


RESUMEN de la tesis de Segovia Quintero Manuel presentado como requisito parcial para la obtención del grado de **MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA** con opción en **ECOLOGIA MARINA**. Ensenada, Baja California, México. Agosto de 1991.

EDAD Y CRECIMIENTO DE LARVAS DE SARDINA MONTERREY Sardinops sagax caeruleus (GIRARD) EN LA PARTE CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL VERANO DE 1990.

Resumen aprobado por:



M.C. Mark Gregory Hamman
Director de Tesis

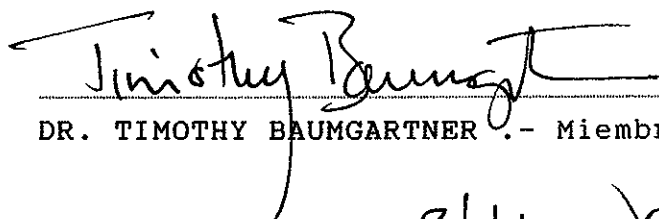
Larvas de sardina monterrey *Sardinops sagax caeruleus* fueron capturadas en el Golfo de California durante la campaña BIPXI-9008 en la estación 260.90 (23°15'30" N y 111°35'30" W). Un total de 252 larvas fueron capturadas en esta estación, de las cuales 88 larvas cuyas tallas fluctuaron entre los 7 mm y 23.8 mm de longitud estándar fueron capturadas con la red Kidd-Methot y 164 larvas entre 14.4 mm y 26.6 mm con se capturaron con la red de arrastre (pesca exploratoria). Se obtuvo la edad en días de larvas y se evaluó la relación edad vs. longitud estándar por medio de la ecuación de Gompertz, de la cual se obtuvieron los parámetros: $L_0 = 7.078 \cdot 10^{-4}$, $G = 10.4$ días y $g = 0.19$. La tasa máxima de crecimiento calculada fue de 0.895 mm/día. Esta alta tasa de crecimiento es el resultado de las altas temperaturas prevalecientes en la zona y condiciones alimenticias favorables. La fecha de nacimiento de las larvas de sardina monterrey fluctuó, naciendo entre el 11 de agosto de 1990 y el 29 de julio de 1990.

TESIS DEFENDIDA POR: MANUEL ALBERTO SEGOVIA QUINTERO

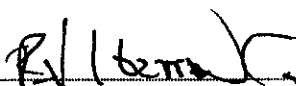
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITE:



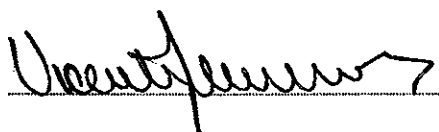
M.C. MARK GREGORY HAMMANN.- Director del Comité



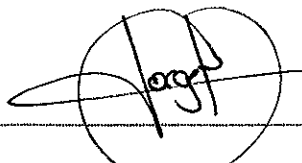
DR. TIMOTHY BAUMGARTNER.- Miembro del Comité



M.C. JOSE DE JESUS IBARRA VILLASEÑOR.- Miembro del Comité



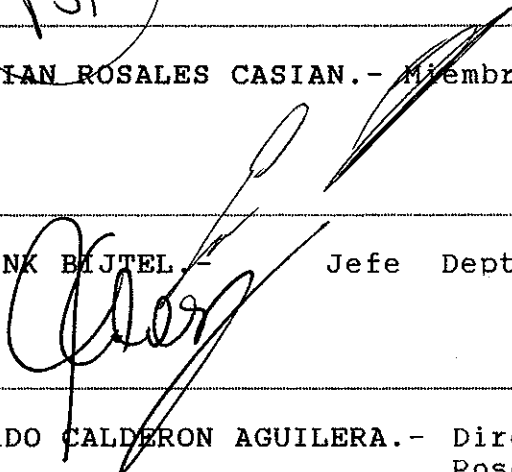
M.C. VICENTE FERREIRA BARTRINA.- Miembro del Comité



M.C. JORGE ADRIAN ROSALES CASIAN.- Miembro del Comité

DR. ERIC MELLINK BIJTEL.-

Jefe Depto. Ecología Marina



DR. LUIS EDUARDO CALDERON AGUILERA.- Director de Estudios de Posgrado

6 DE DICIEMBRE DE 1991



CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR DE
ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA, DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

EDAD Y CRECIMIENTO DE LARVAS DE SARDINA MONTERREY Sardinops
sagax caeruleus EN LA PARTE CENTRAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA
DURANTE EL VERANO DE 1990

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para
obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS

presenta

MANUEL ALBERTO SEGOVIA QUINTERO

Ensenada, Baja California, Diciembre de 1991.

A total of 252 larvae of pacific sardine *Sardinops sagax caeruleus* were captured in the Gulf of California ($23^{\circ}15'30''N$ and $111^{\circ}35'30''W$), 40 miles to the south of Tiburon Island and 38 miles to the north of Guaymas, as part of the cruise BIPXI-9008. Eighty-eight of this larvae over a size range of 7-23.8 mm were obtained by the Kidd-Methot frame, the remaining 164 larvae over a size range of 14.4-26.6 mm captured with the fishing exploratory frame. A Gompertz curve was fitted to length-at-age data and the parameters were: $L_0 = 7.078 \times 10^{-4}$, $G = 10.4$ d and $g = 0.19$ at $30^{\circ}C$. The maximum calculated growth rate was 0.895 mm d^{-1} . This high growth rate is a response to high sea surface temperature and favorable food conditions. The birth date of the larvae of pacific sardine caught on this station was between July 29 and August 11, 1990.

DEDICATORIA

Para Luvia y
Gilberto Romano

A Gilda, Ceci, Maru
y Chiri

A Camelia

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia por el apoyo económico otorgado para poder llevar a cabo mis estudios de maestría.

A Juana Lopez y Maru Matus por su apoyo y amistad.

Al M.C. Mark Gregory Hammann por su infinita paciencia y sus valiosas sugerencias.

Al M.C. Gustavo Riaño, M.C. Jorge Rosales y el Oc. Manuel Medina por su amistad y camaraderia mostradas durante el tiempo que estuve en el CICESE.

Al M.C. Vicente Ferreria por haberme echado la mano en la fase preparatoria y final de la consecución de la tesis.

Al M.C. Jesus Ibarra y al Dr. Timothy Baumgartner por su valiosa ayuda y atención en el revisión del escrito.

A mis compañeros y en especial a Miguel Angel, Cesar, Concha, Nury y Victor por brindarme su amistad.

Al Dr. John Butler del National Marine Fishery Service en La Jolla por haberme dado la oportunidad de trabajar en su laboratorio en la lectura de otolitos y por los programas facilitados para la decodificación y procesado de los datos.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por haber permitido la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Página	
I	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES	6
	II.1 Ciclo de vida de la sardina monterrey	6
	II.2 Edad y crecimiento	9
III	OBJETIVOS	14
IV	AREA DE ESTUDIO	15
V	MATERIALES Y METODOS	18
	V.1 Trabajo de campo	18
	v.2 Trabajo de laboratorio	20
VI	RESULTADOS	27
	VI.1 Caracterización del area	27
	VI.2 Captura y longitud	29
	VI.3 Descripción del otolito	32
	VI.4 Relación radio del otolito vs longitud	35 40
	VI.5 Crecimiento	40
VII	DISCUSION	47
	VII.1 Comentarios metodológicos	47
	VII.2 Edad y crecimiento	51
VIII	CONCLUSIONES	60
IX	RECOMENDACIONES	61
X	BIBLIOGRAFIA	62

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.- Area de estudio.	19
2.- Distribución de temperatura superficial del mar entre el 15 de octubre y el 3 de septiembre de 1990 en la zona central del Golfo de California; Crucero BIPXI-9008	28
3.- Perfil vertical de temperatura en la columna de agua a lo largo de línea 260 en las estaciones donde se muestreó usando la red Kidd-Methot y la red de Pesca Exploratoria.	29
4.- Distribución de frecuencias de tallas de larvas capturadas con la red Kidd-Methot y la red de Pesca Exploratoria.	31
5.- Regresión lineal entre la proporción de encogimiento y tiempo.	32
6.- Microfotografías del otolito a) menor de 11 μm , b) mayor de 11 μm .	34
7.- Distribución de frecuencias del radio del otolito de las larvas capturadas con la red Kidd-Methot y la red de Pesca Exploratoria.	35
8.- Relación del radio del otolito (μm) y longitud de las larvas capturadas con la red de Pesca Exploratoria.	37
9.- Relación del radio del otolito (μm) y longitud de las larvas capturadas con la red Kidd-Methot.	38
10.- Relación del radio del otolito (μm) y longitud para el total de las larvas capturadas en la estación.	39
11.- Relación de edad (días) vs. la longitud estandard (mm) de las larvas capturadas con la red de Pesca Exploratoria.	42

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

- | | | |
|------|--|----|
| 12.- | Relación edad (días) vs. longitud estandar (mm) de las larvas capturadas con la red Kidd- Methot. | 43 |
| 13.- | Relación edad (días) vs. longitud estandar (mm) del total larvas capturadas en la estación. | 44 |
| 14.- | Distribución de frecuencias de la edad en días de las larvas capturadas con la red Kidd-Methot y la red de Pesca Exploratoria. | 45 |
| 15.- | Distribución de las fechas de nacimiento del total de las larvas capturadas en la estación 260.90. | 46 |

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I.-	Parámetros de la regresión longitud vs radio del otolito mediante el modelo lineal y potencial.	36
II.-	Parámetros de la regresión edad vs longitud mediante el modelo lineal, potencial y ecuación de Gompertz.	41
III.-	Comparación de las tasas de crecimiento larval por temperatura para diferentes especies de clupeiformes.	51

I INTRODUCCION

La sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus (Girard) 1854 pertenece a la familia Clupeidae, y junto con la anchoveta norteña (familia Engraulididae) componen un porcentaje importante de la captura a nivel mundial (17.9% : Whitehead, 1985). La fuerte explotación de este recurso está fundamentada en la obtención de proteína de bajo costo, tanto para consumo humano en forma de producto fresco, seco, salado, ahumado y enlatado, ó como materia prima en la elaboración de alimentos balanceados para animales.

En el Golfo de California, la pesquería de la sardina se ha convertido en los últimos años en una actividad de creciente importancia, principalmente como fuente de materia prima en la elaboración de productos balanceados (85%), y para el consumo humano directo (15% : Cisneros et al., 1988). Esta pesquería está compuesta de la sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus, la sardina crinuda Opistonema libertate, O. medirastre y O. bulleri, la sardina japonesa Etrumeus teres, la macarela Scomber japonicus, la sardina bocona Cetengraulis misticetus y a partir de 1986 la anchoveta norteña Engraulis mordax (Cisneros et al., 1988; Hammann y Cisneros-Mata, 1990).

Se han observado grandes fluctuaciones en la pesquería de la sardina monterrey en el Golfo de California desde sus inicios en la década de los 60's (Lluch-Belda et al., 1986). Holtschmit en 1977 analizó las capturas y estableció que las variaciones

se encontraron relacionadas con parámetros ambientales tales como la temperatura del agua y de la atmósfera, la precipitación y los vientos prevalecientes. Se asumió que la capturas de sardina estaban influenciadas por la accesibilidad de la flota, particularmente durante el período 1969-77, cuando la flota operaba exclusivamente en viajes de una sola noche debido a su poca capacidad de carga y falta de refrigeración (Molina et al. 1984; Anonimo, 1987).

Durante el período de 1968-1969 la flota comenzó a pescar en el Golfo de California operando frente a Guaymas. La captura en esta zona experimentó un aumento intensivo reflejado en los desembarques de captura cada vez mayores, de 36,000 toneladas en 1969 a 143,230 toneladas en 1976, extendiéndose la zona de pesca a Baja California Sur y Sinaloa. El máximo de capturas se realizó durante el año de 1982 con 437,576 toneladas, disminuyendo a 350,000 durante el período comprendido de 1983 a 1985. En 1985, el porcentaje en capturas fue dominado por la sardina monterrey con un 59.35% (Anonimo, 1987); sin embargo esta dominancia ha empezado a disminuir en forma drástica variando los volúmenes de captura hasta en un 60% en esta zona (Lluch Belda et al., 1986; Cisneros-Mata et al., 1988; Hammann, et al. 1990; Hammann, 1991). ¹Nevarez-Martinez (comun. per.) señala que durante la temporada 1988-1989 la captura de sardina

¹ Nevarez-Martinez, M.O., Centro Regional de Investigaciones Pesqueras. Guaymas, Son.

monterrey desembarcada en Guaymas fue de alrededor de 214,000 toneladas, el cual disminuyó para la siguiente temporada (1989-1990), capturandose solo 90,000 toneladas de sardina monterrey.

Al presente se está tratando de comprender la forma en que éstas fluctuaciones se vean explicadas por la relación entre la fuerte presión pesquera y las variaciones ambientales para determinar la abundancia de un año clase en particular (Hammann et al., 1988). Las fluctuaciones en el reclutamiento pueden hacer variar el tamaño del stock y en una pesquería extremadamente intensa como la que se presenta en el golfo puede cambiar la estructura y peso de la captura sin afectar la capacidad reproductiva del stock, siempre y cuando los miembros maduros no sean reducidos debajo de un valor mínimo.

Se puede obtener información de las variables que influyen en el reclutamiento si se conoce la supervivencia y crecimiento de cada estadio, hasta la edad en que puede integrarse al "stock" pescable. La investigación enfocada al crecimiento de los diversos estadios y los factores bióticos y abióticos que los hacen variar son una herramienta util para examinar el potencial reproductivo (fecundidad) de la especie (Houde, 1987). Ligeros cambios en la tasa de mortalidad y la tasa de crecimiento pueden tener efectos contundentes en el éxito del reclutamiento de un año clase. La dinámica del crecimiento en los estadios larvales juega un papel crítico en la variabilidad en el reclutamiento,

por una parte. Por otro lado el proceso de reclutamiento es "sutil" y depende de condiciones ideales o catastróficas para responder de una manera concreta los años con menor o mayor biomasa del año clase (Houde, 1987). Condiciones poco o no favorables afectan la mortalidad larval al aumentar la vulnerabilidad de estos estadios para ser depredados. Para la mayoría de las especies el mayor potencial de un año clase es regulado por el estadio larvario y pos-larvario (Lasker, 1975; Vladimirov, 1975; Lasker, 1976; Hunter y Leong, 1981; Smith, 1985).

