwonus pelamis) y de la Albacora (Thunnus atlanticus) en Cuba. I. ICIT. No. 15. 151 pp.

Tibby, R. B. 1937. The Relation Between Surface Water Temperature and the Distribution of Spawn of the Sardinops caerulea. Calif. Fish and Game. 23(2): 131-137.

Torres-Villegas, J.R., G. García, A. Levy y R. I. Ochoa, 1985. Madurez sexual, peso promedio, proporción sexual y frecuencia de desovantes de Sardinops sagax en el Golfo de California para noviembre de 1984. CIBCASIO 10th anual meeting La Jolla California.

Torres-Villegas, J. R., R. I. Ochoa, G. García y A. Levy. 1985. Parámetros reproductivos de las poblaciones de Upisthousa libertate (Günther) (Pisces: Clupeidae) y discusión sobre la evolución por producción de huevos, en Bahía Magdalena, 3 C. Sur México. Inv. Mar. CICIMAR, 1985 2(2): 45-58.

Willie, J. G. 1966. Geostrophic Flow of the California Current at the Surface and at 200 Meters. CalCOFI Atlas No: 4.

Wong, M. 1976. Biología de la Sardina del Golfo de California. CalCOFI. Rep. 17: 97-100.

Zweifel, J. R. and R. Lasker. 1976. Prehatch and Posthatch Growth of

Wong, M. 1976. **Biología de la Sardina del Golfo de California.**  
CALCOFI. Rep. 17: 97-100.

Zweifel, J. R. and R. Lasker. 1976. **Prehatch and Posthatch Growth of  
Fishes - a General Model.** Fish. Bull. 74 (3): 609-621.

## FIGURAS

Figura No. 1. Modelo de investigación para aplicar el método de evaluación por producción de huevos en México.



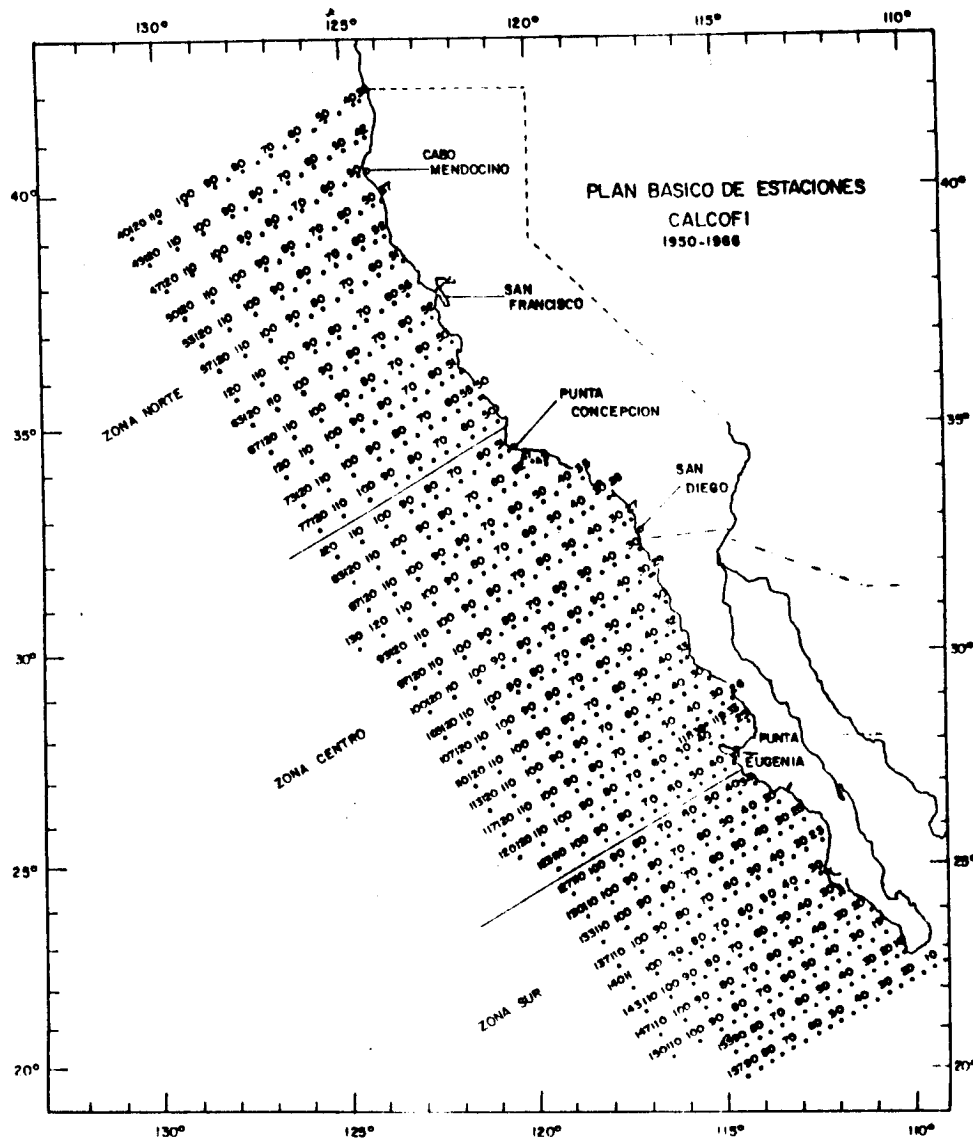


Figura No. 2. Plan básico de estaciones oceanográficas de CalCOFI, donde se señalan los límites de la zona norte, centro y sur, utilizadas para estimar la abundancia de huevos y larvas.

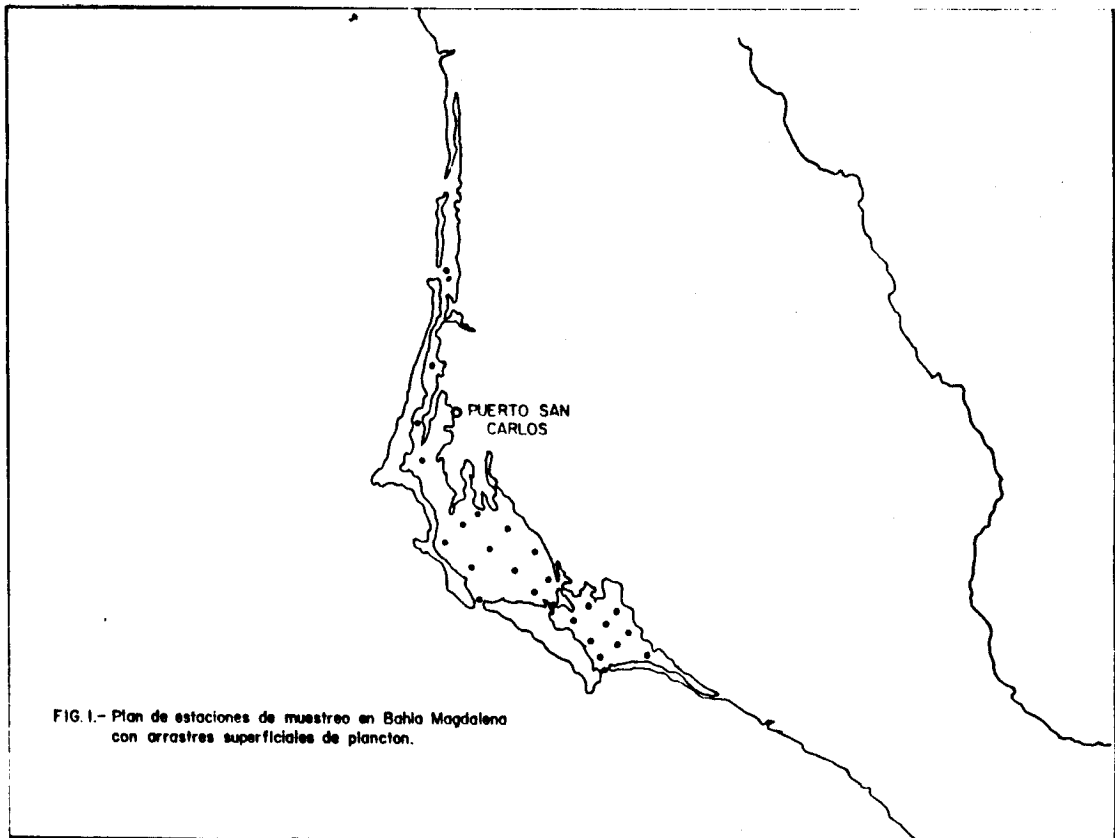
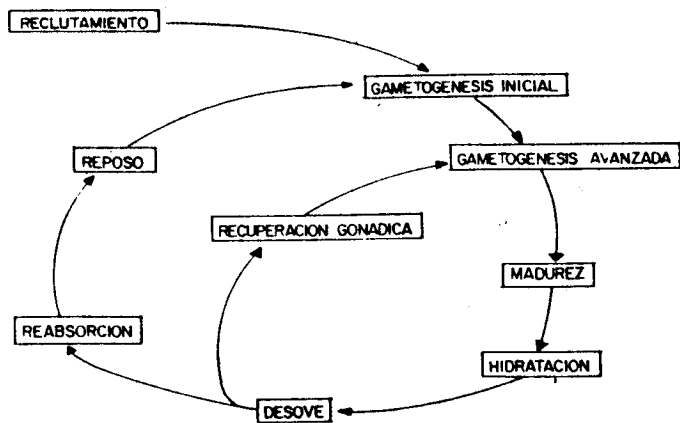
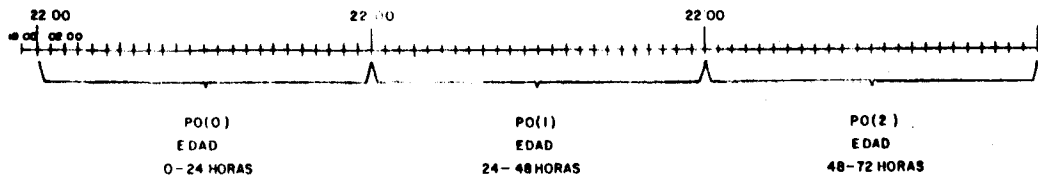


Figura No. 3. Plán de estaciones de muestreo en Bahía Magdalena.

