





BAHÍA DE LA PAZ; HÁBITAT DE DESOVE DE PECES DE LA FAMILIA CLUPEIDAE.



Tesis que para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS

presenta:

BIOL. MAR. ALEJANDRO HINOJOSA MEDINA

La Paz, B.C.S. México 2004.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION ACTA DE REVISION DE TESIS

CGPI-14

 En la Ciudad de
 La Paz, B.C.S., siendo las
 15:00 horas del día
 31 del mes de

 Marzo
 del
 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada

 por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de
 CICIMAR

 para examinar la tesis de grado titulada:
 Estudios

"BAHÍA DE LA PAZ; HABITAT DE DESOVE DE PECES DE LA FAMILIA CLUPEIDAE"

| Propontada par al alumna | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Presentada por el alumno: | | | |
| HINOJOSA | MEDINA | ALEJANDRO TRIN | IDAD |
| Apellido paterno | materno | | |
| A sub-sub-sub-sub-sub-sub-sub-sub-sub-sub- | | Con registro. | 9 0 0 3 0 7 |
| Aspirante al grado de: | -10 | | |
| MAESTRO EN CI | ENCIAS CON E | SPECIALIDAD EN CIEI | NCIAS MARINAS |
| Después de intercambiar <i>APROBACION DE LA TESIS</i> disposiciones reglamentarias | opiniones los en virtud de vigentes. | e miembros de la e que satisface los r | Comisión manifestaron SU requisitos señalados por las |
| | LA COMIS | SION REVISORA | |
| N | Dire P& IC. ENRIQUE ART | ector de tesis MER VOCAL URO GONZÁLEZ NAVARRO | |
| PRESIDENTE | 1 | SE | CRETARIO |
| ALA | 2 | 0 | |
| | | R | 1901:06.A. |
| DR. ØANIEL LLUCH B | ELDA | DR. ROGELI | O GONZÁLEZ ARMÁS |
| 4 | | | |
| SEGUNDO VOCA | L | TEF | CERVOCAL |
| -Varkatan | S. | | |
| MC. RICARDO JAVIER SALDIEI Co-Director | RNA MARTÍNEZ | DR. RENÉJ | EUNES RODRIGUEZ |
| | EL PRESIDE | O ARREGUIN SANGHEZ | L P N. CICIMAR |
| | | | |

El presente estudio se realizó como parte de los proyectos de investigación "Biología y Ecología del Ictioplancton de Importancia Comercial de la Bahía de La Paz, B.C.S." desarrollado en la Universidad Autonoma de Baja California Sur con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública (convenios DGICSA 90-01-405 Y 91-01-900), y el de "Evaluación de Recursos Pesqueros de la Bahía de La Paz, B.C.S., con Base en Estudios Ictioplanctónicos" desarrollado en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas con apoyo de la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional (DEPI No. 912425), los cuales se llevaron a cabo bajo convenio de colaboración.

A MI MADRE A QUIEN LE DEBO TODO Y HA CONFORMADO EL PILAR FUNDAMENTAL DE MI VIDA.

A MIRIAM, ALEX Y MAFE. QUIENES ME LLENAN CON SU AMOR, CARIÑO Y COMPRENSIÓN Y SON LA RAZÓN DE MI VIDA,

A MIS HERMANOS SIRIA, ITO Y LUPITA QUE AUNQUE LAS CIRCUNSTANCIAS NOS DISTANCIARON, SIEMPRE HE TENIDO GRAN CARIÑO Y ADMIRACIÓN POR ELLOS. Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional por la oportunidad que me brinda día a día en mi superación personal y profesional, y todas las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A la Universidad Autonoma de Baja California Sur (mi Alma Mater), por todo su equipo (humano y material) que permitió la realización de las campañas de muestreo.

A mi maestro M. en C. Enrique González Navarro, quien dirigió esta tesis, por su amistad y sobre todo por darme ese primer chispazo en mi encuentro con el Ictioplancton.

A mis camaradas del departamento de Plancton

- "Los negros" Ricardo Saldierna (Co-director de tesis), Carlos Sánchez y Raúl Vera que me instruyeron en la identificación de los primeros estadios de las especies de sardina y me otorgaron todo su apoyo en el largo transcurso de este trabajo.
- A Martín Hernández y René Funes por su invaluable información y las incontables pláticas y discusiones, así como sus sugerencias que retroalimentaron el trabajo.
- A Rox, Ray, Roger, Gerardo (pariente), Palomares, Aida, Andrés y el maestro Francisco De Lachica por su continua disposición y las continuas charlas y discusiones que permiten encontrar diversos puntos de vista que enriquecen el aprendizaje.
- A Andres Levy quien realizó la traducción del resumen.
- A Sergio Hernández Trujillo que en su momento siendo jefe de departamento me dio la oportunidad de pertenecer al centro para realizar el trabajo.

Al Dr. Daniel Lluch-Belda (lider y formador de grupos de investigación de peces pelágicos), al Dr. Rogelio González Armas y Dr. René Funes Rodríguez por aceptar amablemente la revisión del trabajo, darme sus acertados comentarios y sugerencias que mejoraron el trabajo.

Al Dr. Ruben Rodríguez Sánchez que me facilitó información sin publicar al momento, que ayudó a conformar parte de la discusión.

| RELACIÓN DE FIGURAS | i |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| RELACIÓN DE TABLAS | iii |
| GLOSARIO | iv |
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| | 1 |
| 2 - ANTECEDENTES | 4 |
| 3 - IIISTIFICACIÓN | 7 |
| $\Lambda = \Omega B IETIVOS$ | 10 |
| | 11 |
| | 15 |
| 0 MATERIALES Y METODOS | 10 |
| 7 RESULIADOS | 19 |
| | 20 |
| | 20 |
| 7.2 TEMPERATURA SUPERFICIAL | 21 |
| 7.2.1 VARIACIÓN TEMPORAL | 35 |
| 7.2.2 VARIACIÓN ESPACIAL | 36 |
| 7.2.3 PERFILES DE TEMPERATURA | 37 |
| 7.3. BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA | 43 |
| 7.3.1 VARIACIÓN TEMPORAL | 43 |
| 7.3.2 VARIACIÓN ESPACIAL | 43 |
| 7.4 ASOCIACION DE ESTACIONES PARA TEMPERATURA Y BIOMASA | 40 |
| | 43 |
| 7.5 PRESENCIA Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN ASOCIACIÓN A LA. TEMPERATURA | 51 |
| 7.6 PRESENCIA Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN ASOCIACIÓN A LA | 51 |
| BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA | 52 |
| 8 DISCUSIÓN | |
| 8.1 MARCO AMBIENTAL | 65 |
| 8.2 Sardinops caeruleus | 71 |
| 8.3 Opisthonema spp | 83 |
| 8.4 Etrumeus teres | 89 |
| 8.5 Harengula thrissina | 91 |
| 9 CONCLUSIONES | 92 |
| 10RECOMENDACIONES. | 94 |
| 11 BIBLIOGRAFÍA | 95 |

RELACIÓN DE FIGURAS

| Figura 1 Figura 2 | Toponimia y batimetría del área de estudio Corrientes en Bahía de La Paz, inducidas por viento del norte y noroeste (Jiménez 1996) |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Figura 3 | Cobertura de estaciones de cada uno de los cruceros de 1990 y 1991 en Bahía de La Paz |
| Figura 4 | Índice de abundancia de huevos y larvas de Sardinops caeruleus, Opisthonema spp, Etrumeus teres y Harengula thrissina. |
| Figura 5 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Sardinops caeruleus</i> de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9102, 9104 y 9105 |
| Figura 6 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema</i> spp de los cruceros 9004, 9005, 9006 y 9007 |
| Figura 7 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Opisthonema</i> spp de los cruceros 9008, 9104, 9105 y 9106 |
| Figura 8 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Etrumeus teres</i> de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9005 y 9006 |
| Figura 9 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Etrumeus teres</i> de los cruceros 9102, 9104, 9105 y 9106 |
| Figura 10 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de <i>Harengula thrissina</i> de los cruceros 9004, 9005, 9006, 9007 y 9008 |
| Figura 11 | Distribución y abundancia de huevos y larvas de Harengula thrissina de los cruceros 9105 y 9106 |
| Figura 12 | Frecuencia porcentual de registros de temperatura superficial del mar en Bahía de La Paz en 1990-1991 |
| Figura 13 | I emperatura promedio de los cruceros de 1990-1991 en Bahía de La Paz (media + desviación estandar). |
| Figura 14 | Mapas de distribución de temperatura en Bahía de La Paz de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9005, 9006 y 9007 |
| Figura 15 | 9102, 9104, 9105 y 9106 |
| Figura 16 | Perfiles de temperatura de las estaciones en cada uno de los transectos (.15, .20, .25, .30, .35) de los cruceros 9002, 9003 y 9004 |
| Figura 17 | Perfiles de temperatura de las estaciones en cada uno de los transectos (.15, .20, .25, .30, .35) de los cruceros 9005 y 9006 |
| Figura 18 | Perfiles de temperatura de las estaciones en cada uno de los transectos (.15, .20, .25, .30, .35) de los cruceros 9007 y 9008 |
| Figura 19 | Frecuencia porcentual de registros de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz en 1990-1991 |
| Figura 20 | Biomasa zooplanctónica de los cruceros de 1990-1991 en Bahía de La Paz (media + desviación estandar) |
| Figura 21 | Mapas de distribución de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9005, 9006 y 9007 |
| Figura 22 | Mapas de distribución de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz de los cruceros 9008, 9102, 9104, 9105 y 9106 |
| Figura 23 | Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9002, 9003 y 9004) |
| Figura 24 | Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9005, 9006 y 9007) |
| Figura 25 | Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9008, 9102 y 9104) |
| Figura 26 | Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9105 y 9106) |
| Figura 27 | Diagrama de dispersión de componentes principales de la abundancia de huevos y larvas agrupados en intervalos de; a) 0.5°C de temperatura superficial y b) 50ml/1000 m ³ de biomasa zooplanctónica. |
| | |

i

| Figura 28 | Intervalos de temperatura para huevos y larvas de Sardinops caeruleus. a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual | 55 |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Figura 29 | Intervalos de temperatura para huevos y larvas de <i>Opisthonema</i> spp. a) Frecuencia | 56 |
| Figura 30 | Intervalos de temperatura para huevos y larvas de <i>Etrumeus teres</i> . a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual | 57 |
| Figura 31 | Intervalos de temperatura para huevos y larvas de <i>Harengula thrissina</i> a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual | 58 |
| Figura 32 | Cociente de la frecuencia porcentual de estaciones positivas de huevos y larvas entre la frecuencia porcentual de temperatura, a) <i>Sardinops caeruleus</i> , | 50 |
| Figura 33 | b) Opisthonema spp, c)Etrumeus teres, d) Harengula thrissina Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de Sardinops caeruleus. a)Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada | 59 60 |
| Figura 34 | Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de <i>Opisthonema</i> spp. a)Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada | 00 |
| Figura 35 | porcentual. Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de <i>Etrumeus teres.</i> a)Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada | 61 |
| Figura 36 | porcentual. Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de <i>Harengula thrissina</i> a)Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada | 62 |
| Figura 37 | Cociente de la frecuencia porcentual de estaciones positivas de huevos y larvas entre la frecuencia porcentual de biomasa zooplanctónica, a) Sardinops caeruleus, b) Opisthonema spp. c) Etrumeus teres, d) Harengula thrissina | 64 |
| Figura 38 | Comparación de temperatura superficial del mar promedio para los años 1990-1991 y el promedio obtenido de datos mensuales entre los años de 1952 a 1974 en Bahía de La Paz, (modificado de de Silva-Davila 1997) | 70 |
| Figura 39 | Esquema conceptual de los procesos oceanográficos que influyen en Bahía de La Paz | 71 |
| Figura 40 | Presencia y abundancia temporal y por regiones de huevos y larvas de la sardina Monterrey en la extensión de su distribución | 72 |
| Figura 41 Figura 42 | Tallas de las larvas de <i>S. caeruleus</i> en cada estación del crucero 9002 Fluctuación anual en capturas de sardina Monterrey y abundancia de huevos en el | 79 |
| Figura 43 | Golfo de California (tomado de Lluch-Belda 1995) Porcentaje por grupo de edad (años) del número total de individuos de sardina monterrey capturada por temporada de pesca. Periodo 1971/72-1996/97. (Datos | 80 |
| Figura 44 | tomados de Nevárez 2000) Modelo de distribución de <i>Sardinops sagax</i> en el Golfo de California según Sokolov (1974). (Tomado de Hammann 1988) | 81 82 |
| Figura 45 | Patrón de pigmentos de la aleta caudal de las larvas de <i>Opisthonema</i> "tipo 1" (sobre el margen de la placa hipúrica en la base de los radios. Saldierna-Martínez y Sánchez-Ortiz com.pers.; Funes y Esquivel, 1985) y <i>Opisthonema</i> "tipo 2" (encima de la placa hipúrica. Matus et al., 1989,) | 85 |
| Figura 46 Figura 47 | Tallas de larvas de Opisthonema spp. en cada estación del crucero 9005 Tallas de las larvas de Etrumeus teres en cada estación del crucero 9002 | 88 90 |

RELACIÓN DE TABLAS

| Tabla 1. | Frecuencia de aparición y abundancia (mínima, máxima, promedio y total) de huevos y larvas de las especies de sardina en Bahía de La Paz | 22 |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de Sardinops caeruleus | 23 |
| Tabla 3. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de Sardinops caeruleus | 23 |
| Tabla 4. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de Opisthonema spp | 24 |
| Tabla 5. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de Opisthonema spp | 24 |
| Tabla 6. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de <i>Etrumeus teres</i> | 25 |
| Tabla 7. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de <i>Etrumeus teres</i> | 25 |
| Tabla 8. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de Harengula thrissina | 26 |
| Tabla 9. | Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de Harengula thrissina | 26 |
| Tabla 10. | Valores mínimo, máximo y promedio mensual de temperatura superficial del mar y biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz, 1990-1991 | 36 |
| Tabla 11. | Registros mínimo, máximo y promedio de temperatura y biomasa zooplanctónica en estaciones positivas de huevos y larvas de las especies de sardinas en Bahía de La Paz 1990-1991. | 53 |

Alimentación endógena: Cuando los estadios larvarios dependen de sus reservas de vitelo para nutrirse.

Biomasa Zooplanctónica: Estimación en volumen o peso de la masa total de organismos zooplanctónicos recolectados.

Concentración: Procesos por los cuales los organismos son transportados y agregados o acumulados en una región en particular (frentes, giros anticiclónicos, convergencias).

Convergencia: Zona a lo largo de la cual confluyen aguas de diferente origen.

Enriquecimiento: Procesos por los cuales se da el abastecimiento de nutrientes hacia la aguas superficiales (surgencia, mezcla vertical, giros ciclónicos, desembocadura de ríos) con lo que los organismos fotosintéticos son favorecidos y estos a su vez al resto de la comunidad.

Fisiografía: Descripción de la configuración de la superficie terrestre.

Flexión: Fase del desarrollo larvario de un pez, el cual consiste en el momento que la punta de la notocorda curva, a la vez que los huesos hipurales y los radios principales de la aleta caudal se desarrollan.

Ictioplancton: Huevos y larvas de peces que forman parte de la comunidad del plancton.

Meroplancton: Organismos en que sólo durante una parte de su ciclo de vida forman parte del plancton.

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

Preflexión: Fase de desarrollo anterior a la flexión, en la cual la larva ya no depende de sus reservas de vitelo y comienza alimentarse del medio.

Reclutamiento: Ingreso de individuos jóvenes hacia la población adulta.

Retención: Procesos que evitan la dispersión de los organismos del plancton (giros anticiclónicos, celdas de circulación).

Surgencia: Proceso por el cual emerge hacia la superficie agua profunda rica en nutrientes, baja en temperatura, concentración de oxígeno y salinidad.

RESUMEN.

En la Bahía de La Paz se encuentran siete especies de la familia Clupeidae, Sardinops caeruleus, Opisthonema libertate, O. medirastre, O. bulleri, Etrumeus teres, Harengula thrissina y Lile stolifera. De entre ellas se identificó la presencia de huevos y larvas de S. caeruleus, E. teres, H. thrissina, y debido a la falta de claridad en la distinción de los primeros estadios de las especies de Opisthonema éstos se manejaron a nivel de genero. En el presente trabajo se observa la variación en la distribución y abundancia de sus huevos y larvas, con el fin de determinar áreas y épocas de reproducción, tratando de relacionar como influye el medio ambiente en ello. El estudio se llevó a cabo en los años de 1990 y 1991, donde se realizaron 11 muestreos comprendiendo las épocas de invierno, primavera y verano en los dos años. El área se abarcó con 35 estaciones de recolecta, en las cuales se hicieron arrastres oblicuos con una red bongo y simultáneamente mediciones de temperatura; posteriormente en el laboratorio se hizo la estimación de la biomasa zooplanctónica.

La mayor abundancia fue para *S. caeruleus* y *Opisthonema* spp., seguida de *E. teres* y con muy baja abundancia *H. thrissina*.

Se encuentra de manera general que los primeros estadios de *S. caeruleus* aparecen en invierno-primavera, mientras que los de *Opisthonema* spp., se presentan en primavera-verano, *Etrumeus teres* se encuentra en las tres épocas de estudio y con respecto a *H. thrissina* aunque muy incipiente su aparición está en primavera-verano.

Si bien cada especie puede ser asociada con alguna época, todas ellas fueron más abundantes en la región sur de la Bahía, cerca de la Isla Espíritu Santo y la parte interna adyacente al canal de San Lorenzo, aparentemente asociados a giros provocados por la circulación influenciada por el viento, teniendo cierta dispersión las larvas hacia la parte norte con menores abundancias, manifestándose en el área procesos que conforman la triada fundamental, con lo que la Bahía representa una zona importante en el desove de estas especies.

En cuanto a las condiciones ambientales no se observó una relación aparente con la biomasa zooplanctónica, ya que la presencia de los primeros estadios no muestran una tendencia por un intervalo definido, presentándose desde los 50 ml/1000m³ a los más de 1000 ml/1000m³ con el mayor número de estaciones positivas entre los 100 y 450 ml/1000m³ para todas ellas. Es de hacer notar la gran abundancia obtenida tanto de huevos y larvas de las sardinas monterrey, crinuda y japonesa en invierno-primavera, enmarcándose la preferencia del desove de estas sardinas con los procesos de producción biológica de mayor intensidad de esta época.

A diferencia de con la biomasa zooplanctónica, para la temperatura se observó un intervalo mas definido con la presencia de los primeros estadios de cada una de las especies. En el caso de *S. caeruleus* se encontró en el intervalo de los 19°C a los 26°C, con las mayores abundancias a los 19°C, 21°C y 23°C, para *Opisthonema* spp. su aparición fué de los 22°C a los 30°C y preferentemente de los 22°C a 25.°C en primavera y 29°C para el verano, *Etrumeus teres* se halló de los 19°C a los 27°C, con máximos en los 21°C, 24°C y 26°C, *Harengula thrissina* estuvo entre los 22.5°C y 30.5°C con las mayores abundancias en los 24°C y 26°C.

En el caso de *Opisthonema* spp., se presentan larvas con dos patrones diferentes de pigmentación en la región cefálica y la aleta caudal, con lo que se podrían definir dos especies, cada una de ellas asociada a una época en particular.

Se discute la presencia del desove de la sardina monterrey dentro de la Bahía de La Paz en el marco conceptual de movimientos de dicha sardina en el Golfo de California y se propone la existencia de un núcleo poblacional en la bahía, con condiciones ambientales apropiadas (productividad, temperatura, corrientes) para su reproducción, desarrollo y "permanencia", siendo de esta manera un punto importante en la conexión entre la población residente del Golfo de California y la de la costa Pacífico del sur de la península de Baja California.

ABSTRACT

In the Bay of La Paz there are seven species of the family Clupeidae: Sardinops caeruleus, Opisthonema liberate, O. medirastre, O. bulleri, Etrumeus teres, Harengula thrissina and Lile stolifera. Among them the presence of eggs and larvae of S. caeruleus, E. teres, H. thrissina was identified and due to the lack of clarity in the distinction of the first stage of the species of Opisthonema these were managed at level of genus. In this study we observed the variation in the distribution and abundance of its eggs and larvae, with the purpose of determining areas and reproduction times, trying to relate the influences of the environment in it. The study was carried out in the years of 1990 and 1991, where we conducted 11 sampling expeditions that comprised the winter times, spring and summer in the two years. The study area was setup with 35 sampling stations in which oblique tows were made with a bongo net and temperature readings were taken; later on in the laboratory the estimate of the zooplanctonic biomass was made.

The largest abundance was for *S. caeruleus* and *Opisthonema* spp., followed by *E. teres* and with very low abundance *H. thrissina*.

Generaly, the first stage of *S. caeruleus* appear in winter-spring, while those of *Opisthonema* spp., are observed in spring-summer; *Etrumeus teres* is present in all three study periods and regarding *H. thrissina*, although very incipient its appearance is in spring-summer.

Although each species can be associated with some year period, all were more abundant in the southern region of the Bahía, near the Isla del Espíritu Santo and the adjacent internal part to San Lorenzo's channel, seemingly associated to gyres caused by the circulation influenced by the wind, having the larvae certain dispersion toward the northern part with smaller abundances, showing processes that conform the fundamental triad, therefore making La Bahía de La Paz an important area in which these species choose to spawn.

As for the environmental conditions an apparent relationship was not observed with the zooplankton biomass, since the presence of the first stage did not show a tendency for a defined interval, being present from the 50 ml/1000m3 to more than 1000 ml/1000m³ with the largest number of positive stations between the 100 and 450 ml/1000m³. It is noticeable that the greatest abundance of eggs and larvae of the Pacific, thread, and round sardines occurred in the period winter-spring, thus coinciding with the processes of biological production of higher intensity that occur at this time.

Contrary to that observed with the zooplankton biomass, a defined temperature interval was observed with the presence of the first stage of each one of the species. In the case of *S. caeruleus* it was in the interval from the 19 °C to the 26 °C, with the highest abundances at the 19 °C, 21 °C and 23 °C, for *Opisthonema* spp. their appearance occurred at 22 °C and at 30 °C but preferably at 22 °C and 25 °C in spring and 29 °C for the summer; the best temperature interval for *Etrumeus teres* was from the 19 °C to the 27 °C, with maxima at 21 °C, 24 °C and 26 °C; *Harengula thrissina* was between 22.5°C -30.5°C with the highest abundances in the 24 °C to 26 °C interval.

In the case of *Opisthonema* spp., larvae occurred in two different pigmentation patterns in the cephalic region and the caudal fin, therefore, two species could be defined, each one of them associated to a period in particular.

The presence of the spawning period of the pacific sardine inside the Bahía de La Paz is discussed in the conceptual mark of movements of this sardine in the Gulf of California and we propose the existence of a populational nucleus in the Bahía, with appropriate environmental conditions (productivity, temperature, currents) for their reproduction, development and permanency, being this way an important point in the connection between the resident population of the Gulf of California and that of the Pacific Coast of the south of the peninsula of Baja California.

1.- INTRODUCCION

Debido a la fluctuación existente en la abundancia de las especies de las pesquerías de peces pelágicos, las ciencias pesqueras han tenido como objetivo encontrar cuales son las causas que afectan el reclutamiento. En la actualidad, es claro que la abundancia de peces está determinada por una variedad de factores y los datos están siendo compilados de un gran número de campos para dar respuesta a esa pregunta fundamental acerca de su ecología. Como parte de la ecología del plancton se han formulado algunas hipótesis, debido a la condición meroplanctónica de los primeros estadios de peces y a la dependencia alimenticia de ellos y los peces adultos sobre la comunidad del plancton.

A principios del siglo pasado, Hjort (1914) fue el primero en plantear estas ideas con su hipótesis del periodo crítico, en la que expone que la supervivencia larval depende de que éstas encuentren alimento suficiente al momento de pasar de la alimentación endógena a la externa.

Se cree que el tiempo de reproducción en peces marinos evolucionó como un mecanismo para sincronizar la ocurrencia de estadios larvales con el óptimo de la fase del ciclo de producción anual de plancton. Debido a que el momento de la unión entre el desove y el ciclo de producción, posiblemente dependa de señales ambientales indirectas (fotoperíodo y temperatura predominantemente, entre otros), la probabilidad para un desfase entre la producción de plancton y la producción larval puede ser grande, lo que repercutiría en un fracaso en su acoplamiento, determinando así una escasa supervivencia larval y una débil clase anual. Esta hipótesis formulada por Cushing (1975), del match-mismatch, ha llegado a ser una explicación ampliamente aceptada para el tiempo de reproducción de peces marinos. La hipótesis de Cushing esta basada en el hecho que el tiempo de reproducción de muchos clupeidos parece estar unida a alguna fase del ciclo de producción.