La estimación precisa de la edad en larvas y juveniles de peces es un paso esencial en la determinación de las tasas de crecimiento y mortalidad, y en la investigación de la dinámica poblacional (Simoneaux y Warlen, 1987). El conocer la estructura de edades de una población, proporciona datos sobre cambios a corto plazo en el crecimiento y mortalidad relacionados con fluctuaciones climáticas, depredación y disponibilidad de alimento (Crecco y Savoy, 1985; Smith, 1985).

Para la determinación de edades se han usado diversos métodos como marcado de peces, comparación de distribución de frecuencias de longitudes y el conteo de marcas que se desarrollan periódicamente en varias partes duras del pez, siendo las escamas y otolitos las partes más usadas para determinar la edad por medio de las marcas anuales concéntricas. Se ha encontrado que en muchas especies de peces, también se forman anillos diarios

en los otolitos, los cuales permiten reconocer la edad de los juveniles con menos de un año de vida (Methot y Kramer, 1979; Butler, 1987).

Para los fines de este estudio se estimó la edad en días por medio de la lectura de otolitos de larvas y se determinó la tasa de crecimiento de la sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus dentro del Golfo de California. Esto es con el fin de conocer la estructura de edades de las larvas, y estableció las fechas de nacimiento de los mismos. Así mismo se obtuvo la tasa de crecimiento de las larvas para el año clase 1990-1991, encontrándose una alta tasa de crecimiento (0.895 mm d^{-1}) y bajas abundancias de larvas de sardina monterrey a lo largo de todo el Golfo de California a excepto en la estación 260.90.

II ANTECEDENTES

II.1 CICLO DE VIDA DE LA SARDINA MONTERREY

La sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus se encuentra dentro de la familia Clupeidae, del orden Clupiformes; dentro de este orden se incluyen al arenque, sardineta, sábalo, anchoveta y otros de menor importancia comercial. La sardina monterrey habita en aguas de la costa del pacífico de Norteamérica, desde el sur de Alaska hasta Cabo San Lucas y el Golfo de California. Es una especie costera, pelágica, posee hábitos migratorios y se localiza en grandes cardúmenes. Estos peces son organismos filtroalimentadores que se alimentan del plancton y se encuentran en mayor abundancia en aquellos lugares donde por las condiciones naturales se ve afectada de manera positiva por la disponibilidad de alimento, sea este aportado en forma permanente o esporádica por medio de explosiones fitoplanctónicas (Hand & Berner, 1959; Alhstrom, 1960; Grahame, 1987).

Esta especie alcanza una talla máxima de 300 mm de longitud estandard (LE) aunque el tamaño usual del pez cuando es capturado por la pequería comercial es de 125 a 250 mm de LE (Alhstrom, 1960; Sokolov y Wong, 1973; Wong, 1974; Sokolov, 1974).

La sardina monterrey presenta la talla mínima de madurez entre los 125 y 130 mm y la talla máxima a los 135 mm (1.1

años) y alcanza la talla crítica (talla para el 50% de madurez sexual) entre los 155-165 mm (2 años); llega a vivir de cinco a seis años y ocasionalmente siete (Alhstrom, 1960; Torres et al, 1986; Cisneros-Mata et al, 1988).

La sardina monterrey efectúa desoves parciales en respuesta a procesos de maduración asincrónica de los ovocitos (Torres et al., 1986). Los huevos son fertilizados externamente después de haber sido expulsados a la columna de agua. El tiempo de desove parece estar ajustado de tal forma que la larva pueda, eventualmente encontrar alimento en un medio ambiente favorable. El período de reproducción se encuentra asociado con los eventos de surgencia, tanto para proveer de alimento a los adultos desovantes, como a las larvas subsecuentes (Lasker, 1975; Lasker, 1976; Grahame, 1987).

Wong (1974) mencionó que la reproducción de la sardina en el Golfo de California ocurre entre Enero y Abril, y señala que las áreas mas importantes para el desove se encuentran en la costa oriental. Sin embargo Nevarez-Martinez (1990) y Hammann (1991) mostraron que el desove ocurre en toda la parte cetral del Golfo de California. Se ha reportado que el período de desove durante los últimos cuatro años (1984-1988) ha dado inicio en Noviembre y finaliza en Mayo; el período de mayor intensidad de desove se presenta de Diciembre a Febrero,

(Cisneros et al., 1988). No obstante, Nevarez-Martinez (1990) estableció que generalmente el rango de desove es más amplio y posiblemente comprenda todo el año.

La sardina desova entre las 2000 y las 0000 horas a profundidades de hasta 100 metros. Los huevos de sardina se encuentran en la capa superior de la termoclina, entre la superficie y los 100 metros de profundidad. Los huevos de sardina después de ser desovados, son de entre 1.0-1.1 mm de diametro, pero al hidratarse la membrana exterior aumenta el diametro a 1.7 mm. El desarrollo embrionario requiere de aproximadamente tres días a 15°C. (Alhstrom, 1960).

Las larvas de sardina son pelágicas, de nado libre y viven en la capa superior de mezcla. La sardina mide aproximadamente 3 mm de longitud estandar al eclosionar, entre 4.5 y 5 mm de LE al completar la absorción del saco vitelino, aproximadamente 25 mm al inicio de la metamorfosis y de 35 a 40 mm al completar la metamorfosis a una temperatura de 15°C (Alhstrom, 1960).

La alimentación de las larvas de sardina monterrey se compone de huevos, nauplios y juveniles de copépodos (Alstrom, 1960; Nakata, 1988). Las larvas que posean una LE de 4 a 4.5 mm solo pueden ingerir partículas entre 0.02 y 0.08 mm de diámetro y larvas de 10 mm de LE pueden alimentarse de partículas mayores de 0.20 mm. Sin embargo, Ortiz (1986) que conforme aumenta la LE de la larva (5-8.9 mm), el tamaño de la presa va incrementandose comenzando por el estadio de huevo

y hasta copepodito (49-90 μm ancho). El tamaño de presa aumenta hasta 112 a 172 μm en larvas de mayor tamaño (9-12.1 mm LE). Las larvas pequeñas son eurifagas, mientras las larvas más grandes se especializan en presas de mayor tamaño.

II.2 EDAD Y CRECIMIENTO

Panella (1971, 1974) descubrió que se presentaban en los otolitos de peces de aguas templadas, zonas de crecimiento diario y fue corroborado por Brothers et al. (1976) experimentando con larvas de peces en el laboratorio.

Ahora se sabe que el crecimiento diario en los otolitos es un fenómeno común a todos los peces teleosteos de regiones semi-tropicales y templadas presentes en ambos habitats, agua dulce y agua salada (Campana y Neilson, 1985). Al presente se ha desarrollado un campo totalmente nuevo en esta dirección, debido a que el conocimiento de esta técnica puede ayudarnos a la detección de ciertos eventos ecológicos durante la ontogenia. Así mismo, puede ayudar a evaluar eficiencia de dietas en relación al alimento, al estudio de la influencia de factores bióticos y abióticos en la depositación diaria de los incrementos y a la detección de enfermedades durante ciertos períodos de la vida (Simoneaux and Warlen, 1987).

En otros estudios, Morales-Nin (1987) observó que el otolito del pez Dicentrarchus labrax está compuesto de estructuras prismáticas de material cristalino que corren radialmente desde el centro hasta el extremo externo del

otolito. Cada prisma cristalino está compuesto de agregados de fibras cristalinas, las que a su vez están compuestas por numerosos microcristales aciculares arreglados a lo largo de los anillos de crecimiento.

Las variaciones rítmicas en la depositación de los microcristales y de la matriz orgánica circundante en los otolitos de las larva están formadas por una estructura bipartita compuesta de dos zona adyacentes: una ancha y translúcida, hialina (zona de incremento) y otra angosta y opaca (zona discontinua) las cuales sobre un período de 24 horas forman un incremento diario. Cada incremento está formado por depositación de microcristales (material inorgánico) y una matriz de material orgánico. Esta depositación alternada forma así, un incremento diario en el otolito. Los incrementos diarios en los otolitos, tienen su origen en la depositación diaria o sub-diaria de pequeñas cantidades de la proteína llamada "otolin" (hay evidencia de que la composición de la endolinfa está directamente influenciada por la alimentación y que la formación de una zona con mayor contenido de proteína coincide con un incremento en el contenido de proteína en la endolinfa) y de carbonato de calcio en forma de aragonita. Las células maculares, son las responsables de la secreción de calcio en el fluido endolinfático que rodea al otolito y que da como resultado de esta depositación es una unidad de crecimiento o un

incremento (Ré, 1983; Ré y Dinis, 1986). Campana y Nielson (1985) presentaron una hipótesis en la cual la formación de incrementos responde a estímulos circadianos internos controlados por el sistema endócrino. Los estímulos circadianos externos los cuales a esta temprana edad poseen gran peso son: el fotoperíodo, la temperatura y la tasa de alimentación. Se estableció como resultado que el tamaño y continuidad de los anillos depende de la tasa de crecimiento del organismo (Morales-Nin, 1987).

Re (1983) observó que en los otolitos de la larva de Sardina pilchardus los microincrementos de crecimiento se hacen más anchos y conspicuos cuando la larva exhibe ritmos diarios más marcados de alimentación, migración vertical y eventos como aumento de gas en la vejiga natatoria (14 días después de eclosionar). La suma de los efectos de los factores ambientales tales como temperatura y alimentación, con la acción de ritmos endógenos, pueden ser la explicación probable de estas observaciones. Ré et al. (1985) reportaron que el fin de la alimentación endógena (absorción del saco vitelino) y/o el tipo de presas pueden tener un efecto en el ancho y claridad de los incrementos.

Brothers (1981) mencionó que hay dos clases de información disponible sobre el estudio de las microestructuras del otolito; una basado en el conteo de las unidades diarias de crecimiento, el cual se utiliza para determinar la edad y

calcular la tasa de crecimiento, el éxito en el reclutamiento y el tiempo de eclosión. El otro tipo de información, es dado por el ancho, contenido protéico y la estructura subdiaria de los incrementos de crecimiento, que provee de información adicional sobre las condiciones experimentadas por el organismo día a día, tales como micro cambios ambientales, metamorfosis y período de poca alimentación.

La aplicación de la lectura de crecimiento diario en otolitos para determinar la edad, es que esta es la primera estructura en calcificarse en el desarrollo temprano de los teleosteos (Methot y Kramer, 1979; Savoy y Crecco, 1987; Messieh et al., 1987; Simoneaux y Warlen, 1987). Aun cuando en otras especies tales como la anchoveta norteña, salmón y otros, se ha investigado sobre estos estadios se conoce poco acerca de la estructura de edades en especial en la etapa de larvas y juveniles (Methot y Kramer, 1979; Methot, 1983; Nielson y Green, 1982; Castillo, 1985; Savoy et al., 1987).

Lasker (1964) y después Garretón y Balbotín (1982) estudiaron el efecto de la temperatura en el desarrollo del embrión de sardina. Lasker (1964) reportó que a 18°C el tiempo de pigmentación del ojo de la sardina Sardinops sagax caeruleus es de 5.8 días, y a 13°C es de aproximadamente 11 días. Garretón y Balbotín (1982) estimaron una tasa de crecimiento de 0.8 mm/día a 18°C para la sardina S. sagax musica. Kimura y Sakagawa (1972) reportaron una tasa de

crecimiento para S. sagax caeruleus de 0.7 mm/día, la cuál concuerda con los parámetros establecidos en base a la lectura de incrementos diarios por Butler y Rojas de Mendiola (1982) quienes calcularon una tasa de crecimiento de 0.8 mm/día hasta una talla de 12.7 mm con una temperatura de 18.6°C en S. sagax sagax y S. sagax caeruleus. Castillo et al. (1985) determinó que la tasa de crecimiento a una temperatura de 12.5°C fué de 0.522 mm/día entre 11 y 15 mm de longitud con lo cuál corroboró que la tasa de crecimiento larval es dependiente de la temperatura como reportó Lasker (1964).

Butler (1987) hizo desovar adultos de S. sagax caeruleus en el laboratorio y determinó la edad en juveniles de hasta 100 días de edad. El mismo autor calculó la tasa de crecimiento y mortalidad para cada estadio elaborando una tabla de vida, y estableció que los efectos de las perturbaciones medioambientales son imprecindibles y afectan la edad de primera madurez y fecundidad. Un modelo de simulación de la población de anchoveta sugirió que la tasa de crecimiento de larvas tardías y juveniles tempranos afecta la "fuerza" del reclutamiento (Smith, 1985). Entonces, si la mortalidad actúa en cada tamaño o estadio específico, la tasa de crecimiento como tál determinará la duración del estadio y la supervivencia neta.

III OBJETIVOS

1. Estimar la edad en días de larvas de la sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus (Girard, 1985) y la fecha de eclosión por medio de la fecha de muestreo y lectura de los otolitos durante el verano en una estación del Golfo de California.

2. Estimar la tasa de crecimiento de larvas en una estación del Golfo de California durante el verano de 1990.

VI AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es un mar marginal semicerrado localizado en la frontera este del Océano Pacífico Norte, de aproximadamente 1000 kilómetros de largo y 200 kilómetros de ancho (Roden y Groves, 1959). Se encuentra delimitado en su parte Oriental por las costas de Sonora y Sinaloa, y al Occidente por la Península de Baja California y constituye una gran cuenca evaporativa con salinidades 1 a 2%. mayores que en Océano Pacífico a la misma latitud (Robles y Marinone, 1987; Bray, 1988). El Golfo de California se encuentra sujeto a una amplia variabilidad climática de escala interanual y estacional, tal como los cambios en la dirección de los vientos, los cuales soplan hacia el Noroeste en verano y hacia el Sureste en el invierno (Badan et l., 1985; Baumgartner y Christensen, 1985; Robles y Marinone, 1987). El Golfo de California ha sido objeto de numerosos estudios que han descrito su comportamiento ambiental (Svedrup, 1941; Roden y Groves, 1959; Alvarez-Borrego et al., 1978; Alvarez-Borrego, 1983) y procesos oceanográficos tales como hidrografía, variabilidad hidrográfica estacional y nutrientes.