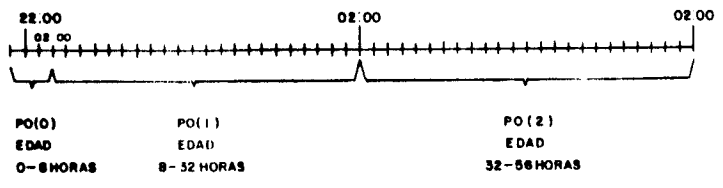


Ciclo Reprodutor para un Desovante parcial tomado de Macer (1976), modificado.

Figura No. 4. Ciclo reproductor para un desovante parcial, tomado de Macer (1976), modificado para S. sagax.



SISTEMA PARA EL CALCULO DE EDADES DE FOLICULOS POSTOVULATORIOS, UTILIZADO POR Hunter y Goldberg (1960) EN E. merdax.



SISTEMA PARA EL CALCULO DE EDADES DE FOLICULOS POSTOVULATORIOS, UTILIZADO POR Abell et al (1982) EN E. sardina.

Figura No. 5. Comparación entre dos sistemas para estimar la edad de los folículos postovulatorios, para la sardina Sardinops sagax.

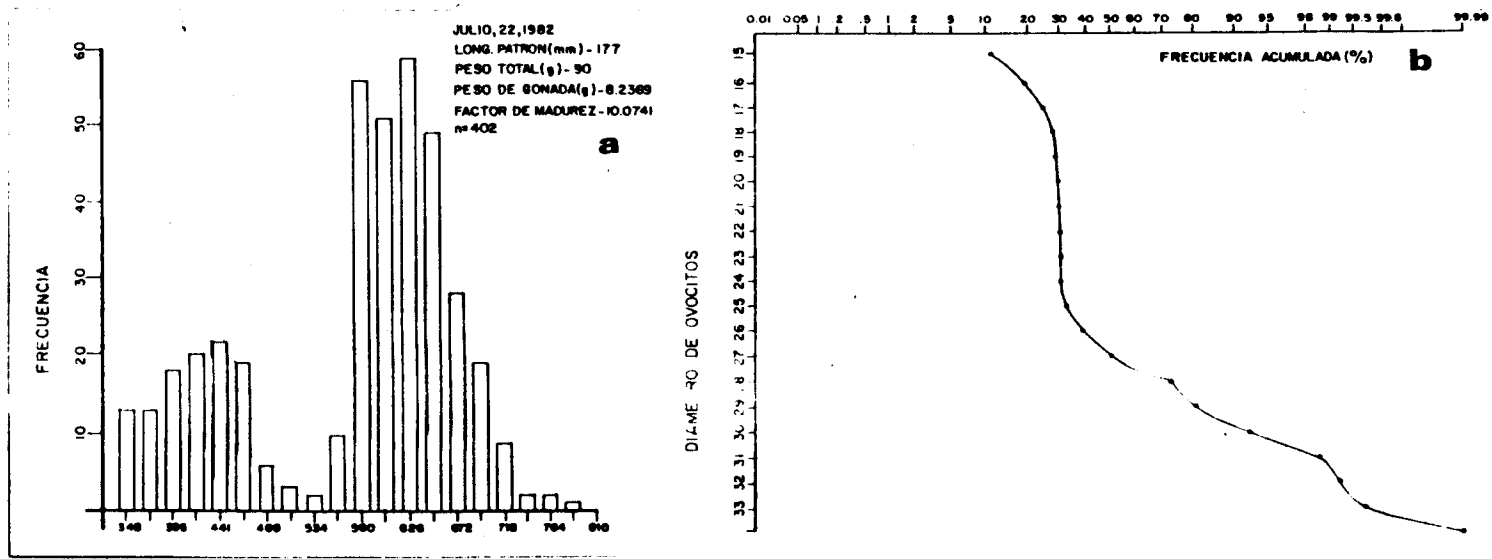


Figura No. 6. Distribución de frecuencias de ovocitos intraováricos de una hembra madura (a); distribución de frecuencias acumuladas para la misma gónada, el eje de las ordenadas tiene escala probabilística (probit).



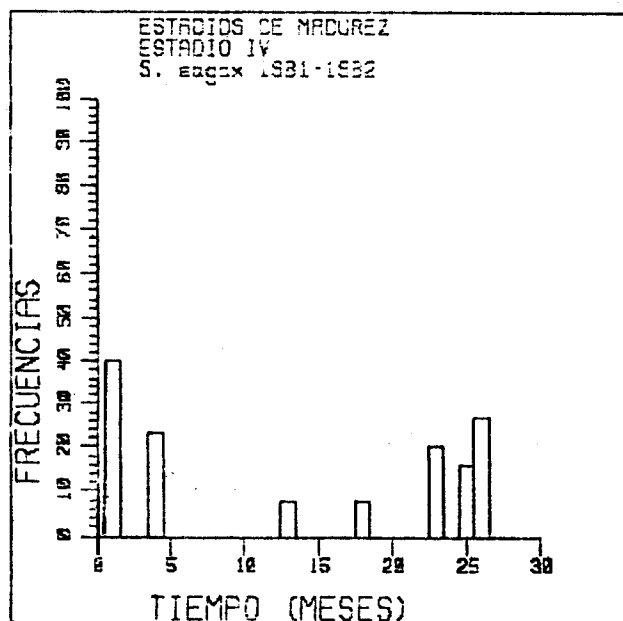
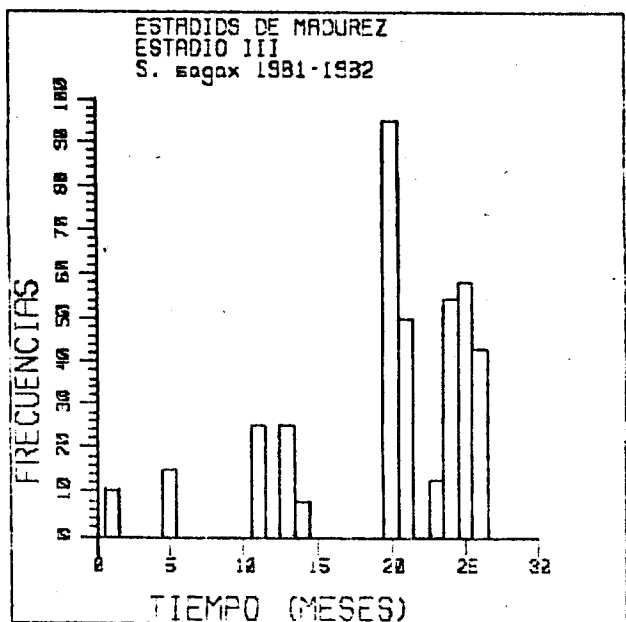
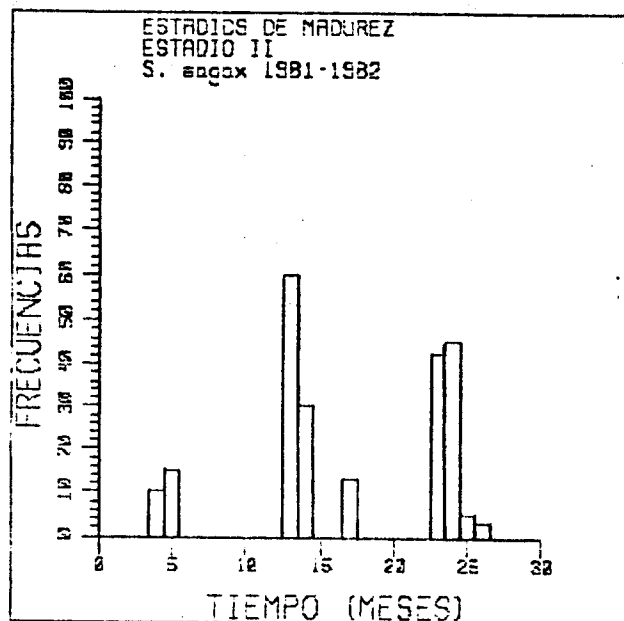
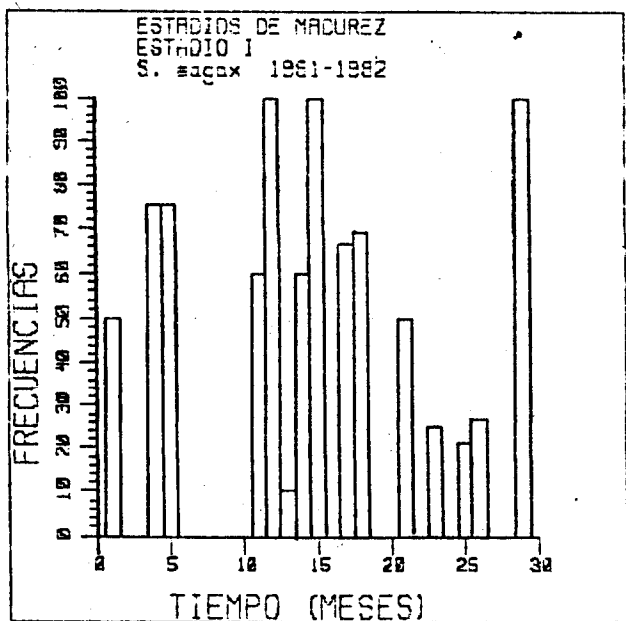


Figura No. 7. Distribución de frecuencias por estadios de madurez para la temporadas de pesca 1981 y 1982 de S. sagax. El mes I es julio de 1980.