En el Pacífico oriental gran parte de las investigaciones en este sentido comenzaron a partir del colapso de la sardina del Pacífico y se orientaron a obtener información sobre la distribución y abundancia de los huevos y larvas de las poblaciones de peces, teniendo en un primer plano a las de importancia comercial como sardina, anchoveta y macarela, determinando sus áreas y épocas de desove y definiendo algunos de los factores de su reproducción (Ahlstrom, 1943, 1948, 1954, 1959, 1966, 1967; Kramer, 1970; Sette y Ahlstrom, 1948; Smith, 1971)

La actividad reproductora de los organismos ante condiciones ambientales ha sido representada como una curva en forma de domo, en la que, a niveles muy bajos o muy altos de la variable ambiental el desove se encuentra limitado. De los ejemplos más comunes es la respuesta ante la temperatura, la cual regula todos los procesos metabólicos y la velocidad a la que se llevan éstos, lo que es un factor determinante en la distribución de los organismos y marca de manera aún más estrecha su espacio y periodo reproductivo. Otro de los ejemplos documentados de estas relaciones es lo que han denominado como "ventanas ambientales óptimas" (Cury and Roy 1989), en las cuales se evalúa el efecto de la intensidad del viento sobre la reproducción de pelágicos menores. Este factor ejerce una acción indirecta sobre los pelágicos menores. El viento es a menudo la fuente de energía para el bombeo de aguas ricas en nutrientes a la capa iluminada del océano. A mayor intensidad de viento mayor cantidad de material disponible para la producción biológica. Sin embargo, cuando el viento es muy intenso puede ser responsable de altos niveles de turbulencia y transporte horizontal que resultan en un fracaso de la actividad reproductiva de las especies (Bakun 1996).

El desove pelágico de clupeidos marinos se lleva a cabo en amplias áreas cuyos límites se expanden y contraen de año a año dependiendo del tamaño de la población y la condición oceánica. Está bien documentado que durante eventos o periodos donde dominan condiciones térmicas adversas, los stocks de pelágicos menores tienden a contraer su distribución a pequeñas regiones adyacentes a la costa, mientras que durante condiciones óptimas se presenta una expansión del área de desove (Lluch-Belda et al. 1991a). La selección de un sitio específico para el desove parece estar relacionado a los sitios de buena alimentación para los adultos. La mayoría de desoves intensos de anchovetas y sardinas, coincide con la más alta incidencia de estómagos llenos en los adultos, indicando una unión entre condición alimenticia del adulto y el desove (Walsh et al., 1980). De forma similar, Alvariño (1980) observó que las larvas de anchoveta norteña fueron más abundantes en regiones dentro del hábitat de desove en las que el alimento de los adultos (copépodos y eufáusidos) fue más abundante. Una unión entre alimento del adulto y el desove parece razonable debido al alto costo energético de desoves frecuentes y al hecho de que áreas favorables de adultos planctívoros pueda ser también favorable para larvas planctívoras (Blaxter & Hunter 1982).

La cuenca del sur de California es el centro de actividad reproductiva de muchos peces pelágicos. La cuenca se ha identificado particularmente como un hábitat favorable de desove, ya que en ella se desarrollan procesos como:

- Un flujo geostrófico de giro semicerrado (the Southern California Eddy), sobre una plataforma continental amplia y topográficamente compleja.
- Sus aguas presentan una estructura de densidad relativamente estable cerca de la superficie.
- Un débil transporte de Ekman fuera de la costa y una débil mezcla turbulenta.

 El eje principal de la corriente de California y el campo persistente de eddies hacia el mar de ese eje, están normalmente más lejos de la costa a lo largo del sur de California que lo que están al norte de Point Conception.

En el caso de la anchoveta y la sardina, el pico de desove de febrero-abril, coincide con el mínimo estacional de velocidad hacia fuera de la costa en la capa de mezcla superficial (Bakun 1985), ésto disminuye la dispersión de huevos y larvas desde el hábitat de desove costero, lo que parece ser un componente importante de la estrategia de desove de pelágicos en la cuenca del sur de California (Fiedler 1986; Parrish et al., 1983)..

Otras regiones que también se han identificado como hábitat importante de desove de pelágicos menores son la Bahía de Sebastián Vizcaíno, el Golfo de Ulloa y la parte central del Golfo de California incluyendo las grandes Islas (Hernández-Vázquez, 1994; Hammann et al., 1998; Lluch-Cota et al., 1999; Hernández-Rivas et al., 2000). De características muy semejantes a la cuenca del sur de California, se presentan procesos que generan una alta producción biológica y una circulación con la formación de giros, lo que proporciona disponibilidad de alimento en tiempo y espacio adecuado y minimiza la dispersión y el transporte de larvas hacia áreas desfavorables.

La importancia de identificar áreas que sirvan como hábitat de desove y definir que factores o procesos están regulando su extensión y cualidades, se manifiesta con la idea de que la magnitud del desove y la supervivencia posterior determinan la intensidad del reclutamiento. En la actualidad ha resultado difícil definir que parte del proceso reproductivo está afectando más directamente los niveles de reclutamiento, pero al parecer la reproducción de los pelágicos menores (desove y supervivencia larval), es afectada por las mismas variables ambientales en cada región.

En el presente trabajo se identifica a Bahía de La Paz como un área importante de desove de las sardinas presentes en ella (Monterrey, Crinuda y Japonesa), siendo un hallazgo excepcional debido a que el conocimiento generado en la distribución de las especies no había considerado esta región, que se encuentra en los márgenes de distribución de estas especies. De la misma forma en que se han caracterizado las áreas importantes de desove, aquí se visualizan de manera general los procesos que hacen posible que Bahía de La Paz sea un área con esas características tan especiales, teniendo como marco de referencia los volúmenes de zooplancton registrados en el lugar y la temperatura del agua en la que se encontraron sus huevos y larvas. De la misma forma, se establece el área y época de reproducción de cada especie, revisando el contexto de cada una de ellas en el área del Pacifico oriental.

2.- ANTECEDENTES

Los primeros estudios realizados en el Pacífico Americano sobre huevos y larvas de peces de la familia Clupeidae fueron los publicados por Scofield y Lindner (1930), Scofield (1934), Tibby (1937), Ahlstrom (1943 y 1948) y Sette y Ahlstrom (1948) llevando a cabo la descripción de los primeros estadios de la sardina Monterrey, *Sardinops sagax*, e indican el área de desove de la sardina en la costa de California y Baja California; así mismo realizan estudios de las tasas de desarrollo de los huevos y las tasas de crecimiento, alimentación y dispersión de las larvas.

Sin embargo, no fue sino hasta el colapso de la pesquería de sardina Monterrey en 1947 cuando se estructura el programa de CalCOFI en 1949, con el cual se realizaron cruceros oceanográficos en el área de la Corriente de California, incluyendo el noroeste del Pacífico mexicano entre los años de 1949 a 1966, lográndose una de las series de datos oceánicos más completas, en la que los estudios de esta sardina se intensifican.

Dentro de los estudios realizados se encuentran en primer plano los trabajos de distribución y abundancia, destacándose los trabajos de Ahlstrom (1954, 1959a, 1959b, 1960, 1965, 1966) y Kramer (1970) en la que determinan la presencia de los huevos y larvas en la porción del sur de California y Baja California, con lo que detectan sus desoves a todo lo largo del año, alcanzando la mayor abundancia en invierno y primavera, y un segundo pico en el verano, sobre todo para el área de la bahía Sebastián Vizcaíno.

El programa no se circunscribió sólo al área de la corriente de California, sino que se extendieron en la cobertura de los cruceros hasta el Golfo de California durante 1956 y 1957, y a partir de ellos en Moser et al. (1974) presentaron los resultados de distribución y abundancia del ictioplancton en general, encontrando además de la sardina Monterrey a dos sardinas más, la crinuda *Opisthonema* spp y la japonesa *E. teres*. Observaron que la presencia de huevos y larvas de la sardina Monterrey es en los meses de invierno-primavera, siendo reemplazada durante los meses de verano por larvas de la sardina crinuda. La distribución de la Monterrey es a todo lo largo del Golfo, siendo más abundante hacia la porción central; en el caso de la crinuda su distribución también es amplia de norte a sur, con altas concentraciones hacia la costa de ambos márgenes y en la porción norte de las grandes islas. En cuanto a la sardina japonesa, la presencia de sus larvas es consistente en todos los cruceros pero con baja abundancia.

En México, las primeras investigaciones ictioplanctónicas fueron realizadas a partir de 1972 por el Instituto Nacional de la Pesca (INP) en la región del Golfo de California. Los trabajos comprenden en su mayoría estimaciones de biomasa reproductora a través de censos larvales, así como la distribución y abundancia de huevos y larvas de las sardinas Monterrey, crinuda y japonesa, pudiéndose mencionar a De la Campa y Gutiérrez (1974), Gutiérrez (1974), De la Campa et al. (1976), Olvera (1981), Padilla (1981) y Olvera y Padilla (1986), quienes establecieron nuevamente que la época reproductiva de la Monterrey es invierno-primavera y encuentran la presencia de larvas de la crinuda en primavera. Trabajos también importantes de mencionar por parte del INP para la sardina Monterrey son el de Wong (1974), quien describió aspectos de la biología de la especie y encuentra que la reproducción se efectúa en los meses de enero a abril, estando las áreas de desove en la costa Oriental. Por otro lado, Sokolov (1974) propone una hipótesis sobre posibles rutas migratorias en el ciclo de vida de esta sardina en el Golfo de California, confirmando lo hallado por Wong y propuso la existencia de una deriva larval de la costa oriental a la occidental para que, ya como juveniles, migren a la cabecera del Golfo y se integren a la población adulta; al alcanzar la madurez, migran por la costa oriental para desovar.

Hammann et al. (1988) tiempo después retomó estas ideas y las reforzó con imágenes de satélite, en las que observa que salen penachos de agua fría de la costa oriental provocados por las condiciones ambientales y oceanográficas, proporcionando el mecanismo para transportar huevos y larvas hacia las costas de Baja California, donde se encuentran los juveniles. Con esta hipótesis en puerta Nevárez (1990) y Hammann (1991) recopilaron la información generada por el INP (el primero) y el programa CalCOFI (el segundo) entre 1956 y 1987 y observan que esos penachos de agua fría están reteniendo los huevos y larvas y no transportándolos como había sido sugerido, ofreciendo a la sardina un hábitat para el desove. Además Nevárez (1990), discute la utilidad de la información, en la generación de una serie histórica de producción de huevos, encontrando que el banco de datos no fue adecuado. Tiempo después, con la misma base de datos, Lluch-Cota et al. (1999) determinó una función de probabilidad del desove con base en un índice de surgencias, encontrando además una alta correlación con la captura comercial. Hammann et al. (1998) con una extensión de la misma base hasta 1991 determina la época y los intervalos de temperatura en que la sardina monterrey lleva a cabo el desove.

En 1982 el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR-IPN, inició su plan de cruceros oceanográficos estacionales para evaluar la Biomasa reproductora de sardina y anchoveta en la costa occidental de Baja California Sur y Bahía Magdalena. En particular los trabajos más relevantes son los de Funes y Esquivel (1985), que hicieron la determinación de las principales características que permiten identificar las larvas de *Opisthonema* spp y posteriormente observaron variaciones en el patrón de pigmentación en larvas del mismo género, entre muestras recolectadas de la costa occidental de B. C. S. y el Golfo de California (Funes y Esquivel, 1988); Saldierna et al. (1987) realizaron estudios sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda y Monterrey en Bahía Magdalena, haciendo la descripción de los huevos de la sardina crinuda y señalan las diferencias con los de sardina Monterrey; además, observan en su estudio de distribución y abundancia que el periodo reproductivo de la crinuda es durante el verano y para la Monterrey durante invierno-primavera; Matus et al. (1989) hiciron la descripción

5

del huevo y la larva de la sardina crinuda en condiciones de laboratorio; Saldierna et al. (1992) hicieron la determinación de edad y desarrollo de los huevos de la sardina crinuda en Bahía Magdalena y estimaron que la hora de máximo desove es a las 21:00 horas a diferencia de la Monterrey, que lo tiene a las 22:00 horas estimado en el mismo lugar (Torres, 1986); Vera (1993) realizó un análisis a corta escala de tiempo del desove de las sardinas crinuda y Monterrey en Bahía Magdalena, encontrando que hay una variación semanal notable en la abundancia de huevos y larvas dentro de una misma temporada reproductiva, siendo más marcado para la crinuda, dando un indicador del grado de error en los muestreos mensuales. Funes et al. (2001) describieron el desove de peces pelágicos menores en Bahía Magdalena, en el comienzo del evento de El Niño 97-98 y realizaron una comparación del desove entre periodos El Niño y La Niña, notando una marcada influencia positiva para la sardina crinuda en los periodos cálidos y para la sardina Monterrey en los periodos frios.

Para el área de la Bahía de La Paz, el conocimiento sobre el Ictioplancton es escaso, teniendo en cuenta que sólo en algunas ocasiones se establecieron estaciones de recolecta dentro de ella, en las investigaciones realizadas por el INP, encontrando la presencia de larvas de sardina monterrey, crinuda y macarela (De la Campa, 1974; Gutiérrez y Padilla, 1974; Olvera, 1975). De forma mas sistemática entre 1990 y 1991 se llevó a cabo por parte de la UABCS y CICIMAR, un estudio del reconocimiento de recursos pesqueros por métodos ictioplanctónicos. En éste, se encuentró la presencia de 100 formas específicas de larvas de peces pertenecientes a 50 familias, donde la mayor abundancia estuvó representada principalmente por las familias Clupeidae, Myctophidae, Photichthyidae, Haemulidae, Scombridae, Gobiidae y Paralichthyidae (Moreno-Salas, 1996; González y Saldierna, 1997).

Por último, otros trabajos en el área, circunscritos a la Ensenada de La Paz son el de Moreno-Garibay (1978) quien hace el estudio de abundancia superficial de larvas de las familias Engraulidae y Clupeidae en primavera y verano; González y Hurtado (1984), realizan el estudio del Ictioplancton, tratando aspectos de distribución y abundancia a nivel de familia, encontrando que los clupeidos son abundantes en el área, y Arreola (1991) presenta el elenco sistemático de larvas de peces encontradas en la revisión de un ciclo anual, observando la presencia dentro de los clupeidos de *S. caeruleus, Opisthonema* spp y *H. thrissina*.

3.- JUSTIFICACION

De los recursos pesqueros más importantes a nivel mundial, la sardina ocupa uno de los lugares preponderantes, por los cuantiosos volúmenes de captura que se obtienen de este recurso, siendo además una de las principales fuentes de alimento en el mundo (Whitehead, 1985).

Sin embargo, aunque las poblaciones de clupeidos han tenido incrementos sostenidos en su disponibilidad y abundancia, también han sufrido declinaciones que han llegado a ser catastróficas. Estas fluctuaciones en las poblaciones han sido atribuidas a condiciones naturales, y más que nada a cambios en el clima oceánico (Soutar e Isaacs,1969; Lluch-Belda et al., 1986; Lluch-Belda et al., 1989; Kawasaki, 1992; Baumgartner et al., 1992; Holmgren y Baumgartner, 1993) y además, por efecto del exceso en la pesca (Blaxter y Hunter, 1982; Radovich, 1982; Lasker y Mac Call, 1983).

Debido a esas fluctuaciones que se han presentado en éste y otros recursos, ha habido la necesidad de evaluar y predecir la biomasa disponible de las especies para una administración racional de la pesquería.

Los estudios del ictioplancton han demostrado ser de gran utilidad, ya que permiten obtener la localización de las áreas y temporadas de desove, la estimación de la abundancia en función de la fracción reproductora de la población y datos más precisos acerca de la detección y explotación de nuevos recursos pesqueros. Además, el conocer la distribución de los estadios tempranos en áreas y periodos de tiempo ayuda a definir parte de la estructura tan compleja de una población que está separada en distintos stocks desovantes. Esto, aunado a medidas de variación del ambiente, puede ser correlacionado (Saville y Schnack, 1981). Las aportaciones de estos estudios sirven para un mayor conocimiento de la dinámica de las poblaciones de peces y por ende un mejor manejo y administración de los recursos pesqueros (Smith y Richardson, 1979). Por otra parte, se pueden aprovechar estos estudios en la Biología de los mismos, abordando el desarrollo, crecimiento, comportamiento, requerimientos alimenticios y mortalidad de los estadios tempranos de los peces, relacionando todos estos aspectos con los factores ambientales para obtener más información sobre qué gobierna la sobrevivencia durante este periodo de desarrollo (Hempel, 1979; Arthur, 1976; Lasker, 1981). También se ha demostrado que los caracteres larvales pueden ayudar significativamente en la diferenciación de taxa y la definición de líneas evolutivas dentro de un grupo de peces, aclarando la sistemática de éstos (Ahlstrom y Moser, 1976, 1981).

En el Golfo de California se ha llevado a cabo la pesquería de sardina a partir de 1967, con lo que desde la década de los setentas el Instituto Nacional de Pesca comenzó los estudios de este recurso. En forma general la mayor frecuencia de trabajos de investigación de la zona ha recaído en la costa oriental, donde la flota pesquera ha llevado a cabo la extracción consistentemente, aunque a partir de 1982/83 se comenzó con la llamada pesca de verano en las costas de Baja California entre la región de las grandes islas hasta Bahía Concepción (Huato, 1988).

En general la distribución del grupo sardina se presenta hacia los márgenes continentales, donde se encuentra la mayor productividad, especialmente en zonas asociadas a surgencias, por lo que es común que penetren a cuerpos de agua como bahías y lagunas costeras. Esta distribución se ha observado en el área de Bahía de Sebastián Vizcaíno y Bahía Magdalena en la costa occidental de la Península de Baja California, las cuales se les ha detectado como centros importantes de desove y crianza de sardina (Ahlstrom, 1954; Saldierna et al., 1987; Hernández-Vázquez, 1995; Hernández-Rivas et al., 2000).

Sin embargo en el Golfo de California, aunque existen diversos trabajos de censos de huevos y larvas de peces (De la Campa y Gutiérrez, 1974; Moser et al., 1974; Sokolov, 1974; Padilla, 1976; Escudero y Olvera, 1976; Gutiérrez y Padilla, 1974; Nevárez, 1990; Aceves, 1992) no se ha resaltado la importancia que al respecto puedan tener las bahías y lagunas costeras. En trabajos muy particulares en la Ensenada de La Paz se ha registrado tan sólo la presencia de sus larvas, sin considerar a la laguna como posible área de crianza (Moreno, 1978; González y Hurtado, 1984; Arreola, 1991).

Ya que gran parte de ese esfuerzo de investigación ha recaído en la porción oriental, centro y norte del Golfo de California, es necesario integrar la región sur-occidental para tener un mayor conocimiento del recurso y dilucidar más acerca de su dinámica.

La Bahía de La Paz inmersa en esta región, no ha sido sujeta a estudios sobre distribución y abundancia de los primeros estadios de vida de las especies de sardina. En ella se sabe que son siete especies de la familia Clupeidae las que se encuentran, la sardina Monterrey *Sardinops caeruleus*, la sardina crinuda *Opisthonema libertate,. O medirastre* y *O. bulleri*, la sardina japonesa *Etrumeus teres*, y las sardinas *Harengula thrissina* y *Lile stolifera* (Whitehead y Rodríguez, 1995). De estas especies y en lo referente a sus primeros estadios de vida, la sardina Monterrey y la sardina crinuda, han sido objeto de mayor estudio en el Golfo de California, siguiéndoles con escasos trabajos *E. teres* (Moser et al., 1974; Sokolov, 1974; de la Campa et al., 1976; Padilla, 1976; Olvera y Padilla, 1986; Green y Acal, 1986; Funes y Esquivel, 1988; Hamman et al., 1988; Nevárez 1990). Para *H. thrissina*, en este sentido solo se conoce su huevo y su forma larvaria (Moser, 1996), y en cuanto a *L. stolifera* hay un desconocimiento total para sus primeros estadios.

Con lo expuesto anteriormente, se llevó a cabo este estudio, siendo el primero para la Bahía de La Paz en este sentido, con lo que este cuerpo de agua se integra en el conocimiento que se tiene de cada una de estas especies.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la relevancia de Bahía de La Paz, en la reproducción de las especies de sardinas de la familia Clupeidae.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Definir la época e intensidad reproductiva para cada una de las especies en la zona de estudio.
- Determinar la zona preferencial de mayor actividad reproductiva.
- Determinar la variación en los parámetros de temperatura y biomasa zooplanctónica y la asociación presentada con huevos y larvas para cada una de las especies como parte del marco ambiental que regula su actividad reproductiva.

5.- AREA DE ESTUDIO

La Bahía de La Paz se encuentra localizada en la costa suroriental de la Península de Baja California, entre las coordenadas geográficas de los 24° 10' a los 24° 47' Lat. Norte y los 110° 20' y 110° 44' de Long. Oeste (Fig. 1). Esta bahía es el cuerpo de agua más grande a lo largo de la costa del Golfo de California, su longitud máxima es de 80 km y su ancho de 40 km, presentando una superficie aproximada de 2635 km². Se encuentra limitada al norte por Punta Cabeza de Mechudo y el extremo meridional de Isla San José, al Sur por la barra arenosa El Mogote, al Este por la Isla Espíritu Santo, el canal de San Lorenzo y Punta Pichilingue y al Oeste por el litoral de la península (Villamar, 1965). La bahía está comunicada al Golfo de California por la boca norte, situada entre Punta Cabeza de Mechudo y la parte norte de la Isla Espíritu Santo y por el sur se comunica a través del canal de San Lorenzo, ubicado entre El Pulguero y la parte sur de la Isla Espíritu Santo.

Respecto a su batimetría, es un cuerpo de agua relativamente somero, que aumenta progresivamente de profundidad de sur a norte hasta alcanzar los 400 m en el noroeste en la depresión denominada Alfonso (Cruz-Orozco et al., 1990) (Fig.1).



Figura 1.- Toponimia y batimetría del área de estudio (Cruz-Orozco et al., 1990).

Dicha fisiografía manifiesta una regionalización en el cuerpo de agua, la cual ha sido evidenciada por los patrones de distribución de las comunidades estudiadas y las condiciones oceanográficas variables en el lugar (Álvarez y Murillo, 1989; Villaseñor, 1979; Flores, 1994; Jiménez, 1996; de Silva, 1997), enmarcándose la parte norte dentro de un ambiente de carácter más oceánico, con condiciones más estables asociadas a la influencia de las aguas del Golfo de California que penetran por la boca norte y la presencia de especies de naturaleza de aguas abiertas. La región sur presenta un ambiente de carácter más costero con una mayor variabilidad en sus condiciones oceanográficas, debido a lo somero del lugar y la influencia del canal de San Lorenzo y la Ensenada de La Paz. Por último, la parte media se manifiesta como una región transicional entre las condiciones estables de la parte norte y la mayor variabilidad de la porción sur.

El clima de la región es del tipo BW(h'), es decir cálido y muy seco, con lluvias escasas todo el año, predominando éstas en verano e invierno. La temperatura media anual del ambiente es de 23.5 °C, con una mínima de 7 °C a 23 °C y una máxima de 27.8 °C a 41.5 °C. La radiación máxima se presenta al finalizar el verano y la mínima al iniciar el invierno. La precipitación media anual es de 180 mm, excedida por la evaporación de 215 mm, con una humedad relativa entre 62% y 70% (Felix Pico, 1975).

La temperatura media anual del agua es de 24.6 °C, con promedios mínimo y máximo mensuales de 19.1 °C y 34 °C respectivamente, definiéndose 2 estaciones muy diferentes, una cálida de mayo a octubre y otra templada de noviembre a abril (Villamar, 1965; Granados y Álvarez, 1983; Flores, 1994). La estructura térmica en la columna de agua sólo se ha registrado para la primavera, encontrándose la capa de mezcla entre los 18 y 45 m de profundidad y la termoclina a partir de dichas profundidades entre los 20 °C y 16 °C (Villaseñor, 1979; Jiménez, 1996). La salinidad fluctúa entre 35.5 ups y 36.5 ups, con una media anual de 36 ups, manifestándose la influencia del agua superficial del Golfo de California (Roden, 1958; Villaseñor, 1979; Murillo, 1987).

En la Bahía de La Paz se pueden identificar tres patrones de viento característicos, los vientos dominantes de noviembre a marzo provenientes del noroeste, los vientos de abril a octubre provenientes del sureste y el sistema de brisas (Jiménez, 1996).

Debido al patrón de vientos la producción biológica en la Bahía se observa de forma diferencial a lo largo del año, siendo el periodo de invierno-primavera el que presenta los niveles más altos, existiendo un segundo pico en el otoño, dando a la Bahía características de las zonas templadas (Signoret y Santoyo, 1980; Nienhuis, 1980, 1984; Palomares, 1987; Gendron, 1990; Flores, 1994; Lavaniegos y López, 1997; Martínez, 2001).

