

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE
RECURSOS MARINOS**

**ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA HIDROGRAFÍA Y EL
ICTIOPLANCTON SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S.,
MÉXICO (2001-2002).**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A :

EDGAR LEONARDO PÉREZ LEZAMA



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 18 del mes de Noviembre 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:

"ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA HIDROGRAFÍA Y EL ICTIOPLANCTON SUPERFICIAL DE
LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO (2001-2002)"

Presentada por el alumno:

PEREZ

Apellido paterno

LEZAMA

materno

EDGAR LEONARDO

nombre(s)

Con registro:

A	0	3	0	4	1	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN

PRESIDENTE

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO

DR. MACLOVIO OBESO NIEBLAS

SEGUNDO VOCAL

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

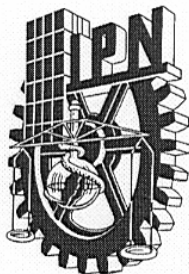
TERCER VOCAL

DR. JOSÉ ALBERTO OCAÑA LUNA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 01 del mes Junio del año 2005, el (la) que suscribe EDGAR LEONARDO PEREZ LEZAMA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A030416 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN y cede los derechos del trabajo titulado: "ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA HIDROGRAFÍA Y EL ICTIOPLANCTON SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO (2001-2002)" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: eperezl@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

EDGAR LEONARDO PÉREZ LEZAMA

nombre y firma

INDICE

Resumen	i
Abstract.....	ii
I) Introducción.	1
I.1) Justificación	4
I.3) Antecedentes.....	5
I.4) Objetivo.	8
I.4.1) Objetivos particulares	8
II) Área de Estudio	8
III) Metodología	12
III.1) Metodología de campo:	12
III.2) Trabajo de laboratorio.....	14
IV) Resultados	16
IV.1) Resultados físicos	16
IV.2) Resultados Biológicos	23
IV.2.1) Listado taxonómico.....	23
IV.3) Resultados estadísticos	35
V) Discusión.....	53
VI) Conclusiones	64
VII) Literatura citada	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de toponimia de la Bahía de La Paz, B.C.S, México.	9
Figura 2. Mapa de batimetría en metros de la Bahía de La Paz.	10
Figura 3. Ubicación de estaciones de muestreo en la Bahía de la Paz.	13
Figura 4. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de clorofila “a” en mg/m^3	17
Figura 5. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de Densidad σ_t en kg/m^3 de ambos periodos.	18
Figura 6. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de salinidad en psu de ambos periodos.	19
Figura 7. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial temperatura en $^{\circ}\text{C}$ de ambos periodos.	20
Figura 8. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de oxígeno disuelto en mg/l de ambos periodos.	21
Figura 9. Imágenes NOAA-AVHRR de resolución de 1.1km de temperatura superficial del mar de julio del 2001.	22
Figura 10. Imágenes de temperatura superficial del mar (NOAA-AVHRR) de febrero del 2002.	22
Figura 11. Mapas de distribución horizontal de la concentración de biomasa zooplanctónica en $\text{ml}/1000\text{m}^3$ en ambas épocas.	30
Figura 12. Mapas comparativos de distribución y abundancia superficial de <i>Vinciguerria lucetia</i> en ambas épocas.	31
Figura 13. Mapas comparativos de distribución y abundancia superficial de <i>Sardinops sagax</i> en ambas épocas.	32
Figura 14. Mapa de distribución y abundancia superficial de <i>Opisthonema libertate</i> en julio del 2001.	33
Figura 15. Mapa de distribución y abundancia superficial de <i>Anisotremus davidsonii</i> en julio del 2001.	34
Figura 16. Mapa de distribución y abundancia superficial de <i>Abudefduf troschelii</i> en julio del 2001.	35

Figura 17. Cluster en modo “Q” (estaciones) para el mes de julio del 2001.	39
Figura 18. Mapa de agrupación de estaciones modo “Q” en Julio del 2001.	40
Figura 19. Montaje del mapa de agrupación de estaciones del análisis de cluster, sobre la imagen de temperatura superficial de la bahía (julio 2001).	41
Figura 20. Cluster en modo “R” de asociaciones de especies en julio del 2001.	42
Figura 21. Mapa de asociaciones larvales en julio del 2001. Los colores corresponden a las agrupaciones del cluster.	43
Figura 22. Cluster en modo “Q” (estaciones) para el mes de febrero del 2002.	44
Figura 23. Mapa de agrupación de estaciones (modo “Q”) para el mes de febrero del 2002. Los colores corresponden a las agrupaciones del cluster.	45
Figura 24. Montaje del mapa de asociaciones modo “Q” para el mes de febrero y su imagen de temperatura superficial del mar correspondiente.	46
Figura 25. Cluster de asociaciones larvales (modo “R”) para el mes de febrero del 2002.	47
Figura 26. Mapa de distribución de asociaciones larvales para el mes de febrero del 2002.	48
Figura 27. Gráfica de correspondencias canónicas de estaciones en julio del 2001.	49
Figura 28. Gráfica de correspondencias canónicas de estaciones en febrero del 2002.	50
Figura 29. Gráfica de correspondencias canónicas de larvas de peces en julio del 2001.	51
Figura 30. Gráfica de correspondencias canónicas de larvas de peces en febrero del 2002.	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. **Relación del número de larvas de peces por taxa en la Bahía de La Paz.**..... **23**

Tabla 2. **Tabla de correlación de taxa contra parámetros de julio del 2001.**..... **36**

Tabla 3. **Tabla de correlación de taxa contra parámetros de febrero del 2002.**..... **38**

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA HIDROGRAFIA Y EL ICTIOPLANCTON SUPERFICIAL DE LA BAHIA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO (2001-2002).