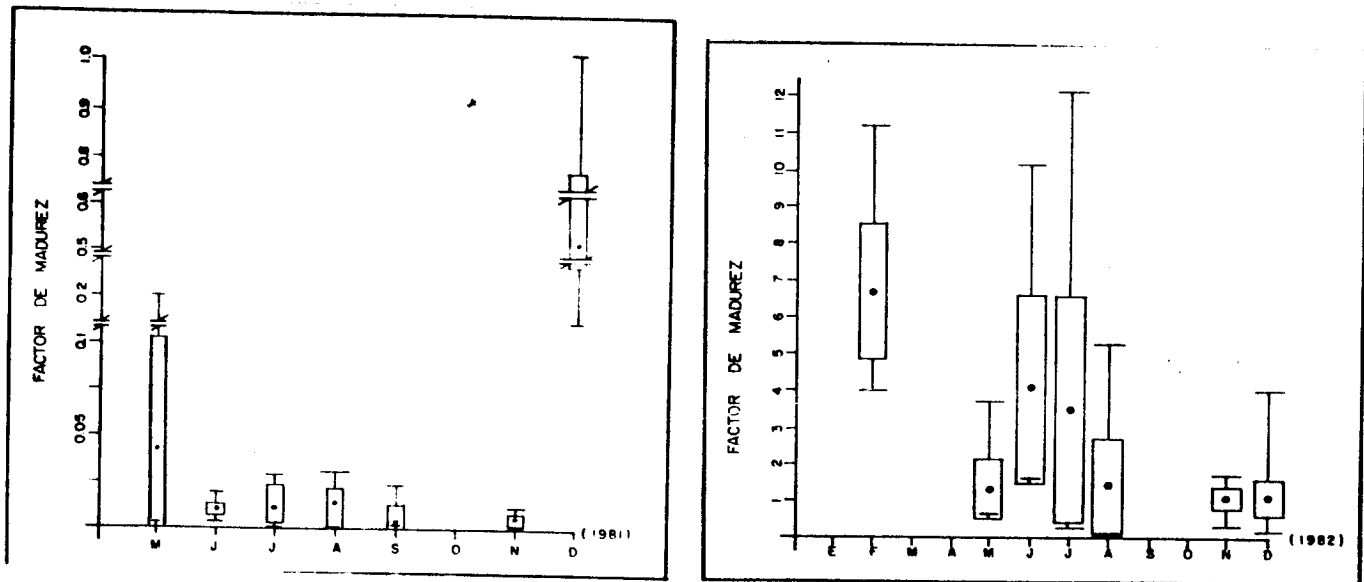


Figura No. 8. Factor de madurez por meses, para 1981 (a) y para 1982 (b), de *S. saqax* en Bahía Magdalena.

ZONA NORTE

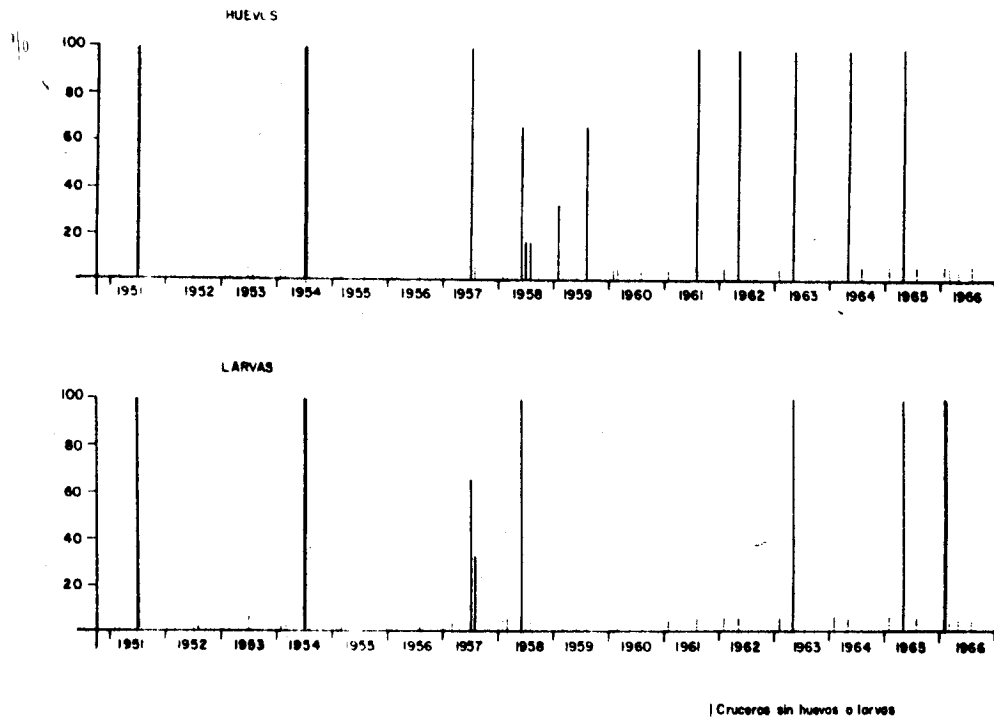


Figura No. 9. Abundancia relativa de huevos (a) y de larvas (b) de *S. saqax* para la zona norte de California, de 1951 a 1966.

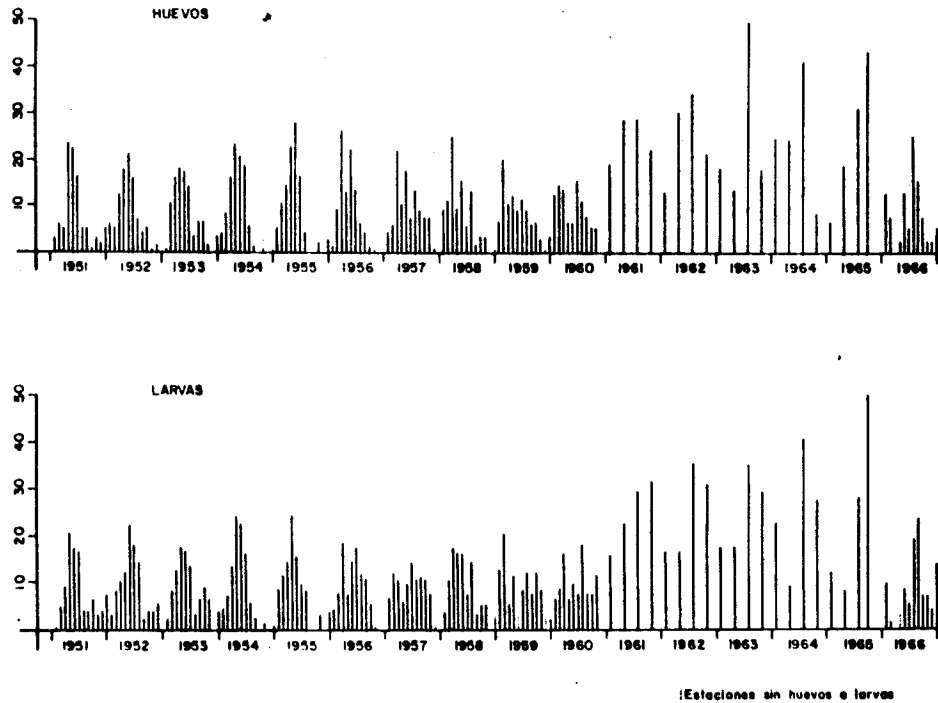


Figura No. 10. Abundancia relativa de huevos (a) y larvas (b) de S. sagax para la zona central, comprendida entre Punta Concepción y Punta Eugenia B.C.S. de 1951 a 1966.

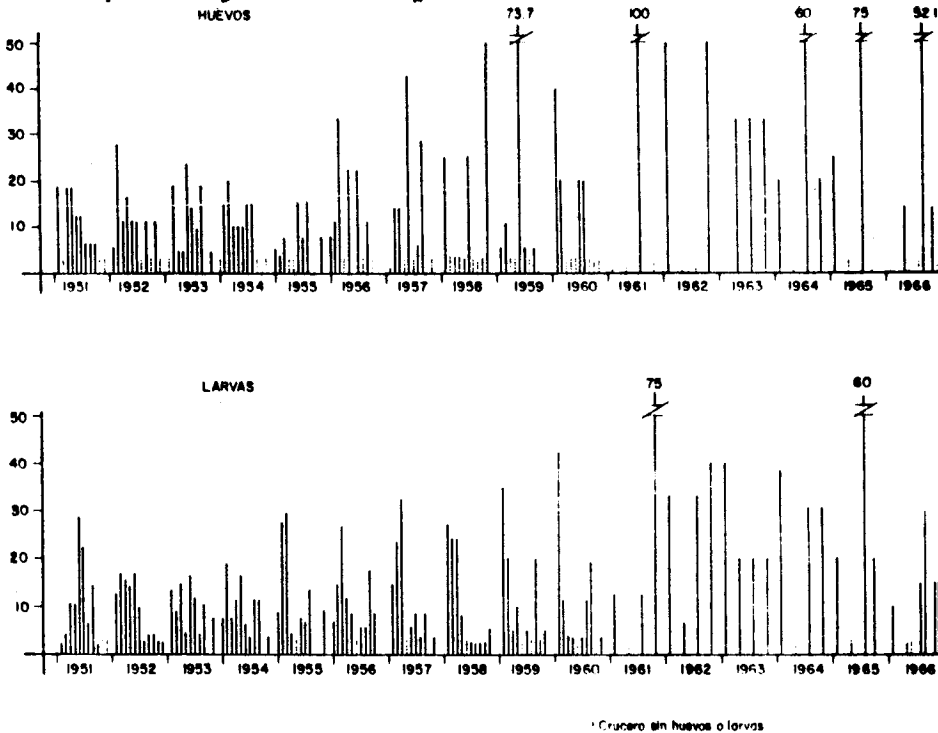


Figura No. 11. Abundancia relativa de huevos (a) y larvas (b) de S. sagax para la zona sur, comprendida entre Punta Eugenia y Cabo San Lucas B.C.S. de 1951 a 1966.

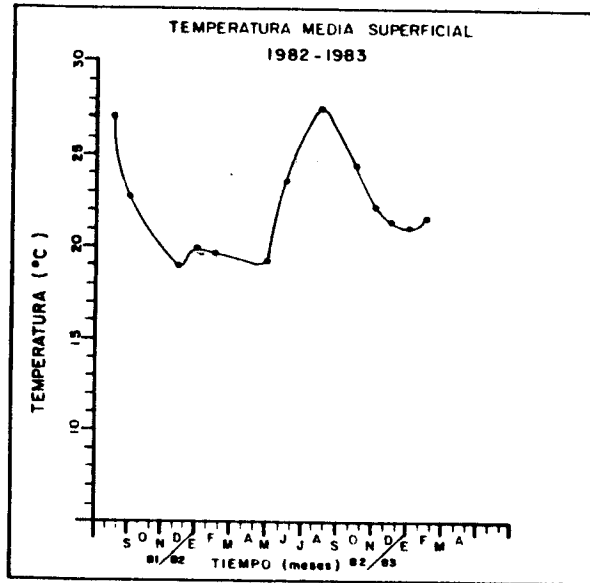


Figura No. 12. Registro de temperatura superficial media mensual, de Bahía Magdalena-Bahía Almejas entre 1981 y 1983.