Jiménez (1996), en su análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía menciona que se comporta como un sistema barotrópico en el cual el viento y la marea son

los principales mecanismos de forzamiento de la circulación. Del registro de corrientes que realiza en el canal de San Lorenzo en el periodo primaveral observa que el efecto del viento resultó dominante y no permitió cambiar el sentido de la corriente en forma oscilatoria, producto de la marea. El mismo autor realiza la simulación de la circulación inducida por viento del noroeste y del norte. Con vientos del noroeste de 5 ms⁻¹ se observa en la boca norte una circulación de forma ciclónica, entrando el agua por El Mechudo y saliendo por la parte norte de la Isla Espíritu Santo. Por otro lado se observa una corriente intensa paralela a la costa en la parte oeste, que va de la boca grande hasta la barrera El Mogote. En la parte sur se puede observar un giro ciclónico, lo cual induce una corriente de salida por el canal de San Lorenzo. Las velocidades máximas calculadas son de 0.25 ms⁻¹. Las corrientes producidas por viento del norte de 10 ms⁻¹, presentan una zona de convergencia frente a la parte más angosta de la barra El Mogote, el giro ciclónico del sur se desplaza hacia el noroeste, lo cual permite que se invierta el sentido de la circulación en el canal de San Lorenzo, en donde se presenta entrada de agua, esto último induce la formación de un pequeño giro anticiclónico contiguo a la parte interna de las islas, lo cual balancea hidrodinámicamente el flujo de agua del giro ciclónico del oeste, de la entrada de agua por el canal de San Lorenzo y de la salida de agua por la parte norte de las islas. En este caso, la entrada y salida de agua en la parte norte de la Bahía sigue el mismo esquema que en el caso de los vientos del noroeste (Fig. 2).



Figura 2.- Corrientes en Bahía de La Paz, inducidas por viento del norte y noroeste (Jiménez 1996).

En este cuerpo de agua el régimen de marea es mixto semidiurno, registrándose los niveles de marea más bajos en febrero y abril y los más altos entre julio y septiembre. La circulación inducida por marea crea dos grandes corrientes a través de las bocas, en el flujo el agua penetra por la boca grande hacia el sur y en el canal de San Lorenzo hacia el interior. En el reflujo la circulación se manifiesta de manera contraria. El comportamiento de las corrientes de marea es variable, presentándose al norte de la Isla La Partida, en el canal de San Lorenzo y en la boca de la laguna de La Paz las mayores velocidades de flujo y reflujo, en tanto el transporte de agua por las corrientes de marea se comporta de forma inversa a la velocidad siendo máximo en las partes más profundas al norte de la Bahía y mínimo en las regiones más someras (Obeso, 1986; Jiménez, 1996).

La variabilidad de mesoescala en la Bahía de La Paz es determinada por la variabilidad del sur del Golfo de California, el cual a su vez presenta acoplamiento a la variabilidad climática interanual de gran escala del Pacífico Oriental, y más que nada con la circulación norecuatorial, compuesta por la corriente y la contracorriente norecuatorial y por la corriente de Costa Rica (Baumgartner y Christensen, 1985).

En la entrada del Golfo existe la influencia de tres masas de agua; agua fría de la corriente de California de baja salinidad (S%.< 34.6); agua cálida del Pacífico tropical oriental de salinidad intermedia (34.65< S%.< 34.85) y agua cálida de alta salinidad (S%.> 34.9) del Golfo de California (Roden y Groves, 1959). Por bajo de éstas se encuentran tres masas de agua; la subtropical subsuperficial; intermedia del Antártico y la del fondo del Pacífico. Las aguas superficiales del Pacífico Oriental y subtropicales subsuperficiales invaden solamente la región de la boca del Golfo en invierno; en verano invaden prácticamente toda la parte del Golfo hasta el sur de las grandes islas (Álvarez y Schwartzlose, 1979). El agua de la corriente de California se manifiesta hacia el interior del Golfo por la costa peninsular, encontrándose a la altura de la cuenca de Guaymas durante primavera-verano (Álvarez-Sánchez et al., 1978; Robles y Marinone, 1987; Molina-Cruz 1986; Fernández-Barajas et al., 1994).

En las inmediaciones de la Bahía se han delimitado importantes zonas de surgencias (Roden 1958; Roden y Groves 1959; Molina-Cruz 1984), de las cuales se ha detectado su influencia y presencia solamente hacia el interior de la ensenada de La Paz (Granados y Álvarez 1983; Lechuga et al., 1990).

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue abarcada con un muestreo sistemático siguiendo un plan básico de estaciones de muestreo, el cual está conformado con 35 estaciones, estando separadas entre ellas por 5 millas náuticas, denominándose líneas de norte a sur (L465 a L500) y transectos de este a oeste (.15 a .35) (Martín Hernández Rivas, com. pers.¹).

Los cruceros se realizaron en el barco ("tipo yate") Mar VII con eslora de 30 pies, propiedad de la UABCS, provisto con radar, ecosonda, winche hidráulico y winche mecánico. El periodo de estudio comprendió los meses de febrero a agosto de 1990 y febrero, abril, mayo y junio de 1991 siendo representadas solo las épocas de invierno, primavera y verano en los 11 meses de muestreo.

La cobertura de las estaciones de muestreo en algunos meses no se realizó en su totalidad, para febrero de 1990 fueron 27 estaciones, en marzo, abril y mayo se cubrió el total, en junio 10 y julio 14 estaciones, comprendiendo solo la parte sur y en agosto 32, faltando 3 estaciones en la parte norte. Para 1991 en febrero se hicieron 27 estaciones, faltando la parte externa y la porción central, en abril se muestrearon solo 5 en la región sur, y en mayo y junio fue casi el total con 34 estaciones (Fig. 3).

La recolecta de muestras se llevó a cabo mediante arrastres oblicuos con una red tipo Bongo, con mangas cilíndrico-cónicas de 3 m de longitud, diámetro en la boca de 60 cm, luz de malla de 303µ y 505µ respectivamente y con el uso de copos colectores blandos. En la boca de cada red se colocó un flujómetro digital General Oceanics con el fin de estimar el volumen de agua filtrada. Las muestras obtenidas fueron fijadas con formol al 4% y neutralizadas con una solución saturada de borato de sodio.

En el laboratorio se estimó la biomasa zooplanctónica de cada muestra mediante el método de volumen desplazado propuesto por Beers (1976), y se estandarizó a unidades de ml/1000 m³ para su comparación entre los diferentes muestreos y un mismo muestreo.

Posteriormente se llevó a cabo la separación del ictioplancton de la red de 505µ sin fraccionar las muestras, se identificaron y cuantificaron los huevos y larvas de las especies de clupeidos.

¹Hernández Rivas, Martín. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Av. Instituto Politecnico Nacional s/n. La Paz, B.C.S. México.



Figura 3.- Cobertura de estaciones de cada uno de los cruceros de 1990 y 1991 en Bahía de La Paz.

Las características básicas utilizadas para la identificación de los huevos y larvas son las descripciones elaboradas por Scofield y Linder (1930), Scofield (1934), Ahlstrom (1943), Houde y Fore (1973), Funes y Esquivel (1985), Saldierna, et.al. (1987), Saldierna y Matus (com.pers².) y Watson y Sandknop (1996).

Una vez contabilizados los huevos y larvas de cada especie se normalizaron a 10m² de superficie marina para la comparación de la abundancia entre estaciones, cruceros y especies, siguiendo lo establecido por Smith y Richardson (1979), de acuerdo a la siguiente fórmula:

Donde:

N= Número de huevos o larvas bajo 10m² de superficie marina.

a= Área de la boca de la red.

b= Distancia de la trayectoria cubierta por la red.

c= Número de huevos o larvas en la muestra.

d= Profundidad del lance.

Además se efectuó el cálculo del Índice de Abundancia para tener el estimado del censo regional del número de huevos y larvas de cada especie, tratando de disminuir el error debido a la diferente cobertura hecha en los muestreos. Este Índice de Abundancia es el denominado Índice Larval de Smith y Richardson (1979), el cual está definido como sigue:

$$I.A.= (\Sigma N/N+)^{*}(N+/N_{t})^{*}C$$

en donde:

I.A.= Índice de abundancia de huevos o larvas.

 Σ N= Suma total de huevos o larvas estandarizadas a 10m² de superficie marina.

N+= Número de estaciones positivas.

Nt= Número total de estaciones donde se realizó muestreo.

C= Número de unidades de área de 10m².

De aquí N+ se refiere al número de estaciones donde se encontraron ya sea huevos o larvas, el término (N+/N_t) es la proporción de estaciones positivas lo que nos indica que tanto de la superficie del área de muestreo contenía huevos o larvas. Para la obtención de C se realizó el cálculo del área que representaría cada estación de muestreo (Hernández Rivas, com. pers.³) y así, sólo se tomó en cuenta la superficie abarcada en cada crucero.

² Saldierna Martínez, Ricardo y Matus Nivon, Eloisa. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Av. Instituto Politecnico Nacional s/n. La Paz, B.C.S. México

³ Hernández Rivas, Martín. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Av. Instituto Politecnico Nacional s/n. La Paz, B.C.S. México

De esta forma, para considerar la época e intensidad del desove de cada especie, se realizaron gráficos tomando en cuenta los indices de abundancia de los huevos y larvas de cada crucero.

Con los datos estandarizados se realizaron mapas de distribución y abundancia de los huevos y larvas de cada especie para inferir el área con actividad reproductora. Los contornos de cada sombreado representan un orden de magnitud, los cuales, se hicieron en una escala logarítmica de base 10.

En las campañas se hizo el registro de temperatura superficial con termómetro de cubeta en cada estación, tomando muestras de agua con botellas Niskin a nivel superficial y sólo para el año de 1990, a diferentes niveles, 10, 20, 50, 100 y 150 m con lo que se graficaron los perfiles para ver su comportamiento en la columna de agua.

Para monitorear la variación ambiental, con los valores de temperatura superficial del mar y biomasa zooplanctónica, se realizaron mapas donde se ilustra el comportamiento de ambos para cada mes de muestreo, graficando las isolíneas de temperatura con una diferencia de 0.5°C y en el caso de la biomasa zooplanctónica el sombreado se realizó según los intervalos de densidad definidos en Smith (1971). Además sobre la base del promedio obtenido en cada mes, se observó la variación temporal que tienen durante el período de estudio.

Para observar si ambos factores determinan una regionalización en la Bahía, se llevó a cabo un análisis de agrupación de estaciones con los datos obtenidos en cada una de ellas, utilizando el Índice de Similitud de Bray-Curtis (1957).

En cuanto a la relación existente entre la abundancia de los huevos y larvas de cada una de las especies con la temperatura superficial y la biomasa zooplanctónica, se obtuvo la frecuencia de estaciones positivas y la cantidad de organismos normalizados por intervalos de $0.5 \,^{\circ}$ C de temperatura y 50 ml/1000 m³ de biomasa zooplanctónica. Arreglados los datos de esta manera, a la matriz de abundancia se le aplicó un Análisis de Componentes Principales (previa transformación $\log_{10} (x+1)$ debido a la naturaleza de los datos), para ver diferencias entre las especies. Además, en cada uno de estos intervalos, se obtuvo el cociente de la frecuencia relativa de cada factor entre la frecuencia relativa de las estaciones positivas de cada una de las especies, de tal forma de eliminar el efecto de la distribución de frecuencia de cada factor y resaltar la preferencia por un intervalo en cada una de las especies (Lluch-Belda et al. 1991b).

7.- RESULTADOS

En los 11 cruceros realizados en ambos años se tomaron un total de 288 muestras, encontrando, huevos y larvas de sardinas en todos ellos.

Si bien en los primeros capítulos se mencionó que son siete especies de peces de la familia Clupeidae que se distribuyen en la Bahía de La Paz, en la revisión de las muestras se identificó la presencia de los primeros estadios de vida de las sardinas *Sardinops caeruleus*, *Etrumeus teres* y *Harengula thrissina* y debido a la problemática en la diferenciación, tanto de los huevos como de las larvas de las especies de sardina crinuda que se pueden encontrar en el área, estas, se dejaron a nivel de género; *Opisthonema* spp.

La cantidad total de huevos y larvas de las especies de sardina en números estandarizados a 10m² de superficie marina fue de 94,687 y 40,514 respectivamente, correspondiendo a *Opisthonema* spp., la mayor abundancia de huevos con 60,180, siguiéndole *S. caeruleus* con 17,805, *E. teres* con 16,558 y *H. thrissina* con 143. Para el caso de las larvas la mayor abundancia la presentó *S. caeruleus* con 22,348, en segundo término encontramos a *Opisthonema* spp., con 15,651, siguiéndole *E. teres* con 2,344 y por último *H. thrissina* con 170. Por otro lado la mayor frecuencia (representada en el porcentaje de estaciones positivas para los meses en que se presentaron los primeros estadios), corresponde a la especie *E. teres* el porcentaje más alto de aparición de sus huevos, siguiéndole *Opisthonema* spp., *S. caeruleus* y *H. thrissina*. Con respecto a las larvas, la frecuencia es casi la misma para *Opisthonema* spp. y *S. caeruleus*, siguiéndoles *E. teres* y por último *H. thrissina* (tabla 1).

De las cifras anteriores resalta que tanto *Opisthonema* spp como *S. caeruleus* presentan una mayor abundancia de sus primeros estadios en un menor número de estaciones positivas, a diferencia de *E. teres* que presenta una abundancia menor de huevos y larvas en un mayor número de estaciones positivas, además que la proporción existente entre estaciones positivas de huevos y larvas es mayor a la unidad en esta última especie y menor a la unidad tanto en *Opisthonema* spp., como en *S. caeruleus*. Por otro lado, *H. thrissina* aparece en muy pocas ocasiones e igualmente es bajo el número de sus huevos y larvas, lo que a primera vista enmarca una diferente conducta reproductiva en estas especies.

A continuación en el capítulo se desarrollan tres aspectos en la caracterización del evento reproductivo de las especies de sardinas en cuestión. Como primera parte se describe para cada especie la variación temporal y espacial de la distribución y abundancia encontrada de sus huevos y larvas; en una segunda parte se describe la variación temporal y espacial de la temperatura del mar y la biomasa zooplanctónica; y por último se trata la relación existente entre los parámetros ambientales con la presencia y abundancia de los huevos y larvas de cada especie.

7.1. DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

7.1.1 VARIACION TEMPORAL

La presencia de los primeros estadios de *S. caeruleus* se registró en los meses de invierno-primavera, encontrándolos en 1990 de febrero a abril y en 1991 de febrero a mayo. La estimación de abundancia de huevos y larvas para el área cubierta en cada mes de muestreo denota una tendencia descendente en el transcurso de la temporada de aparición, siendo febrero el mes más importante, presentándose aquí el mayor índice de abundancia de huevos y larvas en ambos años, con 64,300.86*10⁶ y 92,629.87*10⁶ respectivamente en 1990 y 49,911.58*10⁶ y 10,408*10⁶ respectivamente en 1991 (Fig. 4, tabla 2 y 3). De todo el periodo de estudio, 1990 muestra una predominancia en la abundancia de los primeros estadios de esta especie.

Para *Opisthonema* spp., los primeros estadios se presentaron en los meses de primavera-verano, encontrando en 1990 de abril a agosto una predominancia de sus larvas y en 1991 de abril a junio predominancia de huevos. Si bien en ambos años no se tiene la misma representatividad para la temporada reproductiva, entre ambos se puede enmarcar que en los primeros meses de dicha temporada se presenta una alta abundancia, posteriormente en los meses siguientes se da un decremento y para el final se muestra un repunte en el mes de agosto (Fig. 4, tabla 4 y 5). Es de hacer notar que al contrario de la sardina monterrey, la crinuda en 1991 presentó una mayor actividad reproductiva.

Para *Etrumeus teres* fue más amplia la temporada de presencia de sus primeros estadios, encontrándose en invierno, primavera y principios de verano, faltando tan sólo en los meses de julio y agosto de 1990, habiendo en todos los meses una mayor proporción en la presencia de huevos. En este caso la estimación del índice de abundancia evidenció una mayor actividad reproductiva para los meses de invierno-primavera, siendo abril de 1990 el que presentó el mayor índice de abundancia alcanzando la cantidad de 45,145*10⁶ (Fig. 4, tabla 6 y 7)

Para *Harengula thrissina* se obtuvo la presencia de sus primeros estadios en los meses de primavera-verano, encontrándose en 1990 de abril a agosto (siendo predominantes las larvas) y en 1991 en mayo y junio (siendo predominantes los huevos), teniendo la mayor actividad reproductiva a principios de verano, obteniéndose la mas alta cantidad de huevos o larvas en el mes de junio, hacia la mitad de la temporada de su aparición, alcanzando el índice de abundancia valores alrededor de los 600*10⁶ (Fig. 4, tabla 8 y 9).



Figura 4.- Índice de abundancia de huevos y larvas de Sardinops caeruleus, Opisthonema spp, Etrumeus teres y Harengula thrissina.

| | Sardinops caeruleus | | Opisthon | Opisthonema spp | | Etrumeus teres | | Harengula thrissina | |
|-----------------------------------------|---------------------|---------|----------|-----------------|---------|----------------|--------|---------------------|--|
| | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | |
| FRECUENCIA DE APARICION | | | | | | | | | |
| Estaciones muestreadas.+ | 124 | 163 | 199 | 199 | 242 | 242 | 135 | 194 | |
| Estaciones positivas. | 23 | 83 | 61 | 102 | 93 | 81 | 9 | 18 | |
| Frecuencia de aparición.(%)+ | 18,55 | 50,92 | 30,65 | 51,26 | 38,43 | 33,47 | 6,67 | 9,28 | |
| Frecuencia del total de muestras (%) ' | 7,99 | 28,82 | 21,18 | 35,42 | 32,29 | 28,13 | 3,13 | 6,25 | |
| ABUNDANCIA (No. Org./10m ²) | | | | | | | | | |
| Mínima | 2,5 | 2,3 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 4,6 | 2,7 | |
| Máxima | 6369,2 | 5396,0 | 34704,0 | 2751,2 | 2091,7 | 270,0 | 31,3 | 61,3 | |
| Promedio * | 774,2 | 269,3 | 986,6 | 153,4 | 178,0 | 28,9 | 15,9 | 9,5 | |
| Total | 17805,6 | 22348,2 | 60180,5 | 15651,5 | 16557,5 | 2344,1 | 143,3 | 170,4 | |

Tabla 1.- Frecuencia de aparición y abundancia (mínima, máxima, promedio y total) de huevos y larvas de las especies de sardina en Bahía de La Paz.

+ En los meses donde aparecieron los huevos o las larvas
' Frecuencia de aparición en las 288 muestras
* En estaciones positivas

| Crucero | Ν | N+ | Sum.h | Med.h | S ² | Р | IH*10 ⁶ |
|---------|----|----|---------|---------|----------------|------|--------------------|
| E | | | | | | | |
| 9002 | 27 | 10 | 8629,22 | 862,92 | 2272612,04 | 0,37 | 64300,86 |
| 9003 | 35 | 7 | 847,38 | 121,05 | 59877 | 0,20 | 6381,31 |
| 9004 | 35 | 2 | 1933,13 | 966,57 | 925283,87 | 0,06 | 14557,70 |
| 9005 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9006 | 10 | - | - | - | - | - | - |
| 9007 | 14 | - | - | - | - | - | - |
| 9008 | 32 | - | - | - | - | - | - |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| 9102 | 27 | 4 | 6395,91 | 1598,98 | 7585149,49 | 0,15 | 49111,58 |
| Μ | | | | | | | |
| 9104 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| 9105 | 34 | - | - | - | - | - | - |
| 9106 | 34 | - | - | - | - | - | - |

Tabla 2.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de Sardinops caeruleus

Tabla 3.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de Sardinops caeruleus

| Crucero | N | N+ | Sum.I | Med.I | S ² | Р | IL*10 ⁶ |
|---------|----|----|----------|--------|----------------|------|--------------------|
| E | | | | | | | |
| 9002 | 27 | 22 | 12430,99 | 565,05 | 600260 | 0,81 | 92629,86 |
| 9003 | 35 | 18 | 6624,92 | 368,05 | 1491589 | 0,51 | 49889,82 |
| 9004 | 35 | 18 | 1831,98 | 101,78 | 47447,21 | 0,51 | 13795,95 |
| 9005 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9006 | 10 | - | - | - | - | - | - |
| 9007 | 14 | - | - | - | - | - | - |
| 9008 | 32 | - | - | - | - | - | - |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| N | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| 9102 | 27 | 19 | 1357 | 71,42 | 17109 | 0,70 | 10408 |
| М | | | | | | | |
| 9104 | 5 | 3 | 36,90 | 12,30 | 39 | 0,60 | 261,33 |
| 9105 | 34 | 3 | 66,49 | 22,16 | 277 | 0,09 | 508,60 |
| 9106 | 34 | - | - | - | - | - | - |

| Crucero | N | N+ | Sum.h | Med.h | S ² | Р | IH*10 ⁶ |
|---------|----|----|----------|---------|----------------|------|--------------------|
| E | | | | | | | |
| 9002 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| 9003 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9004 | 35 | 10 | 3485,11 | 348,51 | 594835,88 | 0,29 | 26245,09 |
| 9005 | 35 | 10 | 275,36 | 27,54 | 1562.15 | 0,29 | 2073,67 |
| 9006 | 10 | 2 | 104,48 | 52,24 | 22.21 | 0,20 | 712,49 |
| 9007 | 14 | 5 | 372,87 | 74,57 | 2906.26 | 0,36 | 2648,10 |
| 9008 | 32 | 3 | 398,90 | 133 | 33139.12 | 0,09 | 2964,87 |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| 9102 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| М | | | | | | | |
| 9104 | 5 | 5 | 35141 | 7028,10 | 191507689 | 1 | 248900,70 |
| 9105 | 34 | 16 | 18183,19 | 1136,45 | 14126664 | 0,47 | 139094,96 |
| 9106 | 34 | 10 | 2220,30 | 222,03 | 125449 | 0,29 | 16651,94 |

Tabla 4.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de Opisthonema spp

Tabla 5.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de **Opisthonema** spp.

| Crucero | N | N+ | Sum.I | Med.I | S ² | Р | IL*10 ⁶ |
|---------|----|----|---------|--------|----------------|------|--------------------|
| E | | | | | | | |
| 9002 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| 9003 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9004 | 35 | 13 | 514,18 | 39,55 | 2834,63 | 0,37 | 3872,08 |
| 9005 | 35 | 26 | 7073,73 | 272,07 | 350524.49 | 0,74 | 53269,69 |
| 9006 | 10 | 7 | 550,39 | 78,63 | 4878.11 | 0,70 | 3753,40 |
| 9007 | 14 | 9 | 482,19 | 53,58 | 10737.59 | 0,64 | 3424,45 |
| 9008 | 32 | 8 | 3544 | 443 | 692509.96 | 0,25 | 26340,66 |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| Е | | | | | | | |
| 9102 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| М | | | | | | | |
| 9104 | 5 | 5 | 1196 | 239 | 161611.20 | 1 | 8470,52 |
| 9105 | 34 | 18 | 1011,97 | 56,22 | 8550.50 | 0,53 | 7741,18 |
| 9106 | 34 | 16 | 1279,37 | 79,96 | 12609.83 | 0,47 | 9595,11 |
| Crucero | N | N+ | Sum.h | Med.h | S ² | Р | IH*10 ⁶ |
|---------|----|----|---------|--------|----------------|------|--------------------|
| Е | | | | | | | |
| 9002 | 27 | 13 | 1497,76 | 115,21 | 39545 | 0,48 | 11160,60 |
| 9003 | 35 | 9 | 1438,86 | 159,87 | 107706 | 0,26 | 10835,56 |
| 9004 | 35 | 19 | 5994,86 | 315,52 | 133701 | 0,54 | 45145,13 |
| 9005 | 35 | 7 | 395,77 | 56,54 | 6357 | 0,20 | 2980,41 |
| 9006 | 10 | 2 | 848,25 | 424,12 | 171568 | 0,20 | 5784,69 |
| 9007 | 14 | - | - | - | - | - | - |
| 9008 | 32 | - | - | - | - | - | - |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| 9102 | 27 | 6 | 2259,61 | 376,60 | 590174 | 0,22 | 17350,60 |
| М | | | | | | | |
| 9104 | 5 | 3 | 1893.0 | 630,99 | 231697 | 0,60 | 13407,94 |
| 9105 | 34 | 19 | 2014,31 | 106,02 | 44987 | 0,56 | 15408,74 |
| 9106 | 34 | 15 | 215,13 | 14,34 | 155 | 0,44 | 1613,48 |

Tabla 6.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de *Etrumeus teres.*

Tabla 7.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de *Etrumeus teres*

| Crucero | N | N+ | Sum.l | Med.I | S ² | Р | IL*10 ⁶ |
|---------|----|----|--------|--------|----------------|------|--------------------|
| E | | | | | - | | |
| 9002 | 27 | 15 | 513.31 | 34.22 | 1583 | 0.56 | 3824.98 |
| 9003 | 35 | 5 | 285,44 | 57,09 | 7495 | 0,14 | 2149,55 |
| 9004 | 35 | 14 | 502,55 | 35,90 | 780 | 0,40 | 3784,50 |
| 9005 | 35 | 14 | 235,14 | 16,80 | 148 | 0,40 | 1770,75 |
| 9006 | 10 | 3 | 21,17 | 7,06 | 7 | 0,30 | 144,39 |
| 9007 | 14 | - | - | - | - | - | - |
| 9008 | 32 | - | - | - | - | - | - |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| Е | | | | | | | |
| 9102 | 27 | 6 | 66,37 | 11,06 | 142 | 0,22 | 509,59 |
| М | | | | | | | |
| 9104 | 5 | 3 | 329,98 | 109,99 | 12984 | 0,60 | 2337,26 |
| 9105 | 34 | 11 | 198,12 | 18,01 | 210 | 0,32 | 1515,53 |
| 9106 | 34 | 10 | 192,02 | 19,20 | 155 | 0,29 | 1440,10 |

| Crucero | Ν | N+ | Sum.h | Med.h | S ² | Р | IH*10 ⁶ |
|---------|----|----|-------|-------|----------------|------|--------------------|
| Е | | | | | | | |
| 9002 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| 9003 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9004 | 35 | 1 | 18,23 | 18,23 | 0 | 0,03 | 137,28 |
| 9005 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9006 | 10 | - | - | - | - | - | - |
| 9007 | 14 | - | - | - | - | - | - |
| 9008 | 32 | 1 | 10,77 | 10,77 | 0 | 0,03 | 80,02 |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| 9102 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| М | | | | | | | |
| 9104 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| 9105 | 34 | 2 | 28,25 | 14,13 | 90,77 | 0,06 | 216,11 |
| 9106 | 34 | 5 | 85,67 | 17,13 | 120,22 | 0,15 | 642,54 |

Tabla 8.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de huevos de Harengula thrissina

Tabla 9.- Estadísticos básicos e índice de abundancia de larvas de Harengula thrissina

| Crucero | Ν | N+ | Sum.I | Med.I | S^2 | Р | IL*10 ⁶ |
|---------|----|----|-------|-------|-----|------|--------------------|
| E | | | | | | | |
| 9002 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| 9003 | 35 | - | - | - | - | - | - |
| 9004 | 35 | 2 | 17,77 | 8,88 | 23 | 0,06 | 133,81 |
| 9005 | 35 | 4 | 20,24 | 5,06 | 2 | 0,11 | 152,43 |
| 9006 | 10 | 5 | 86,78 | 17,36 | 506 | 0,50 | 591,82 |
| 9007 | 14 | 2 | 8,09 | 4,05 | 0 | 0,14 | 57,48 |
| 9008 | 32 | 1 | 3,24 | 3,24 | 0 | 0,03 | 24,11 |
| S | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| Е | | | | | | | |
| 9102 | 27 | - | - | - | - | - | - |
| Μ | | | | | | | |
| 9104 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| 9105 | 34 | 3 | 19,82 | 6,61 | 7 | 0,09 | 151,59 |
| 9106 | 34 | 1 | 14,42 | 14,42 | 0 | 0,03 | 108,12 |

7.1.2 VARIACION ESPACIAL; PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN Y ÁREAS DE ABUNDANCIA

El patrón general de distribución de los huevos de *Sardinops caeruleus*, es la región central y sur, particularmente en esta última; en el caso de las larvas, su distribución es más amplia, presentándose por casi toda la extensión de la Bahía. La más alta abundancia de huevos se obtuvo al sur, en la estación 495.20, que en febrero de ambos años presentó grandes concentraciones, además de las estaciones de la porción suroeste de la Isla Espíritu Santo (490.25 y 490.30) que en febrero y abril de 1990 también fueron importantes. Las larvas, aunque con más amplia distribución, su mayor abundancia también se encontró al sur, resaltando las estaciones costeras 490.15 y 500.20, y las del suroeste de la Isla (490.30 y 495.25). Además en la recolecta de marzo la estación que presentó la mayor concentración es la 480.15, por el lado de la costa oeste, en la parte central de la bahía (Fig. 5).