El golfo se caracteriza por cambios estacionales muy marcados, los que se ven reflejados en una alta variabilidad de temperaturas superficiales (14° a 32°C) y en la columna de agua, cambios de la comunidad fitoplanctónica y del gradiente de productividad a lo largo de todo el año (Alvarez-Borrego, 1983; Gaxiola y Alvarez-Borrego, 1986; Alvarez-Borrego y

Gaxiola, 1988; Millan-Núñez y Gaxiola Castro, 1989).

El Golfo de California también responde a la variabilidad interanual asociado con eventos de El Niño, los cuales se ven reflejados en cambios en la altura del nivel del mar (anomalías positivas), altas temperaturas superficiales y variación en la estructura termohalina (Bray, 1988).

El Golfo de California ha sido dividido en tres grandes regiones; la parte Norte, la Central y la Sur, debido a la gran diferencia en batimetría (somero en la parte Norte y más profundo conforme se desplaza hacia el Sur) y porque son muy diferentes los regímenes oceanográficos imperantes en cada zona. Estas dos regímenes se encuentran separados por la cuenca de Salsipuedes-Tiburón, y por la cadena de islas formadas por Tiburón, San Esteban y San Lorenzo donde ocurren las corrientes de marea más fuertes e intensas (Robles y Marinone, 1987; Bray, 1988). El agua en la parte Centro y Sur del golfo proviene de la corriente del Pacífico Sub-Tropical Este. La parte Norte se caracteriza por una fuerte evaporación, poca precipitación y una amplia variación de temperaturas, amplios intervalos de marea y por ende fuertes corrientes de marea. Conforme disminuye la latitud disminuye la tasa de evaporación y aumenta la de precipitación (Bray, 1988).

Alvarez-Borrego y Gaxiola (1988) establecieron que en la parte central del golfo en esta época del año los efectos de mezcla por marea, vientos y surgencias son nulos, los valores

de clorofila y abundancia de fitoplancton son los más bajos del año y mantienen valores constantes durante todo el verano de alrededor de 2 mgCm^{-3} . Esta región posee durante la época de verano la presencia de una termoclina bien desarrollada con diferencias entre la superficie y los 150 m de profundidad de hasta 16°C (Alvarez-Borrego, 1983).

El área de muestreo se encuentra en la parte central del Golfo de California en su costa este y se sitúa en una zona somera sobre la plataforma continental. Esta zona de transición posee importantes características como son la concurrencia del viento que genera surgencias costeras, la intrusión de plumas de aguas superficiales frías provenientes de la cuenca Salsipuedes-Tiburón, y la formación de giros a todo lo ancho de la cuenca (Badan-Dangon et al., 1985).

V MATERIALES Y METODOS

V.1 TRABAJO DE CAMPO

Se efectuó un crucero para la colecta de muestras en el Golfo de California del 15 de agosto al 3 de septiembre de 1990, a bordo del BIP XI propiedad de la Secretaría de Pesca.

La recolección de las muestras de larvas de sardina monterrey se realizó en la estación 260.90, la cuál se ubicó entre los $28^{\circ}15'30''$ de latitud Norte y los $111^{\circ}35'30''$ de longitud Oeste (figura 1). La estación en que se muestreó, posee una profundidad de 52 metros y se encuentra a 10 millas de la costa a lo largo de la cual se encuentra el estero Tastiota. La Punta Monumento, el extremo más al sur de la Isla Tiburón se encuentra a aproximadamente 40 millas hacia el norte, Bahía Kino a 34 millas y Guaymas al sur a 38 millas. Este muestreo en particular se realizó a las 2226, hora local durante la noche del 30 de agosto de 1990. Se realizaron dos arrastres horizontales en esta estación con dos diferentes redes. El primer arrastre se efectuó con una red de arrastre de media agua sin marco rígido con una longitud de cable de 25 metros durante 20 minutos a una velocidad de 2.5 ms^{-1} . En el segundo arrastre se utilizó una red de media agua Isaac-Kidd media agua Isaac-Kidd modificada (Methot, 1986) que se denomina Kidd-Methot con una longitud de cable de 100 metros durante 5 minutos a una velocidad de 2 m/s.

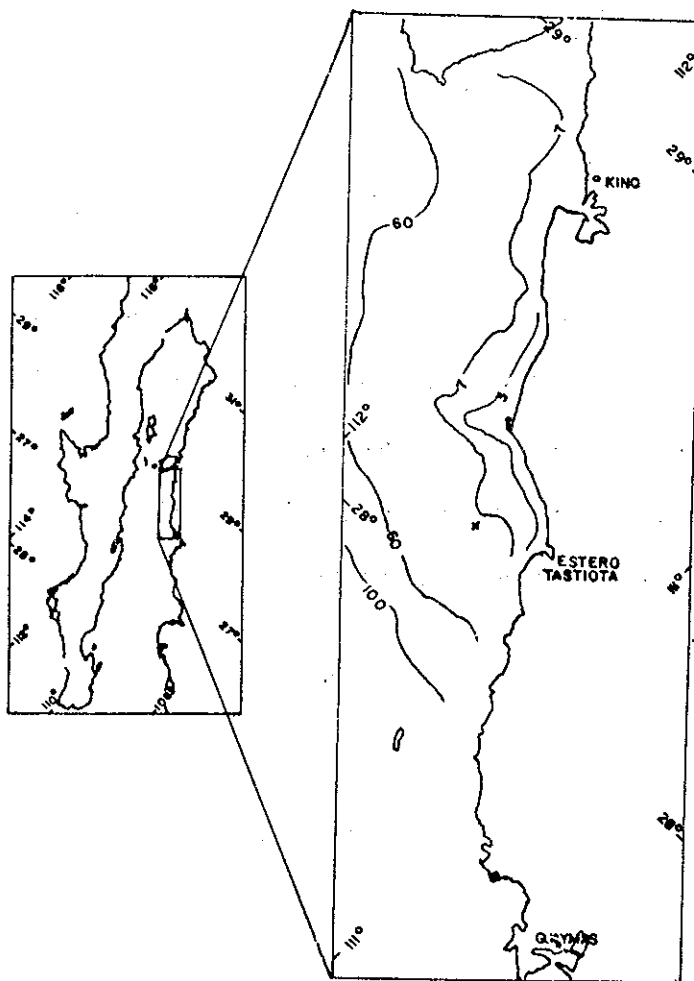


Figura 1. Area de estudio

Las muestras se fijaron a bordo del barco con formol al 5% neutralizado con borato de sodio a pH 8 durante 24 horas, después de las cuales las larvas fueron separadas y lavadas con agua de mar filtrada (filtro de 10 μm) y se pusieron en alcohol etílico al 80% a llevandolo a un pH de 8 con hidroxido

de potasio y estabilizando el pH con trisma buffer. A la par que se efectuaba esta operación se tomaron 25 larvas de forma aleatoria y se conservaron de forma individual en un mismo número de viales. Se les midió la LE hasta 0.1 mm de exactitud al siguiente día, a los 7, 14, 28, 42 y 56 días. El resto del placton de fijó en formol al 5%.

V.2 TRABAJO DE LABORATORIO

Una vez identificadas, se cuantificó la totalidad de las larvas de sardina monterrey provenientes de los arrastres con ambas redes. A las larvas se les midió la longitud estándar (LE) hasta 0.1 mm de exactitud con un micrómetro ocular marca Wild de 10x calibrado con un micrómetro de etapa + 0.001 mm, para despues proceder con un microscopio de disección marca Wild a la extracción del mayor de los otolitos, el sagitta.

La extracción de los otolitos se llevó a cabo utilizando un microscopio de disección con los aumentos de 6x y 12x alternativamente y usando filtros de luz polarizada para aprovechar la propiedad birrefregente de los otolitos (Butler, 1987; Methot 1981; Methot y Kramer, 1979). Las larvas se colocaron sobre un portaobjeto y dependiendo de la talla; a las mayores de 18 mm, se les seccionó la cabeza y despues se procedió a remover los otolitos y a las menores de 18 mm se les extrajeron los otolitos directamente. Los otolitos se manipularon con aguja de disección fina para dejar el lado distal (domo) hacia arriba y el lado proximal (concavidad)

hacia abajo (Methot y Kramer, 1979).

A los otolitos extraídos se les separó la materia orgánica en forma mecánica. Se lavaron con agua, se secaron y posteriormente se montaron con resina de fijación Eukitt. Los otolitos así montados se dejaron sobre una plancha marca Lab-Line modelo Slide Warmer durante 24 horas a una temperatura de 35°C.

Para la lectura de los otolitos, se utilizó una cámara de video de alta resolución Panasonic modelo WV-1850 montada sobre un microscopio compuesto ZEISS. Para hacer las mediciones de los otolitos se usó un digitalizador marca VIDEO-ANNOTATOR coordinado con una pantalla de video ELECTROHOME modelo 38-V20111-60 en interfase con una computadora AT 286 (Methot y Kramer, 1979; Butler y Rojas de Mendiola, 1985; Butler 1987). La tasa de crecimiento y la edad de las larvas en días se determinó contando y midiendo los incrementos diarios en los otolitos (Methot, 1981). Se midió el ancho de los incrementos en base a un transecto establecido para cada aumento (16, 25 y 40x) a lo largo de todo el otolito desde el foco hasta el anillo más externo y contando el número de incrementos.

La secuencia de este procedimiento fue la siguiente; el observador posiciona el cursor en el centro del otolito siguiendo un transecto previamente seleccionando a lo largo del radio del otolito. El primer paso es medir el radio del

foco del otolito (primordium), esto se hace situando el cursor en donde el observador aprecia que este se delimita (zona oscura contrastante). Para leer los incrementos el observador se posiciona en el extremo de un incremento y cuenta el número de incrementos, entonces se teclea el número de incrementos leídos entre ese punto y el punto previo. La computadora mientras tanto suma la distancia medida del radio hasta ese incremento. Como el ancho de los incrementos cambia rápidamente, se pueden leer de 2 a 6 incrementos de un tamaño similar. Datos de las diferentes regiones a lo largo del radio mayor (transecto mayor) fueron grabados en varias etapas.

La edad en días se calculó por la evaluación numérica Methot (1983) de la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^n = \frac{r_1 - r_{(i-1)}}{G(r_1)} \quad (1)$$

donde

r_1 = grupo de todas las distancias radiales donde el ancho del incremento cambia perceptiblemente

$G(r_1)$ = promedio del incremento en ancho entre r_{i-1} y r_1

r_0 = radio del otolito al principio de la formación de incrementos

r_n = máximo radio del otolito

$G(r_1)$ = incremento inicial en ancho típico

$G(r_n) = G(r_{n-1})$ cuando $G(r_n)$ no es medible

En algunas ocasiones los incrementos no eran distinguibles. Cuando esto ocurría, el ancho de los incrementos se interpolaba de la media del ancho del incremento de el total de los intervalos anteriores inmediatos por medio de la siguiente expresión.

$$\sum_{i=1}^n = \frac{\Gamma_n - \Gamma_{(n-1)}}{G_{(rn-1)}} \quad (2)$$

donde

r_n = máximo radio del otolito

$r_{(n-1)}$ = último incremento contado y medido

$G_{(rn-1)}$ = promedio de los incrementos cuando $G(rn)$ no es medible

Los resultados convergen exactamente en el conteo de los incrementos, así cada incremento se midió una sola vez.

La lectura de los otolitos de llevo a cabo en el laboratorio del Dr. J. Butler (SWFC, NMFS) en la Jolla, California. Los datos obtenidos se almacenaron en diskettes de baja densidad para su decodificación en el CICESE.

Una vez obtenidas las lecturas de los otolitos se procedió a la decodificación de los datos usando el progama OTOLITH estructurado en lenguaje quickbasic.

La información obtenida al decodificar los datos fueron el radio del otolito, distancia entre los incrementos, número de incrementos contados y radio del foco, expresador en micras.

De acuerdo con Panella (1971) y después corroborado por varios autores (Panella, 1974, Brothers et al., 1976; Butler y Rojas de Mendiola, 1985; Butler 1987) entre otros, en diversas especies de peces en estadios larvarios se observó que un incremento corresponde a un día. Para las larvas de sardina monterrey se siguió el mismo criterio.

Con la longitud estándar de las larvas se procedió a hacer la corrección de longitud por encogimiento siguiendo dos métodos, el propuesto por Theilacker (1980) y por el segundo, propuesto por Hammann (comun. per.)². Se realizó una prueba de ANOVA de una vía para determinar la existencia de un encogimiento significativo entre el día uno (org. vivo) y el día 56. Una vez efectuada esta prueba se calculó el porcentaje de encogimiento en el total de los organismos estableciendo grupos de talla de similar porcentaje de encogimiento.

A la edad calculada por el algoritmo se suman cinco días al número de incrementos (días) leídos en el otolito que representan los días después de los cuales la larva ha absorbido el saco vitelino y es cuando se efectúa la primera depositación del otolito (Butler y Rojas de Mendiola, 1985).

Es necesario hacer incapié que al no existir datos del tiempo de eclosión de los huevos y la absorción del saco

² Hammann, M. G., Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C.

vitelino de la larva de sardina monterrey en Golfo de California se utilizaron los datos obtenidos por Butler y Rojas de Mendiola en larvas de sardina monterrey de la corriente de Perú (1985).

Con la finalidad de conocer si existía alguna relación entre el radio del otolito medido y la LE de las larvas, se aplicaron dos diferentes modelos, uno lineal y uno exponencial:

Ecuación lineal:
$$R = a + bL \quad (3)$$

Ecuación exponencial:
$$R = a(L^b) \quad (4)$$

donde:

R = radio del otolito

L = longitud estandard (mm)

b = pendiente

a = intercepto

Estas relaciones se aplicaron para las larvas capturadas con la red exploratoria, la red methot y finalmente para el total de las larvas.

Con las edades (días) y la LE de las larvas se aplicaron tres diferentes tipos de modelos de crecimiento para obtener la tasa de crecimiento específico: lineal, un modelo exponencial y Gompertz (Zweifel & Lasker, 1976).

Ecuación lineal:
$$L_{(t)} = a + bE \quad (5)$$

Ecuación exponencial:
$$L_{(t)} = aE^b \quad (6)$$

donde:

$L(t)$ = longitud estandard

E = edad

a = intercepto

b = coeficiente de crecimiento

Ec. de Gompertz:

$$L_{(t)} = L_o \times e^{G(1-e^{-g \times t})} \quad (7)$$

donde:

L_o = longitud al tiempo cero

t = edad

G = tasa máxima de crecimiento

g = parametro de decaimiento

Para evaluar tanto en la relación longitud vs. radio del otolito como en edad vs. longitud el modelo que mejor se ajustaba a explicar los datos se uso la r^2 mas alta y la suma del error estandard mas bajo como criterio.