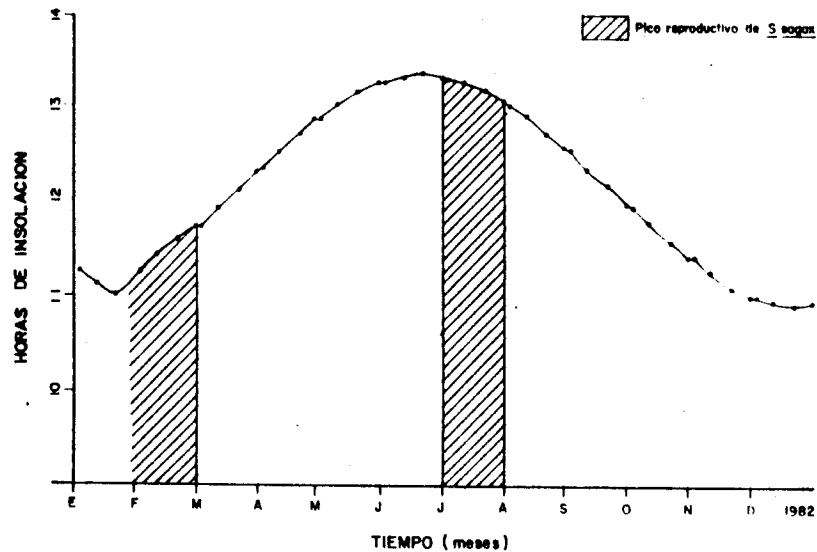


Figura No. 13. Ciclo de insolación anual, donde se marcan los meses de máxima reproducción de *S. saqax* de Bahía Magdalena.

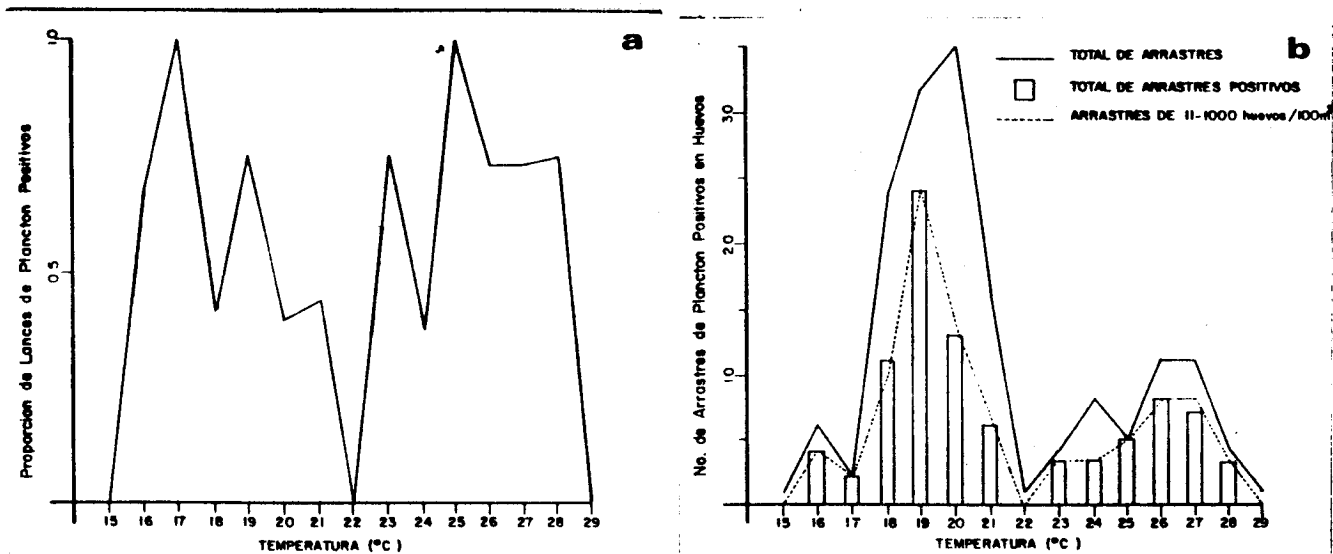


Figura No. 14. Distribución de Frecuencias de lances de plancton realizados en Bahía Magdalena de 1981 a 1983, agrupados por temperaturas superficiales. (a) representa los valores brutos y (b) son los valores relativos con respecto a los lances totales por temperatura. Un arrastre positivo es aquel donde se encontró al menos un huevo de *S. sagax*.

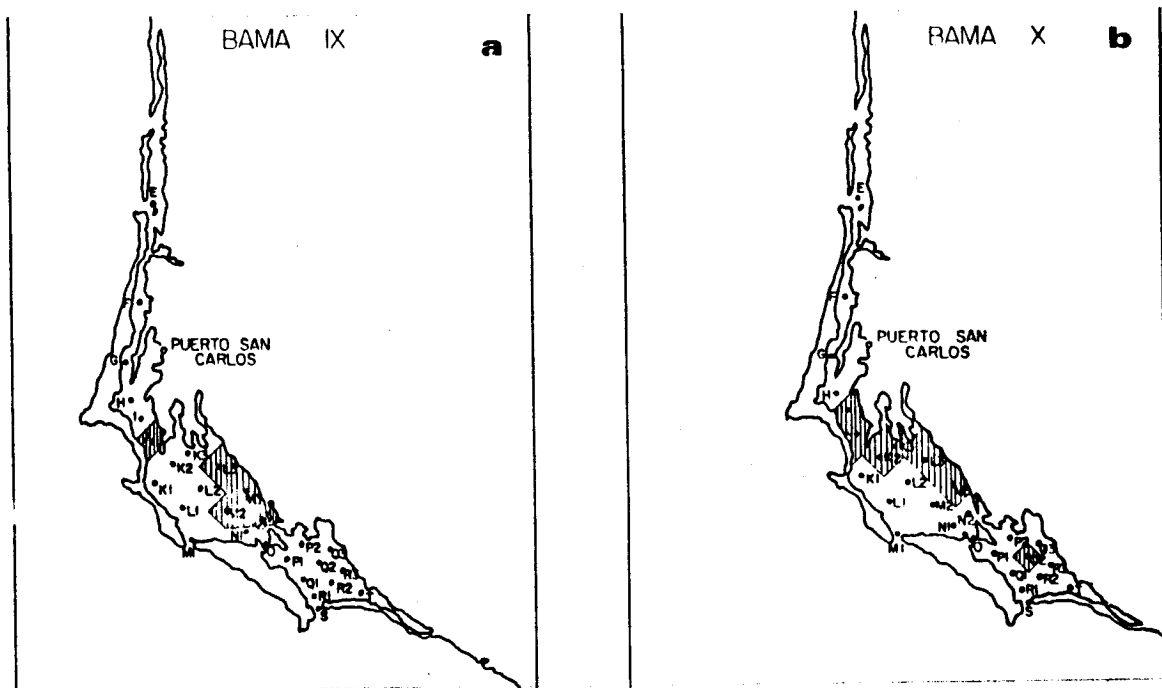


Figura No. 15. Areas de reproducción de *S. sagax*, según la definición de de Smith y Richardson (1979) en Bahía Magdalena, para los meses de febrero de 1982 (a) y marzo de 1982 (b).

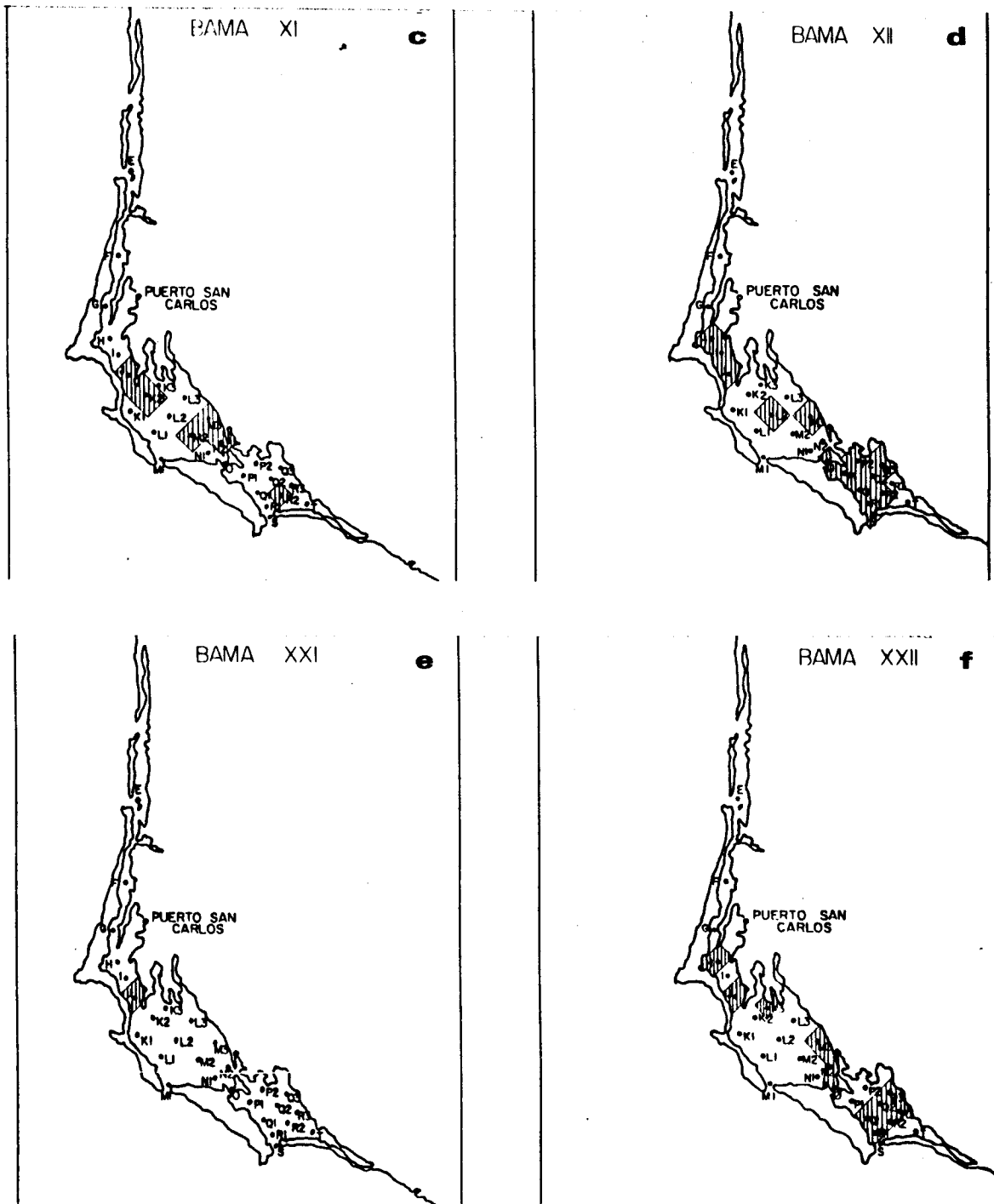


Figura No. 15. Areas de reproducción de *S. sagax*, según la definición de Smith y Richardson (1979) en Bahía Magdalena, para los meses de junio de 1982 (c), julio de 1982 (d), primera semana de mayo (1983) y la última semana de mayo (f).