PÉREZ LEZAMA Edgar Leonardo –CICIMAR-IPN.

Resumen

La Bahía de La Paz es el cuerpo de aguas protegidas más extenso de la costa occidental del Golfo de California. Presenta una interacción con este a través de dos bocas permanentes con diferente dimensión y profundidad. El estudio del ictioplancton permite el conocimiento sobre tiempos de desove y la estimación del tamaño de las poblaciones adultas de especies de peces con importancia, ya sea comercial o ecológica. La sincronización entre los eventos del desove y las condiciones ambientales favorables para la supervivencia larval determina en gran medida el éxito o fracaso de las generaciones. Por lo anterior, es fundamental conocer adecuadamente la influencia que puedan tener los factores ambientales sobre las poblaciones larvales.

Atendiendo a esta necesidad, el presente trabajo analiza la variabilidad de las condiciones hidrográficas superficiales así como la composición y abundancia de larvas de peces recolectados con red superficial en la Bahía de la Paz, en los meses de Julio del 2001(época cálida), y febrero del 2002 (época fría), con el fin de determinar las posibles relaciones entre las condiciones ambientales y la distribución espacial de las larvas de peces.

Los resultados demostraron diferencias ambientales extremas en las dos épocas de este estudio. De la misma manera, la comunidad larval se presenta más rica y diversa durante la época cálida, mientras que en la época fría se encontró un menor número de especies y diversidad mas baja.

Por otra parte el análisis estadístico dio como resultado una relación significativa entre la biomasa zooplanctónica y la concentración de oxígeno con la abundancia de *Scorpaena guttata* y *Melamphae simus* entre otras, para la época cálida, mientras que para la época fría la temperatura y la densidad mostraron una mayor relación con *Engraulis mordax* y *Vinciguerria lucetia*, entre otras. El análisis de clasificación permitió identificar dos asociaciones consistentes en la época fría mientras que en la época cálida las asociaciones fueron mas laxas con un mayor número de grupos.

ANALYSIS OF THE RELATION BETWEEN THE HYDROGRAPHY AND THE SURFACE ICHTHYOPLANKTON IN BAHIA DE LA PAZ, B. C. S., MÉXICO (2001-2002).

PÉREZ LEZAMA Edgar Leonardo –CICIMAR-IPN.

Abstract

Bahía de La Paz is the most extensive body of protected waters in the western coast of the Gulf of California. The bay presents an interaction with the gulf through two permanent communications. The study of the ichthyoplankton allows to know important characteristics as the time of spawning and to estimate the stocks of fish species of importance, either commercial or ecological. The synchronization among the spawning events and the favorable environmental conditions for the larval survival determine in great measure the success of the fish populations. For such reasons, it is important to evaluate the influence of the environmental factors on the larval populations appropriately.

Assisting to this necessity, the present work analyzes the variability of the hydrographic surface conditions as well as the composition and abundance of fish larvae collected with a surface net in Bahía de La Paz. This with the purpose of determining the possible relationships between the environmental conditions and the space distribution of fish larvae in the months of July 2001(warm season) and February of 2002 (cold season).

The results demonstrated significant environmental differences in the two seasons. In the same way, the larval community presented important variations being rich and diverse during the warm season, while in the cold season this was a smaller number of species and low diversity .

The statistical analysis showed a significant relationship in the warm season between both the zooplanktonic biomass and the oxygen concentration with the abundance of *Scorpaena guttata* and *Melamphaes simus* among other, while for the cold season the temperature and the density showed a bigger relationship with *Engraulis mordax* and *Vinciguerria lucetia*, among others. The classification analysis allowed to identify two consistent associations in the cold season while in the warm season the associations were not clearly evident .

I) Introducción.

Las propiedades físicas del agua de mar son importantes para una gran variedad de procesos oceánicos. Algunas de estas propiedades son la temperatura, la salinidad, la densidad, la conductividad, entre otras. Las dos variables físicas de mayor importancia para los oceanógrafos son la temperatura y la salinidad. La temperatura del agua influye directamente en la capacidad del agua para disolver gases. Por lo general, la solubilidad es inversamente proporcional a la temperatura. La solubilidad del dióxido de carbono, por ejemplo, se incrementa cuando la temperatura del agua disminuye. Por esta razón la proporción de los gases disueltos en el agua de mar varía considerablemente de una parte a otra del océano. En las altas latitudes donde las temperaturas del agua de mar son bajas, los gases disueltos tienden a ser mas abundantes que en las latitudes bajas. Variaciones similares se suceden como resultado del cambio en la temperatura del agua con la profundidad (Weihaupt, 1984).