Para *Opisthonema* spp., sus primeros estadios se encontraron tanto en la parte norte, centro y sur de la bahía, siempre teniendo las larvas una mayor extensión en su distribución con respecto a los huevos; sin embargo, la mayor abundancia se obtiene en la parte sur, siendo la estación 495.20 donde se presentan los desoves mas intensos, seguida de las estaciones 500.20, 500.25 y las de la porción interna de la Isla Espíritu Santo (Fig. 6 y 7).

Los primeros estadios de *Etrumeus teres* tuvieron una amplia distribución por toda la extensión de la Bahía, encontrándose las mayores densidades hacia la porción sur y centro de la región, siendo las estaciones 495.15, 495.20 y 495.25 donde se presentó la mayor cantidad de huevos y larvas. También fueron importantes las estaciones de la costa oeste y las de la porción interna de la Isla Espíritu Santo (Fig. 8 y 9).

Para *Harengula thrissina* no se definió un patrón de distribución de sus estadios, ya que mes a mes su presencia estuvo en diferentes estaciones. Su abundancia fue notablemente baja en todos los cruceros, llegando a sobresalir sólo en el mes de junio de cada año, siendo las inmediaciones de la isla Espíritu Santo donde se dieron las mayores concentraciones (Fig. 10 y 11).





Figura 5.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de Sardinops caeruleus de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9102, 9104 y 9105.



Figura 6.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de **Opisthonema** spp de los cruceros 9004, 9005, 9006 y 9007.



Figura 7.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema* spp de los cruceros 9008, 9104, 9105 y 9106.





Figura 8.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Etrumeus teres* de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9005 y 9006.



Figura 9.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Etrumeus teres* de los cruceros 9102, 9104, 9105 y 9106.







Figura 10.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de Harengula thrissina de los cruceros 9004, 9005, 9006, 9007 y 9008.



Figura 11.- Distribución y abundancia de huevos y larvas de Harengula thrissina de los cruceros 9105 y 9106.

7.2 TEMPERATURA SUPERFICIAL

De manera general en los 288 registros de temperatura superficial del mar el valor mínimo obtenido es de 18.7 °C, el máximo de 30.5 °C y el promedio de 23.9 °C, marcándose en su frecuencia 3 modas principales, ocurriendo estas en los 21 °C, 24 °C y a los 29 °C, siendo la mayor la de 24 °C (Fig. 12).



Figura 12.- Frecuencia porcentual de registros de temperatura superficial del mar en Bahía de La Paz en 1990-1991.

7.2.1 VARIACION TEMPORAL

El comportamiento de la temperatura mostró en promedio un incremento de 1.6 °C conforme transcurrieron los meses de muestreo, así en 1990, febrero presenta la temperatura promedio más baja de 19.4 °C, subiendo en los meses siguientes, hasta alcanzar los 29.4 °C en agosto.

Para 1991 la tendencia es la misma, febrero es el mes mas frío con una temperatura promedio de 20.9°C y ahora junio, el último mes, alcanza los 24.7°C. Es de notarse que en este año, febrero se muestra más caliente con respecto al del año anterior y por otro lado abril, mayo y junio son más fríos, registrándose una diferencia positiva de 1.5°C en febrero y negativa de -1.3°C, -2.8°C y -1.7°C en abril, mayo y junio respectivamente (Fig. 13, tabla 10).



Figura 13.- Temperatura promedio de los cruceros de 1990-1991 en Bahía de La Paz (media + desviación estandar)

Tabla 10.- Valores mínimo, máximo y promedio mensual de temperatura superficial del mar y biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz, 1990-1991.

| Crucero | | Temperatura | | Biom | asa Zooplanct | ónica | | |
|---------|--------|-------------|--------|--------------------------|---------------|---------|--|--|
| | | (°C) | | (ml/1000m ³) | | | | |
| | MÍNIMO | PROMEDIO | MÁXIMO | MÍNIMO | PROMEDIO | MÁXIMO | | |
| Е | | | | | | | | |
| 9002 | 18,70 | 19,37 | 20,30 | 221,47 | 556,67 | 1136,22 | | |
| 9003 | 20,00 | 21,14 | 22,50 | 20,58 | 375,95 | 1742,93 | | |
| 9004 | 22,00 | 23,67 | 26,00 | 11,44 | 150,06 | 785,47 | | |
| 9005 | 23,50 | 25,86 | 27,00 | 69,84 | 421,82 | 1021,19 | | |
| 9006 | 26,00 | 26,44 | 27,50 | 91,72 | 326,87 | 693,47 | | |
| 9007 | 28,20 | 29,01 | 30,20 | 149,36 | 284,28 | 461,65 | | |
| 9008 | 28,40 | 29,41 | 30,50 | 56,33 | 146,22 | 377,66 | | |
| S | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | |
| Ν | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | |
| 9102 | 20,00 | 20,89 | 22,00 | 75,12 | 375,23 | 1022,79 | | |
| М | | | | | | | | |
| 9104 | 22,00 | 22,40 | 23,00 | 64,91 | 361,39 | 733,83 | | |
| 9105 | 21,80 | 23,11 | 25,00 | 77,03 | 829,87 | 4726,37 | | |
| 9106 | 23,00 | 24,75 | 28,00 | 180,44 | 553,05 | 1690,98 | | |

7.2.2 VARIACION ESPACIAL

En la distribución espacial, la temperatura mantiene cierta homogeneidad en toda el área, variando en promedio 2.5 °C. Sólo en los cruceros 9004, 9005, y 9106 el intervalo de variación es mayor (tabla 10), debido al registro de temperatura más elevado en estaciones

muy puntuales. En los mapas de isotermas superficiales no se muestra un patrón general de variación, el cual podría ser dado por las características fisiográficas propias de la bahía, como la profundidad, o la influencia misma de las bocas. Es sólo en algunos meses que se muestra de manera clara esta influencia fisiográfica, como en el mes de abril de 1990, donde en la parte norte se manifiesta entrada de agua más fría por la boca, o en mayo de 1990 por el canal de San Lorenzo (Fig. 14). También puede ser evidente que los registros más altos en algunos cruceros estuvieron en las inmediaciones de la Isla Espíritu Santo, como es en 9003, 9004, 9006, 9008, 9105 y 9106, lo cual pudo haber estado dado por el calentamiento de agua en sus partes someras. Algunas estructuras también a resaltar son en los cruceros 9003, 9004, 9008 y 9106 donde en la porción media de la bahía se registraron temperaturas menores a sus alrededores, lo que podría deberse a la formación de giros (Fig. 14 y 15).

7.2.3 PERFILES DE TEMPERATURA

La temperatura en la columna de agua sólo fue tomada para los cruceros de 1990. Los perfiles de temperatura de cada estación se graficaron en conjunto para cada uno de los transectos en el área de estudio (.15, .20, .25, .30, .35), observándose en cada gráfico la variación latitudinal sobre ese transecto (500, 495, 490, 485, 480, 475, 470 y 465) y la variación del interior al exterior de la bahía se observa del gráfico superior al inferior en una misma columna (A, B, C), representando cada crucero (Fig. 16, 17 y 18).

En el mes de febrero (Fig. 16A), la temperatura es muy homogénea en la columna de agua, aunque sólo fue registrada hasta los 20 m de profundidad, con 0.5 °C a 1 °C de variación. En marzo (Fig. 16B), la homogeneidad se mantuvo, habiendo una variación de 1.5 a 2.5 °C entre superficie y los 150m. A partir del mes de abril (Fig. 16C) y en mayo (Fig. 17A), empezó a marcarse una estratificación, calentándose el agua superficial y llegando haber en los primeros 20 m ya una diferencia de 4 °C a 6 °C y a los 150 m de hasta 8 °C. En junio (Fig. 17B), la diferencia entre niveles empieza a ser menor, calentándose la columna de agua y disminuyendo aun mas esta diferencia en julio y agosto (Fig. 18A y B), donde la temperatura del agua se incrementó drásticamente y pasar en los 150 m de los 20 °C en mayo, hasta los 26 °C en agosto.

Algo notable es la diferencia de temperatura observada entre perfiles de un mismo transecto, en los que, conforme avanza el año esta variación empieza a ser mayor, llegando a tener una diferencia de 3 a 5 °C en el mismo nivel en los meses de mayo y junio (Fig. 17A y B), para volver a disminuir al calentarse la columna de agua (Fig. 18).



Figura 14.- Mapas de distribución de temperatura en Bahía de La Paz de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9005, 9006 y 9007.



Figura 15.- Mapas de distribución de temperatura en Bahía de La Paz de los cruceros 9008, 9102, 9104. 9105 v 9106.



Figura 16.- Perfiles de temperatura de las estaciones en cada uno de los transectos (.15, .20, .25, .30, .35) de los cruceros 9002, 9003 y 9004.



Figura 17.- Perfiles de temperatura de las estaciones en cada uno de los transectos (.15, .20, .25, .30, .35) de los cruceros 9005 y 9006.



Figura 18.- Perfiles de temperatura de las estaciones en cada uno de los transectos (.15, .20, .25, .30, .35) de los cruceros 9007 y 9008.

7.3. BIOMASA ZOOPLANCTONICA

De manera general de las 288 recolectas de plancton en el período de estudio los valores mínimo, máximo y promedio obtenidos de la biomasa zooplanctónica son de 11.4, 4726.4 y 413.6 ml/1000 m³ respectivamente, con la mayor frecuencia entre los 100 y los 450 ml/1000 m³ y la moda en los 300 ml/1000 m³ (Fig. 19).

7.3.1 VARIACION TEMPORAL

De los valores promedio de biomasa zooplanctónica, en 1990, febrero presentó el valor más alto con 556.67 ml/1000 m³, disminuyendo en marzo y abril, para en mayo tener un repunte alcanzando los 421.82 ml/1000 m³ y de aquí disminuir nuevamente hasta agosto. Para 1991, febrero tiene un valor promedio menor al año anterior, pero en abril, mayo y junio se obtiene una mayor abundancia de biomasa zooplanctónica, aunque ahora el mes de mayo es el que presenta el valor promedio más alto (Fig. 20, tabla 10). Al parecer, en ambos años la tendencia es semejante, primero con un decremento de febrero a abril, un incremento en el mes de mayo y un decremento en los meses posteriores, teniendo en cuenta que los incrementos y decrementos no son proporcionales de año a año.

7.3.2 VARIACION ESPACIAL

Los valores de biomasa zooplanctónica no presentan mucha variación en el área, con niveles de medios a altos, entre los intervalos de 64 a 256 ml/1000 m³ y 257 a 1024 ml/1000 m³, en todos los meses de muestreo (Fig. 21 y 22), con núcleos de biomasa muy alta en la región media y norte de los meses de febrero y marzo de 1990 y junio de 1991, en tanto que en la región sur, sólo se presentaron en el mes de mayo de 1991, con el registro más alto de todo el periodo de estudio, con 4726.37 ml/1000 m³ en la estación 495.25. Los valores más bajos se presentaron en el mes de abril y agosto de 1990 y de manera consistente en casi todos los meses de muestreo, las estaciones cercanas a la ensenada de La Paz (línea 500), tuvieron los niveles bajos (Fig. 21 y 22).

7.4 ASOCIACIÓN DE ESTACIONES PARA TEMPERATURA Y BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA

Del análisis de asociación de estaciones con el índice de similitud de Bray-Curtis, no se observó un patrón de regionalización en la Bahía, dado con los valores de temperatura y biomasa zooplanctónica. Las agrupaciones resultantes fueron diferentes en cada crucero, con

porcentajes de similitud muy altos entre ellas, variando entre el 92 y 98%, lo que indica la homogeneidad presentada en los valores de estos parámetros (Fig. 23, 24, 25 y 26).



Figura 19.- Frecuencia porcentual de registros de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz en 1990-1991.



Figura 20.- Biomasa zooplanctónica de los cruceros de 1990-1991 en Bahía de La Paz (media + desviación estandar)



Figura 21.- Mapas de distribución de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz de los cruceros 9002, 9003, 9004, 9005, 9006 y 9007.



Figura 22.- Mapas de distribución de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz de los cruceros 9008, 9102, 9104, 9105 y 9106.



Figura 23.- Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9002, 9003 y 9004).



Figura 24.- Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9005, 9006 y 9007).



Figura 25.- Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9008, 9102 y 9104).



Figura 26.- Dendrogramas y mapas de la asociación de estaciones con el índice de Bray-Curtis para la biomasa zooplanctónica y la temperatura (cruceros 9105 y 9106).

7.5 PRESENCIA Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN ASOCIACION A LA. TEMPERATURA

En la asociación de los primeros estadios con la temperatura, el análisis a partir de componentes principales separa a cada una de las especies con un patrón bien definido en los intervalos donde presentan su mayor frecuencia y abundancia, explicando ambos componentes el 79% de la variabilidad de los datos, como una preferencia en los intervalos de desove (Fig. 27a),

En Sardinops caeruleus que encontramos sus primeros estadios en los meses de invierno-primavera, su presencia correspondió a las temperaturas bajas del período de estudio; conforme se va incrementando la temperatura, la abundancia tanto de huevos como de larvas disminuye (Fig. 4a). El intervalo de temperatura en que se encuentran los huevos va de los 19 °C a los 24 °C y en el caso de las larvas se extiende hasta los 26 °C (tabla 11), presentando la mayor frecuencia y abundancia a tres temperaturas, un pico entre los 19-19.5 °C, otro a los 21 °C y el tercero a los 23.5 °C (Fig. 28a y b),

Para *Opisthonema* spp., que encontramos sus estadios en primavera-verano, con la mayor abundancia al principio y final de su temporada de aparición, su presencia estuvo desde los niveles intermedios de temperatura a los niveles más altos del periodo de estudio (Fig. 4b). Es así que los huevos y larvas los encontramos en el intervalo de los 22 °C a los 29.5 °C (tabla 11), con la mayor frecuencia de estaciones positivas en el caso de los huevos en los 23 °C, siguiéndole otra moda entre los 25 °C y 25.5 °C (Fig. 29a), y la mayor abundancia a los 22 °C y 23 °C (Fig. 29b), habiendo correspondencia entre frecuencia y abundancia solo en este último. Con respecto a las larvas la mayor frecuencia de estaciones positivas se obtuvo en los 23 °C, otra a los 25.5 °C y una más a los 29 °C, coincidiendo la mayor abundancia de larvas en los 25.5 °C y 29 °C (Fig. 29a y b).

En *Etrumeus teres* que la encontramos desde invierno hasta principios del verano, para 1990 manifiesta un incremento en su abundancia hasta el mes de abril, con una temperatura promedio de 23.6 °C, en el mes de mayo y junio dicha abundancia decae con el incremento de la temperatura, alcanzando los 26.4 °C (Fig. 4c). En 1991 sucede algo semejante, en los meses de invierno-primavera, la abundancia se presenta alta y al registrarse en el mes de junio una temperatura por arriba de los 24 °C la abundancia de huevos y larvas decae (Fig. 4c). El intervalo de temperatura en que se hallaron sus huevos y larvas va desde los 18.7 °C hasta los 27 °C (tabla 11), teniendo en el caso de los huevos el mayor número de estaciones positivas y la mayor abundancia en los 23.5-24 °C. Otros picos

de abundancia que no son correspondientes con estaciones positivas se encontraron en 21 °C y 22 °C (Fig. 30a y b). Con respecto a las larvas el mayor número de estaciones positivas lo encontramos en 26 °C y otro grupo más entre 23.5 °C y 24 °C, con la mayor abundancia a los 22 °C y 23.5 °C, habiendo correspondencia entre la frecuencia y la abundancia en los 23.5 °C, corroborándose el decline en la abundancia después de los 24 °C (Fig. 30a y b).

Para *Harengula thrissina* en ambos años de estudio sus primeros estadios se incrementan en el paso de la primavera hacia el verano (mayo-junio), cuando la temperatura presenta una tendencia hacia el incremento y antes de alcanzar valores máximos. Sin embargo en 1990 en los meses de julio y agosto la abundancia decae fuertemente, con un incremento marcado de la temperatura pasando los 29°C en ambos meses (Fig. 4d). Por otro lado, el intervalo de temperatura en que se presentaron los primeros estadios estuvo entre los 22.5 °C y 30 °C (tabla 11), con las mayores abundancias de huevos a los 24 °C y 26.5 °C siendo coincidentes con la mayor cantidad de estaciones positivas en los 24 °C (Fig. 31a y b). En el caso de las larvas la mayor abundancia y número de estaciones positivas se obtuvo en los 23 °C y 26 °C (Fig. 31a y b).

Una manera de valorar si los intervalos de temperatura donde se dá el mayor número de estaciones positivas son significativos, es con el cociente de la frecuencia porcentual de estaciones positivas de huevos y larvas, divididos entre la frecuencia porcentual de temperatura registrada, en cada intervalo dado. Puntos mayores de uno son las temperaturas más significativas, puesto que su frecuencia es mayor que la frecuencia general de temperatura; valores menores de uno son menos frecuentes que la frecuencia general de la temperatura. De manera general, para las cuatro sardinas, fueron pocos los intervalos en los que ocurren huevos y larvas en el que el cociente fue menor a uno. Así sus respectivos intervalos de temperatura es como sigue: *S. caeruleus* de 19 a 22 °C y de 23.5 a 24.5 °C (Fig. 32a), *Opisthonema* spp 22 a 23 °C, 25 a 27 °C y 28.5 a 29 °C (Fig. 32b), *Etrumeus teres* de 19 a 20 °C y de 22.5 °C a 26 °C (Fig. 32c) y *Harengula thrissina* de 22.5 a 27 °C y 29 a 30.5 °C (Fig. 32d).

7.6 PRESENCIA Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS EN ASOCIACION A LA BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA

En el caso de la asociación de los primeros estadios con los niveles de biomasa zooplanctónica obtenidos, el análisis de componentes principales muestra a *H. thrissina* separada de las demás (Fig. 27b), pero más que nada por la baja abundancia que presenta del resto de las especies, las cuales no muestran una separación bien definida, así como lo fue para

la temperatura, presentando en general su mayor frecuencia y abundancia entre los 100 y los 450 ml/1000 m³ (Fig. 33-36a y b), como coincidencia a los valores mas frecuentes de esta variable registrados en todo el periodo de estudio (Fig. 19). Lo anterior puede observarse en el cociente de la frecuencia porcentual de las estaciones positivas con la frecuencia porcentual de la biomasa zooplanctónica en cada intervalo tomado, donde de manera general los valores mas significativos no caen dentro de ese intervalo (Fig. 37).

En la tabla 11 se muestra los valores mínimo, máximo y promedio de biomasa zooplanctónica en que se obtuvieron los huevos y larvas de cada una de las especies.

Tabla 11.- Registros mínimo, máximo y promedio de temperatura y biomasa zooplanctónica en estaciones positivas de huevos y larvas de las especies de sardinas en Bahía de La Paz 1990-1991.

| | Sardinops caeruleus | | Opisthor | nema spp | Etrume | Etrumeus teres Harengula thrissina | | a thrissina | Colecta |
|----------------------------------------------------|---------------------|--------|----------|----------|--------|------------------------------------|--------|-------------|---------|
| | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas | total |
| TEMPERATURA | | | | | | | | | |
| °C | | | | | | | | | |
| MINIMO | 19 | 18,7 | 22 | 21,8 | 18,7 | 18,8 | 22,3 | 22,8 | 18,7 |
| MAXIMO | 24 | 26 | 29,7 | 29,5 | 27,0 | 27,0 | 29 | 30,2 | 30,5 |
| PROMEDIO | 20,5 | 21,26 | 24,7 | 25,3 | 22,8 | 23,0 | 24,7 | 25,8 | 23,97 |
| BIOMASA ZOOPLANCTONICA ml/1000m ³ | | | | | | | | | |
| MINIMO | 63,3 | 34,5 | 38,3 | 56,3 | 20,6 | 81,1 | 109,3 | 109,4 | 11,4 |
| MAXIMO | 1136,2 | 1177,8 | 4726,4 | 4726,4 | 3004,9 | 4726,4 | 820,9 | 4726,4 | 4726,4 |
| PROMEDIO | 400,7 | 372,5 | 530,7 | 506,7 | 442,5 | 629,7 | 398,0 | 631,3 | 413,6 |



Figura 27.- Diagrama de dispersión de componentes principales de la abundancia de huevos y larvas agrupados en intervalos de; a) 0.5°C de temperatura superficial y b) 50ml/1000 m³ de biomasa zooplanctónica.



Figura 28.- Intervalos de temperatura para huevos y larvas de *Sardinops caeruleus.* a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 29.- Intervalos de temperatura para huevos y larvas de *Opisthonema* spp. a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 30.- Intervalos de temperatura para huevos y larvas de *Etrumeus teres*. a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 31.- Intervalos de temperatura para huevos y larvas de *Harengula thrissina.* a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 32.- Cociente de la frecuencia porcentual de estaciones positivas de huevos y larvas entre la frecuencia porcentual de temperatura, a) *Sardinops caeruleus*, b) *Opisthonema* spp, c) *Etrumeus teres*, d) *Harengula thrissina*.



Figura 33.- Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de *Sardinops caeruleus*. a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.


Figura 34.- Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de *Opisthonema* spp. a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 35.- Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de *Etrumeus teres.* a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 36.- Intervalos de Biomasa Zooplanctónica para huevos y larvas de *Harengula thrissina* a) Frecuencia porcentual de estaciones positivas, b) Abundancia normalizada porcentual.



Figura 37.- Cociente de la frecuencia porcentual de estaciones positivas de huevos y larvas entre la frecuencia porcentual de biomasa zooplanctónica, a) Sardinops caeruleus, b) Opisthonema spp, c) Etrumeus teres, d) Harengula thrissina.