Una vez determinada la tasa instantánea de crecimiento se obtuvo la distribución de las fechas de nacimiento la cual se representó por medio de una distribución de frecuencias.

Se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía para comprobar si las redes poseían diferentes selectividades en función de la longitud.

Los programas usados para el análisis estadístico fueron el Systat ver. 4.0, Statgraphics ver 4.2, Statistical Ecology y Fishparm ver 2.02

VI RESULTADOS

VI.1 CARACTERIZACION DEL AREA

El Golfo de California durante el verano posee las temperaturas superficiales más altas alcanzadas a lo largo del año. En la figura 2 se hace notar a lo largo de la línea 260 una isoterma de 30°C cuyo gradiente va disminuyendo pero solo 0.5°C hacia la parte norte del golfo. En el canal de Ballenas, que se caracteriza principalmente por un fuerte proceso de mezcla durante todo el año, presentó temperaturas superficiales desde los 27°C hasta 29.1°C (Fig. 2).

En la estación estudiada (260.90) se presentó una temperatura superficial de 30°C la cual va disminuyendo hasta 28°C al alcanzar los 30 metros de profundidad, detectandose entonces una capa de temperatura estable a lo largo de toda la línea 260. Entre los 30 y 40 metros de profundidad se notó una disminución en la temperatura de la masa de agua hacia la costa este del Golfo de California y cuyo rango de temperatura varió entre los 28 y los 26.5°C. Entre los 40 y 50 metros de profundidad se hace más notorio el gradiente de temperatura caracterizado por una fuerte estratificación de la columna de agua (Fig. 3).

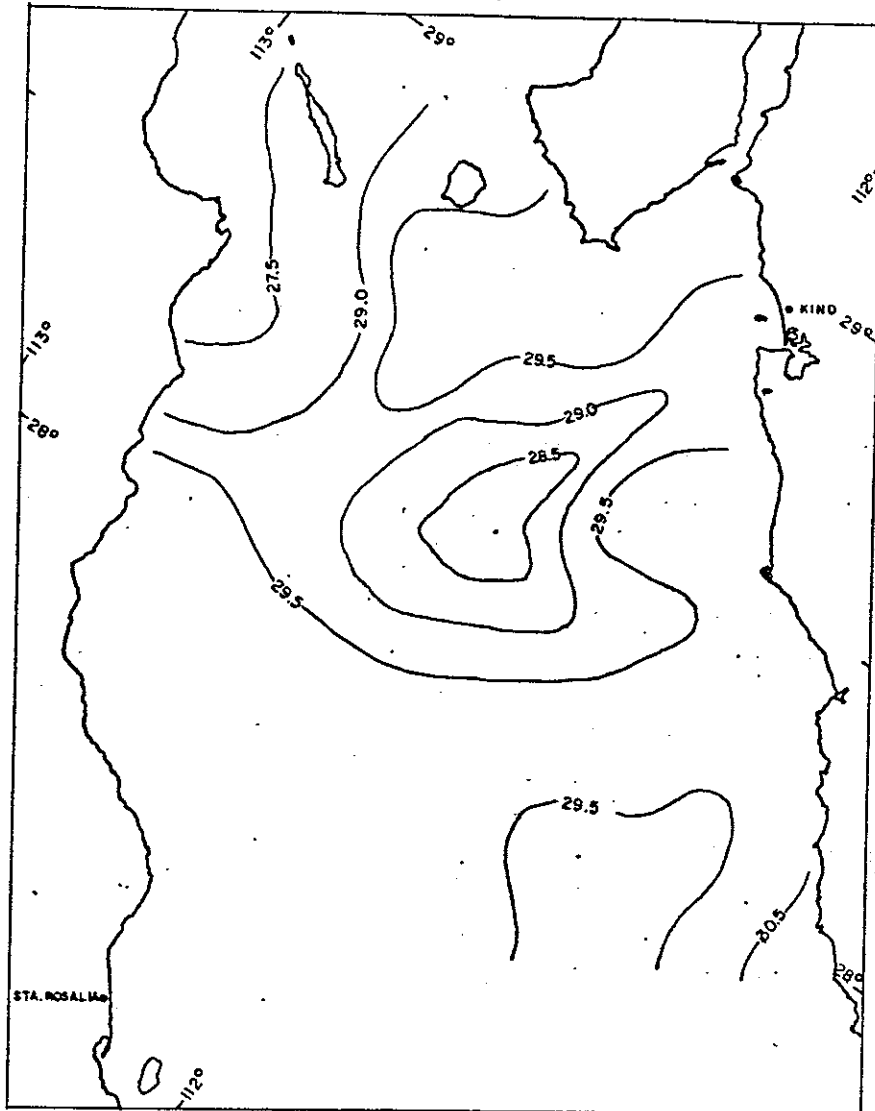


Figura 2. Distribución de la temperatura superficial en la zona central del Golfo de California durante el verano de 1990.

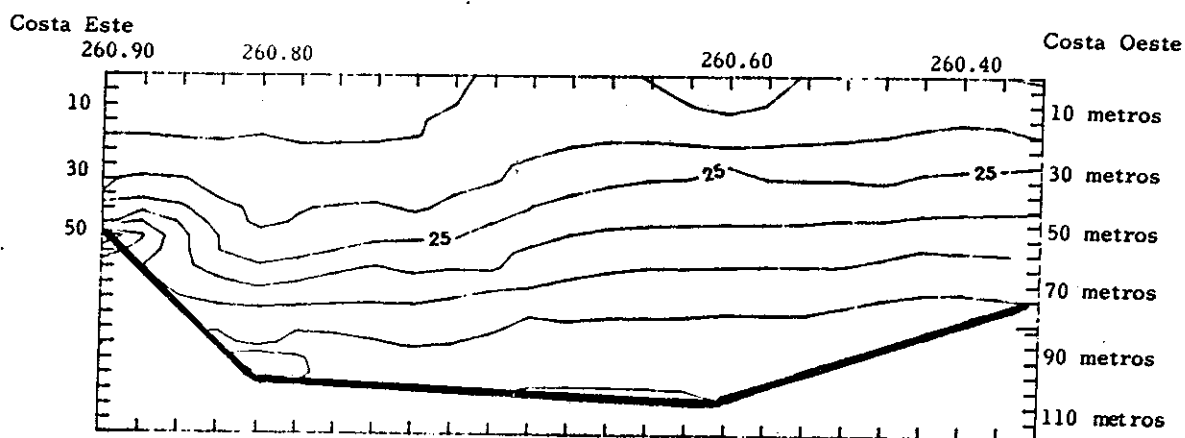


Figura 3. Perfil vertical de temperatura a lo largo de la línea 260.90 situada en la zona central del Golfo de California, durante el verano de 1990.

VI.2 CAPTURA Y LONGITUD

Se capturaron un total de 252 larvas entre los 7.0 y 26.6 mm de LE. En la figura 4 se muestra la distribución de

frecuencias por tallas de los organismos y se notan claramente dos modas, la primera a los 12 mm corresponde a los organismos capturados con la red Kidd-Methot (KM), y una segunda moda a los 23 mm corresponde a los capturados con la red de pesca exploratoria (RPE). De este total, 164 larvas fueron obtenidas por medio de la RPE y sus LE fluctuaron entre los 14.4 y 26.6 mm; las 88 larvas restantes fueron capturadas con la red KM y midieron entre los 7 y los 23.8 mm fueron capturadas con la red KM. No se reportaron valores integrados a la superficie debido a que los lances fueron horizontales.

La prueba de ANOVA de una vía arrojó un resultado de ($P > 0.0000$) con lo cual se corrobora junto con el método gráfico, que las larvas capturadas en la red de arrastre fueron significativamente más grandes que las capturadas con la red Kidd-Methot.

Con respecto a la corrección por encogimiento se esperaba que las larvas pequeñas se encogieran más por no estar su columna completamente osificada, (esta osificación comienza a los 14 mm y termina a los 35 mm, Theilacker, 1980) y las larvas grandes encogieran menos, el caso contrario. Sin embargo el comportamiento no fué como se esperaba y la regresión no resultó un buen indicador ($r^2=2.54$ y SC del estimado 0.159) (Fig. 5).

Al no establecerse un criterio para encontrar un factor de encogimiento mediante la regresión de x entre y , solo se

calculó el porcentaje de encogimiento. Debido a los altos valores y la heterogeneidad de los resultados se concluyó que el encogimiento de las larvas debido a condiciones no controladas no presentó una tendencia normal por lo que no se pudo corregir la longitud de las larvas por encogimiento.

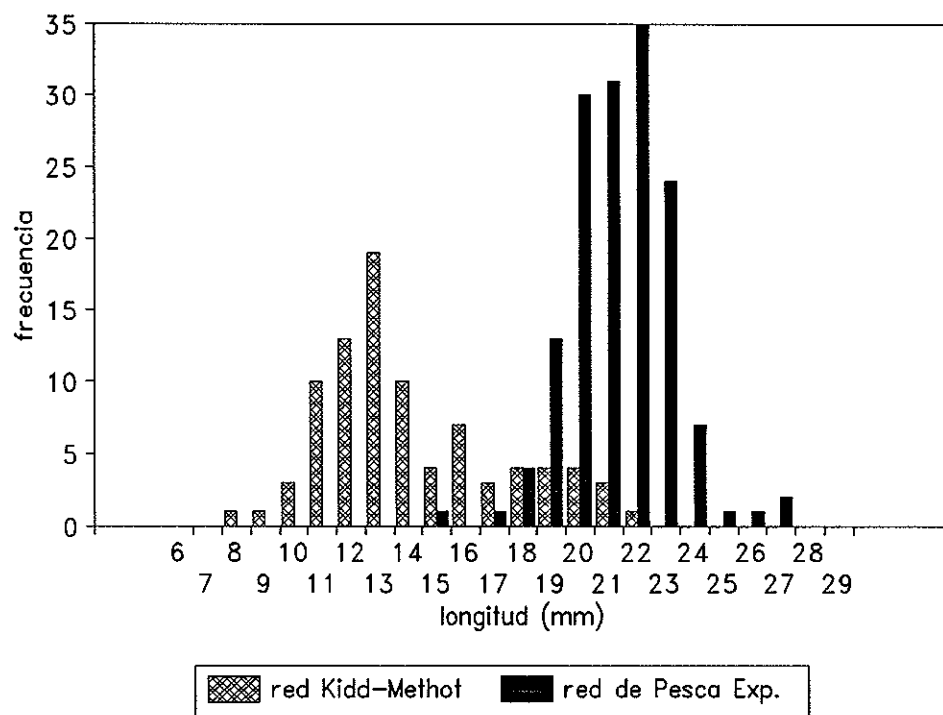


Figura 4. Distribución de frecuencia por longitud (mm) de las larvas capturadas con la red Kidd-Methot y la red de pesca Exploratoria en el Golfo de California durante en verano de 1990.

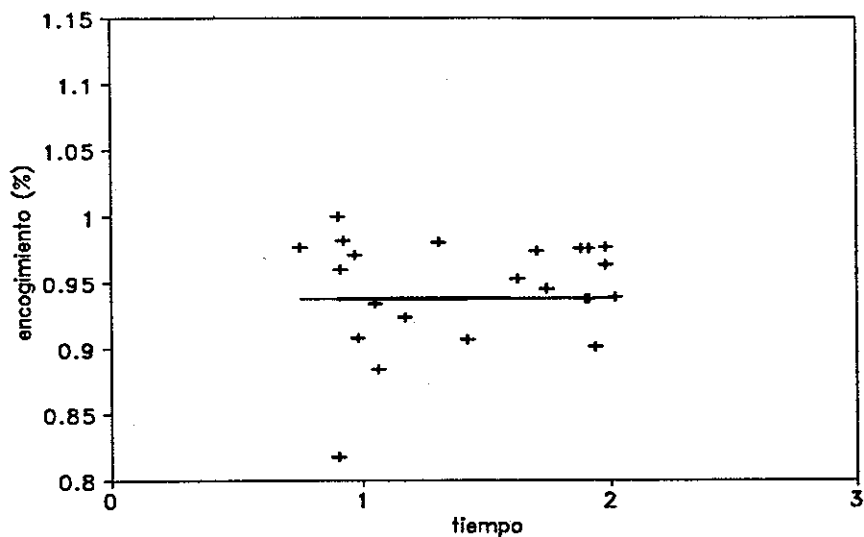


Figura 5. Regresión lineal donde se evaluó la relación entre el porcentaje de encogimiento y la longitud de las de sardina monterrey.

VI.3 DESCRIPCION DEL OTOLITO

El otolito sagitta en las larvas más pequeñas (< 11 mm, LE) de sardina monterrey mostró una forma circular, que se vuelve elipsoidal conforme aumenta la talla. El tamaño del otolito varió entre los 33.4 y 224.6 μm de diámetro. El radio promedio del foco del otolito fué de 1.71 μm \pm 2.168 μm . El otolito presentó en el centro un área más densa caracterizada por un foco bien definido (primordium). En cada otolito se

observó una estructura bipartita (crecimiento subdiario) formado por una matriz orgánica y una inorgánica. El grosor de los incrementos en el otolito fue aumentando conforme crecía la larva, de 0.5 μm en los primeros días a 14.5 μm en los últimos.

El otolito presenta un lado cóncavo y otro convexo, pero con poca curvatura (las lecturas se hicieron del lado distal o cóncavo del otolito) (Fig. 6). Los primeros incrementos fueron generalmente los más difíciles de diferenciar por confundirse con los sub-incrementos. Conforme se avanza en la lectura de los incrementos, generalmente la zona media presenta incrementos difusos, al contrario de la zona externa, la cual posee incrementos más anchos con incrementos subdiarios bien definidos. Todos los otolitos analizados en este estudio fueron transparentes.



Figura 6 a. Microfotografía del otolito de larva de sardina monterrey de 11.31 mm de longitud estandar y 17 días de edad.



Figura 6 b. Microfotografía de el otolito de larva de sardina monterrey de 18.9 mm de longitud estandar y 20 días de edad.