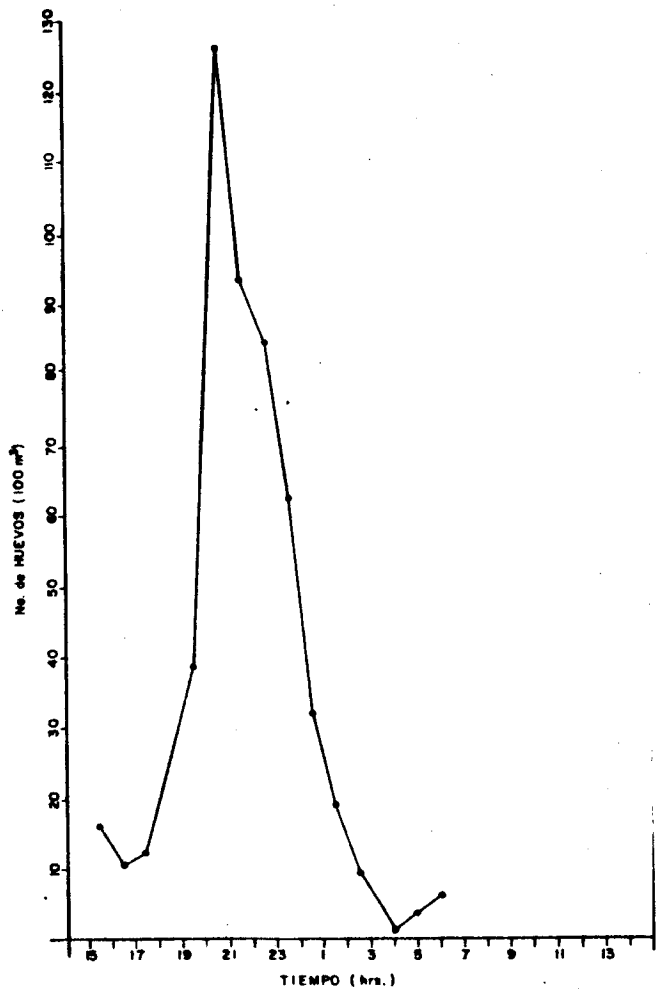


Figura No. 16. Abundancia de huevos de S. sagax a lo largo de un muestreo de 24 horas.

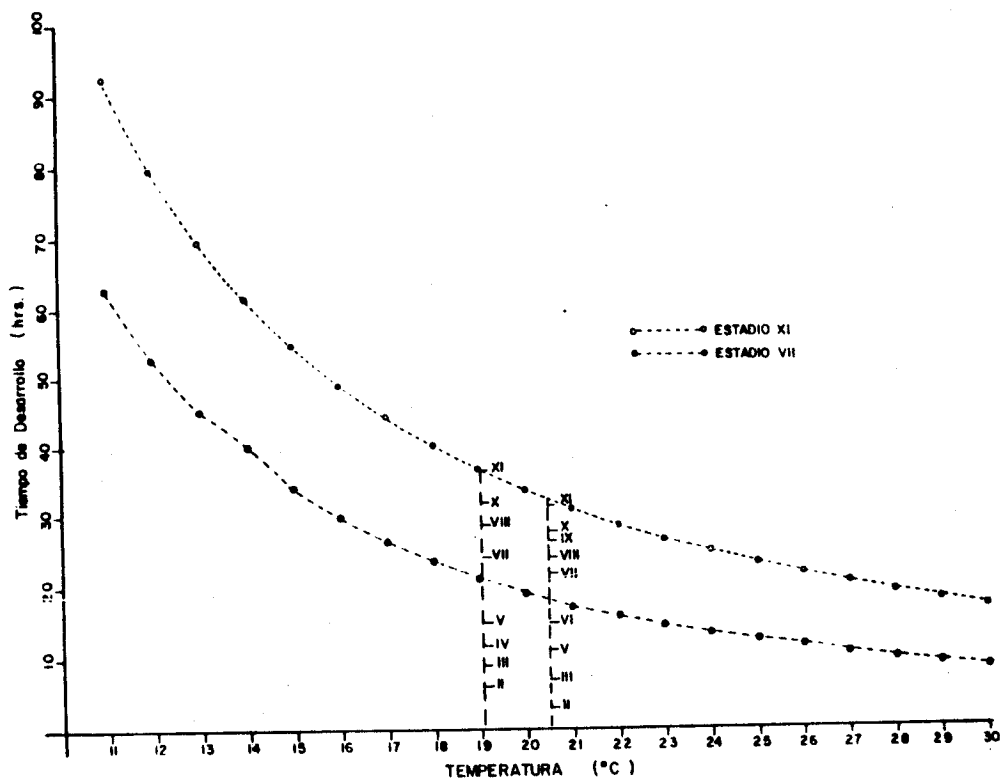
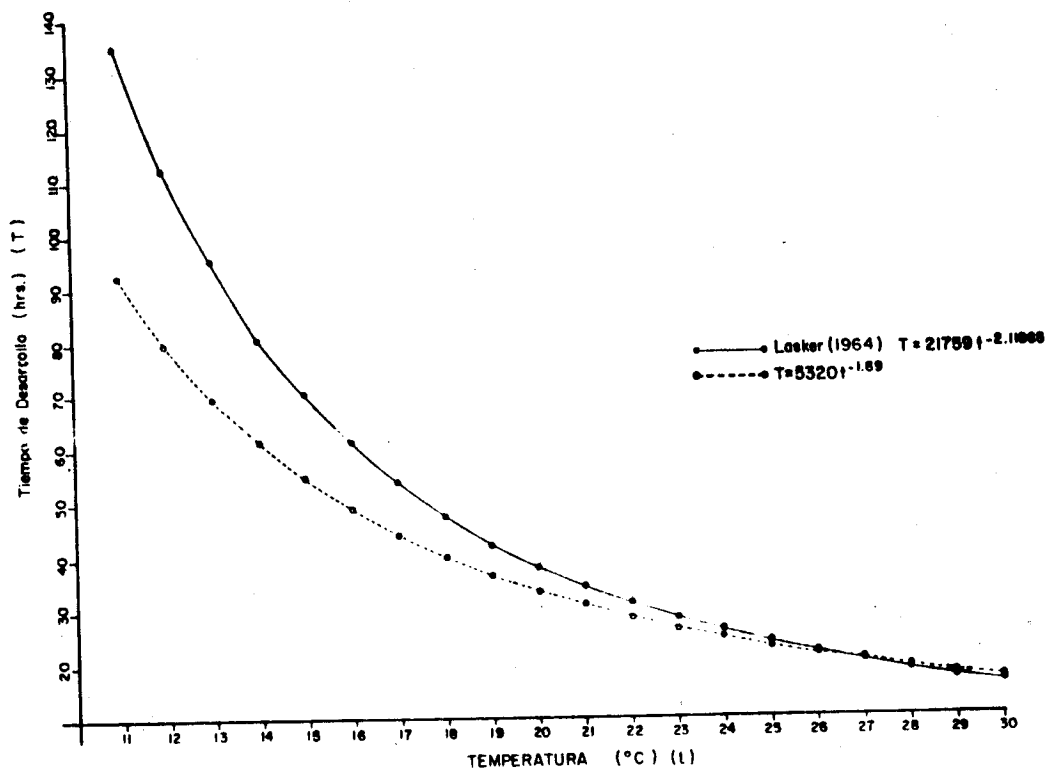


Figura No. 17. Curvas del modelo exponencial de tasa de desarrollo-temperatura para los estadios VII y XI, obtenidos en Bahía Magdalena para *S. sagax*. Los puntos marcados con números romanos indican las edades de los huevos colectados en estaciones de 24 horas separadas por estadios.





Comparación de dos modelos de Tasa de Desarrollo para S. sogai Basados en el Estado XI

Figura No. 18. Comparación de los modelos de tasa de desarrollo-temperatura, con línea continua es el obtenido por Lasker (1964), con línea punteada el encontrado para el área de Bahía Magdalena. Ambos basados en el estado XI.