8.1 Marco ambiental

En el Golfo de California se identifican diferentes regiones con base en sus características hidrográficas y a las comunidades que habitan en cada una de ellas (Allen, 1937; Cupp y Allen, 1938; Gilbert y Allen, 1943; Round, 1967; Roden y Emilsson, 1979; Santamaría del Angel et al., 1994). La Bahía de La Paz, localizada en la porción suroeste, está influenciada por la intensa dinámica de la boca del Golfo, región caracterizada porque en ella confluyen tres masas de agua de manera superficial; Corriente de California, aguas relativamente más frías y menos salinas (S%. < 34.6); agua del Pacífico Oriental Tropical, más cálida y de salinidad intermedia (34.65 < S%.< 34.85); y agua propia del Golfo de California, templada y más salina (S%.> 34.9). Dicha influencia varía de manera estacional conforme la circulación superficial cambia de acuerdo al patrón de vientos que se manifiestan en la zona (Roden y Groves, 1959; Robinson, 1973; Alvarez y Schwartzlose, 1979; Castro et al., 2000). Desde finales de otoño a principios de primavera los vientos son fuertes y predominantemente del norte, con un transporte neto de agua superficial fuera del golfo y la presencia de la corriente de California pegada a la costa peninsular. En verano y principios de otoño, los vientos son débiles y provenientes del sur permitiendo que las aguas superficiales del Pacífico Oriental Tropical penetren al interior del golfo, transportando el agua de la corriente de California de manera subsuperficial, hasta las inmediaciones de la cuenca de Guaymas (Robles y Marinone 1987; Molina-Cruz 1986).

Es evidente que la variabilidad de mesoescala de la porción sur del golfo influye en gran medida en la variación de mesoescala observada en la Bahía de La Paz, manifestándose las diferentes masas de agua de acuerdo a la estacionalidad, afectando la temperatura y la producción biológica encontradas en la región.

Si bien el estudio no abarcó un año completo, nuestros datos se asemejan a lo encontrado por Bernal et al.(2001), donde se puede contemplar un período templado de noviembre a mayo con temperaturas mas frías (posible manifestación de las aguas provenientes de la región norte del Golfo de California, vientos intensos del norte y menor insolación), con procesos de mezcla intensa en la columna de agua lo que establece la homogeneidad térmica, y de junio a octubre se presenta un período cálido con temperaturas más altas (posible manifestación de las aguas superficiales del Pacífico Tropical, vientos débiles del sur y mayor insolación), con procesos de estratificación en los que se evidencia un gradiente térmico en la columna de agua. El periodo de transición entre un régimen y otro se establece entre los meses de mayo y junio, tiempo en el que se observan las mayores diferencias de temperatura en un mismo nivel de profundidad (Fig. 17), lo que puede estar generado por los cambios de circulación debido al cambio de condiciones. Es de resaltar el calentamiento general de la columna de agua en el mes de julio de 1990, notándose la fuerte influencia de la masa de agua tropical.

La intensidad con que se registran estos calentamientos y enfriamientos estacionales varían año con año, provocados por los forzamientos del Pacífico tropical y ecuatorial y la influencia del Pacífico norte (Bernal et al., 2001). Con respecto a esta variación interanual, haciendo la comparación entre los registros de temperatura superficial del mar obtenidos en este estudio y la de la estimación de un año promedio para la zona entre los años de 1952 a 1974, se observa cómo es la variación de la temperatura en la Bahía para los años de estudio (Fig. 38 tomado de, De Silva-Dávila, 1997). En 1990 se registraron temperaturas por arriba del promedio, a excepción del mes de febrero, enmarcándose el año como cálido. En 1991 se notó un efecto contrario, siendo ahora febrero el único mes por arriba del promedio y los meses de abril, mayo y junio por debajo de este. Si bien en el año de 1990, febrero manifestó rezagos del enfriamiento padecido en 1989 (Soto-Mardones et al., 1999), en el transcurso del año para la costa occidental de Baja California se presentó un efecto anómalamente cálido (Salinas et al., 1992), denominado calentamiento de latitudes medias (Norton et al., 1985), dicho calentamiento, se manifestó hasta la parte media del Golfo de California (Soto-Mardones et al., 1999), lo que podría explicar el calentamiento observado en Bahía de La Paz, tanto superficialmente como en la columna de agua, presentándose desde el mes de febrero temperaturas de 18 °C a los 150 m, cosa que en registros por otros autores, a partir de los 50 m se encuentran temperaturas de 15 a 16 °C (abril 1976, Villaseñor ,1979; marzo 1994, Jiménez, 1996; y este último autor a los 150 m tiene registros de 13 °C). Trabajos más recientes detectan la sensibilidad de Bahía de La Paz a los procesos que se manifiestan en la boca del Golfo de California, como los fenómenos ENSO, que son la principal fuente de variabilidad interanual en el Océano Pacífico (Lavaniegos y González, 1999 a y b; Bernal et al., 2001; Salinas et al., 2003; Trasviña et al., 2003).

Tradicionalmente se ha manejado que los procesos de enriquecimiento (surgencias), son de manera alternada en las costas del Golfo de California, manifestándose en inviernoprimavera en la costa continental y en los meses de verano-otoño en la costa peninsular, lo que hace que la productividad biológica se registre de la misma manera (Roden, 1972). Sin embargo, evidencias recientes muestran que dichos procesos de producción biológica no presentan tal alternancia, sino que ocurren en ambas costas al mismo tiempo, direccionadas más que nada por la intensidad del viento. Thunell et al.(1994) y Sancetta (1995) por medio de mediciones del flujo de sílice biogénico con trampas de sedimentos en ambas costas, detectan una mayor producción biológica en los meses de noviembre a mayo, coincidiendo con los vientos más fuertes del norte, lo que provoca el rompimiento de la termoclina, permitiendo el ascenso de los nutrientes dentro de la zona fótica lo que da el incremento de la productividad. En los meses de verano-otoño, con los débiles vientos del sur el agua se estratifica térmicamente, decaen los nutrientes y la producción biológica se ve disminuida. En Bahía de La Paz, con el patrón de surgencias estacional dado para el Golfo de California, no se podría explicar el ciclo de producción biológica y los altos niveles encontrados aquí. Al parecer también en este caso el efecto estacional del viento es el que determina los procesos de enriquecimiento a través de la mezcla de la columna de agua, poniendo a disposición los nutrientes y aumentando la producción biológica en los meses de invierno-primavera, teniendo los registros más altos en los volúmenes de biomasa zooplanctónica para esta época. Conforme se va dando el calentamiento, la disminución del viento y la estratificación de la columna de agua, los niveles de biomasa zooplanctónica van decayendo, producto de la disminución en el efecto de enriquecimiento provocado por el viento. Es de hacer notar los repuntes en el mes de mayo para ambos años, pudiéndose explicar dicho efecto por el incremento que se da en la intensidad del viento hacia los meses de marzo-abril, permitiendo un nuevo proceso de emersión de nutrientes a la superficie, presentándose la elevación de la biomasa zooplanctónica con el consabido retraso de acuerdo al ciclo de producción.

Aunado a lo anterior, diversos autores han manifestado la relevante producción biológica de Bahía de La Paz, en los diferentes niveles de la escala trófica, encontrando concentraciones importantes de células fitoplanctónicas, organismos zooplanctónicos como copépodos y eufáusidos, hasta los niveles superiores como peces, aves y mamíferos marinos, sobresaliendo dicha producción en los meses de invierno-primavera, así como también hacia el verano y el otoño en zonas más puntuales como es la Ensenada de la Paz, en que se detectan pulsos de producción en esta época (Signoret y Santoyo, 1980; Nienhuis, 1980, 1984; Palomares, 1987; Gendron, 1990; Flores, 1994; Lavaniegos y López, 1997; García, 1981; de Silva y Palomares, 1998; Garate et al.,2001).

Sin embargo, aun con estos altos niveles de producción, no hay evidencias de procesos de surgencia en el interior de la bahía (Villaseñor 1979, Jiménez 1996, Salinas et al. 2003, Monreal-Gómez et al. 2001), pudiéndose constatar en nuestro caso con la distribución de la temperatura y la biomasa zooplanctónica, que en el área mantienen gran homogeneidad, lo que habla de la dinámica de la Bahía de La Paz, siendo los ascensos o descensos de ambos factores similares en toda el área. Por otro lado, Álvarez y Murillo (1989), a través del registro de radiolarios detectan una posible zona de surgencia en la región de Punta Diablo, explicándola por el efecto de acarreo del viento del sur en los meses de verano.

En la explicación de esta elevada producción, otro posible efecto de enriquecimiento para la Bahía de La Paz, se da a través del transporte de nutrientes hacia ésta. Esto se puede observar en imágenes de satélite, como en tiempo primaveral las plumas de surgencias que salen de la costa continental a la altura de Topolobampo van a dar hacia las inmediaciones de la Bahía (Badan-Dangon et al., 1985; Santamaría et al., 1994). Por otro lado, en verano las zonas detectadas con procesos de surgencias se localizan hacia la costa peninsular, en las inmediaciones de isla Del Carmen y la zona de isla Cerralvo (Molina, 1986; Castro et al., 2000;

Makarov y Jiménez, 2003), pudiendo existir un transporte de nutrientes y sobre todo de esta última zona, con base en el flujo presente para esta época, hallándose manifestaciones de ésto hacia la Ensenada de La Paz, posiblemente de un flujo pegado a la costa (Granados y Álvarez ,1983; Lechuga et al., 1990; Álvarez y Murillo, 1989).

Otro posible efecto de enriquecimiento es el creado por la confluencia del flujo de agua que viene pegado a la costa de la península (Roden, 1972; Rosas-Cota, 1977), el cual al pegar sobre las elevaciones (islas y bajos) crea corrientes de ascenso, que pongan a disposición aguas más ricas (Trasviña et al., 2003).

Este conjunto de efectos que provoca el enriquecimiento a lo largo del año está determinando la alta producción biológica registrada en la Bahía de La Paz, observándose niveles de biomasa zooplanctónica iguales o más altos a los registrados en la costa occidental (Smith, 1971; Hernández-Trujillo et al., 1987; Gómez-Gutiérrez, 1992) y en el Golfo de California (Brinton et al., 1986; Lavaniegos-Espejo y Lara-Lara, 1990; Aceves-Medina, 1992) siendo además que se han encontrado niveles de biomasa muy elevados de eufáusidos con agregaciones superficiales en la zona, comparables a las de zonas de surgencias (Gendron, 1990; de Silva, 1997).

Debido a la homogeneidad que se observa tanto de la temperatura superficial como de la biomasa zooplanctónica para los meses de estudio en la Bahía (Fig. 23-26), pareciera ser que no se enmarcara una regionalización en la zona, como ha sido manifestado por otros autores (Álvarez y Murillo, 1989; Flores, 1994; de Silva, 1997), por lo que es difícil atribuir a estos factores la preferencia del desove de las especies por dichas zonas. Del conocimiento que se tiene sobre la circulación de la Bahía (Jiménez, 1996; Salinas, 2000), el viento en los meses de inviernoprimavera es el factor más importante que induce el patrón de corrientes que se establece en la zona, formándose una serie de giros que regionalizan la Bahía, dando la oportunidad de explicar el patrón de distribución de la comunidad biológica y la preferencia por las zonas de desove. En términos generales, durante los meses de invierno-primavera, con vientos provenientes del norte se forma un giro ciclónico en la boca grande, y otro par de giros en la región sur, uno establecido en la parte interna de la isla Espíritu Santo y otro hacia la costa oeste, con una zona de convergencia entre ambos. En el caso de vientos provenientes del noroeste, el giro de la boca grande permanece y en la porción sur se forma un gran giro ciclónico que abarca toda esta área. En los meses de verano-otoño, la circulación es más que nada provocada por los campos de densidad y no por el viento, que no tienen la intensidad ni permanencia suficiente para modificarla, con la existencia igualmente de dos giros anticiclónicos en el centro y en el sur de la Bahía (Salinas, 2000).

En ambos casos, la circulación tiende a crear un transporte hacia la porción sur y zonas de acumulación en esta parte de la bahía, ya sea por la convergencia y los giros alternos creados con los vientos del norte, o la formación del giro al sur formado con vientos del noroeste o las diferencias de densidad en el verano. Este transporte y acumulación no se aprecia con la medida gruesa de la biomasa zooplanctónica debido a la gran diversidad de que se compone ésta, pero la distribución de los grupos que la conforman, da evidencias de estos procesos. En el caso de eufáusidos (de Silva, 1997), la distribución de los adultos se encuentra en la porción norte de la bahía o hacia las estaciones externas, mientras que la distribución de las larvas, es encontrada por toda la extensión de la bahía, con las mayores concentraciones en la región sur. Es evidente que la presencia de las larvas de los eufáusidos en la parte sur es dada por un transporte, provenientes desde el norte de la bahía o del exterior, donde los adultos llevan a cabo la reproducción, y la mayor abundancia de larvas se explica por la acumulación y cierta retención en esta zona.

Otro caso en el que se aprecia la influencia de esta circulación en La Bahía es el de las larvas de peces, en el que el elenco de especies obtenido es de formas asociadas a ambientes costeros, tanto pelágicos, como aquellos asociados al fondo (Clupeidae, Haemulidae, Scombridae, Gerreidae, Gobiidae y Paralichthyidae) y de ambientes oceánicos, siendo el caso de los peces mesopelágicos (Myctophidae, Photichthyidae), (Moreno, 1996; González y Saldierna, 1997). Este carácter dual en la comunidad encontrada es propio de las características fisiográficas que presenta la Bahía, donde en la porción norte, la profundidad de hasta 400 m y su amplia conexión con el Golfo de California, le dá características de ambientes oceánicos; por otro lado, en la porción sur con su carácter más somero es un hábitat propio para las especies costeras y en el cual las larvas de peces mantienen una estrecha relación con el hábitat del adulto, lo que hace resaltar los patrones de circulación.

De acuerdo a lo anterior, el esquema de la figura 39 trata de resumir los procesos explicados y se puede decir que en el área se está dando el denominado efecto de una "triada" establecida por Bakun (1996), en la cual asocia tres procesos para zonas de alta producción biológica, como son: -procesos de enriquecimiento (surgencias, mezcla), -procesos de concentración (convergencia, frentes) y -procesos de retención (giros, celdas de circulación), con lo cual se explica la elevada producción biológica encontrada en la región y de la misma forma cómo la zona proporciona un hábitat adecuado para la reproducción de las especies de clupeidos, los cuales son altamente sensibles a zonas productivas.



Figura 38.- Comparación de temperatura superficial del mar promedio para los años 1990-1991 y el promedio obtenido de datos mensuales entre los años de 1952 a 1974 en Bahía de La Paz. (modificado de de Silva-Davila 1997).



Figura 39.- Esquema conceptual de los procesos oceanográficos que influyen en Bahía de La Paz. Mezcla vertical con vientos del norte (Thunell 1994, Sancetta 1995, Jiménez 1996, Salinas 2000); Pluma de surgencia de la costa continental en invierno-primavera (Badan-Dangon et al. 1985); Convergencia de giros ciclónicos y anticiclónicos en el Golfo de California a lo largo del año (Emillson y Alatorre 1980, Fernández Barajas et al. 1994); Surgencias en la costa peninsular por vientos del sur en el verano o por efecto de las corrientes y la topografía del lugar (Roden 1972, Roden y Groves 1959, Rosas-Cota 1977, Molina Cruz 1986, Castro et al. 2000, Makarov y Jiménez 2003, Trasviña et al., 2003); Circulación en Bahía de La Paz con la formación de giros (Jiménez 1996 y Salinas 2000).

8.2 Sardinops caeruleus

La sardina Monterrey es considerada una especie templada, se distribuye desde el sur de Alaska (en periodos de alta abundancia y fuerte comportamiento migratorio), hasta Cabo San Lucas y el Golfo de California. Estudios sobre poblaciones pasadas y recientes de esta sardina muestran la existencia de un fuerte clinal de norte a sur en el número de vértebras y talla con respecto a la edad. El significado de esta variación morfológica, con relación a características como edad de primera reproducción, talla máxima y mortalidad a una edad específica, ha conducido a algunos autores a proponer la existencia de tres subpoblaciones o stocks: uno norteño, del norte de Baja California (30°) a Alaska (55°), otro sureño a lo largo de la costa Pacifico de la península de Baja California (23-30°), y uno en el Golfo de California (Marr, 1963; Radovich, 1982; Parrish et al., 1989; Schwartzlose et al.,

1999). Mientras los stocks en la costa Pacífico muestran solapamiento geográfico en el tiempo, su ocurrencia en algún momento dado es espacialmente distinta cambiando latitudinalmente en sincronía (Vrooman, 1964). Sin embargo, con estudios de marcado han sugerido que hay una fuerte mezcla entre los stocks de California y Baja California (Clark y Jansen, 1945), no habiendo estudios en este sentido para el Golfo de California. A este respecto Hedgecock et al. (1989) examinaron una variedad de características morfológicas y alloenzimas en muestras tomadas de cinco localidades ampliamente separadas, desde el centro de California a Bahía Magdalena y en Guaymas en el Golfo de California, encontrando las diferencias morfológicas ya reportadas por diversos autores, pero genéticamente las consideró idénticas sugiriendo un sustancial flujo genético.

En la extensión de su distribución, tanto para el Pacífico noreste, como para el Golfo de California, su época reproductiva varía, dependiendo de la latitud y sobre todo de las condiciones de temperatura prevalecientes, encontrando sus huevos y larvas prácticamente todo el año en la zona de Punta Eugenia con dos máximos bien marcados, uno en primavera y el otro en veranootoño, o irse restringiendo a sólo una parte del año en los límites de su distribución, invierno con las temperaturas mas frías para el límite sur como Cabo San Lucas, Mazatlán y Teacapan, y verano en el límite norte con las temperaturas mas cálidas entre Monterrey, California a Washington. En el Golfo de California y sobre todo en la zona de las grandes islas sus huevos y larvas también se han encontrado a lo largo de todo el año, pero con un máximo bien marcado en el periodo invierno-primavera (Fig. 40) (Kramer, 1970; Moser et al., 1974; Hernández-Vázquez, 1995; Nevárez, 1990; Hammann et al., 1998; McFarland et al., 2002).



Figura 40.- Presencia y abundancia temporal y por regiones de huevos y larvas de la sardina Monterrey en la extensión de su distribución.

La tolerancia de la sardina Monterrey a la temperatura parece ser muy amplia. Por la parte fría en el verano se encuentra alimentando en British Columbia en temperaturas tan frías como 11 °C y por el otro lado hay registros de captura en Bahía Magdalena con temperaturas de hasta 27°C y en el Golfo de California de 29.3°C (Lluch-Belda et al., 1991b; Félix y Alvarado, 1995; Hargreaves et al., 1994; Nevárez et al., 2001). En el registro de temperaturas de desove, Tibby (1937) concluyó que el óptimo para la sardina de California va entre 15º y 18º con un pico en 16°C. Ahlstrom (1954) mencionó que la relación entre temperatura y desove era compleja, puntualizando un intervalo óptimo de temperatura de 3 °C (entre 13.5° a 16.5°), durante la época de desove en el área de California, pero mas alta de 19º durante lo que el llamo el "off-season" en el área de Vizcaíno. En Bahía Magdalena, la parte cálida de su distribución, Saldierna et al. (1987) registraron una temperatura mínima de 16.1º y máxima de 25.6º con picos entre los 19 y 20°C asociados a huevos y larvas. Lluch et al. (1991b) utilizando la base de CalCOFI mencionan que el intervalo de desove esta entre los 13º y 25º, con dos máximos uno en 15º y el otro a los 23°C, correspondiendo respectivamente a la parte fría y la parte cálida del área. Hernández (1995) en un análisis más detallado zonificando el área de CalCOFI, encuentra que para la parte norte los desoves mas intensos están entre los 14º a 17ºC y en la porción sur entre los 19 a 24ºC. En el Golfo de California Hammann (1991) y Hammann et al. (1998) analizaron la temperatura asociada con estaciones positivas para los estadios mas tempranos de huevos (I-III), encontrando una temperatura promedio de 18.9°C, no variando mucho con la temperatura promedio de huevos en estadios tardíos y sus larvas, aunque la amplitud del intervalo donde se encuentran es mayor para estos últimos (huevos I-III 14.2 - 23 °C; huevos IV-XI 14 - 25.5 °C; larvas 15 - 27 °C).

De los intervalos mencionados de temperatura preferentes para el desove y la época reproductiva se nota una diferencia clara latitudinalmente, marcándose una región fría del área de distribución, entre California y Punta Baja, una región intermedia en Punta Eugenia y una parte cálida de Bahía Magdalena al sur, incluyendo el Golfo de California.

En la Bahía de La Paz, localizada dentro de la porción cálida de su distribución, se encontraron sus primeros estadios de febrero a mayo, dentro del intervalo de temperatura de 18.7° a 26 °C, con los meses de febrero y marzo como los más importantes y el intervalo de temperatura preferente entre los 19° y los 23.5 °C. Es evidente que con el muestreo limitado para los meses de otoño y principios de invierno no se pudo evaluar la totalidad de su época reproductiva, pero bien podría empezar sus desoves a partir de diciembre donde ya se encuentran temperaturas propias para ello y aunque los meses de febrero y marzo fueron de manera marcada los preferentes, bien podría ser de enero a marzo los meses más importantes, como la época más fría de esta zona en todo el año.

Si bien se enmarca una época reproductiva en cada latitud, ésta varía según las condiciones térmicas presentes en cada año, pudiéndose ampliar o restringir dicho periodo y la intensidad con la que la reproducción se pueda dar. En eventos de calentamiento, el área de la distribución cálida de la sardina se ve afectada, disminuyendo en tiempo e intensidad sus desoves (Saldierna et al., 1987; Hernández, 1995; Funes et al., 2001; Nevárez et al., 2001), debido al desplazamiento al norte en busca de condiciones más propicias (Lluch et al., 1991; Felix et al., 1996), con lo que el área en su distribución fría se ve favorecida, aumentando tanto en tiempo como en intensidad su reproducción (Marr, 1963; Lluch et al., 1991a; Hernández, 1995). En años fríos, el fenómeno se invierte y las zonas favorecidas son las del extremo cálido.

En Bahía de La Paz se aprecia este efecto de los cambios interanuales del ambiente en la reproducción de la especie. En 1989 un año frío, al parecer el recurso respondía al efecto de enfriamiento presente, teniendo los cardúmenes un desplazamiento del norte hacia el sur, de ahí que en los meses invernales de 1990 se haya presentado la mayor abundancia de huevos y larvas de esta especie, respondiendo al rezago del enfriamiento. Sin embargo en el transcurso del año, al presentarse el calentamiento en la porción sur del golfo, la sardina muy probablemente se desplazó al norte con lo que la cantidad de huevos y larvas para el invierno de 1991 fue menor.

Como se describió en el marco ambiental, Bahía de La Paz aunque se encuentra en la porción de la boca del Golfo (la cual se identifica como la región menos productiva de éste), los procesos que ocurren a lo largo del año y la propia configuración de la bahía hacen que en ésta se presente una producción biológica comparativamente más alta a la de sus alrededores. Esta alta producción es más que evidente con el sólo hecho de haber encontrado los huevos y larvas de esta especie, la cual en si misma es un indicador de sistemas de alta producción biológica. Este encuentro coincide precisamente con el periodo de mayores volúmenes de biomasa zooplanctónica, la cual se puede tomar como un estimador de dicha producción. Varias hipótesis se han generado tratando de explicar el éxito de reclutamiento y muchas se han basado en la hipótesis del periodo crítico o la edad de primera alimentación (Hjort 1914); la hipótesis de Cushing (1975) "match-mismatch", en la que postula que la magnitud del reclutamiento está ligado al enfasamiento o desfasamiento de la producción de las larvas con el ciclo de abundancia de su alimento; la hipótesis del "océano estable" de Lasker (1978), en relación a la capa de mezcla y la disponibilidad de alimento para las larvas; la hipótesis de "advección" de Bakun (1985), en la que a través de procesos oceánico-atmosféricos se transporta a las larvas hacia áreas desfavorables o favorables para su supervivencia; la hipótesis de la "ventana ambiental óptima" de Cury y Roy (1989), en la que establecen una relación teórica entre el reclutamiento y los factores ambientales en forma de domo, marcando los intervalos de tolerancia y un nivel óptimo para un reclutamiento exitoso; y la hipótesis de la "triada fundamental" de Bakun (1996), la cual su poder de explicación del éxito del reclutamiento engloba las anteriores y establece la

ocurrencia de tres procesos físicos en el océano, los cuales deben co-ocurrir o sucederse para mantener un hábitat reproductivo favorable (enriquecimiento-concentración-retención).

Si bien al mencionar estas hipótesis, el propósito no es probar todas y cada una de ellas, si es resaltar el hecho que en la bahía se están generando las condiciones necesarias que explica cada una de ellas para el éxito reproductivo de esta especie.