VI.4 RELACION RADIO DEL OTOLITO VS LONGITUD

Con la finalidad de observar la forma en que se distribuyen los datos del radio del otolito de las larvas de sardina monterrey, en la figura 7 se graficó la distribución de frecuencias del radio del otolito y se notó una tendencia bimodal (se presentaron dos modas a $85 \mu m$ y $170 \mu m$) y presenta un comportamiento semejante a la distribución de frecuencias en longitud de las larvas capturadas con ambas redes.

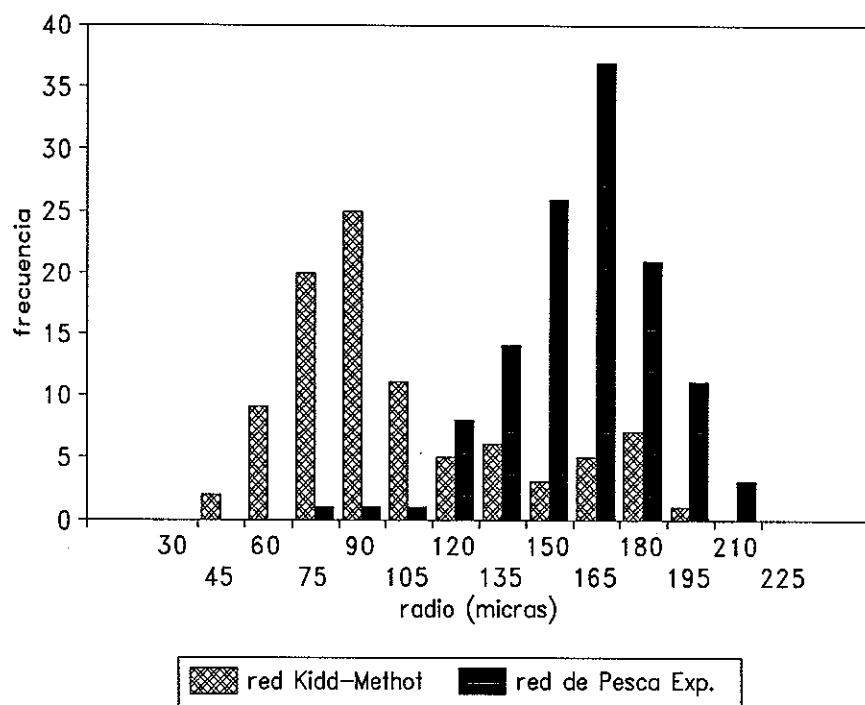


Figura 7. Distribución de frecuencia del radio del otolito obtenido de las larvas capturadas con ambas redes.

La regresión exponencial fue la que mejor se ajustó a los datos en los tres casos. Al evaluar los datos obtenidos

de las larvas capturadas con la red de pesca exploratoria el modelo exponencial presentó una r^2 de 0.303 (Tabla I) mientras que con el modelo lineal la r^2 fue de 0.115 (Fig. 8), por lo que explica mejor este grupo de datos. Los datos de las larvas capturadas con la red Kidd-Methot el modelo exponencial presentó una r^2 de 0.906 (Tabla I) y el lineal una r^2 de 0.740 (Fig. 9). En la captura total el modelo exponencial dio una r^2 de 0.833 y el lineal de 0.628 (Fig. 10) (Tabla I).

Tabla I Resultados de las regresiones evaluando los datos obtenidos de la captura con la red Kidd-Methot, la red de pesca exploratoria y el total de los organismos.

red	Modelo	n	a	b	r^2	S.C.E.
Kidd-Methot	Lineal	88	-40.206	9.442	0.74	11.598
	Exponencial	88	2.195	1.409	0.906	11.377
Pesca Exploratoria	Lineal	164	-0.279	7.351	0.115	20.109
	Exponencial	164	8.136	0.966	0.303	19.925
Combinación ambas	Lineal	252	-32.96	8.928	0.628	17.055
	Exponencial	252	3.141	1.279	0.833	17.179

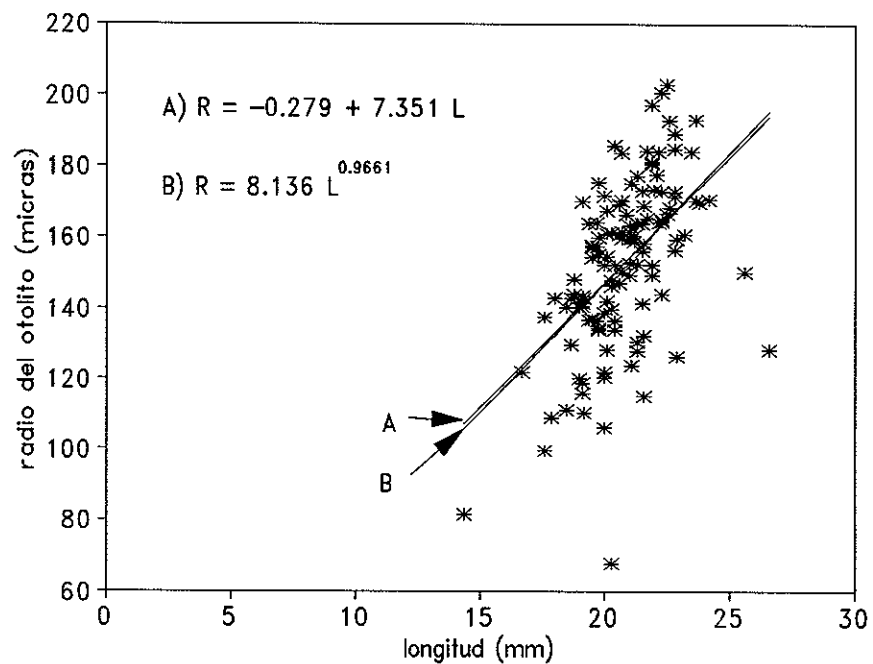


Figura 8. Relación longitud vs. radio del otolito de las larvas capturadas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus por medio de la red de pesca exploratoria donde: A) regresión lineal y B) regresión exponencial.

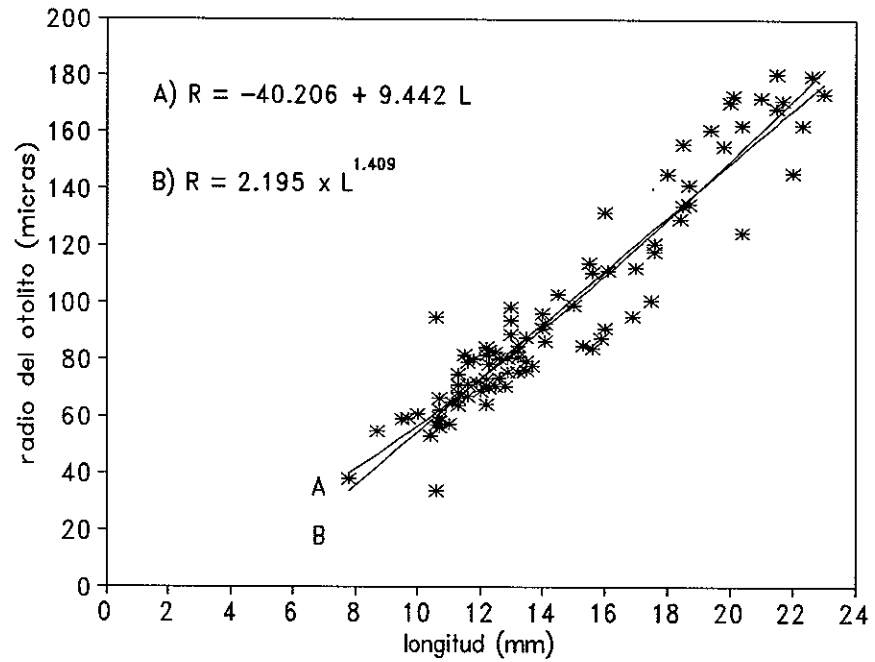


Figura 9. Relación longitud vs. radio del otolito de las larvas capturadas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus por medio de la red Kidd-Methot donde: A) regresión lineal y B) regresión exponencial.

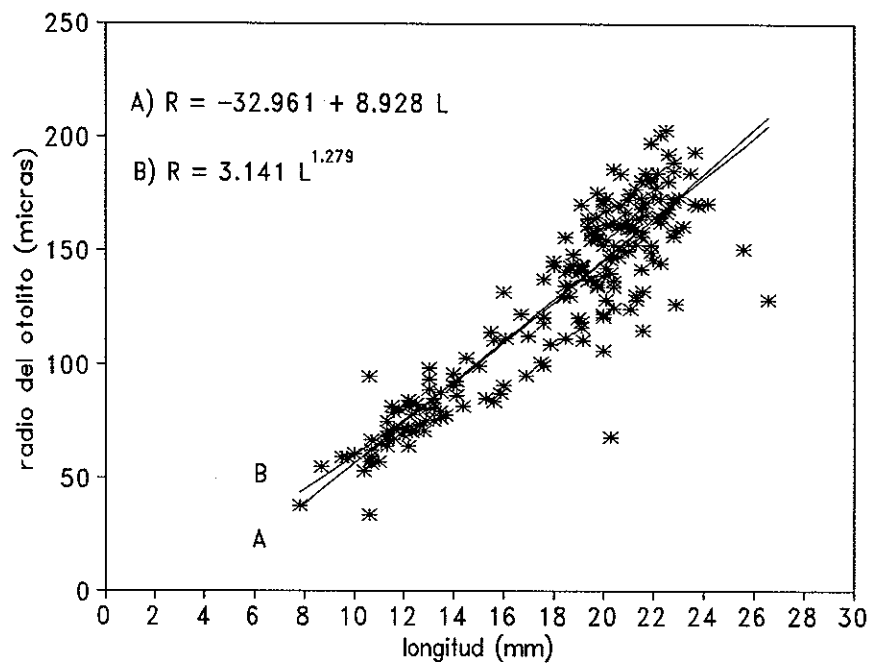


Figura 10. Relación longitud vs. radio del otolito del total de las larvas capturadas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus donde: A) regresión lineal y B) regresión exponencial.

VI.5 CRECIMIENTO

Las lecturas realizadas para estimar el crecimiento solo incluyeron aquellas estructuras que eran diarias a partir del foco del otolito (primordium), sin tomarse en cuenta los incrementos subdiarios.

La relación entre la edad de la larva y la LE se encuentra mejor descrita en las larvas de sardina monterrey capturadas con la red Kidd-Methot por la ecuación de Gompertz (Tabla II). Al evaluar los datos obtenidos, en las tres regresiones se presenta una r^2 muy semejante el cual varía en orden de milésimas, sin embargo de acuerdo a Zweifel y Lasker (1976), el crecimiento de las larvas se encuentra mejor representado por una curva que posea una flexión, o sea un cambio en la velocidad de crecimiento (este corresponde a ajustes y/o cambios fisiológicos y morfológicos), por lo tanto la ecuación de Gompertz es la que se uso para explicar el crecimiento de las larvas (Fig. 11), de igual forma el modelo de Gompertz también fué el que mejor se ajustó para explicar el crecimiento para las larvas capturadas con la red exploratoria al mostrar una r^2 de 0.2456 (Fig. 12). La ecuación de Gompertz aplicada al total de los organismos nos arrojó como resultados que la longitud a la cual se alcanza el crecimiento máximo se alcanza a los 10.4 mm con un coeficiente de crecimiento de 0.19 y una tasa de crecimiento de 0.895 mm/día (Ricker, 1975) y una r^2

de 0.8097 (Fig. 13). Como en el caso anterior el criterio para evaluar la eficiencia de la regresión fue, la mayor r^2 y la menor suma de cuadrados del estimado.

Tabla II Resultado de las regresiones evaluando ambas unidades experimentales y el total de los organismos capturados en la estación 260.90 con tres tipos de modelos de regresiones

red	Modelo	n	a	b	Lo	G	g	r^2	S.C.E.
Kidd-Methot	Lineal	88	-1.569	0.933				0.8084	1.628
	Exponencial	88	0.617	1.108				0.8088	1.623
	Gompertz	88			2.097	3.059	0.058	0.8097	1.622
Pesca Exploratoria	Lineal	164	14.755	0.273				0.2066	1.535
	Exponencial	164	8.236	0.298				0.2174	1.524
	Gompertz	164			5.97e-8	19.79	0.275	0.2456	1.490
Combinación ambas	Lineal	252	0.511	0.880				0.7072	2.280
	Exponencial	252	1.111	0.932				0.7302	2.268
	Gompertz	252			7.078e-4	10.4	0.19	0.8097	1.9495

Por otra parte se hizo una gráfica de distribución de frecuencias por edades donde la característica principal es el dominio dentro del parche de larvas de entre los 19 y 23 días de edad (Fig. 14) en donde la fecha de eclosión para las larvas corresponde a el 28 de julio de 1990 con larvas de 32 días de edad y para las larvas de menor edad corresponde de día 19 de agosto de 1990 con organismos de 11 días de edad (Fig. 15).

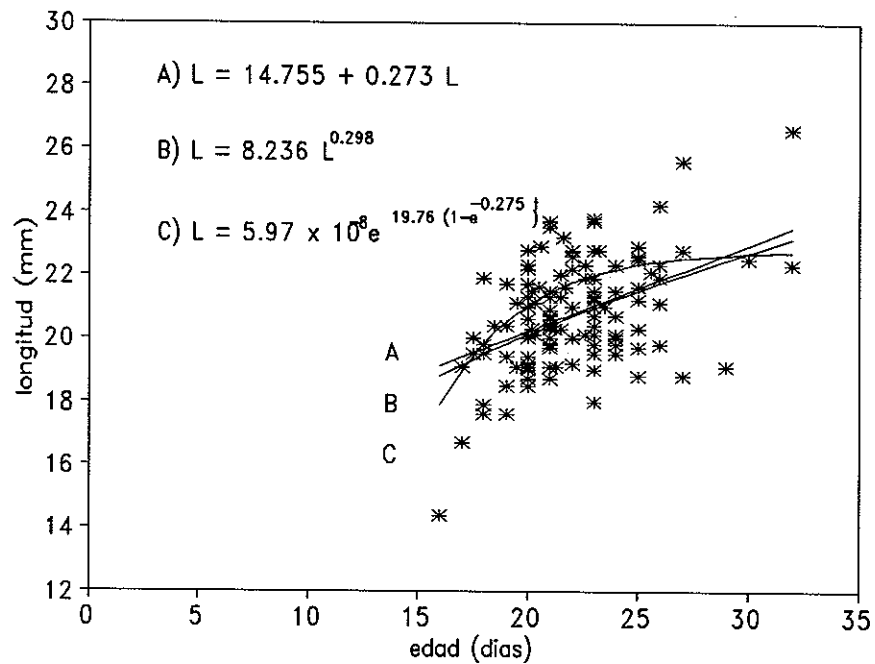


Figura 11. Relación edad vs. longitud estandar de las larvas capturadas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus por medio de la red de pesca exploratoria donde: A) regresión lineal, B) regresión exponencial y C) modelo de Gompertz.