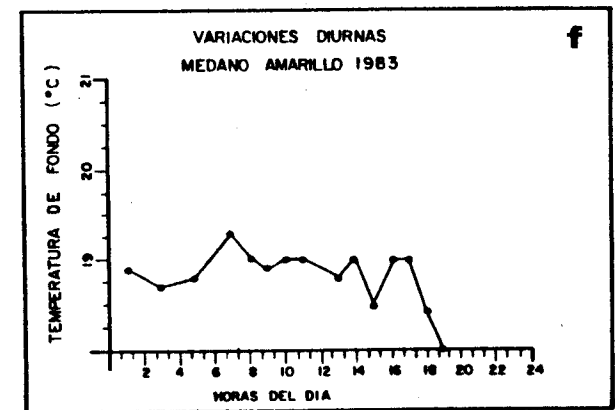
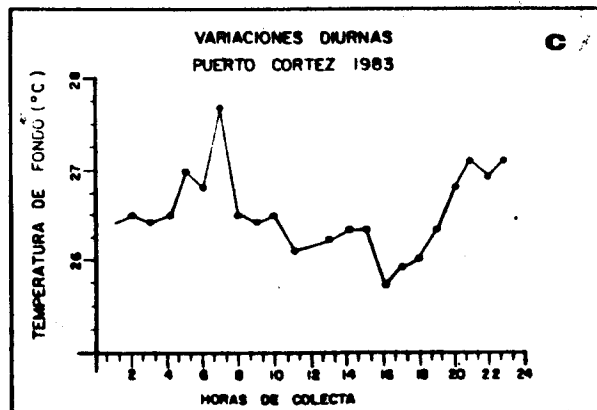
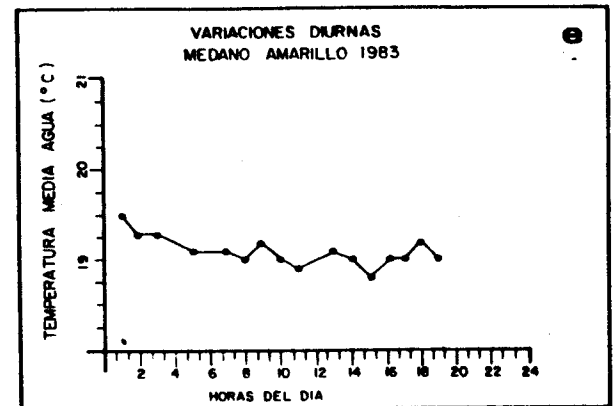
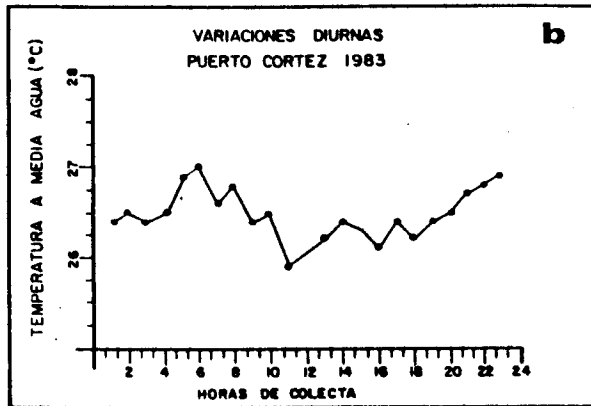
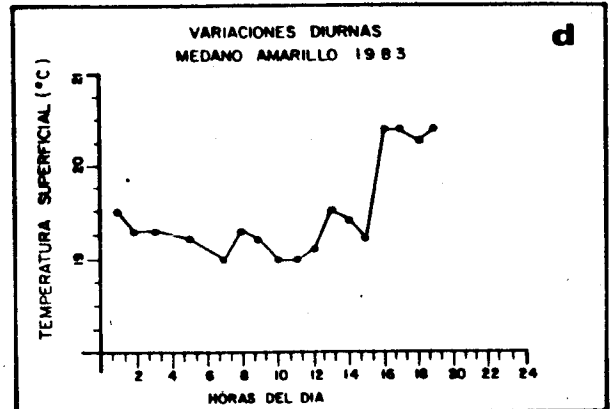
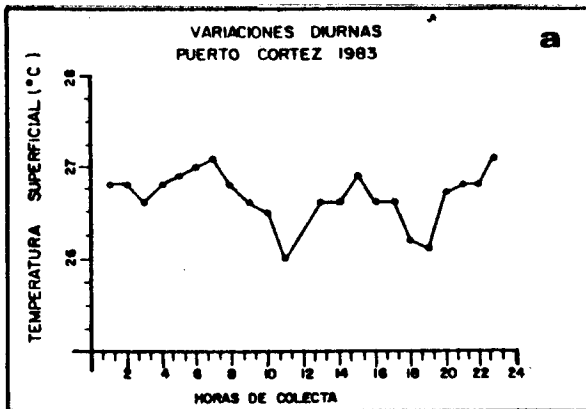


Figura No. 19. Registros de temperatura en tres niveles, durante estaciones de 24 horas, a-c en la estación Puerto Cortez, d-e en la estación Médano Amarillo.

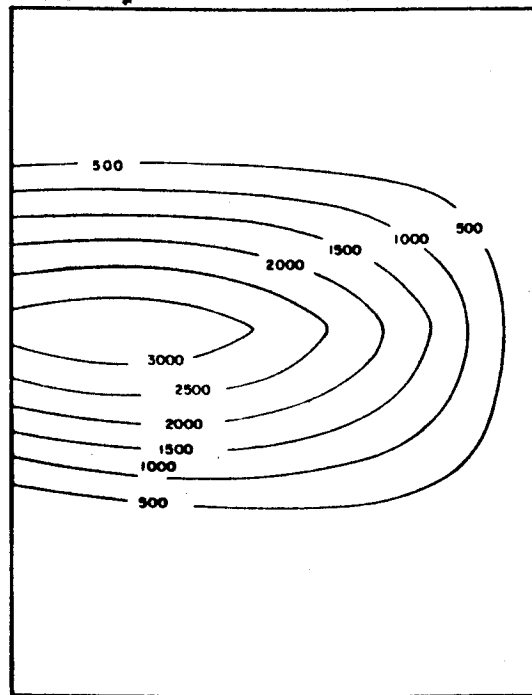


Figura No. 20. Configuración de una mancha de desove de *S. sagax*, basado en los valores de abundancia de huevos de Bahía Magdalena en julio de 1982.

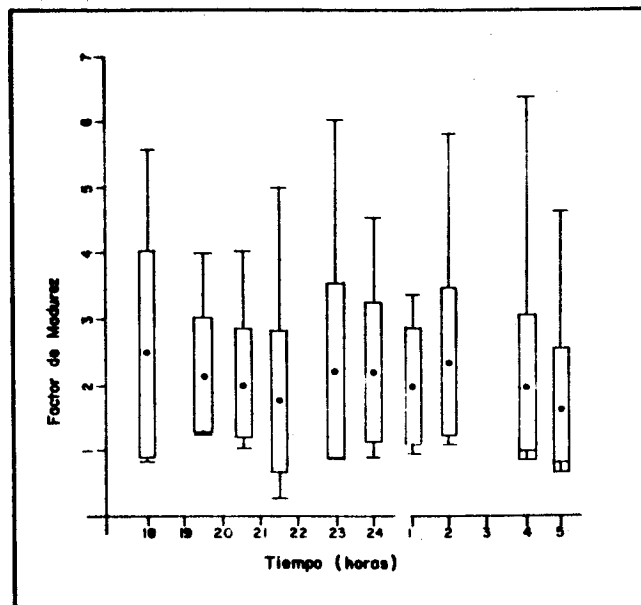


Figura No. 21. Registro por horas del valor de factor de madurez de hembras de *S. sagax*, mantenidas en cautiverio.

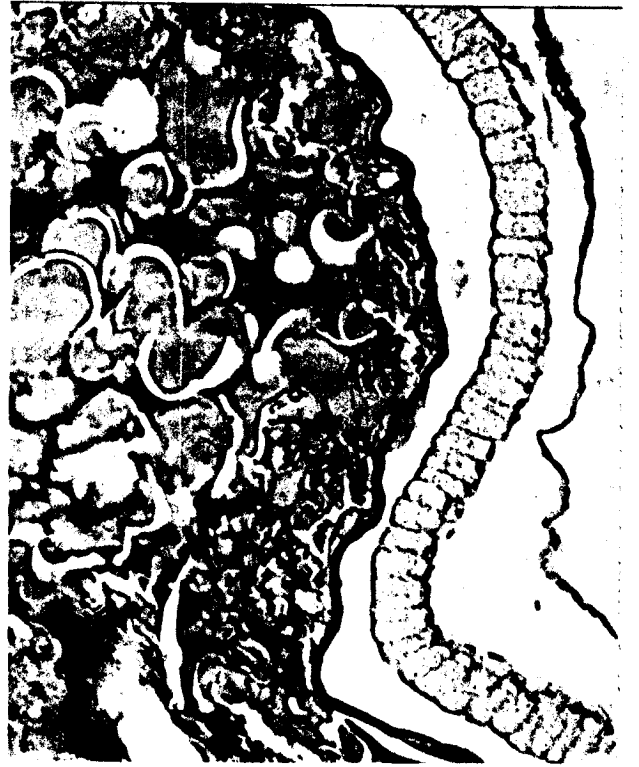


Figura No. 22. Ovario hidratado temprano.

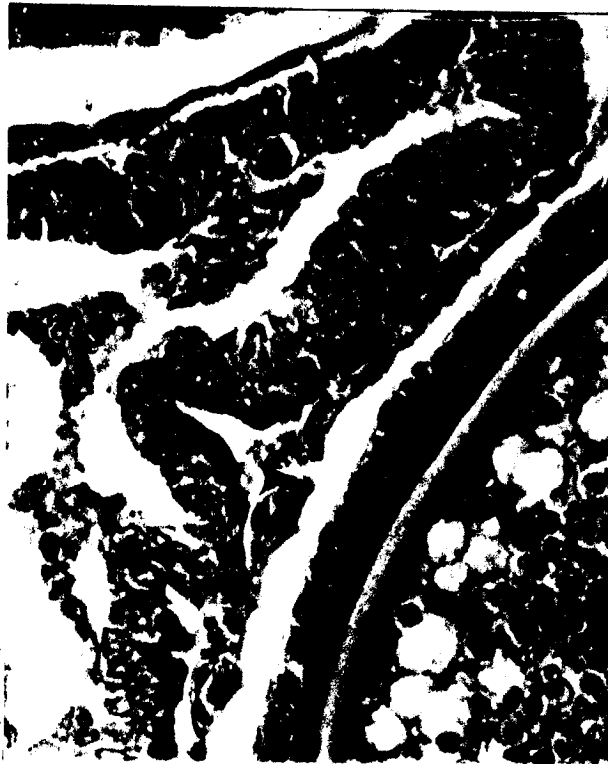


Figura No. 23. Folículos postovulatorios de día cero, 0 a 8 horas de edad.