Por ejemplo con el patrón de distribución y las áreas de mayor abundancia de los huevos se puede inferir que la zona preferencial del desove de la sardina monterrey es en la porción sur de la Bahía, sobre todo en las inmediaciones de la estación 495.20 y la parte interna de la Isla Espíritu Santo. Desde estos centros de desove las larvas al parecer tienden a dispersarse hacia el resto de la Bahía, mostrando una distribución más amplia. Si bien dentro de la descripción del marco ambiental se enmarcó en la porción sur de la bahía una zona de acumulación para las larvas de eufáusidos de acuerdo al modelo de circulación propuesto, el mismo efecto puede estarse produciendo para otros organismos de la comunidad planctónica, lo que representaría una zona propicia para el desove y el aseguramiento de alimento para la sobrevivencia posterior de los subsecuentes estadios larvarios. Suponiendo que a partir de estas áreas de desove se dé la dispersión de las larvas, se podría inferir cierta retención hacia el interior de la bahía tomando en cuenta que aquí se concentra su mayor abundancia. Otra prueba de dicha retención puede sugerirse a partir de la distribución de las tallas de las larvas obtenidas en cada estación (Fig. 41), teniendo que al interior de la bahía hay una mezcla entre las diferentes cohortes diarias, con tallas desde los 4 mm hasta los 19 mm, presentándose las mayores modas entre los 7 y los 11 mm. Para la parte externa de la bahía las larvas obtenidas están por arriba de los 10 mm, con tan sólo 1 a 2 larvas por estación, las cuales pueden provenir de desoves realizados en el exterior o la posible advección desde la Bahía, lo que sería en muy baja proporción respecto a las que se mantienen en el interior.

La densidad de huevos y larvas de esta especie en el área se puede considerar alta comparándola con lo registrado para la costa occidental de Baja California y el Golfo de California (Kramer, 1970; Moser et al., 1974; Nevárez, 1990). En Bahía Magdalena se han venido realizando prospecciones tratando de evaluar la biomasa de la especie como parte de la investigación de la pesquería que se realiza en el lugar y los estimados de huevos y larvas obtenidos están muy por debajo de los encontrados en este estudio, con índices de abundancia en los meses de mayor actividad reproductiva entre los 7,000x10⁶ para huevos y 1,000x10⁶ para larvas (Saldierna et al., 1987; Vera, 1993), contra 64,000x10⁶ y 92,000x10⁶ respectivamente de este estudio. En el mismo sentido, haciendo una estimación gruesa de la biomasa desovante de acuerdo a lo propuesto por Smith (1972, en McCall, 1979), donde presupone que la abundancia de huevos y larvas está en función del tamaño de la población reproductora, en Bahía de La Paz tendríamos valores de hasta 17,000 toneladas (con el índice larval de febrero de 1990), capturas que en Bahía Magdalena entre 1981 y 1993 de forma anualizada no se obtuvieron.

Sin embargo, tanto la pesquería como los diferentes estudios que se han hecho tratando de evaluar esta especie en el Golfo de California, prácticamente no han considerado la porción sur de la península. En este sentido, si tomamos en cuenta la alta abundancia que se encontró en el área de estudio, ¿qué representaría esta situación en la dinámica de la especie dentro del Golfo de California?

Para estos años, en el Golfo de California la captura de esta especie venía en franco descenso, de casi 300,000 toneladas en 1988-89, para 1991-92 y 1992-93 la captura sólo fue de 7,000 toneladas, en la siguiente temporada se recupera fuertemente alcanzando las 128,000 T y posteriormente las 200,000 T (Nevárez et al., 2001). Esta drástica desaparición del recurso en las capturas comerciales y su repentina subida también fue evidenciada por Nevárez et al. (2001) en muestreos exploratorios independientes a la pesquería entre 1990 y 1996, coincidiendo entre 1990-93 con muy escasos arrastres positivos y pequeño número de organismos por arrastre y a partir de noviembre de 1993 encuentran incrementos en ambos estimadores de su abundancia. Estos autores atribuyen tal fluctuación a la intensidad con que se presentaron las surgencias en ese periodo, con índices bajos y la consecuente caída de la producción primaria en los años correspondientes a la escasez de sardina e índices altos en el periodo de recuperación. Con esta información se podría suponer que para los años 1990-91, la gran cantidad de huevos y larvas encontrados de esta especie podría deberse al movimiento de buena parte del recurso hacia esta porción, en la que encontraron condiciones idóneas y un buen espacio para reproducirse, con lo cual fue cada vez más escaso el recurso en los caladeros al norte y darse el desplome de la pesquería. Sin embargo, la presencia de esta sardina en Bahía de La Paz ha sido documentada por diferentes autores, aspecto que no se le ha dado mucha relevancia y deja de lado el hecho que el encuentro en los años revisados correspondería tan sólo al posible desplazamiento a esta porción. Por ejemplo Chávez (1985) en su revisión bibliográfica sobre peces de la Bahía La Paz menciona las siguientes citas:

- Clark (1936), revisa 211 ejemplares provenientes de la zona obteniendo el número promedio menor de vértebras, en una serie de muestras tomadas desde Alaska hasta el Golfo de California;
- Clark (1947) colectó individuos juveniles de edad 0, en 3 sitios de Bahía de La Paz, 2 de ellos situados cerca de la porción occidental de la Isla Espíritu Santo;
- De La Campa y Gutiérrez (1974), De La Campa y Ortiz (1975), Gutiérrez y Padilla (1974) recolectaron larvas de esta especie en su exploración en el Golfo de California;
- Lavenberg y Fitch (1966) en 1964 con 2 arrastres entre superficie y 15 metros de profundidad recolectaron esta especie en tallas de 53 a 215mm;
- Phillips (1952) menciona que el investigador H.C. Godsil durante un crucero en mayo de 1939, obtuvo captura de sardina pequeña en la Bahía de San Lucas e Isla Espíritu Santo;

- Sokolov (1974) en mayo de 1971 se localizaron concentraciones de sardina adulta en Bahía de La Paz;
- Sokolov y Wong (1973) reportan la captura en los 5 primeros meses de 1971, ascendiendo a 2594 toneladas, ocupando el segundo lugar respecto a otros puertos del Golfo de California, fluctuando la captura mensual de la siguiente manera: enero (579 ton.), febrero (563), marzo (322), abril (196) y mayo (934), en el cual estuvieron operando 5 barcos. En este mismo año, las investigaciones realizadas en el barco "Antonio Alzate", se localizaron durante mayo concentraciones de sardina adulta. Al explicar los movimientos migratorios de la sardina Monterrey en el Golfo de California los autores señalan que no es clara la presencia de concentraciones de adultos durante el verano en Bahía de La Paz, siendo necesario efectuar investigaciones especiales al respecto. Debido al descubrimiento de áreas de concentración de juveniles de sardina durante el verano a lo largo de la costa occidental del Golfo de California, los autores recomiendan que en estas áreas la pesca comercial sea limitada y por ahora se efectúe únicamente en Bahía de La Paz, para evitar la disminución del recurso.

En este mismo sentido Rodríguez-Sánchez et al., (2001 y 2002), revisando los registros de captura de carnada de los barcos atuneros desde California a Cabo Corrientes entre 1930 a 1980, encuentran que para la porción entre Bahía de La Paz y Cabo Falso esta especie tuvo una captura esporádica entre la década de los 30's y 40's, siendo de manera consistente a partir de los 50's, con un incremento sustancial entre los 60's y 70's. De forma aun más detallada Rodríguez-Sánchez et al. (manuscrito sometido 2003) al analizar estas capturas entre 1980 y 1997 sólo para el extremo sur de la península encuentran que para los 18 años analizados en 15 de ellos se registraron capturas en la Bahía y al parecer en esos 3 años que no hay registro no entraron a la Bahía a capturar. Todos estos registros indican que la Bahía y sus inmediaciones siempre han tenido un papel importante dentro de la distribución del recurso y por mucho tiempo se cuestionó de la existencia de la especie en esta parte de la costa peninsular, sobre todo teniendo conceptualizado el modelo de Sokolov (1974).

Una de las mayores incógnitas es la fuerte recuperación que el recurso ha presentado en la pesquería del Golfo de California, donde en 1991-92 y 1992-93 de ser tan solo 7,000 toneladas, llega a las 120,000 en 1993-94 y 200,000 en 1994-95, siendo que en las mismas prospecciones de plancton entre 1990 a 1994 no se encontraron huevos ni larvas en la región (Fig. 42) (Yanira Green Ruiz, comunicación personal en Lluch, 1995 y en Nevárez et al., 2001) y que además antes del colapso la sardina que se estaba capturando estaba entre los 2 y 3 años de edad y posterior al colapso era principalmente sardina joven de cero y un año de edad (Fig. 43)(Manuel Nevárez-Martínez, comunicación personal en Lluch-Cota et al., 1999; Nevárez, 2000), lo que indica que la caída en las capturas no es que el recurso se haya movido y posteriormente hubiera regresado a las áreas de pesca, si no que prácticamente acabaron con el. Al parecer, esta fuerte recuperación, pudo estar dada en parte por la inmigración del recurso hacia esta porción del Golfo de California y provenir precisamente de las inmediaciones de la costa sur-occidental del Golfo, la cual con su configuración fisiográfica y la presencia de las islas

esté ofreciendo un hábitat y refugio a la especie, lo que varios autores han documentado con la presencia de juveniles como Sokolov (1974), en la propuesta de su modelo conceptual y Quiñónez, et al., (2000) (Fig. 44)

Aunado a esto, algo también a resaltar es el hecho de que la recuperación de la captura en 1993-94 está dada con individuos de edad cero y uno, marcándose un fuerte reclutamiento, el cual provendría de cuando en el Golfo esta imperando un ambiente anómalamente cálido provocado por una condición ENSO (Soto et al., 1999). Ésto coincide con Huato (1988) y Cisneros et al., (1995) en que detectan esta situación, en la que los reclutamientos y las clases anuales mas fuertes han sido generados en años Niño. Lo anterior, de la misma forma podría resaltar el hecho de la importancia de la costa sur-occidental, en que fuera hacia esta porción donde se estuvieran generando dichos reclutamientos. Tal hipótesis se puede sustentar en los siguientes hechos: a) en estos eventos de calentamiento, el recurso no se encuentra disponible a la flota en los caladeros de la costa oriental, evidenciándose ésto más en los primeros años de la pesquería en el Golfo, en que las embarcaciones eran muy pequeñas y su desplazamiento muy restringido, argumentando que la sardina permanece en las inmediaciones de las grandes islas, donde las condiciones son más propicias por el fuerte efecto de las corrientes de marea y las surgencias provocadas ahí a lo largo del año, de tal forma que no se presenta su movimiento al sur (Lluch-Belda et al., 1986); b) además, esta condición provoca una compresión en la distribución de los adultos y su desove, lo que propicia una fuerte mortalidad denso-dependiente, debido al canibalismo sobre sus huevos y larvas (Hammann et al., 1988; Hammann, 1991; Cisneros et al.,1996); c) en esta condición se da una marcada sobrepesca sobre la biomasa desovante debido a la compresión del hábitat (Cisneros et al. 1995); d) aunque se propone que la sardina pueda hundirse más allá de los 100 m (Nevárez et al. 2001), a esas profundidades no se han encontrado sus huevos y larvas (Ahlstrom, 1959a; Watson, 1992), con lo que se puede inferir que en esta condición es difícil que la sardina desove y sobre todo que los huevos y larvas sobrevivan, y en dado caso que se diera el desove, en las recolectas de plancton se detectarían, ya que las redes sobrepasan la profundidad de muestreo de los 100 m y ésto hubiera resultado evidente en el periodo 1990-1993 en el que no encuentran sus huevos (Fig. 42). Con todo lo anterior es difícil asociar que dichos reclutamientos se generen precisamente en la porción de las Grandes Islas, donde es marcada la idea de la permanencia de la sardina en estos períodos; d) los registros de carnada de los barcos atuneros muestran la presencia de la especie entre Bahía de La Paz y Cabo Falso aún con una condición anómala, como en los años 1982, 1983, 1984, considerado de los más fuertes del siglo (Rodríguez et al. 2003 manuscrito); e) en los calentamientos anómalos, es en la costa peninsular donde se retarda mas la presencia de este efecto (Soto et al., 1999), sobre todo en la profundidad que llega alcanzar dicho calentamiento (Castro et al. 2000), con lo que el movimiento del recurso se podría modificar de acuerdo a las condiciones normales. En este sentido, si tomamos en cuenta la distribución del recurso en la porción sur-oeste, y lo encontrado por Soto et al. (1999), se podría inferir el hecho de que con el calentamiento, esta parte del recurso se desplace precisamente hacia el norte, detectándose en

la pesquería, de la misma forma al proceso en que se presupone la recuperación para los años 1993-1994.



Figura 41.-Tallas de las larvas de S. caeruleus en cada estación del crucero 9002



Figura 42.- Fluctuación anual en capturas de sardina Monterrey y abundancia de huevos en el Golfo de California (tomado de Lluch-Belda 1995).



Figura. 43.-Porcentaje por grupo de edad (años) del número total de individuos de sardina monterrey capturada por temporada de pesca. Periodo 1971/72-1996/97. (Datos tomados de Nevárez 2000)



Figura 44.- Modelo de distribución de *Sardinops sagax* en el Golfo de California según Sokolov (1974). (Tomado de Hammann 1988)

8.3 Opisthonema spp

La sardina crinuda del género *Opisthonema* se encuentra sólo en aguas tropicales y subtropicales cerca de ambas costas del Continente Americano.

En el noroeste de México, se distribuyen de manera simpátrica tres especies *O. bulleri*, *O. medirastre* y *O. libertate*, de las cuales con estudios merísticos, morfométricos y bioquímicos, han confirmado su validez taxonómica y verificado los caracteres diagnósticos que Berry y Barret (1963) determinaron en el análisis de ellas (Hedgecock et al. 1988, Rodríguez 1987, Rodríguez 1989).

La distribución de estas especies es más amplia para *O. medirastre* y *O. libertate*, encontrándose desde California a Perú, mientras que *O. bulleri* se encuentra desde Baja California y la porción sur del Golfo de California, hasta Perú.

Existen pequeñas diferencias morfológicas entre las especies y la combinación de sólo dos características se usan para diferenciarlas de manera práctica: 1) la distribución geográfica y 2) el número de branquiespinas del segmento ceratobranquial del primer arco branquial con relación a la longitud del pez. Las otras características merísticas y morfométricas se sobreponen notablemente, por lo que no son de utilidad. Esta problemática en la identificación hace que se refieran a ellas como un solo complejo denominándolas como sardina crinuda o sólo al género *Opisthonema*.

Del estudio con organismos de la pesquería comercial en el noroeste mexicano, Rodríguez-Sanchez (1989) encontró que la mayor proporción de individuos identificados corresponde a *O. libertate* 69%, siguiéndole *O. bulleri* 9.68% y *O. medirastre* 9.13%, siendo contrastante los porcentajes de abundancia entre áreas muestreadas, donde en el Golfo de California, para la parte norte son más altas las proporciones de *O. libertate* en la captura (90%), que en el sur (65%) o la costa Pacífica (Bahía Magdalena 79%). Para *O. bulleri* el porcentaje aumenta hacia el sur con muy escasa presencia en la costa pacífica (GCN 6.9%, GCS 16%, CP 2.23%) y *O. medirastre* está en muy baja proporción al norte del Golfo de California, pero aumenta tanto al sur como en la costa pacífica (GCN 2%, GCS 17%, CP 17%).

El periodo reproductivo ha sido mejor estudiado para *O. libertate*, siendo estimado con análisis histológicos, comprendiendo su periodo de desove entre julio y octubre (Torres et al., 1985; Paez-Barrera, 1976). Para las otras especies su valoración ha sido tan sólo con escalas morfocromáticas de la gónada, existiendo cierta discrepancia entre autores. Rodríguez-Sánchez (1989), observó que la actividad reproductiva de *O. libertate* presentó dos máximos, el primero en abril seguido de una disminución en el porcentaje de individuos maduros en los meses de mayo y junio, y el segundo máximo se presentó en el mes de julio. *O. medirastre*, la

especie evolutivamente más cercana a *O. libertate* (Hedgecock et al., 1988), presentó el máximo de actividad reproductiva en junio, durante los meses en que *O. libertate* presentó una disminución. En noviembre y diciembre ambas especies presentaron frecuencias bajas de hembras maduras. *O. bulleri* presentó una actividad reproductiva contraria a la observada en *O. libertate*, con su máxima frecuencia en mayo y junio, teniendo un ciclo reproductor muy parecido a *O. medirastre,* aunque desfasados en un mes. Rodríguez-Domínguez (1987), estima que entre *O. bulleri* y *O. libertate* hay un solapamiento en su periodo de madurez gonádica, presentándose en los meses de verano, mientras que para *O. medirastre* lo estima para los meses de invierno-primavera.

Esta problemática en la definición de los periodos reproductivos y su traslape, ha hecho difícil el poder identificar con claridad los primeros estadios, tanto el huevo como la larva, para cada una de las especies, ya que la descripción hecha para ellos, ha sido con organismos obtenidos en recolectas de plancton (Funes y Esquivel 1985;1988; Saldierna et al., 1987), o la recolecta de sus huevos y larvas en campo y su posterior desarrollo en laboratorio (Matus-Nivón et al. 1989), sin tener evidencia de la especie de los organismos progenitores.

La descripción realizada por Funes y Esquivel (1985 y 1988) la hacen a nivel de género, tratando en el primer trabajo, diferenciar los estadios larvarios de las sardinas monterrey y crinuda. En su segundo trabajo realizan la descripción y comparación para dos tipos larvarios, uno proveniente de la costa occidental de la península y el otro del Golfo California. Saldierna et al., (1987) en el caso de la descripción del huevo y Matus et al.(1989) describiendo el huevo y la larva, aducen que sus descripciones pertenecen a *O. libertate*, por el simple hecho que en la pesquería llevada en Bahía Magdalena, lugar de donde proviene su material, el mayor porcentaje de organismos extraídos pertenecen a esta especie. Es evidente que no existe la certidumbre requerida como para asignar a una especie en particular las descripciones hasta ahora hechas.

Algo a resaltar de estas descripciones, es que el tipo larvario que presenta Funes y Esquivel (1988), encontrado en el Golfo de California, es muy parecido a la larva que describe Matus et al. (1989) para Bahía Magdalena y la cual es publicada en Moser (1996).

Con esto se pueden identificar 2 tipos larvarios, los cuales se encontraron en Bahía de La Paz. En éstos se observó que se diferencian solo hasta avanzada la flexión y pasando la talla de los 10 mm, con diferencias poco perceptibles merísticamente y la presencia de algunos pigmentos que marcan la diferencia entre ellas pero que pueden en algún momento faltar. De manera breve las diferencias que resaltan entre ellas y refiriéndonos como "tipo 1" a la larva que describe Funes y Esquivel (1985) para la costa occidental y "tipo 2" para la larva que describe Funes y Esquivel (1988) y Matus et al.(1989) para el Golfo de California y Bahía Magdalena respectivamente, son: El número de miómeros preanales es semejante para los dos tipos (35-39) pero difieren en el número de miómeros postanales, siendo mayor en el "tipo 84 2" (5-7 contra 7-8). La pigmentación es muy semejante en larvas pequeñas y es hasta avanzada la flexión cuando en el "tipo 2" aparecen 2 pigmentos cefálicos en la región nucal y una vez formada la placa hipúrica se presenta un pigmento encima de esta. En el "tipo 1" no se presentan los pigmentos en la cabeza y en la placa hipúrica se presentan sobre el margen de ésta, en la base de los radios de la aleta caudal (Fig. 45).



12.1mm emn "Tipo 2"

Figura 45.- Patrón de pigmentos de la aleta caudal de las larvas de *Opisthonema* "tipo 1" (sobre el margen de la placa hipúrica en la base de los radios. Saldierna-Martínez y Sánchez-Ortiz com.pers.; Funes y Esquivel, 1985) y *Opisthonema* "tipo 2" (encima de la placa hipúrica. Matus et al., 1989.).

Esta falta de claridad y la dificultad en la identificación hace que la gran mayoría de trabajos con ictioplancton en la región, queden referidos a nivel de género (Moser et al., 1974; de la Campa y Gutiérrez, 1974; Acal, 1990; Funes et al., 2001; Aceves et al., 2003), y de la misma manera hace difícil estimar tanto áreas como periodos reproductivos de manera específica.

La presencia de huevos y larvas de la sardina crinuda, en gran parte de la literatura se menciona en los meses de verano y otoño, tanto en la costa occidental de la península (Funes, 1991; 2001; Saldierna et al., 1987; Vera 1993; Funes et al., 2001), como en el Golfo de California (Moser et al., 1974; Acal, 1990; Saldierna et al., 1995; Aceves, 2003). Son pocos los trabajos que mencionan la presencia de las larvas de esta sardina para una época diferente y todos ellos corresponden de la boca del Golfo de California al sur, con su ocurrencia para los meses de invierno-primavera (Gutiérrez y Padilla, 1974; de la Campa y Gutiérrez, 1974; Franco et al., 2002; Silva-Segundo, 2003; Arreola, 1991).

En Bahía de La Paz su presencia se dió en primavera y verano, aunque tal vez hubiera podido extenderse al otoño, con alta abundancia al inicio de la primavera y un pequeño repunte al final del verano. En cada una de las épocas encontramos un tipo larvario diferente correspondientes a los descritos anteriormente, donde para la época primaveral la forma larvaria es del "tipo 2" y en verano es la del "tipo 1" (Fig. 45). Ésto podría estar representando la actividad reproductiva de dos de las especies, cada una prefiriendo una condición diferente.

En este sentido, en la temperatura asociada a huevos y larvas se tienen 3 modas bien marcadas (Fig. 29), correspondiendo las dos primeras a los meses de abril y mayo de ambos años con un intervalo entre los 22° y 26°C y la tercer moda corresponde a los meses de verano entre los 28.5° y 30°C. Algo a tomar en cuenta es que no se tiene el mismo esfuerzo de muestreo en ambas épocas con lo que el número de huevos y larvas podría haber aumentado para este último intervalo.

Esta separación térmica también es evidente en la literatura que menciona los huevos y larvas de esta sardina, entre una condición de primavera y una de verano para cada una de las regiones:

<u>Golfo de California</u>.- Primavera (22-25 °C), verano (26° y 30 °C). (Gutiérrez y Padilla, 1974; de la Campa y Gutiérrez, 1974; Acal, 1990, Saldierna et al., 1995; Aceves, 2003)

Costa Occidental y Bahía Magdalena.- Verano (26-28 °C) (Funes, 2001; Saldierna et al., 1987; Funes et al., 2001).

Colima.- Invierno-primavera (24-25.5 °C) (Franco et al., 2002; Silva-Segundo, 2003).

Ensenada de La Paz.- Invierno-primavera (19-23 °C) (Arreola, 1991).

En este sentido parte de los mecanismos de la especiación simpátrica en las especies, es el aislamiento reproductivo, el cual se pudó ir generando, precisamente al irse seleccionando conjuntos poblacionales con diferentes requerimientos ambientales, los cuales en este caso, también se manifiestan en su alimentación, teniendo diferente espectro en su dieta al estar conformado de forma diferente su aparato filtrador (Rodríguez-Sánchez, 1989).

Gran desventaja se tiene al tratar de inferir más al respecto de las especies de esta sardina que se pudieran estar reproduciendo en la Bahía, al no tener estudios de adultos en esta región. De esta manera podríamos establecer con base en la información de la distribución y abundancia de las especies en el noroeste de México, la madurez gonádica, las diferencias de temperatura y las diferencias en los tipos larvales, que en la condición de verano es *Opisthonema libertate* la que desova en la Bahía y muy probablemente *Opisthonema medirastre* en la primavera. Siendo que *Opisthonema bulleri* es la especie menos frecuente en esta región, ya que su mayor abundancia se presenta hacia el Golfo de Tehuantepec y Costa Rica (Rodríguez-Domínguez, 1987), lo que al ser esta parte el límite de su distribución, sea muy poco probable se presente su desove.

De esta manera, la descripción que hace Matus et al. (1989) no corresponde a *O. libertate*, así como ellos lo supusieron, si no que sea *O. medirastre*, ya que además el tipo de larva mas común que sale en toda la región noroeste tanto en la Costa Occidental, incluyendo Bahía Magdalena y el Golfo de California es el correspondiente al "tipo 1" (observaciones personales), la cual por probabilidad corresponde a *O. libertate*. Sin embargo es necesario seguir en la búsqueda de un mayor número de caracteres que nos ayuden a distinguir más objetivamente a los estadios larvarios de cada una de las especies, lo que seria más fácil si se contara con especímenes de todo el intervalo de su distribución.

En cuanto a la variabilidad interanual, esta sardina también se ve afectada por la presencia de calentamientos o enfriamientos anómalos en el ambiente, reflejándose ésto en cambios de su distribución, aumentando cuando el ambiente está anómalamente cálido y disminuyendo en una condición opuesta, lo que es una respuesta contraria a lo que manifiesta la sardina monterrey (Lluch-Belda et al. 1986). De la misma forma el desove, representado con sus huevos y larvas se ve favorecido con una condición anómalamente cálida y disminuye en una condición fría (Saldierna et al., 1987; Funes et al., 2001). Esto último también se constató en la Bahía presentándose un desove más intenso en los meses de primavera de 1991, posterior al calentamiento presente en 1990.