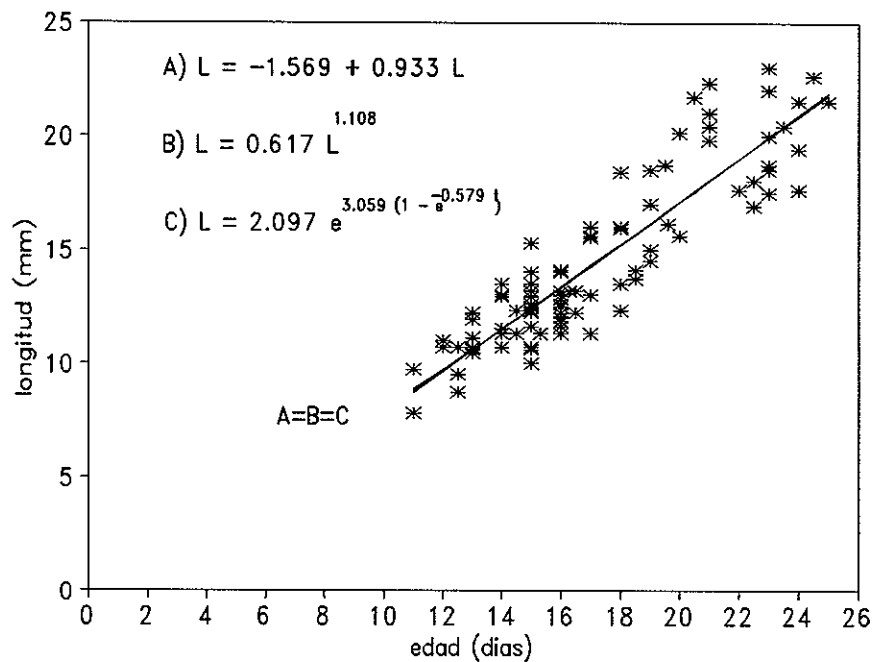


Figura 12. Relación edad vs. longitud estandar de las larvas capturadas de sardina monterrey *Sardinops sagax caeruleus* por medio de la red Kidd-Methot donde: A) regresión lineal, B) regresión exponencial y C) modelo de Gompertz.

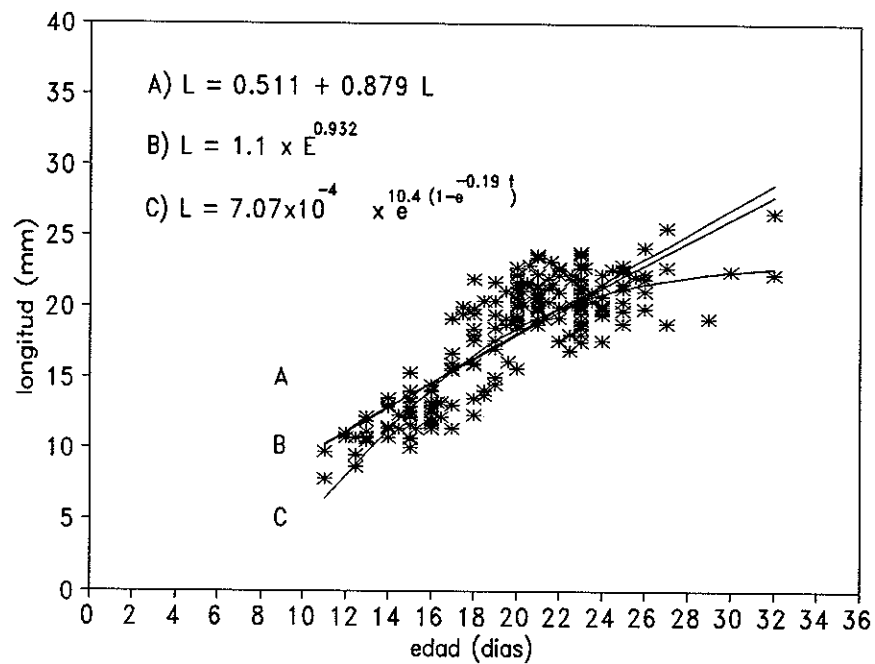


Figura 13. Relación edad vs. longitud estandard del total de las larvas capturadas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus donde: A) regresión lineal, B) regresión exponencial y C) modelo de Gompertz.

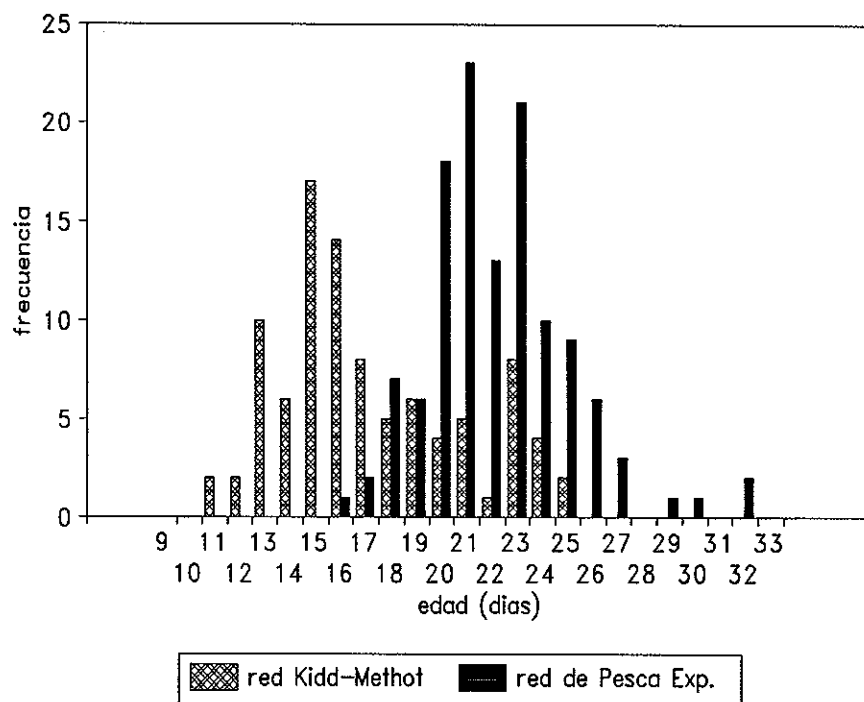


Figura 14. Distribución de frecuencia de la edad en días de las larvas de el total de las larvas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus capturadas en la estación 260.90 en la parte central del Golfo de California.

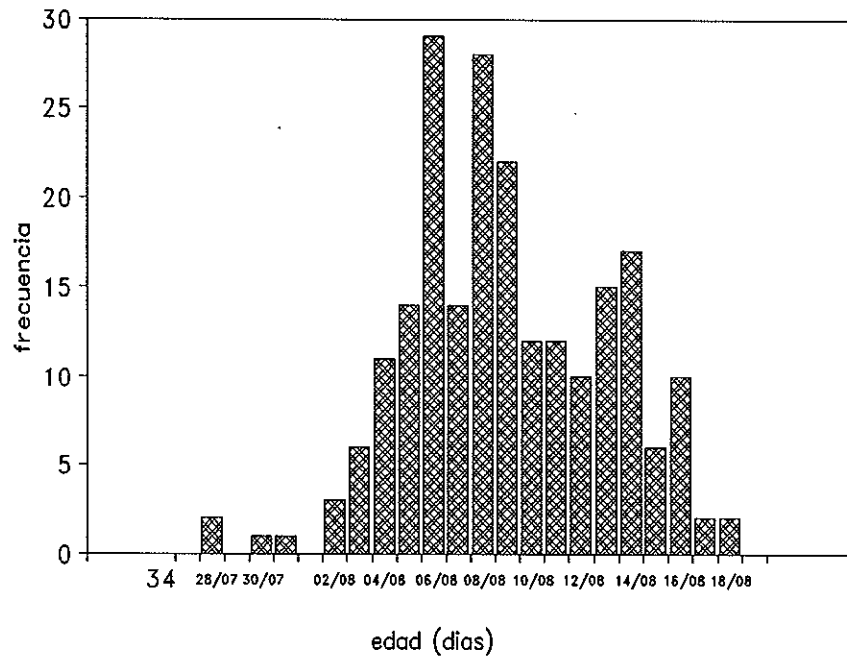


Figura 15. Distribución de frecuencia de la fecha de nacimiento de el total de las larvas de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus capturadas en la estación 260.90 en la parte central del Golfo de California.

VII DISCUSION

VII.1 COMENTARIOS METODOLOGICOS

La red Kidd-Methot fue diseñada por Methot (1986) y en años anteriores ya había sido usada en aguas de la corriente de California. El fin que se perseguía cuando se diseñó esta red era muestrear un intervalo de tallas más amplio de larvas, pre-juveniles y juveniles de anchoveta norteña Engraulis mordax y sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus en una forma más eficiente que con la red Bongo y la red neuston.

Analizando las capturas por intervalo de tallas se observa que la red Kidd-Methot probó ser más eficiente para larvas capturadas entre el intervalo de 10-20 mm, y especialmente para larvas entre los 10 y 15 mm de longitud estandar. Al comparar los resultados del actual estudio con los de cruceros anteriores donde se usó la misma arte de pesca se llegó a la conclusión de que larvas menores de 10 mm se encuentran pobremente representadas por extrusión y las mayores de 20 mm por evasión al detectar visualmente (día) y sensorialmente (noche) la red y por presentar mayor movilidad. Al contrario de lo presentado por Methot (1986), se hace patente que la red posee una baja efectividad para capturar post-larvas y juveniles tempranos (organismos > 30 mm) de sardina monterrey dentro del Golfo de California. El posible motivo es que la velocidad máxima de arrastre para la cual fue desarrollada la red esta en relación directa a la luz de malla que posee

la misma, es decir, al haber un mayor volumen filtrado por un aumento en la velocidad de arrastre hay en contraparte una mayor resistencia al flujo, mayor vibración y como ultimo, una mayor evasión de las larvas al poder detectar la red.

Se puede notar observando la distribución de frecuencias de longitud que la red de pesca exploratoria captura larvas de mayor tamaño, sobre todo en el intervalo de los 20-25 mm de longitud estandard. Estas capturas son el resultado de poseer esta red una boca no fija de mayor área de superficie, una luz de malla mayor y por lo tanto una velocidad de arrastre superior a los dos nudos.

Usando como referencia los datos anteriores y el resultado de la ANOVA de las longitudes de las larvas capturadas ($P > 0.000$) se observó que había una diferencia significativa en las tallas promedio capturadas usadas en este estudio. Se observó que el intervalo entre los 15-20 mm puede complementarse si se usan las dos redes debido a que hay un empalme en las longitudes capturadas, no así para las larvas mayores de 25 mm los cuales fueron poco susceptibles de ser capturadas por ambas artes, por lo cual se hace necesario usar u/o diseñar una red que colecte en forma mas eficiente las tallas antes mencionados y que posea como característica principal una luz de malla intermedio y boca fija (usandose como primera opción la misma área de boca de la red Kidd-Methot).

Al comenzar a hacer las extracciones de los otolitos que serían usados en este estudio se encontraron varios problemas los cuales no venían señalados en la literatura. Methot y Kramer (1979) mencionaron en su artículo, que al usarse filtros para polarizar la luz, el otolito actuaría como un tercer filtro y debido a su propiedad birrefregente brillaría. Sin embargo cuando se empezaron a hacer las extracciones, esta propiedad solo se presentó cuando las larvas eran menores de 14-15 mm. A longitudes mayores, ya sea porque hay un mayor grado de osificación en el craneo, mayor cantidad de pigmentos o mayor densidad en los tejidos los otolitos no presentaban esta propiedad, por lo cual la extracción se realizó usando luz visible. Otro problema que hubo con la extracción fue que los otolitos al extraerlos venían cubiertos con una materia organica la cual tuvo que ser separada en forma manual. Al comenzar a hacer la extracción no se contaba con la suficiente experiencia por lo que los primeros otolitos resultaron dañados y/o rotos, además fué necesario que toda la operación se hiciera con el otolito sumergido en agua, ya que si el agua se evaporaba el otolito se deshidratava y se quebraba. Es necesario mencionar estos problemas técnicos, porque los bajos coeficientes de correlación en las regresiones de edad vs. longitud y longitud vs. radio de las larvas capturadas con la red de pesca exploratoria, no pueden en sus totalidad ser explicados por la variabilidad inherente a cada organismo,

sino por el apredizaje y dominio de la técnica.

Al montarse los otolitos en la resina se recomendó que se les pusiera un cubreobjetos para proteger al otolito. Es necesario en este caso no montar los otolitos con el cubreobjetos porque a veces es necesario pulirse la resina en la que fueron montados los otolitos para aumentar la resolución y obtener una mejor lectura.

Como se menciona en los resultados, no fue posible obtener una ecuación que nos representara el encogimiento y tampoco se pudo obtener un porcentaje de encogimiento por preservación de las larvas de sardina monterrey debido a la gran heterogeneidad de los datos. Las larvas usadas para hacer esta corrección de encogimiento por preservación fueron obtenidas de los organismos capturados con la red Kidd-Methot, las condiciones al momento de ser colectadas variaron al tener algunas mayor tiempo de daño por abrasión al no ser capturadas en el mismo intervalo de tiempo, diferente tiempo de exposición al sol (mayor deshidratación) y diferente tipo de manipulación, entre otras. A todo lo anterior debemos sumar las altas temperaturas prevalencientes en esa época del año (verano, temp. prom. ambiental 40-45°C).

VII.2 EDAD Y CRECIMIENTO

Las larvas de sardina monterrey capturadas en este estudio mostraron poseer una tasa de crecimiento más alta (0.854 mm/día) comparada con las larvas de sardina y anchoveta de otros estudios, como se ve en la tabla III.