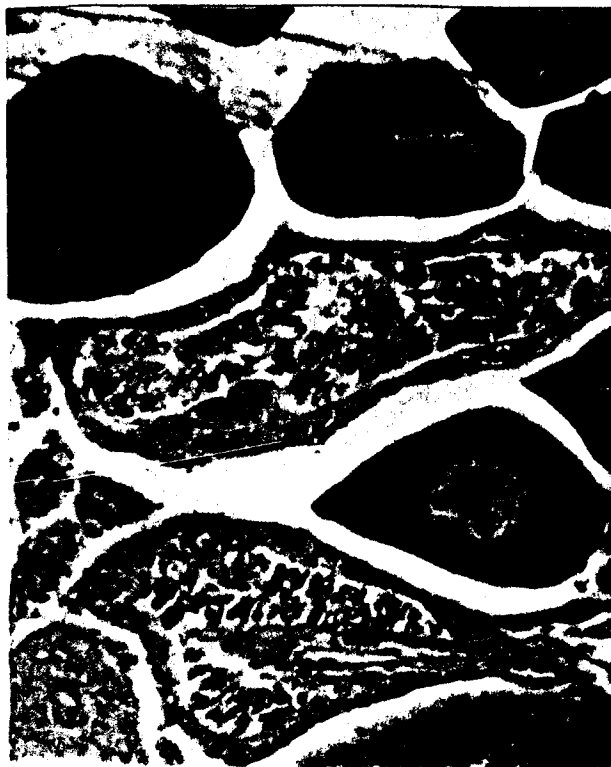
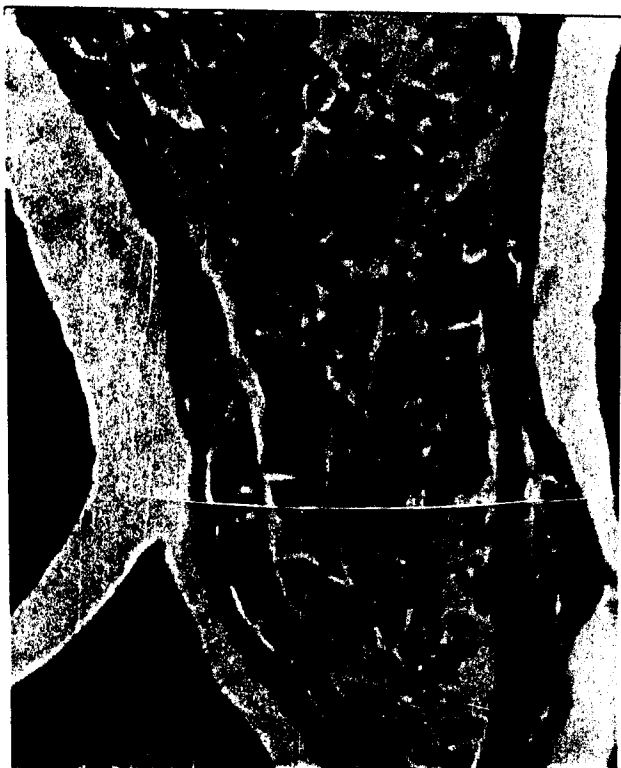


Figura No. 24. Folículos postovulatorios de día uno, de 8 a 32 horas de edad.



Figura No. 25. Folículos postovulatorios de día dos, de 32 a 56 horas de edad.



Figura No. 26. Ovario maduro no desovante.



Figura No. 27. Atresia masiva.

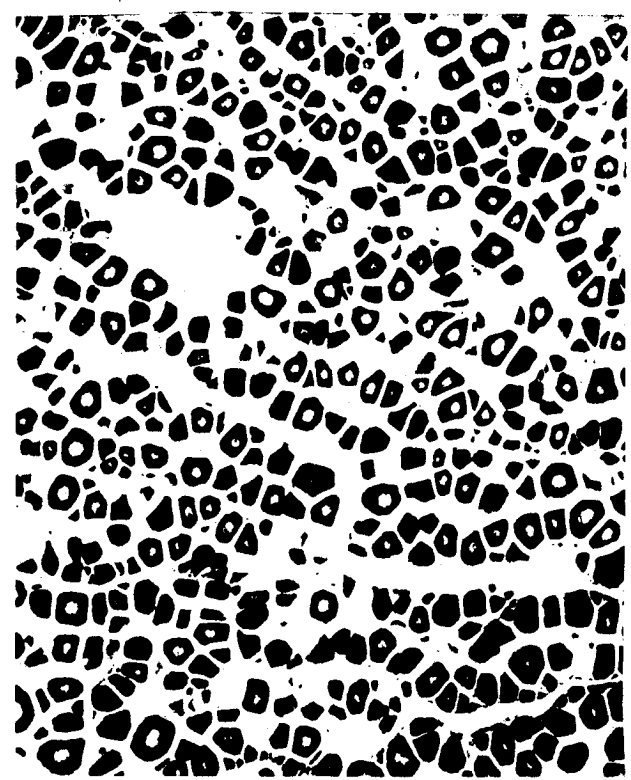


Figura No. 28. Ovario inmaduro.



Figura No. 29. Atresia alfa.

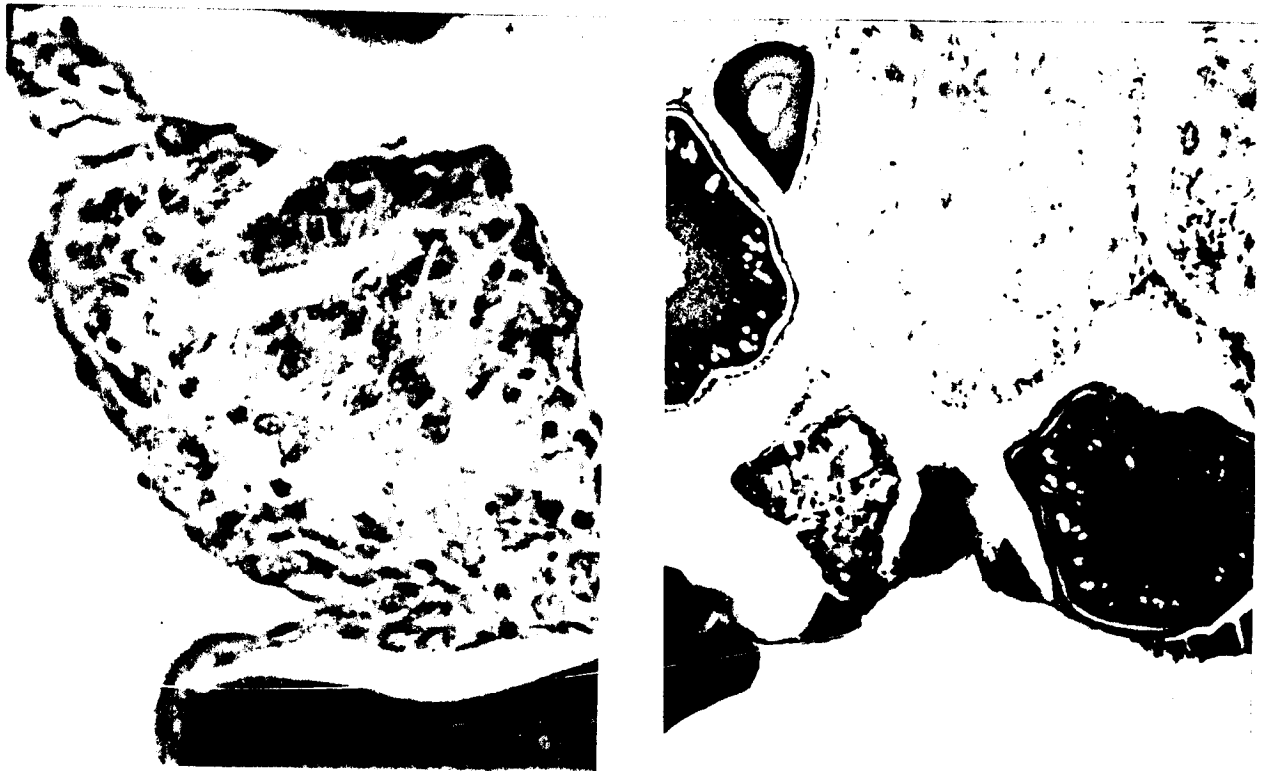


Figura No. 30. Atresia beta.

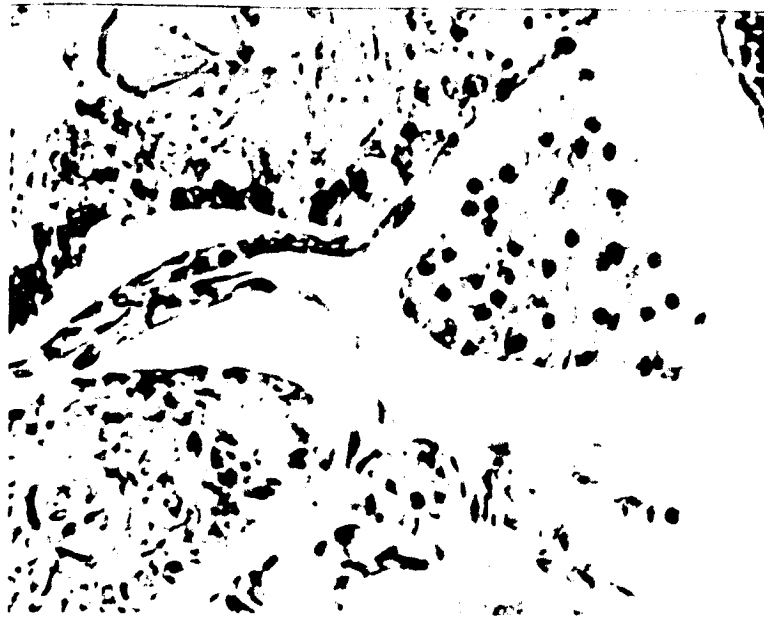


Figura No. 31. Atresia gamma.





Figura No. 32. Atresia della.

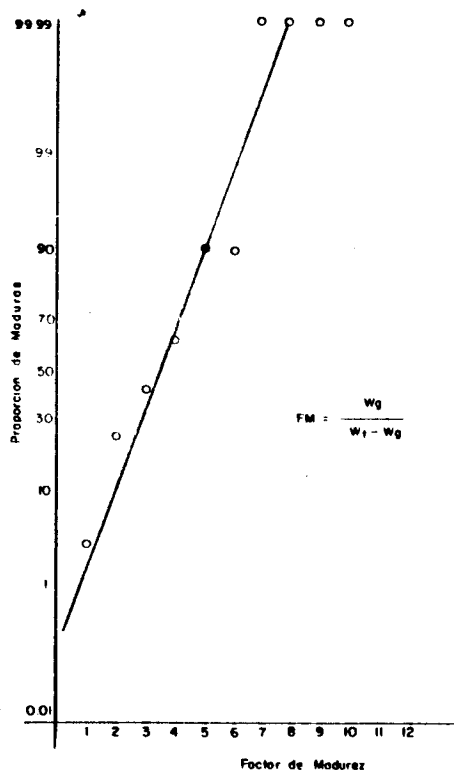


Figura No. 33. Proporción de hembras maduras agrupadas por factor de madurez (FM). El eje de las ordenadas tiene una escala de probabilidad.