Algo semejante a la distribución de los huevos y larvas de la sardina monterrey es presentado para los primeros estadios de esta sardina, con concentraciones mayores en la porción sur y la distribución más amplia de sus larvas, con el mismo efecto de una cierta retención hacia el interior de la bahía (Fig. 46), obedeciendo exactamente a los mismos efectos de enriquecimiento, concentración y retención, que manifiesta la Bahía.



Figura 46.- Tallas de larvas de Opisthonema spp. en cada estación del crucero 9005

8.4 Etrumeus teres

Esta especie tiene una amplia distribución a nivel mundial; en el Pacífico Oriental se distribuye desde la Bahía de Monterrey, California, a Chile. Son escasos los estudios referentes a esta sardina en la región. Whitehead y Rodríguez (1995) mencionan que se reproduce entre mayo y julio frente a la costa Pacífica de Baja California, y al parecer, entre mayo y abril dentro del Golfo de California, sin mencionar la fuente de información.

Sus larvas en la costa pacífica de la península, se pueden encontrar a lo largo de todo el año, con la mayor abundancia entre agosto y octubre en el área de la Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa (Moser et al., 1993), en Bahía Magdalena la mayor abundancia de huevos y larvas es encontrada en los meses de mayo y junio (Funes et al., 2001). En el Golfo de California, al parecer también se pueden encontrar todo el año, pero la mayor abundancia es para los meses de abril y mayo, con una amplia distribución en toda el área (Moser et al., 1974; De la Campa y Ortiz, 1975; Olvera y Padilla, 1986; Aceves, 2003). En Bahía de La Paz, la época en la que se encontraron sus huevos y larvas es coincidente a lo encontrado para el Golfo de California y Bahía Magdalena con las mayores densidades para el periodo primaveral.

En la costa pacífica de la península la temperatura registrada donde se encuentran las larvas de esta sardina esta entre los 20° a 26° C (Funes, 2001; Funes et al., 2001). En el Golfo de California, De la Campa y Ortiz (1975) la sitúan entre los límites de 19.7° a 23.5° C con las mayores densidades a los 19° C. Este intervalo de temperaturas es coincidente al encontrado en Bahía de La Paz, el cual se extendió desde los 18.7° hasta los 27° C, donde las mayores densidades estuvieron entre los 19° y 24.5° C.

Al parecer las características ambientales en las que la especie presenta su periodo reproductivo son muy conservativas, ya que, tanto la época de encuentro de huevos y larvas, como los intervalos de temperatura, son coincidentes con los del Golfo de México (Houde, 1977).

En la bahía el área donde se encontraron sus huevos y larvas, presenta el mismo patrón que para la sardina crinuda y monterrey, siendo muy probable que sean los mismos procesos los que estén influenciando el desove de esta especie, en coincidencia al de las otras dos, manifestándose también un patrón semejante en la distribución de tallas de sus larvas, donde en la porción interna se concentra las diferentes clases diarias como un probable mecanismo de concentración y retención (Fig. 47).

De la misma forma que para lo mencionado en las otras especies, la concentración de huevos y larvas encontrados en la zona, se puede considerar elevada con respecto a lo encontrado por otros autores, tanto para la Costa Occidental de la península, Bahía Magdalena y el Golfo de California (Moser et al., 1974; Olvera y Padilla, 1986; Funes, 2001; Funes et al., 2001).



Figura 47.- Tallas de las larvas de *Etrumeus teres* en cada estación del crucero 9002.

8.5 Harengula thrissina

Esta especie se distribuye desde La Jolla, California a Perú, incluyendo el Golfo de California. De las especies encontradas, es la de distribución más costera, encontrándose a lo largo de las playas y áreas estuarinas. Se desconoce mucho de su biología y los trabajos de ictioplancton en los que se menciona esta especie son escasos. En el Golfo de California, Aceves et al. (2003), manifiestan el encuentro de sus larvas, sin mencionar el periodo de aparición, aunque al parecer es en los meses de verano su presencia (observaciones personales). Para Bahía Magdalena Funes et al. (2001), encuentran sus huevos y larvas en los meses de agosto y septiembre y en la Ensenada de La Paz, Arreola (1991), lo hace para los meses de junio y julio, ambos coincidiendo dentro del periodo de verano. Watson y Sandknop (1996) mencionan que el periodo de encuentro de sus primeros estadios puede ser entre los meses de abril y octubre. Este último periodo se ajusta a lo encontrado en la Bahía, donde se presentaron de abril a agosto.

El intervalo de temperatura en el que han encontrado sus huevos y larvas es de 26° a 30° C en el área de Bahía Magdalena y la Ensenada de La Paz (Arreola 1991; Funes et al. 2001). En el Golfo de California debe de ser semejante el intervalo por los meses en el que aparecen sus larvas. En la Bahía es más amplio el intervalo encontrado, el cual fue de 22.3° a 30.2 °C. Esta diferencia es difícil explicarla con la poca información generada para la especie, sin embargo, cabría la posibilidad de estar identificando erróneamente algunas de las larvas y sobre todo en el periodo primaveral, que es precisamente donde está la diferencia.

Esta posible confusión podría estarse dando con la especie *Lile stolifera*, de la que se desconocen sus primeros estadios y en la que el número de vértebras o miómeros se traslapa con *H. thrissina*, siendo ésta una de las características mas importantes en la diferenciación específica para las larvas de esta familia de peces y sobre todo para las tallas pequeñas, en los estadios de preflexión y flexión, los cuales son los más comunes en las recolectas.

Lo anterior se sustenta en observaciones de ejemplares recolectados en la Bahía de Pichilingue, en abril de 1996 con un chinchorro de luz de malla de 1mm, en el cual se obtuvieron 8 ejemplares con tallas entre los 7 a los 19 mm. Al parecer, las características como el número de miómeros y el patrón de pigmentación presentada podría conducir a la identificación como *Harengula thrissina*. Sin embargo en el conteo del número de radios de las aletas para los ejemplares más grandes, se observó que los elementos de la aleta anal sobrepasaban los registrados para *H. thrissina*, los cuales van entre 14 a 17 radios y estos ejemplares presentaron 20 radios, lo cual es una de las pocas caracteristicas merísticas que diferencian a ambas especies, ya que *L. stolifera* presenta de 15 a 23 radios. Con lo anterior se podría suponer que los estadios larvarios pueden ser muy semejantes para las dos especies, de tal manera que es hasta que no aparecen los elementos de las aletas cuando se puedan diferenciar. Evidentemente hay que probar este supuesto con evidencias directas

como la obtención de series de desarrollo a partir de la inducción del desove de cada una de las especies.

Aun con lo anterior, se decidió dejar la identificación de todos los ejemplares como pertenecientes a *H. thrissina* hasta no tener evidencias mas contundentes.

9. CONCLUSIONES

- Se identificó la presencia de huevos y larvas de las especies *Sardinops caeruleus, Etrumeus teres, Harengula thrissina*, y debido a la falta de claridad en la distinción de los primeros estadios de las especies de *Opisthonema* éstos se manejaron a nivel de genero.
- Se encuentra de manera general que los primeros estadios de S. caeruleus aparecen en invierno-primavera, Opisthonema spp., se presentan en primavera-verano, E. teres se encuentran en las tres épocas de estudio y con respecto a H. thrissina aunque muy incipiente su aparición está en primavera-verano.
- La temperatura presenta una relación estrecha con la presencia de los primeros estadios de cada una de las especies. En el caso de *S. caeruleus* se encontró en el intervalo de los 19 °C a los 26 °C, con las mayores abundancias de los 19 °C a 23 °C, para *Opisthonema* spp. su aparición fue de los 22 °C a los 30 °C y preferentemente de los 22 °C a 25 °C en primavera y 29 °C para el verano, *Etrumeus teres* se halló de los 19 °C a los 27 °C, con picos en los 21 °C, 24 °C y 26 °C, *Harengula thrissina* estuvo entre los 22.5 °C y 30.5 °C con las mayores abundancias en los 24 °C y 26 °C.
- No se observó una relación aparente con la biomasa zooplanctónica, ya que la presencia de los primeros estadios no muestra una tendencia por un intervalo definido, presentándose desde los 50 ml/1000m³ a los más de 1000 ml/1000m³ con el grueso de estaciones positivas entre los 100 y 450 ml/1000m³ para todas ellas.
- Si bien cada especie se enmarca en una época, todas ellas fueron más abundantes en la región sur de la Bahía, cerca de la Isla Espíritu Santo y la parte interna adyacente al canal de San Lorenzo, probablemente asociados a giros provocados por la circulación influenciada por el viento, teniendo cierta dispersión las larvas hacia la parte norte pero siendo más marcada la retención.
- En la Bahía se manifiestan dos periodos bien marcados, uno con vientos intensos procedentes del norte los cuales generan mezcla y enriquecimiento que dando condiciones más propicias para la producción biológica y otro con vientos débiles del sur que aunado a la mayor insolación en este periodo producen una fuerte estratificación generando una disminución en la producción biológica.
- Se obtuvo una gran abundancia tanto de huevos y larvas de la sardina monterrey, crinuda y japonesa comparable a las áreas que se identifican como las más importantes en la distribución de estas sardinas.

- La gran abundancia de estas sardinas se obtuvo en invierno-primavera, enmarcándose la preferencia del desove con los procesos de producción biológica de mayor intensidad de esta época.
- En el área se pueden definir los procesos que conforman la triada fundamental (enriquecimento, concentración y retención), con lo que la Bahía representa una zona importante en el desove de estas especies.
- La variación interanual en el ambiente afecta la distribución de las especies, siendo esto manifiesto en la Bahía al verse los cambios en la abundancia de huevos y larvas, favoreciendo el calentamiento a la sardina crinuda y ejerciéndole efecto contrario en la monterrey.
- Para Opisthonema spp., se presentan larvas con dos patrones diferentes de pigmentación en la región cefálica y la placa hipúrica, con lo que se podrían definir dos especies, cada una de ellas asociada a una época en particular (tipo 2 en la primavera y tipo 1 en el verano).
- Se propone la existencia de un núcleo poblacional de sardina monterrey en la bahía, con condiciones ambientales apropiadas (productividad, temperatura, corrientes) para su reproducción, desarrollo y permanencia, siendo de esta manera un punto importante en la conexión entre la población residente del Golfo de California y la de la costa pacífico del sur de la península.

10. RECOMENDACIONES

Seria interesante seguir con el monitoreo por medio de campañas oceanográficas donde se pudiera medir el mayor número de parámetros físicos (temperatura, viento, corrientes), químicos (salinidad, nutrientes) y biológicos (pigmentos fotosintéticos, productividad, conformación y distribución de la comunidad planctónica), tantos como fuera posible, para tener una mejor descripción del ambiente de desove de estas especies de pelágicos. Además dicha continuidad permitiría valorar y corroborar si el área de la Bahía de La Paz es un sitio importante en la distribución de estas especies.

También seria importante hacer evaluaciones de estos recursos, de tal manera de complementar la información entre los adultos y sus primeros estadios.

Para tener una mejor valoración del desove de las especies de la sardina crinuda sería importante tener bien definidas las características que nos permitieran identificar a sus primeros estadios, con lo que es prioritario llevar a cabo sus series de desarrollo a partir de la obtención de gametos con progenitores bien identificados.

De la misma forma, con el desconocimiento de los primeros estadios de la sardina *Lile stolifera*, también seria recomendable llevar a cabo sus series de desarrollo.

- Acal, D. E. 1990. Biomasa y rendimiento potencial de la sardina crinuda (Opisthonema spp.) en las costas de Sinaloa y Nayarit. Cienc. Mar.16:61-73.
- Acal, D. E. y D. Corro- Espinosa. 1994. Reproducción y distribución de peces clupeidos en el sur del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México. Rev. Biol. Trop. 42:239-261.
- Aceves-Medina, G. 1992. Análisis espacio-temporal de la distribución y abundancia de larvas de pleuronectiformes en el Golfo de California, periodo 1984-1986. **Tesis de Maestría**, CICIMAR-IPN., México. 62 pp.
- Aceves-Medina, G. 2003. Grupos de larvas de peces recurrentes en la costa occidental de Baja California Sur y región central del Golfo de California. **Tesis Doctoral**, CICIMAR-IPN., México. 132 pp.
- Ahlstrom, E. H. 1943. Studies on the Pacific pilchard or Sardine (Sardinops sagax) 4. Influence of the Temperature on the Rate of Development of Pilchard Eggs in Nature. Spec. Sci. Rep., U. S. F. W. S. 23:1-26.
- Ahlstrom, E. H. 1948. A record of Pilchard Eggs an Larvae collected during surveys made in 1939 to 1941. **Spec. Sci. Rep.,** U. S. F. W. S. 54:1-82.
- Ahlstrom, E. H. 1954. Distribution and abundance of egg and larval population of the Pacific sardine. **Fish. Bull.** 56: 83-140.
- Ahlstrom, E. H. 1959a. Vertical distribution of pelagic fish eggs and larvae off California and Baja California. **Fish. Bull.** 60(165): 185-213
- Ahlstrom, E. H. 1959b. Distribution and abundance of eggs of the Pacific Sardine, 1952-1956. **Fish. Bull.** 60(161): 107-146.
- Ahlstrom, E. H. 1960. Synopsis on the Biology of the Pacific Sardine (*Sardinops caerulea*). **FAO Fish. Biol. Synops.** 17:415-451.
- Ahlstrom, E. H. 1965. A review of the effects of the environment of the Pacific sardine. **ICNAF. Spec. Pub.** 6:53-76.
- Ahlstrom, E. H. 1966. Distribution and abundante of sardine and anchova larvae in the California Current region off California and Baja California, 1951-64: A summary. U.S. Fish and Wild. Serv., Sci. Rep. Fish. 534:1-71.
- Ahlstrom, E. H. 1967. Co- ocurrente of sardine and anchovy larvae in the California Current Region off California and Baja California. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 11:117-135.
- Ahlstrom, E. H. y H. G. Moser. 1976. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigation and in fisheries. **Rev. Trav. Ins. De Pech. Mar.** 40:379-398.
- Ahlstrom, E. H. y H. G. Moser. 1981. Systematics and development of early life history stages of marine fishes: achievements during the past century, present status and suggestions for the future. **Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.** 178:541-546.
- Allen, W. E. 1937. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the G. Allan Hancock Expedition of 1936. Allan Hancock Pac. Exped. Univ. S. Cali. Publ. 3:47-59.

- Álvarez-Arellano, A. y J. Murillo-Jiménez. 1989. Cuerpos de agua inferidos a partir del registro micropaleontológico (Radiolaria), en sedimentos superficiales del fondo marino de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. **An. Inst. Cienc. Mar y Limnol.** UNAM. 16:135-146.
- Alvarez-Borrego, S, y R. A.Schwartzlose. 1979. Masas de agua del Golfo de California. Cienc. Mar. 6:43-63.
- Álvarez-Sánchez, L. G., B. Wyatt, M. R. Stevenson. 1978. Corrientes en la región de la boca del Golfo de California en la primavera de 1970. **Cienc. Mar.** 5:105-118.
- Alvariño, A. 1980. The relation between the distribution of zooplancton predators and anchovy larvae. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 21: 150-160.
- Arreola L., J. A. 1991. Larvas de peces en la Ensenada de La Paz, B.C.S. (1984). Tesis de Licenciatura. U. A. B. C. S. México. 94pp.
- Arthur, D. K. 1976. Food and feeding of larvae of three fishes occurring the California current, Sardinops sagax, Engraulis mordax and Trachurus symmetricus. Fish. Bull. 74: 517-530
- Badan-Dangon, A., D. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. **Oceanol. Acta**. 8:13-22
- Bakun, A. 1985. Compartive studies and the recruitment problem: Searching for generalizations. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 26:30-40.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. Univ.Calif. Sea Grant, San Diego, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. 323pp.
- Baumgartner, T. R. y N. Christensen. 1985. Coupling of the gulf of California to large scale interannual climatic variability. J. mar. Res. 3:825-848.
- Baumgartner, T. R., A. Soutar y V. Ferreira-Bartrina. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and Northern anchovy population over the past two millennia from sediments of Santa Barbara Basin, California. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 33:24-40.
- Beers, J. R. 1976. Determination of zooplankton biomass. En: Steedmann, H. F. (ed.). Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Metodology. UNESCO Press. 2: 35-84.
- Bernal, G., P. Ripa y J. C. Reguera. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el Golfo de California: Influencias del trópico y Pacífico norte. **Cienc. Mar.** 27: 595-617.
- Berry, F H. y I. Barret. 1963. Análisis de las branquiespinas y denominación de las especies del arenque de hebra *Opisthonema*. Bol. Com. Inter. Atún Trop. 7:113-190.
- Blaxter, J. H. S. and J. R. Hunter. 1982. The Biology of the Clupeoid Fishes. Adv. Mar. Biol., 20:1-223.
- Bray, J. R., y J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. **Ecol. Monogr.** 27: 325-349.
- Brinton E., A. Fleminger and D. Siegel-Causey. 1986. Temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 27:228-263.
- Castro, R., A. S. Mascareñas, R. Durazo and C. A. Collins. 2000. Seasonal variation of the temperatura and salinity at the entrance to the Gulf of California, México. Cienc. Mar. 26:561-583.
- Chávez, H. 1985. Bibliografía sobre los peces de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR. 2:75 pp.
- Cisneros-Mata, M.A., M. O. Nevarez-Martínez y M. Gregory Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, Sardinops sagax caeruleus Girard, in the Gulf of California, México. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 36:136-142.
- Cisneros-Mata, M. A., G. Montemayor-López y M. O. Nevárez-Martínez.1996. Modeling deterministic effects of age structure, density dependence, environmental forcing, and fishing on the population dynamics of Sadinops sagax caeruleus in the Gulf of California. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 37:201-207.
- Clark, F. N. 1936. Variation in the number of vertebrae of the sardine, Sardinops caerulea (Girard). Copeia. 3:147-150
- Clark, F. 1947. Analysis of the populations of the Pacific sardine on the basis of vertebral counts. **Calif. Fish Game Bull**., 65, 26 pp.
- Clark, F. N. y J. F. Jansen Jr. 1945. Movements and abundance of the sardine as measured by tag returns. **Calif. Dep. Fish Game, Fish Bull.** 61:7-42.
- Cruz-Orozco, R., A. Mendoza-Maravillas y C. Martínez-Noriega. 1990. Profundidades y formas de la Bahía de La Paz. **Geonotas** U.A.B.C.S. n. 1.
- Cupp, E. E, y W. E Allen. 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obteined by the Allan Hancock Pacific Expedition of 1937. Allan Hancock Pac. Exped. Univ. S. Cali. Publ. 3:61-100
- Cury, P. y C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. **Can. J. Aquat. Sci.** 46:670-680.

Cushing, D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge; University Press: 278pp.

- De La Campa, S. 1974. Larvas de peces colectadas en la costa suroeste de Baja California durante mayo-junio de 1973. Ser. Cient. INP/Méx. 4 : 1-17.
- De la Campa, S. y C. Gutiérrez. 1974. Distribución horizontal de huevos y larvas de sardina monterrey y larvas de sardina crinuda y bocona en el Golfo de california, en Abril de 1972. **Ser. Cient. INP/Méx.** 2
- De La Campa, S. y J. M. Ortiz J. 1975. Distribución y abundancia de larvas de peces en el Golfo de California durante abril-mayo d 1973, con especial referencia a sardina monterrey y japonesa. **Ser. Cient. INP/Méx.** 11: 25 pp.
- 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, 1975. Mem. Simp. Rec. Pesq. Masivos. México. 1:1-13.
- De Silva-Dávila, Roxana. 1997. Abundancia y distribución de los eufausidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. **Tesis de Maestría**, CICIMAR-IPN., México. 112 pp
- De Silva-Dávila, R. y R. Palomares-Garcia. 1998. Inusual larval growth production of *Nyctiphanes simplex* in Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. J. Crust. Biol. 18:490-498.
- Emilsson, I. y M. A. Alatorre. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California.. En: Lavín, M.F. (ed). Contribuciones a la oceanografía física en México. Unión Geofísica Mexicana. Monografía No. 3: 173-180.

- Escudero, M. A. y R. M. Olvera. 1976. Estimación de la Biomasa Reproductora de Anchoveta, *Engraulis mordax* Girard, a partir del censo larval en la costa occidental de Baja California, México. (Nov.1974-Dic. 1975) **Mem. Simp. Rec. Pesq. Masivos de México** I:295-313.
- Félix-Pico, E. 1975. Informe preliminar del programa de estudios ecológicos de Bahía Concepción, Estero San Lucas y Bahía de La Paz, B. C. S. Inf. Int. CICIMAR. 58-66.
- Félix-Uraga, R. y R. M. Alvarado-Castillo. 1995. El incremento en la captura de la sardina monterrey Sardinops caeruleus y su relación con el reclutamiento. Tendencias actuales en las poblaciones de pelágicos menores y su relación con la variabilidad ambiental reciente, La Paz, B.C.S., México, Instituto Nacional de la Pesca y Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.:36-45.
- Félix-Uraga, R., R. M. Alvarado-Castillo. y R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 37:188-192.
- Fernández-Barajas, M. E., M. A. Monreal-Gómez y A. Molina-Cruz. 1994. Estructura termohalina y flujo geostrófico, en el Golfo de California, durante 1992. Cienc. Mar. 20:267-286.
- Fiedler, P.C. 1986. Offshore entrainment of anchovy spawning habitat, eggs, and larvae by a displaced eddy in 1985. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 27:144-152.
- Flores R., S. 1994. Utilización ecológica de la Bahía de La Paz, B. C. S. por el rorcual tropical *Balaenoptera edeni* (Cetacea: Balaenopteridae) 1988-1991. **Tesis de Maestría**, U: A. B. C. 93pp.
- Franco-Gordo, G., E. Godínez-Domínguez y E. Suarez-Morales. 2002. Larval fish assemblages in waters off the central Pacific coast of México. J. Plank. Res. 24:775-784.
- Funes-Rodríguez, R. 1985. Abundancia de sifonóforos y larvas de Sardinops sagax caerulea en el invierno (1981-1982), en Bahía Magdalena, B. C. S., México. Inv. Mar. CICIMAR. 2:70-76.
- Funes-Rodríguez, R. 1991. Abundancia ictioplanctónica de algunas especies pelágicas de la costa occidental de Baja California Sur, abril de 1982 a enero de 1984. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN., México. 65pp.
- Funes-Rodríguez, R. 2001. Estructura de la comunidad del ictioplancton de la costa occidental de Baja California Sur, durante y después del evento El Niño (1982-1983). Tesis Doctoral, UNAM. México. 105pp.
- Funes R., R. y A. Esquivel H. 1985. Determinación de las principales características que permiten la identificación de las larvas de *Opisthonema* spp. en la costa del Pacífico de Baja California Sur. Inv. Mar. CICIMAR. 2:77-85.
- Funes R., R y A. Esquivel H. 1988. Comparación de los caracteres merísticos, morfométricos y patrones de pigmentación en las larvas del género *Opisthonema* Gill, 1861, en el noroeste de México. Cienc. Mar. 14:51-68.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, R. Avendaño-Ibarra, M. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez y W. Watson. 2001. Spawning of small pelagic fishes in Bahía Magdalena, Baja California Sur, México, at the beginning of the 1997-1998 El Niño Event. Est. Coast. Shelf Sci. 53:653-664.
- Garate-Lizárraga, I., M. L. Hernández-Orozco, C. Band-Schmidt y G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along the coast of Baja California Sur, México (1984 to 2001). **Oceánides**. 16:127-134