Tabla III. Lista de tasas de crecimiento de clupeiformes comparados con la obtenida en este estudio

AUTOR	TASA DE CRECIMIENTO (mm/día)	TEMPERATURA °C	especie
Lasker et al. (1970)	0.5	17.5	<u>Engraulis mordax</u>
Methot y Kramer (1979)	0.456	13.0	<u>Engraulis mordax</u>
"	0.375	14.4	<u>Engraulis mordax</u>
"	0.613	16.2	<u>Engraulis mordax</u>
Herrera et al. (1985)	0.4	12.5	<u>Engraulis mordax</u>
Garretón y Balbotin (1982)	0.3	12.0	<u>Sardinops sagax caeruleus</u>
"	0.8	18.0	<u>Sardinops sagax caeruleus</u>
Butler y Rojas de Mendiola (1985)	0.8	18.6	<u>Sardinops sagax caeruleus</u>
Castillo et al. (1985)	0.522	12.6	<u>Sardinops sagax caeruleus</u>
Este estudio	0.854	30.0	<u>Sardinops sagax caeruleus</u>

Es importante subrayar que las tasas de crecimiento obtenidas en los estudios anteriores provienen de ecosistemas totalmente diferentes, tales como la corriente de Perú y la corriente de California.

Así, los organismos obtenidos por Herrera et al., 1985 y Castillo et al., 1985 pertenecen tanto para la sardina como para la anchoveta al punto más extremo de distribución al sur de ambas especies en la zona de Talcahuano sobre la corriente de Perú (formada por aporte de masas de agua de origen sub-antártico provenientes de las corriente circumpolar antártica caracterizada por temperaturas menores de 18°C, salinidad entre 34.2 y 34.4 ‰ y alto contenido de oxígeno disuelto Svedrup et al., 1942), donde la temperatura (12.5°C) del agua es la establecida por estudios de laboratorio como el límite inferior de tolerancia térmica para la sardina monterrey (12.5°C para la sardina en la corriente de Perú (Garretón y Balbotin, 1982) y 13°C para la sardina monterrey en la corriente de California (formada por aporte de masas de agua de la corriente de las Aleutianas y transporta agua de tipo sub-ártico con características tales como temperaturas menores de 20°C, baja salinidad y alto contenido de oxígeno disuelto, Wyrcki, 1967) (Lasker, 1964). Butler y Rojas de Mendiola (1985) presentaron por otra parte una diferencia en la tasa de crecimiento de 65% (0.8 mmd⁻¹) de la sardina en la corriente de Perú, comparadas con las reportadas por

Castillo et al. (0.52 mmd^{-1}). Se observa en la tabla III que hay una diferencia de 4°C con lo cual podemos establecer que la temperatura juega un papel determinante en el desarrollo larvario de esta especie (Kramer & Zweifel, 1970; Castillo et al., 1985). Si comparamos los datos obtenidos por Herrera et al., 1985 para la anchoveta Engraulis ringens y Methot y Kramer (1979) para los datos de anchoveta norteña (Engraulis mordax), el factor temperatura no parece ser tan crítico, si bien hay 4°C de diferencia, las tasas de crecimiento, solo varían en 0.2 mm d^{-1} aun cuando provienen de dos ecosistemas diferentes, aunque aparentemente las condiciones ambientales pueden imponer restricciones en el desarrollo de esta especie de engraulido (Herrera et al., 1985).

La tabla III no nos ayuda a explicarnos el porque de esta alta tasa de crecimiento, por lo cual es necesario tomar en cuenta los dos puntos siguientes, el primero relacionado con aspectos hidrográficos particulares de la zona oriental del Golfo de California, desde el sur de la isla Tiburon hasta el norte de Guaymas y el segundo relacionado a posibles aspectos fisiológicos involucrados en el crecimiento de las larvas de sardina monterrey.

Como se menciona en la sección IV, en el golfo se presentan dos regímenes de vientos prevalecientes, que van a tener una influencia directa sobre la circulación de la capa superficial (hasta 50 metros de profundidad) la cual va a variar en

dirección dependiendo de los vientos (Wyrтки, 1967; Alvarez-Borrego, 1983; Badan-Dangon et al., 1985; Bray 1988). Durante el invierno y parte de la primavera esta zona (sur Isla Tiburón a Punta San Pedro) se distingue por afloramientos continuos de agua sub-superficial, fuertes procesos de mezcla, bajas temperaturas ($<20^{\circ}\text{C}$), altas tasas de productividad ($2-15 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$), y es cuando desova el grueso de la población de sardina monterrey y las más altas abundancias de huevos y larvas de la misma especie (Sokolov y Wong, 1973; Wong, 1974; Alvarez-Borrego, 1983; Badan-Dangon et al. 1985; Hammann et al., 1988; Nevarez, 1990; Hammann et al., 1991). En el verano las condiciones ambientales se modifican radicalmente, se registran temperaturas mayores de 30°C (Cisneros-Mata et al., 1988), surgencias en la costa occidental del golfo y bajas abundancias de sardina monterrey en la zona central (Moser et al., 1974; Nevarez, 1990, Hammann et al., 1991).

Particularmente, la zona donde se realizó el muestreo se encuentra cerca de la costa (aproximadamente 10 millas) donde hay aporte de nutrientes por efecto de corrientes de marea entre las islas y en forma muy local del estero Tastiota (se encuentra en línea recta sobre la línea de costa). La zona sudoriental de las islas a su vez está influenciada por un fuerte efecto de mezcla a consecuencia de los vientos (es una zona somera con una profundidad de 56 metros) registrandose en ocasiones surgencias esporádicas en los meses de marzo a

junio cuando comienza a cambiar el patrón de circulación de los vientos (Badan-Dangon et al., 1985). Es también durante esta estación cuando se registra la temporada de lluvias, pero debido a que varía la precipitación de año a año en ocasiones en forma dramática, es posible que no influya en forma determinante sobre las características abióticas de la zona (Cisneros-Mata et al., 1988). La alta variabilidad en la temperatura de hasta 17°C a lo largo de todo el año y posiblemente más va a tener un peso determinante en el desarrollo de esta especie.

La sardina monterrey ha tenido que adaptarse a estos dos ecosistemas diferentes y en el caso del Golfo debido a la alta variabilidad en la temperatura de hasta 17°C de diferencia a lo largo de todo el año a desarrollado una serie de respuestas fisiológicas producto de una plasticidad marcada de la historia de la vida del fenotipo (Hedgecock et al., 1989; Hedgecock, 1990). La estrategia involucrada lleva como componente más obvio la variación morfológica de la sardina, edad de la primera reproducción, talla máxima y mortalidades específicas a cada edad consecuencia del estrés ambiental (Hedgecock et al., 1989). Una de las diferencias más notables entre las poblaciones del Golfo de California y la corriente de California es en la longitud llegando a diferir hasta casi en 100 mm y un desfase en tiempo del período reproductivo (Bahía Monterey 192-240 mm; Guaymas 145-162 mm) (Cisneros-Mata,

1988; Hedgecock, 1989).

Nevarez (1990) y Hammann (1991) comprobaron por medio de una serie histórica obtenida de una colección de ictioplancton que el desove ocurre a lo largo de todo el año, con el grueso de el ocurriendo entre los meses de noviembre a mayo y con poca actividad de junio a octubre. Es posible encontrar cierta flexibilidad en estos períodos reproductivos, ya que estos pueden alargarse o acortarse en tiempo dependiendo del factor temperatura y de la disponibilidad de alimento en el medio (años normales, años de Anti-Niño y años de Niño) (Hunter y Leong, 1981). Así, las altas abundancias de huevos y larvas durante el invierno y parte de la primavera se encuentran explicados por un aumento en la cantidad de alimento disponible en el medio, sin embargo en verano también es posible encontrarlas, aunque en poca abundancia. Esto bien puede deberse a la presencia de organismos reproductores que presentan tallas críticas menores de 150 mm, que podrían ser hembras precoces o por otra parte, hembras que hayan contado con suficientes reservas energéticas a lo largo de todo el año (grasa almacenada), pero que en números totales al desovar no sean de suficiente importancia para contribuir con un aumento significativo de la reproducción a nivel poblacional (Hunter y Leong, 1980; Torres-Villegas et al., 1986).

Se debe considerar que los estudios de madurez gonádica realizados en adultos de sardina monterrey, han sido obtenidos

de ejemplares capturados por la flota comercial y de alguna forma producen un sesgo al querer establecer un período determinado tanto en tiempo como en espacio de el desove.

En la temporada de verano se registran las mayores temperaturas superficiales ($>30^{\circ}\text{C}$) de todo el año. La respuesta fisiológica de un organismo cuando es sometido a altas temperaturas en la columna de agua con respecto al óptimo es un aumento en la tasa metabólica (Brett, 1979). Este incremento en la tasa metabólica trae como consecuencia un aumento en el consumo de alimento y como resultado un mayor gasto energético en la locomoción (tanto al buscar alimento como en escapar de sus posibles predadores) al ser esta, la actividad en términos metabólicos más costosa para el pez (Brett y Grodes, 1979).

Al aumentar la tasa metabólica el organismo responde en términos de crecimiento en función de las condiciones ambientales, en este caso lo hizo mostrando una tasa de crecimiento de 0.895 mmd^{-1} . Esto puede deberse a que en esta estación del año los días son más largos, las temperaturas más altas, hay disponibilidad de alimento y como las larvas de sardina monterrey se alimentan ayudadas principalmente por la vista, la frecuencia de alimentación aumenta al tener éxito en capturar a sus presas una mayor cantidad de veces (Lasker, 1975; Houde, 1987). Basados en estudios de laboratorio se ha observado que un aumento en la longitud de día promueve

una reacción del sistema endocrino, o sea un estímulo que provoca la producción y secreción de la hormona del crecimiento (hormona somatotrópica) y esteroides anabólicos que darían como resultado una mayor tasa instantánea de crecimiento (Donaldson et al., 1979; Brett, 1979). Es necesario tener en cuenta que el factor temperatura actuará como un agente amplificador si queremos comparar estas respuestas fisiológicas entre los stocks de sardinas de la corriente de California y el Golfo de California.

También podría explicarse la alta tasa de crecimiento y la baja abundancia de sardina monterrey en el Golfo de California en otros términos:

La interrelación de miembros comunes de una especie está afectada por el número, tamaño y especie. La relación por la cual estos factores dan como fruto -crecimiento- y el alcance dentro del cual pueden interactuar una condición con otra (altas temperaturas superficiales, aumento en la tasa metabólica, y fotoperiodo entre otros) estará mayormente influenciada por la accesibilidad del alimento y si pensamos en una baja abundancia en todo el Golfo de California (Hammann et al., 1991), sería posible pensar en una menor competencia interespecífica (Brett, 1979).

Al pensar en la forma en que las estructuras óseas de las larvas de sardina monterrey (el otolito, entre otras) puede ser de menor tamaño, tendríamos que asociarlos a factores

tales como una alta tasa metabólica y como consecuencia una menor tasa de desarrollo. Esto se menciona porque al llevarse a cabo la lectura de los otolitos se midió el radio del primordium o foco del radio del otolito y se reportó un valor promedio de $1.706 \mu\text{m} \pm 2.168 \mu\text{m}$ (la desviación estandar mayor que el valor promedio). Re (1983) reportó un diametro de $9 \mu\text{m}$ para el radio del foco de el otolito de la Sardina pilchardus (larva que se desarrolla en medio templado) y Brothers et al. (1988) en las larvas de atún aleta azul reportaron un radio promedio de $2.5 \mu\text{m}$ (larva que se desarrolla en aguas totalmente tropicales). Esta diferencia puede explicarse parcialmente si pensamos que a mayor temperatura, menor tiempo de eclosión y menor diámetro del otolito y a que posiblemente no había en los otolitos de algunas larvas un contraste evidente entre el extremo de esta estructura (primodium) y de los primeros incrementos.

En base a las condiciones anteriores tales como características hidrográficas del área, altas temperaturas y respuesta fisiológica del organismo, es posible explicar en forma parcial la presencia de larvas de sardina monterrey en el Golfo de California y especialmente la alta tasa de crecimiento durante el verano de 1990

VIII CONCLUSIONES

Las redes utilizadas en el muestreo mostraron diferente selectividad por rango de intervalo de talla, la red Kidd-Methot entre 10.1 - 15 mm de longitud estandar y la red de Pesca Exploratoria de 20.1-25 mm.

La edad de las larvas de sardina monterrey en el Golfo de California se presentaron en un intervalo de 11-32 días cuyas tallas fluctuaron entre los 7 y 26.6 mm de longitud estandar.

Una alta tasa de crecimiento fue obtenida en este estudio (0.859 mm d^{-1}) asumiendose que la alta temperatura del agua y buenas condiciones de alimento influyeron en una respuesta fisiologica positiva del organismo.

Los resultados de este estudio y de otros realizados en la estación de invierno indican que la reproducción de la sardina monterrey se efectúa durante el verano en sitios muy localizados donde se presentan condiciones favorables.

IX RECOMENDACIONES

Se recomienda al momento de realizar los muestreos utilizar más de un arte de pesca con diferente luz de malla para obtener un intervalo de tallas de larvas de sardina monterrey más completo (entre 5-35 mm de longitud estandar).

Determinar el coeficiente de encogimiento en longitud durante la preservación con alcohol para larvas de sardina monterrey en condiciones controladas (laboratorio).

Realizar estudios de crecimiento en un amplio rango de temperaturas (12.5°C-32°C) para el stock de sardina monterrey Sardinops sagax caeruleus en el Golfo de California.

Efectuar estudios para saber si existen diferencias en la tasa de crecimiento entre larvas de sardina monterrey a lo largo de todo el Golfo de California durante la estación de verano.

Efectuar estudios para saber si existe diferencia en la tasa de crecimiento entre larvas de sardina monterrey en la estación de verano e invierno.