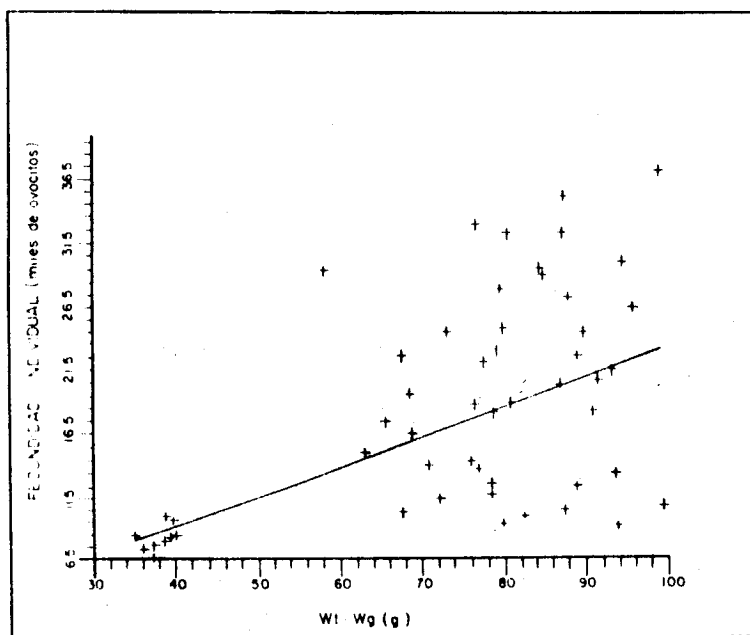


Figura No. 34. Diagrama de dispersión y curva de regresión de la fecundidad parcial individual vs. peso libre de gónadas (Wt. Wg).

Corrección de peso  
Julio de 1982

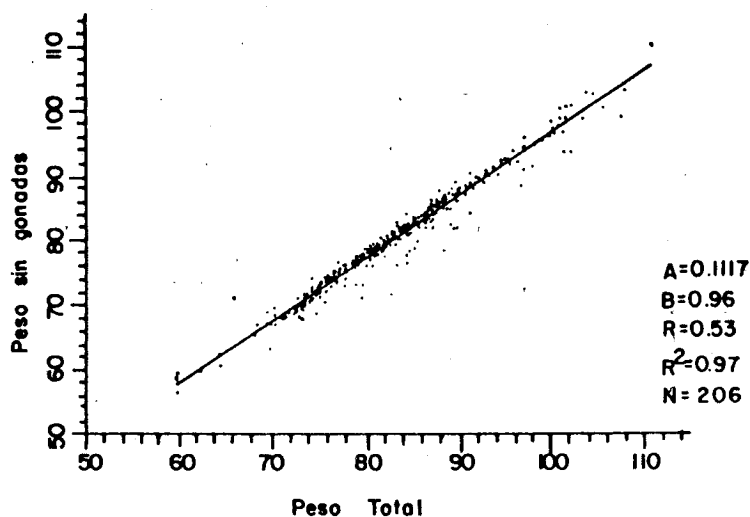
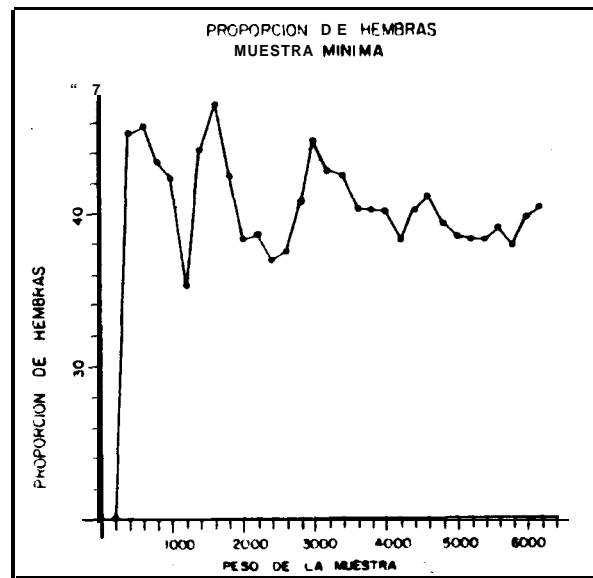


Figura No. 35. Diagrama de dispersión y curva de regresión del peso libre de gónadas vs. peso total de *S. sagax*, utilizada para la corrección del peso de las hembras hidratadas o muy maduras, en julio de 1982 en Bahía Magdalena.



**Figura No. 36. Ejercicio para determinar el tamaño de la muestra para determinar la proporción de hembras por lance.**

FIGURES

Fig. No. 2. CalCOFI's basic station plan of oceanographic stations used to determine the abundance of eggs and larvae. Northern, Central and Southern regions are marked.

Fig. No. 3. Sampling station plan in Bahia Magdalena.

Fig. No. 4. Reproductive cycle for a partial spawning fish (from Macer, 1976) modified for S. sagax.

Fig. No. 5. Comparison between two systems used to estimate the age of the post-ovulatory Follicle of S. sagax.

Fig. No. 6. Intraovarian oocyte frequency distribution of a mature female: a) cumulative Frequency distribution; b) plot in probabilistic paper.

Fig. No. 7. Frequency distribution of the gonadic development stages of S. sagax, for the fishing seasons of 1981 and 1982.

Fig. No. 8. Monthly gonadosomatic index for S. sagax in Bahia Magdalena, a) 1981, b) 1982.

Fig. No. 9. Relative abundance of eggs (a) and larvae (b) of S. sagax in the Northern zone of California recorded between 1951 - 1966 (from Kramer, 1970).

Fig. No. 10. Relative abundance of eggs (a) and larvae (b) of S. sagax in the Central zone recorded between 1951 - 1966 (from Kramer, 1970).

Fig. No. 11. Relative abundance of eggs (a) and larvae (b) of S. sagax in the Southern zone recorded between 1951 - 1966 (from Kramer, 1970).

Fig. No. 12. Monthly mean surface temperature in Bahia Magdalena - Bahia Almejas during 1981 - 1983.

Fig. No. 13. Annual insolation cycle in Bahia Magdalena. Hatched areas represent the months of maximum reproductive activity of S. sagax.

Fig. No. 14. Frequency distribution of plankton tows grouped according to the surface temperature, a) represents net values; b) represents relative values (proportion of positive tows vs. temperature). A positive tow is that in which at least one egg of S. sagax was found.

Fig. No. 15. Areas of reproduction of S. sagax according to the definition of Smith & Richardson (1979), in

Bahia Magdalena; a) February, 1982; b) March, 1982; c) June, 1982; d) July, 1982; e) early May, 1983; f) late May 1983

Fig. No. 16. Abundance of eggs of S. sagax as recorded during a sampling period of 24 hrs.

Fig. No. 17. Exponential model of the temperature - dependent development rate For stages VII & XI (Ahlstrom, 1943) obtained in Bahia Magdalena for S. sagax. Roman numerals indicate the age of eggs collected in 24 hr periods.

Fig. No. 18. Comparison of two models of temperature - development rate. The continuous line indicate that obtained by Lasker (1964). The discontinuous line indicates that for Bahia Magdalena. Both models are based on development stage XI.

Fig. No. 19. Water temperature recorded at three depth levels (namely: surface, midwater, bottom) for a period of 24 hr; a), b), c) Puerto Cortez station; d), e), f) Medano Amarillo station.

Fig. No. 20. Pattern of a spawning patch (S. sagax). Plot based upon the values of egg abundance in Bahia Magdalena in July 1982.

Fig. No. 21. Hourly recorded of gonadosomatic index of female specimens of S. sagax kept in captivity.

Fig. No. 22. Hidrated ovary.

Fig. No. 23. Day "0" post-ovulatory follicle (age 0 - 8 hr).

Fig. No. 24. Day "1" post-ovulatory follicle (age 8 - 32 hr).

Fig. No. 25. Day "2" post-ovulatory follicle (age 32 - 56 hr).

Fig. No. 26. Non spawning developed ovary.

Fig. No. 27. Masive atretia.

Fig. No. 28. Immature ovary.

Fig. No. 29. Alpha atretis.

Fig. No. 30. Beta atretia.

Fig. No. 31. Gamma atretia.

Fig. No. 32. Delta atretie.

Fig. No. 33. Mature female proportion groped

according to the gonadosomatic index. (The ordinate is a probability scale).

Fig. No. 34. Scatter diagram and regression line for batch fecundity and gonad-free weight.

Fig. No. 35. Scatter diagram and regression line of gonad-free weight (S. sagax). This linear regression is currently used to make the weight correction of hydrated females. This figure represents July of 1982.

Fig. No. 3h. Determination of the sample size in order to obtain an adequate female proportion per catch.

## AGRADECIMIENTOS.

Agradezco al Dr. Daniel Lluch Belda por su apoyo y entusiasmo para el desarrollo de este trabajo, así como a la revisión del texto, a M. S. Beverly Macewicz y Dr. Stephen Goldberg por su valiosa ayuda en el estudio histológico, al Dr. John Hunter por sus valiosos comentarios y revisión del texto, al Dr. Jürgen Alheit, Dr. Alec MacCall, Dr. Nancy Lo y Dr. Gary Stauffer por sus comentarios y sugerencias, al Dr. Jofrey Moser por la verificación de las identificaciones de los huevos de sardina, a la Dra. Angeles Alvariano y Dra. Irma Deleón por la revisión crítica del texto, al M. en C. José Luis Castro Ortiz por sus sugerencias y revisión del trabajo, al Dr. José Luis Castro-Aguirre por su crítica, al Biol. Andrés Levy y Biol. Gustavo García por su valiosa participación a lo largo del proceso de investigación, a Liduvina Perezgomez, Macario Camacho, Balbina Flores y Manuel Zamarrón por su participación en el proceso técnico del material empleado.

Al Programa de Ayuda Internacional de Scripps Institution of Oceanography y al South West Fisheries Center por los diferentes apoyos para la capacitación recibida y, a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera ayudaron para la realización de este trabajo.

Por último una mención muy especial a la Biol. Rosa Isabel Ochoa Báez, por su gran apoyo y comprensión como colaborador y esposa.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS MARINAS  
I. P. N.  
BIBLIOTECA