- García-Pámanes, J. 1981. El fitoplancton de la porción oriental de la Bahía de La Paz, B. C. S. durante primavera y verano. **Mem. VII Sim. Lat. Oceanog.. Biol.** 201-218.
- Gendron, D. 1990. Relación de la abundancia de eufásidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. **Tesis de Maestría**, CICIMAR-IPN., México. 70pp.
- Gilbert, J. Y. y W.E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E.W. Scripps" in 1939 and 1940. J. Mar. Res. 5(2):89-110.
- Gómez-Gutiérrez, J. 1992. Efecto de las condiciones ambientales sobre la distribución y abundancia de las poblaciones de (Crustacea) en la costa occidental de Baja California, durante mayo de 1986, julio de 1987 y 1988. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN.México. 128 pp.
- González-Navarro., E. y I. Hurtado de Mendoza. 1984. Distribución de larvas de peces de la Ensenada de La Paz, B. C. S. Mem III Simp. Biol. Mar. U. A. B. C. S: 211-221.
- González-Navarro., E. y R. Saldierna-Martínez. 1997. Zooplancton de la Bahía de La Paz, B. C. S. (1990-1991). En: Urbán R. J. y M. Ramírez R. (eds) La Bahía de La Paz, investigación y conservación UABCS – CICIMAR –SCRIPPS. 43-57
- Granados-Guzmán, A. y S. Álvarez-Borrego. 1983. Variabilidad de temperatura en la Ensenada de La Paz, B.C.S. **Cienc. Mar.** 9:133-141.
- Gutiérrez H., C. 1974. Investigaciones ictioplanctónicas en el Golfo de California en Abril de 1971. Ins. Nal. De Pesca, INP/SI 7:15p.
- Gutiérrez, H. C. y M. A. Padilla. 1974. Distribución de huevos y larvas de sardina crinuda en el Golfo de California, 1973. **Ser. Cient. INP/Méx**. 5 : 1-24.
- Hammann, M- G., T. R. Baumgarthner y A. Badan-Dangón. 1988. Coupling of the Pacific sardine (Sardinops sagax caeruleus) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. Cal.Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 29:102-108.
- Hammann, M. G. 1991. Spawning habitat and egg and larval transport, and their importance to recruitment of pacific sardine, *Sardinops sagax caeuruleus*, in the Gulf of California. En: T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (eds).Long-term variability of pelagic fish population and their environment. Proc. Int. Symp., Sendai, Japan, 1989. Oxford: Pergamon Press: 271-278.
- Hammann , M. G., M. O. Nevárez-Martínez y Y. Green-Ruiz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: egg and larval distribution 1956-57 and 1971-1991. Cal.Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 39:169-179.
- Hargreaves, N. B., D. M. Ware y G. A. McFarlane. 1994. Return of Pacific Sardine (Sardinops sagax) to the British Columbia Coast in 1992. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 51:460-463.
- 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 contrasts with historical data and with variability in the northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 87:653-671.
- Hedgecock, D., K. Nelson y L.G. Lopez-Lemus. 1988. Biochemical genetic and morphological divergence among three species of thread herring (*Opisthonema*) in northwest México. Cal.Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 29: 110-121.
- Hempel, G. 1979. Early Life History of Marine Fish. The egg stage. Washington Sea Grant Publ., Seattle. 70 pp

- Hernández-Rivas, M. E., S. P. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez y R. J. Saldierna-Martínez. 2000. El Centro de Actividad Biológica de Bahía Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIB, CICIMAR-IPN, CONACYT: 65-85.
- Hernández-Trujillo S., A. Esquivel-Herrera y R. Saldierna-Martínez. 1987. Biomasa zooplanctónica en la costa oeste de Baja California Sur (1982-1985), en: Ramírez-Rodríguez E. M. (Ed.), Mem. Simp. Invest. Biol. Ocean. Pesq. Méx., CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México: 161-170.
- Hernández-Vázquez, S. 1994. Distribution of eggs and larvae from sardine and anchovy off California and Baja California, 1951-1989. **Cal.Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 35:94-107.
- Hernández-Vázquez, S. 1995. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina y anchoveta en las costas de California y Baja California y su relación con factores ambientales: 1951-89. **Tesis Doctoral**. C.I.C.E.S.E. México. 178pp.
- Holmgren-Urba, D. y T. R. Baumgartner. 1993. A 250-year history of pelagic fish abundance from anaerobic sediments of central Gulf of California. Cal.Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 34:136-140.
- Houde, E. D. y P. L. Fore, 1973. Guide to identity of eggs and larvae of some Gulf of México clupeid fishes. Fla. Dep. Nat. Resour., Mar. Res. Lab., Leafl. Ser. 4(23):14pp
- Houde, E. D. 1977. Abundante and potencial yield of the round herring, *Etrumeus teres*, and aspect of its early life history in the eastern Gulf of Mexico. **Fish. Bull.** 75:61-89.
- Hjort, J, 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe. Rapp. P. V Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 20: 1-228.
- Huato Soberanis, L. 1988. Fluctuaciones espacio-temporales en estructura de tallas de *Sardinops* sagax en el Golfo de California. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. México. 64pp.
- Jiménez-Illescaz, A. R. 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz B. C. S. **Tesis Doctoral**. ICML-UNAM. México. 168pp.
- Kawasaki, T. 1992. Mechanisms governing fluctuation in pelagic fish populations. En: Payne , A. I. L., K. H. Brink, K. H. Mann and R. Hilborn (eds). Benguela trophic Functioning. S. Afr. J. Mar. Sci. 12:873-879.
- Kramer, D. 1970. Distributional atlas of fish eggs and larvae in the California Current region: Pacific sardine, Sardinops caerulea (Girard), 1951 through 1966. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Atlas 12. 269 pp.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic condition and larval anchovy food in the California Current: Identification of factor contributing to recruitment failure. **Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.** 173:212-230.
- Lasker, R. 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. En: Lasker, R. (ed). Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology and Relation to Fisheries. Washington Sea Grant Progr. Seattle and London. 80-87.
- Lasker, R. y A. MacCall. 1983. New ideas on the fluctuations of clupeoid stock off California. Proceeding of the Joint Oceanographic Assembly. 1982. General symposia: 110-120.
- Lavaniegos-Espejo, B. y R. Lara-Lara. 1990. Zooplancton of the Gulf of California alter the 1982-1983 El Niño event: Biomasa distribution and abundante. **Pac. Sci.** 44(3):297-310.

- Lavaniegos E., B. y D. López C. 1997. Fatty acid composition and community structure of plankton from the San Lorenzo channel, Gulf of California. Est. Coast. Shelf Sci. 45: 845-854.
- Lavaniegos E., B. y E. González N. 1999a. Cambios en la comunidad de copépodos durante el ENSO 1992-1993 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. **Cien. Mar.** 25:239-265.
- Lavaniegos E., B. y E. González N. 1999b. Grupos principales del zooplancton durante El Niño 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. **Rev. Biol. Trop.** 1:129-140.
- Lavenberg, R. J. y J. E.Fitch. 1966. Annotated list of fishes collected by mid-water trawl in the Gulf of California, March-April 1964. Calif. Fish and Game, 52:92-110
- Lechuga-Deveze, C., J. Bustillos, M. T. Barreiro y D. López. 1990. Oscilaciones semi-diurnas, diarias y estacionales de variables físicas en la Ensenada de La Paz, B.C.S. **Invest. Mar CICIMAR.** 5:1-9.
- Lluch-Belda, D. 1995. Recruitment variability of clupeoid fishes: On the sources of recruitment variability in small pelagics. Tendencias actuales en las poblaciones de pelágicos menores y su relación con la variabilidad ambiental reciente, La Paz, B.C.S., México, Instituto Nacional de la Pesca y Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.:63-72.
- Lluch-Belda, D., F. Magallón-Barajas y R. A. Schawartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: posible causes. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 27:136-140.
- Lluch-Belda, D., R. J. M. Crawford, T. Kawasaki, A. D. MacCall, R.H. Parrish, R. A. Schwartzlose y P. E. Smith. 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. **S. Afr. J. Mar. Sci.** 8:195-206.
- Lluch-Belda, D., S. Hernández-Vázquez y R. A. Schwartzlose. 1991a. A Hypothetical model for the fluctuation of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*). En: T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (eds).Long-term variability of pelagic fish population and their environment. Proc. Int. Symp., Sendai, Japan, 1989. Oxford: Pergamon Press: 293-300.
- Lluch-Belda, D., D. B. Lluch-Cota., S. Hernández-Vázquez., C. A. Salinas-Zavala. y R. A. Schwartzlose. 1991b. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current system. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 32: 105-111.
- Lluch-Cota, S.E., D. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda, M. O. Nevárez-Martinez, A. Pares-Sierra y S. Hernández-Vázquez. 1999. Variability of sardine catches related to enrichment, concentration and retention processes in the central Gulf of California. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports. 40: 184-190.
- Makarov, V. y A. Jiménez-Illescas. 2003. Corrientes básicas barotrópicas en el Golfo de California. Cienc. Mar. 29:141-153.
- Marr, J. C. 1957. The subpopulation problem in the Pacific sardine, *Sardinops caerulea*. U. S. Fish. Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep., Fish. 208:108-120.
- Marr, J. C. 1960. The causes of the mayor variations in the catch of the Pacific sardine, Sardinops caerulea (Girard). Proc. World. Scientific Meeting on Biol. Sardines and related species. FAO/UN, 3:667-791.
- Marr, J. C. 1963. A model of the population biology of the Pacific sardine *Sardinops caerulea*. **Cons. Perman. Int. Pour L'Expl. De la Mer. Rapp. Et Proc. Verb.** 154:270-278.

- Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas y J. E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de clorofila a en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. Hidrobiológica. 11:45-52.
- Martínez-Zavala, M. A., M.A. Cisneros-Mata, M. L. Anguiano-Carrazco, J. P. Santos-Molina, M. O. Nevárez-Martínez, A. R. Godínez-Cota y G. Montemayor-López. 2000. Diagnosis de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1996/97 y 1997/98. SEMARNAP-INP. 52pp
- Matus N., E., R. Ramírez S., J. L. Ortiz G., y R. Martínez P.1989. El huevo y la larva de la sardina crinada del Pacífico *Opisthonema libertate* (Günther). **Rev. Biol. Trop.** 37:115-125.
- McCall, A.D. 1979. Population estimates for the waning years of the pacific fishery. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Reports.** 20:72-82.
- McFarland, G. A., P. E. Smith, T. R. Baumgartner y J. R. Hunter. 2002. Climate variability and Pacific Sardine Population and Fisheries. **Amer. Fish. Soc.** 32:195-214.
- Molina-Cruz A. 1986. Evolución ocenográfica de la Boca del Golfo de California. An. Inst Cienc. del Mar Limnol. UNAM. 13:95-120.
- Monreal-Gómez, M. A., A. Molina-Cruz y D. A. Salas-de León. 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. J. Mar. Syst. 30:305-315.
- Moreno-Garibay, F. A. 1978. Abundancia superficial de larvas de las familias Engraulidae y Clupeidae (*Sardinops sagax caerulea*) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., en primavera y verano. **Tesis de Licenciatura** U. A. B. C. México. 49 pp.
- Moreno-Salas, G. 1996. Distribución y abundancia de larvas de peces en la Bahía de La Paz, B. C. S., México, en febrero y agosto de 1990. **Tesis de Licenciatura**. U. A. B. C. S. México. 60 pp.
- Moser, H. G. (Ed) 1996. The early stages of fishes in the California Current region. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv.** Atlas 33, 1505 pp.
- Moser, H.G., E.H. Ahlstrom., D. Kramer y E.G. Stevens. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Report 17:122-128.
- Moser, H.G., R. L. Charter, P. E. Smith, D. A. Ambrose, S. R. Charter, C. A. Meyer, E. M. Sandknop, y W. Watson. 1993. Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current Region: Taxa with 1000 or more total larvae, 1951 through 1984. Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Atlas 31, 233 pp.
- Muñeton-Gómez, M. S., M. S. Cota-Meza y G. R. Vera-Alejandre. 1994. Primeros registros de la presencia de huevos y larvas de *Sardinops caeruleus* (Girard, 1856) en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. **Inv. Mar. CICIMAR**. 9:119-123-°
- Murillo-Jimenez, J. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir del registro paleontológico (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. **Tesis de Licenciatura**. U. A. B. C. S. México. 70 pp.
- Nevárez-Martínez, 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**, C.I.C.E.S.E. México. 144pp.
- Nevárez-Martínez, M. O. 2000. Variabilidad de la población de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California, México. **Tesis Doctoral**, CICIMAR-IPN. México. 103pp.

- Nevárez-Martínez, M. O., D. Lluch-Belda, M. A. Cisneros-Mata, J. P. Santos-Molina, M. A. Martínez-Zavala y S. E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundante of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. **Progress in Oceanography** 49:565-580.
- Nienhuis, H. 1980. Phytoplankton characteristics in the southern part of the Gulf of California. **CIBCASIO Trans.** 6(1):152-186.
- Nienhuis, H. 1984. Fitoplancton marino de zonas neríticas y oceánicas de Baja California. **CICIMAR-IPN**, México. 33pp.
- Norton, J., D. McLain, R. Brainard y D. Husby. 1985. The 1982-1983 El Niño event off Baja and Alta California and its ocean climate context. En: Wooster W. S. y D. L. Fluharty (eds). El Niño North. El Niño effects in the eastern subarctic Pacific ocean. Washington Sea Grant Program, University of Washington. 44-71.
- Obeso-Nieblas. M. 1986. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B. C. S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. México. 123pp.
- Olvera, L. R. M. 1975. Distribución de larvas de macarela (*Scomber japonicus* Houttuyn) en las áreas sur y central del Golfo de California, en abril de 1972. **Ser. Cient. INP/Méx**. 12: 1-15.
- Olvera-Limas, R. M. 1981. Estimación de biomasa reproductora de *Sardinops sagax caeruleus*, en la costa oriental del Golfo de California. Enero de 1976. **Ciencia Pesquera. INP/Méx.** I:27-34.
- Olvera, L., R. M. y M. A. Padilla. 1986. Evaluación de la población de sardinas japonesa (*Etrumeus teres*) y monterrey (*Sardinops sagax caerulea*) en el Golfo de California. **Ciencia Pesquera INP.** Méx. 5:1-15.
- Padilla-García. 1981. Biomasa de sardina (*Sardinops sagax*) y merluza (*Merlucius productus*). Febrero 1977. Cienc. Pesq. INP/Méx. 1:35-43.
- Padilla, M. A. 1976. Huevos y larvas de sardina monterrey (Sardinops sagax) y bocona (Cetengraulis mysticetus) del Golfo de California, Diciembre de 1974. Mem. Simp. Rec. Pesq. Mas. México I: 15-35.
- Palomares-García, J. R. 1987. Abundancia, distribución y variación estacional de los copépodos de la Ensenada de La Paz, B. C. S. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 162pp
- Parrish, R. H., R. Serra y W. S. Grant. 1989. The monotypic sardines, Sardina and Sardinops: their taxonomy, distribution, stock structure, and zoogeography. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46:2019-2036.
- Phillips, J. B. 1952. Report on the survey for young sardines, Sardinops caerulea, in California and Mexican waters, 1938-40, En: Phillips, J. B. and J. Radovich, Surveys through 1951 of the distribution and abundance of young sardines. Calif. Fish and Game, Fish Bull. 87-9-30.
- Quiñónez-Velázquez, C., M.O. Nevárez-Martínez y M. G. Gluyas-Millán. 2000. Growth and hatching dates of juvenile pacific sardine *Sardinops caeruleus* in the Gulf of California. Fish. Res. 48:99-106.
- Radovich, J. 1982. The collapse of the California sardine fisheries: what have we learned? **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Report** 23:56-78.

- Robinson, M. K. 1973. Atlas of monthly mean surface and temperatura in the Gulf of California, México. **Mem. Soc. Nat. Hist. San Diego.** 5, 34 pp.
- Robles, J. Ma. y S. G. Marinone. 1987. Seasonal and interannual thermohaline variability in the Guaymas Basin Of the Gulf of California. **Cont. Shelf Res.** 7:715-733.
- Roden, G. I.1958. Oceanographic and metereological aspect of the Gulf of California. **Pac. Sci.** 12:21-45
- Roden, G. I. 1964. Ocenographic aspects of the Gulf of California. En: Van Andel T. H. y G. G. Shor (Eds). Marine Geology of the Gulf of California. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull. 30-58.
- Roden, G. I. 1972. Thermohaline structure and baroclinic flor across the Gulf of California entrance and in the Revillagigedo Island region. J. Phys. Oceanogr. 2(2): 177-183.
- Roden, G. I. y G. W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. J. Mar. Res. 18:10-35.
- Roden, G. I. y I. Emilsson. 1979. Oceanografía física del Golfo de California. **Contribución CCML UNAM.** 209: 78 pp.
- Rodríguez-Domínguez, G. 1987. Caracterización bioecológica de las tres especies de sardina crinada (*Opisthonema libertate, O. medirastre* y *O. bulleri*) del Pacífico Mexicano. **Tesis de Maestria.** C.I.C.E.S.E. México. 139 pp.
- Rodríguez-Sánchez, R. 1989. Taxonomía de las especies del genero *Opisthonema* (sardina crinuda) en el noroeste de México. **Tesis de Maestría**, CICIMAR-IPN., México, 101 pp.
- Rodríguez-Sánchez, R., S. Ortega-García y H. Villalobos-Ortiz. 2003 (manuscrito). La sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*, GIRARD, 1956) alrededor del extremo sur de la península de Baja California, México y su relación con la variabilidad interanual de la Corriente de California. **Sometido a Ciencias Marinas.**
- Rodríguez-Sánchez, R., D. Lluch-Belda, H. Villalobos-Ortiz y S. Ortega-García. 2001. Large-scale long-term variability of small pelagic fish in the California Current system. In: Kruse, G. H., N. Bez, A. Booth, M. W. Dorn, S. Hills, R. N. Lipcius, D. Pelletier, C. Roy, S. J. Smith and D. Witherell (eds). Spatial processes and management of fish population. University of Alaska Sea Grant AK-SG-01-02, Fairbanks, Alaska: 447-462.
- Rodríguez-Sánchez, R., D. Lluch-Belda, H. Villalobos-Ortiz y S. Ortega-García. 2002. Dynamic geography of small pelagic fish population in the California Current System on the regime time scale (1931-1997). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59:1980-1988.
- Rosas-Cota, A. 1977. Corrientes geostróficas en el Golfo de California en la superficie y a 200 metros, durante las estaciones de invierno y verano. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Reports. 19:89-106.
- Round, F.E. 1967. The phytoplankton of the Gulf of California, Its composition, distribution, and contribution to the sediments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1:76-97.
- Saldierna M., R. J. 1991. Determinación de edad, desarrollo y mortalidad de huevos de la sardina crinuda, Opisthonema libertate en el complejo lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. **Tesis de Maestria**. CICIMAR-IPN., México. 72pp.
- Saldierna-Martínez, R. J., C. A. Sánchez O., y G. R. Vera A. 1987. Estudios sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda *Opisthonema libertate*, y monterey, *Sardinops sagax*, en Bahía Magdalena, B. C. S. **Tesis de Licenciatura**. U. A. B. C. S. México. 217 pp.

- Saldierna, M., R. J., M.E. Hernández, S. Hernández V. y E. González N. 1992. Determinación de edad y desarrollo de los huevos de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate* en Bahía Magdalena B.C.S., México. **Rev. Inv. Cient.**, 3(1): 71-80.
- Saldierna, M., R., R. Vera A., F. de Lachica B. y M. Hernández R. 1995. Estrategias reproductivas de Sardinops caeruleus y Opisthonema libertate (Pises: Clupeidae) en el Golfo de California, México. Tendencias actuales en las poblaciones de pelágicos menores y su relación con la variabilidad ambiental reciente, La Paz, B.C.S., México, Instituto Nacional de la Pesca y Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.:73-98.
- Salinas-González, F. 2000. Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía y Ensenada de La Paz, B. C. S.: Experimentación y modelación numérica. **Tesis Doctoral.** CICIMAR-IPN, México. 260 pp.
- Salinas-González, F., O. Zaytsev y V. Makarov. 2003. Formación de la estructura termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. **Cienc. Mar.** 29:51-65.
- Salinas-Zavala, C.A., D: B. Lluch-Cota, S. Hernández-Vázquez y D. Lluch-Belda. 1992. Anomalías de precipitación en Baja California Sur durante 1990. Posibles causas. Atmósfera. 5:79-93.
- Sancetta, C. 1995. Diatoms in the Gulf of California: Seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15000 years. **Paleoceanography**. 10:67-84
- Santamaría del Angel, E., S. Alvarez-Borrego y F. E. Muller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on Coastal Zone Color Scanner imagery. J. Geophys. Res. 99:7411-7421.
- Saville A. y D. Schnack. 1981. Some thoughts on the current status of studies of fish egg and larval distribution and abundance. **Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.** 178:153-157.
- Schwartzlose, R. A., J. Alheit, A. Bakun, T. R. Baumgartner, R. Cloete, R. J. M. Crawford, W. J. Fletcher, Y. Green-Ruiz, E. Hagen, T. Kawasaki, D. Lluch-Belda, S. E. Lluch-Cota, A. D. MacCall, Y. Matsura, M. O. Nevárez-Martínez, R. H. Parrish, C. Roy, R. Serra K. V. Shust, M. N. Ward, y J.Z. Zuzunaga. 1999. Worldwide large-scale fluctuation of sardine and anchovy population. S. Afr. J. Mar. Sci. 21:289-347.
- Scofield, E. C. 1934. Early Lyfe History of the California sardine (*Sardinops caerulea*), with special reference to distribution of eggs and larvae. **Cal. Div. Fish and Game, Fish. Bull.** 41:48pp
- Scofield E. C. y M. J. Linder. 1930. Preliminary report of the early life history of the California sardine. **Cal. Div. Fish and Game.** 6:120-124.
- Sette, E. O. y E. H. Ahlstrom. 1948. Estimation of abundance of the eggs of the Pacific pilchard (*Sardinops caerulea*) off Southern California during 1940 and 1941. J. Mar. Res. 7:511-542.
- Signoret-Poillon, M. y H. Santoyo-Reyes. 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. An. Centro Cienc. Mar. Limnol. U. N. A. M. 11: 99-106.
- Silva-Segundo, C. A. 2003. Estructura de la comunidad ictioplanctónica de Bahía Chamela, Jalisco y Bahía Manzanillo, Colima (ciclo 2001-2002). **Tesis de Licenciatura.** CUCBA, U. de G., México. 77pp.
- Smith, P. 1971. Distributional atlas of zooplancton volume in the California Current Región, 1951-1966. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas. 13:5101-6612.

- Smith, P.E. y S. L.. Ricardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. **FAO Doc. Tec. Pesca**. 175: 107p.
- Sokolov, V. A. 1974. Investigaciones biológico pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California (Sardina monterrey). Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Reports 17:92-96
- Sokolov, V. A. y M. Wong-Rios 1973. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinada y anchoveta) en 1971. Informe Científico No. 2, Inst. Nal. de Pesca, INP-SI:i2. 41pp.
- Soto-Mardones, L., S. G. Marinone y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. **Ciencias Marinas** 25(1): 1-30.
- Soutar, A. y J. D. Isaacs. 1969. History of fish population inferred from fish scales in anaerobic sediments off California. **Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Reports.** 13:63-70.
- Thunell, R. C., C. J. Pride, E. Tappa y F. E. Muller-Karger. 1994. Biogenic silica fluxes and accumulation rates in the Gulf of California. **Geology.** 22:303-306
- Tibby, R. B. 1937. The relation between surface water temperature and the distribution of spawn of the California sardine *Sardinops caerulea*. **Cal. Fish and Game.** 23:132-137.
- Torres V., J. R. 1986. Evaluación de la biomasa reproductora de Sardinops sagax por el método de producción de huevos, en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de Maestria. CICIMAR-IPN., México. 88pp.
- Torres V., J. R., C. G. García, R. I. Ochoa y V.A. Levy. 1985. Parámetros reproductivos de las poblaciones de *Opisthonema libertate* (Gunther) (Pisces: Clupeidae) y discusión sobre su evaluación por producción de huevos en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR, 2 (2): 45-58.
- Torres V., J. R.y L. Perezgomez. 1988. Variación de la fecundidad de Opisthonema libertate (Gunther, 1866) (Pisces:Clupeidae) de 1983 a 1985 en Baháia Magdalena, Baja California Sur, México. Inv. Pesq., 52 (2): 193-206.
- Trasviña, A., G. Gutierrez V., A. Valle L., R. González A., A. Mulhia y M. A. Cosio . 2003. Hydrographic observations of the flor in the vicinity of a shallow seamount top in the Gulf of California. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 56:1-14.
- Vera A., R. 1993. El desove de las sardinas crinuda y monterrey en Bahía Magdalena: Un análisis a corta escala de tiempo. **Tesis de Maestria**. CICIMAR-IPN., México, 118 pp.
- Villamar, A. 1965. Fauna malacológica de la Bahía de La Paz, B. C. S., con notas ecológicas. An. Inst. Nac. Invest. Biol. Pesq. México 1:113-152.
- Villaseñor-Casales, A. 1979. Distribución vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante la primavera de 1976. **Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Reports.** 20:146-149.
- Vrooman, A. 1964. Serologically differentiated subpopulations of the Pacific sardine, *Sardinops caeruleus*. J. Fish. Res. Board. Can. 21(4):691-701.
- Walsh, J. J., E. Whitledge, W.E. Esaias, R. L. Smith, S. A. Huntsman, H. Santander y B. Mendiola. 1980. The spawning habit of the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Deep Sea Research 27:1-27.
- Watson, W. 1992. Distribution of larval pacific sardine, Sardinops sagax, in shallow coastal waters between Oceanside and San Onofre, California: 1978-1986. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Reports. 33:89-99.

- Watson, W, y E. M. Sandknop. 1996. CLUPEIDAE: Herrings. En: Moser, H. G. (Ed). The early stages of fishes in the California Current region. **Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv.** Atlas 33, 1505 pp
- Whitehead, P. J. P. 1985. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei)- an annotated and illustrated catalogue of herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part. I. Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fish. Synop. 7:303pp.
- Whitehead, P. y Rodríguez-Sánchez. 1995. Clupeidae: Sardinas, sardinetas, machuelos, sábalos, piquitingas. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem. (eds). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Roma, FAO. II. y III Parte 1 y 2. pp. 649-1813.
- Wong, M. 1974. Biología de la sardina del Golfo de California (*Sardinops sagax caerulea*) Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Reports. 17:97-100.