X BIBLIOGRAFIA

- Alhstrom, E. H., 1960. Synopsis on the biology of the pacific sardine (Sardinops caeruleus). FAO Fish. Biol. Syn. No. 17.
- Alvarez-Borrego, S., J.A. Rivera, G. Gaxiola, M. Acosta y R.A. Schartzlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. Ciencias Marinas. 5, 53-71.
- Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. In: Estuarines and enclosed seas, B.H. Ketchum, editor. Elsevier, Amsterdam, pp. 427-429.
- Alvarez-Borrego, S. y C.G. Gaxiola. 1988. Photosynthetic parameters of northern Gulf of California phytoplankton. Cont. Shelf Res. 8, 37-48.
- Anónimo, 1987. Pesquerías Mexicanas; estrategias para su administración. Secretaría de Pesca. Primera Edición. pp 195-308.
- Badan-Dangon, A., C.J. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. Oceanologica Acta, 8, 13-22.
- Baumgartner, T.R. y N. Jr. Christensen. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. J. Mar. Res. 43, 825-848.
- Bray, N.A. 1988. Water mass formation in the Gulf of California. Journal of Geophysical Res. 93, 9223-9240.
-

- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. In: Fish Physiology. Kim D. Hyatt Editor. Academic Press, Inc. ,Vol. VIII. Cap. 10 pp. 288-310.
- Brett, J.R. y T.D., Groves. 1979. Physiological energetics. In: Fish Physiology. Kim D. Hyatt Editor. Academic Press, Inc. ,Vol. VIII. Cap. 5 pp. 288-310.
- Brothers, E.B., C.P. Mathews y R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. Fish. Bull. 74, 1-8.
- Brothers, E.B. 1981. What can otolith microstructure tell us about daily and subdaily events in the early life history of fish? Rapp. P.-v. cons. Explor. Mer., 178: 393-394.
- Brothers, E.B., E.D. Prince y D.W. Lee. 1988. Age and growth of young-of-the-year bluefin tuna Thunnus thynnus from otolith microstructure. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8:49-59.
- Butler, J.L. y B. Rojas de Mendiola. 1985. Growth of larval sardines off Peru. CalCOFI Rep. XXVI, 113-118.
- Butler, J.L. 1987. Comparison of the early life history of Pacific sardine and northern anchovy with implications of species interactions. Phd. Thesis, Univ. Cal. San Diego, CA 242 pp.
- Butler, J.L. 1989. Growth during the larval and juvenile stages of the northern anchovy Engraulis mordax, in the California Current during 1980-1984. Fish. Bull. 87: 642-652.
-

- Campana, S.E. y J.D. Neilson. 1985. Microestructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 42(5):1014-1032.
- Castillo, G., E. Aguilera, G. Herrera, P.A. Bernal, J.L. Butler, C. Chong, C. Veloso. 1985. Larval growth rates of the pacific sardine Sardinops sagax sagax off central Chile, determined by daily ring counts in otoliths. *Biol. Pesquera, Chile* 14, 3-10.
- Cisneros-Mata, M.A., J.M. De Anda, J. Estrada, F. Paez, A. Quiroz. 1988. Pesquerías de sardina del Golfo de California y costa de Sinaloa (informe 1986-87 y diagnóstico). Guaymas, Sonora. Sepesca, Inst. Nal. de la Pesca. 68 p. (Doc. interno).
- Crecco, V. y T. Savoy. 1985. Effects of biotic and abiotic factors on the growth and survival of young American shad in the Connecticut River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 42, 1640-1648.
- Donaldson, E.M., H.M. Fagerland, D.A. Higgs y J.R. Bride. 1979. Hormonal enhancement. In: *Fish Physiology*. Kim D. Hyatt Editor. Academic Press, Inc. ,Vol. VIII. Cap 9 pp.
- Garretón, M. y F. Balbotin. 1982. Efecto de la temperatura en el desarrollo embionario y crecimiento inicial de las larval de la sardina española Sardinops sagax musica en condiciones de laboratorio. *Rev. Biol. Mar. Valparaiso* 18(1), 57-71.
- Gaxiola, C.G. y S. Alvarez-Borrego. 1986. Productividad primaria del Pacífico Mexicano. *Ciencias Marinas.* pp. 26-33.
-

- Geffen, A.J. 1982. Spawning habitat and egg and larval transport and their importance to recruitment of pacific sardine Sardinops sagax caeruleus, in the Gulf of California. In: Long-Term variability of pelagic fish populations and their environment. Ed. by Kawasaki, T., Tanaka, S., Toba, Y. & Taniguchi A. Pergamon Press. pp 271-278.
- Grahame, J. 1987. Plancton and Fisheries. Edward Arnold Ltd. pp 102-111.
- Hammann, M.G., T. Baumgartner, A. Badan-Dangon. 1988. Coupling of the pacific sardine Sardinops sagax caeruleus life cycle with the Gulf of California pelagic environment. CaLCOFI Rep. XXIX, 102-109.
- Hammann, M.G. y M.A. Cisneros-Mata. 1989. Range extension and commercial capture of the northern anchovy, Engraulis mordax GIRARD, in the Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game. 75(1):49-53.
- Hammann, M.G., J.A. Rosales, M.A. Segovia. 1990. Distribution and abundance of northern anchovy and pacific sardine larvae collected with the Kidd-Methot net in the Gulf of California during winter 1990. CaLCOFI. Reunión Anual, Resúmenes.
- Hamman, M.G. 1991. Spawning habitat and egg and larval transport and their importance to recruitment of pacific sardine Sardinops sagax caeruleus, in the Gulf of California. In: Long-Term variability of pelagic fish populations and their environment. Ed. by kawasaki, t., Tanaka, S., Toba, Y. &
-

- Tanaguchi, A. Pergamon Press. pp 271-278.
- Hammann, M.G., M.O. Nevarez-Martinez, J.A. Rosales-Casián. 1991. Pacific sardine and northern anchovy in the Gulf of California, Mexico: Current results of SARP Mexico. Int. Coun. Explor. Sea. Session V: SARP.
- Hand, C.H. & L. Berner. 1959. Food of the pacific sardine Sardinops caerulea. Fish. Bull. 60 (164): 175-184.
- Hedgecock, D., E.S. Hutchinson, G. Li, F.L. Sly, y K. Nelson. 1989. Genetic and morphometric variation in the Pacific sardine, Sardinops sagax caerulea: Comparisons and contrast eith historical data and with variability in the northern anchovy, Engraulis mordax. Fish Bull., U.S. 87:653-671.
- Hedgecock, D. 1991. Contrasting population geentic structures of pelagic clupeoids in the California Current. In: Long-Term variability of pelagic fish populations and their environment. Ed. by Kawasaki, T., Tanaka, S., Toba, Y. & Tanaguchi, A. Pergamon Press. pp 271-278.
- Herrera, G., E. Aguilera, G. Castillo, P.A. Bernal. 1985. Growth of anchovy larvae Engraulis ringens, in central Chile, determine by daily increment counts in otoliths. Biol. Pesq. 14:11-15.
- Holtschmit, K.H. 1977. Pesca de la sardina (Sardinops sagax caeruleus y Ophisthonema libertate) en Guaymas, Sonora (México) y su relación con factores ambientales. Tesis, Inst. Tec. y de Estudios Sup. de Monterrey, Guaymas, Son.
-

- Houde, E.D. 1987. Fish early life dynamics and recruitment variability. Am. Fish. Soc. Symp. 2,17-29.
- Hunter, J.R. y R. Leong. 1981. The spawning energetics of female northern anchovy Engraulis mordax. Fish. Bull. U.S. 78, 811-816.
- Kimura, M. y G.T. Sakagawa. 1972. Observation on scale patterns and growth of the pacific sardine reared in the laboratory. Fish. Bull., U.S. 70, 1043-1052.
- Kramer, D. y J.R. Zweifel. 1970. Growth of anchovy larvae (Engraulis mordax GIRARD) in the laboratory as influenced by temperature. CaLCOFI Rep. XIV:84-87.
- Lasker, R. 1964. An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development and growth of pacific sardine embryos and larvae. Caopeia. 1964, 399-405.
- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and succesful first feeding. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull. 73:453-462.
- Lasker, R. 1976. The realtion between oceanographic and larval achovy food in the california current: identification of factors contributing to recruitment failure. Rapp. Int. Proc. Exp. Mer. 173:212-230.
-

- Lluch-Belda, D., F.J. Magallon, R.A. Schartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible Causes CalCOFI Rep. XXVII, 136-140.
- Messieh, S.N., D.S. Moore y P. Rubec. 1977. Estimation of age and growth of larval Atlantic herring as inferred from examination of daily growth increments of otholiths. In: The Age and Growth of Fish, pp 433-442 by R.C. Summerfelt y G.E. Hall, Iowa State Univ. Press, U.S. 544 pp.
- Methot, R.D. Jr. y D. Kramer. 1979. Growth of northern anchovy, Engraulis mordax, larvae in the sea. Fish Bull. 77, 413-423.
- Methot, R.D. 1981. Growth rates and age distributions of larval and juvenile anchovy Engraulis mordax with inferences in larval survival. Ph. D. Thesis, Univ. California, San Diego, CA, 209 pp.
- Methot, R.D. Jr. 1983. Seasonal variation in survival of larval northern anchovy, Engraulis mordax, estimated from the age distribution of juveniles. United States Nat. Mar. Fis. Bull. 81, 741-750.
- Methot, R.D. Jr. 1986. Frame trawl for sampling pelagic juvenile fish. CalCOFI Rep XXVII, 267-278.
- Millan-Nuñez, E. y C.G. Gaxiola. 1989. Spatial variability of phytoplankton in the Gulf of California during the El Niño 1983. Nova Hedwigia, 49, 113-119.
-

- Molina, V.D., F.J. Paez, B. Magallon, F. Castro y C.A. Castro. 1984. Análisis biológico pesquero de la pesquería de sardina en el Puerto de Guaymas, Sonora. Sepesca, Inst. Nal. de la Pesca. Agosto 1984, 276 p. (Doc. Interno).
- Morales-Nin, B. 1987. Ultrastructure of the organic and inorganic constituents of the otoliths of the sea bass. In: The Age and Growth of Fish, pp.331-343. by Summerfelt R.C. y Hall G.H. Iowa State Univ. Press, U.S. pp. 544.
- Moser, H.G., E.H. Alhstrom, D. Kramer y E.G. Stevens. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CaLCOFI Rep. XVII:112-128.
- Nakata, K. 1988. Alimentary tract contents and feeding condition of ocean-caught post larval japanese sardine Sardinops melanosticta. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Tokaisuikenho, 126:11-24.
- Nevarez-Martinez, M.O. 1990. Producción de huevos de la sardina monterrey (Sardinops sagax caeruleus) en el Golfo de California: Una evaluación y crítica. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, B.C., 115 pp.
- Neumann G. 1966. Principles of physical oceanography. Prentice Hall. 545 pp.
- Nielson, J.D. y G.H. Geen. 1982. Otholith of chinook salmon Onchorhyncus tshawytscha: daily growth increments and factor influencing their production. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39, 1340-1347.
-

- Ortiz, V. 1986. Composition and selectivity in the diet of spanish sardine larvae (Sardinops sagax musica). Biota 1: pp 90.
- Panella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical paterns. Science, New York. 173, 1124-1127.
- Panella, G. 1974. Otolith growth patterns: An aid in age determination in temperate and tropical fishes. pp. 28-39 In T.B. Bagenal editor. The ageing of fish. Unwin Brothers Ltd. England.
- Ré. P. 1983. Daily growth increments in the sagittae of pilchard larvae Sardina pilchardus (Walbaum, 1972). (Pisces: CLUPEIDAE). Cybium, 7(3):9-15.
- Ré, P. y M.T. Dinis. 1985. Daily microgrowth incremets in the sagittae of Dicentrarchus labrax (L.) larvae under controlled conditions.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Dept. Environ. Fish. and Mar. Serv. 550 pp.
- Robles, J. Ma. y S.G. Marinone. 1987. Seasonal and interannual thermohaile variability in the Guaymas Basin on the Gulf of California. Cont. Shelf Res. 7, 7, 715-733.
- Roden, G.I. y G.W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. J. of Mar. Res. 18, 10-35.

- Savoy, F.T. y V.A. Crecco. 1987. Daily increment on the otoliths of larval American sard and their potential use in population dynamics studies. In: The Age and Growth of Fish, pp. 413-431 by R.C. Summerfelt y G.E. Hall, Iowa State Univ. Press, U.S. pp 544.
- Simoneaux, L.F. y M.W. Warlen. 1987. Occurrence of daily growth increments in otoliths of juvenile Atlantic menhaden. In: The Age and Growth of Fish, pp. 443-451 by R.C. Summerfelt y G.E. Hall, Iowa State Univ. Press, U.S. pp 544.
- Smith, P.E. 1985. Year-class strength and survival of 0-group Clupeoids. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl. 1):69-82.
- Sokolov V.A. y M. Wong. 1972. Informe científico de las investigaciones sobre peces pelágicos del Golfo de California (sardina crinuda y anchoveta) en 1970. Ins. Nal. Pes. INP 5: 11-32.
- Sokolov, V.A. 1974. Investigaciones biológico pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California. CalCOFI Rep. XVII, 92-96.
- Svedrup, H.U. 1941. The Gulf of California: Preliminary discussion of the cruise of the R.V. "E.W. Scripps" in the february and march 1939. Sixth Pacific Science Congress, Berkeley, C.A. 3,161-166.
- Svedrup, H.U., M.W. Johnson, y R.H. Fleming. 1942. The Oceans: their physics, chemistry and general biology. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, Inc. pp 605-761.
-

- Theilacker, G.H. 1980. Changes in body measurements of larval anchovy, Engraulis mordax, and other fishes due to handling and preservation. Fish. Bull. 78, 685-693.
- Torres, J., M. Reinecke y R. Rodriguez. 1986. Ciclo reproductor de Sardinops sagax (sardina moonterrey) en el Golfo de California, Investigaciones Marinas 3,1,52-68.
- Vladimirov, V.I. 1975. Critical periods in the development of fishes. J. Ichtyol. 15,851-868.
- Whitehead, P.L.P. 1985. FAO Species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pichards, sprats, anchovies and wolf-herrings. Part 1-Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fish Synop., (123) Vol. 7, Pt.1: 303 p.
- Wong, M. 1974. Biologia de la sardina del Golfo de California. CalCOFI Rep. XVI 97-100.
- Wyrтки, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Int. Oceanol. & Limnol. 7(2):117-147.
- Zweifel, H. y R. Lasker. 1976. Prehatch and posthatch growth of fishes-a general model. Fish. Bull. 71(3), 609-621.
-