Otro factor de gran importancia dentro de la oceanografía son los sistemas de corrientes, ya que estos transportan a numerosos organismos pelágicos (Margalef, 1980).

El Golfo de California es un mar marginal entre el continente y la península de Baja la de California. Sus dimensiones son aproximadamente 150 km de ancho y 1100 km de largo, con profundidades que varían de aproximadamente 200 m en la cabeza a 3600 m en la boca. La circulación general y variabilidad estacional resultan de varios procesos como son el forzamiento del Océano Pacífico a través de dicha boca (los movimientos de la marea y de baja frecuencia) (Merrifield and Winant, 1989; Ripa, 1990, 1997; Beier, 1997), de los procesos atmosfericos que se dan en la interfase océano-atmosfera (transferencia de momento, calor e intercambio de agua dulce), y la interacción no lineal de estos movimientos con la topografía. Las mareas en el golfo cooscilan con las del Océano Pacífico mientras que las componentes

semidiurnas, cercanas a la resonancia, determinan amplitudes de marea cuatro veces más grandes en la cabecera que en la boca (Marinone, 2000).

La importancia del Golfo de California dentro de los mares marginales del Océano Pacífico es grande, debido a que presenta una productividad biológica excepcional y una serie de fenómenos oceanográficos y meteorológicos, de los cuales podemos mencionar como ejemplo los afloramientos estacionales que se presentan a lo largo de ambas costas, que se suman a inestabilidades, remolinos y procesos de mezcla generados por vientos y mareas. Dos épocas climáticas bien marcadas con condiciones extremas se presentan en el Golfo con gran influencia sobre el ecosistema pelágico: la época de invierno e inicios de primavera y la época de verano siendo otoño y final de primavera épocas de transición (Álvarez-Borrego *et al.* 1978, Badan-Dangón *et al.* 1985).

El Golfo de California es una región de gran complejidad ecológica e interés pesquero; presenta alta diversidad de especies y gran abundancia de especies de importancia comercial (e.j. Cisneros-Mata *et al.* 1997). Dentro de la costa occidental de este golfo existen una serie de bahías que forman parte fundamental en el desarrollo, alimentación y crianza de muchas especies de peces residentes y de especies que se asocian a ellas en alguna etapa de su ciclo de vida (e.j. Castro-Aguirre *et al.* 1994, Balart *et al.* 1997).

Las zonas de mayor utilidad para el hombre, en el medio marino, se encuentran en las bahías, lagunas y estuarios (Obeso, 1987). Así mismo, estos lugares y sus alrededores son sitios de asentamientos humanos para fines de recreación, turismo, actividades comerciales de pesca y maricultivos, etc.; además de ser receptoras de desechos de las poblaciones aledañas. En virtud de lo anterior, se hace necesario el conocimiento integral de los procesos físicos, químicos y biológicos, así como su variabilidad espacial e interanual en estos cuerpos de agua, lo cual permitirá además determinar un posible impacto ambiental sobre estos sistemas costeros (Obeso *et al.*, 1996).

Las características hidrodinámicas, hidrológicas, biológicas y químicas de estos sistemas presentan muchas ventajas para el establecimiento de puertos y para

el desarrollo de actividades de producción alimenticia. Son áreas de comunicación entre el océano y cuerpos de agua costeros, lo cual es importante para completar algunos ciclos de reproducción y desarrollo. Para la solución de problemas técnicos, biológicos, químicos y pesqueros en estos sistemas, es necesario el conocimiento multidisciplinario de estas zonas (Obeso, 1987).

La Bahía de La Paz es el cuerpo de agua protegido más extenso en la costa occidental del Golfo de California, la cual interactúa fuertemente con la zona oceánica adyacente mediante dos bocas permanentes que varían en dimensión y profundidad. La bahía se ve sujeta a un forzamiento dinámico a través de estas bocas, pues además de las mareas, entran a la bahía ondas de diferentes escalas y perturbaciones causadas por tormentas entre otras (Obeso, *et. al.*, 2001).

En la Bahía de La Paz ocurren diversos procesos físicos como arrastres y mezclas por viento, mezcla por mareas, intercambio de calor, evaporación, etc., que afectan la dinámica y alteran las características del agua en esta región. Por lo anterior, la estructura termohalina de la bahía, podría presentar diferencias con el Golfo de California, pudiendo en determinadas ocasiones presentar características particulares, principalmente cerca de la superficie y en las zonas someras (Obeso, *et al.*, 2000).

En Bahía de La Paz se realizan actividades de pesca artesanal, comercial y deportiva, que representan un fuerte impacto a nivel regional (Arreguín-Sánchez, 1994), aunado al potencial turístico de la bahía como consecuencia de su belleza natural. Sin embargo, aun no se tiene el conocimiento suficiente sobre los procesos oceanográficos que ahí prevalecen y por lo tanto se ignora el impacto causado por el incremento del sector pesquero, el marítimo y el turístico particularmente en la comunidad íctica.

La Bahía también cuenta con la Ensenada de La Paz, cuerpo de agua somero asociado a manglar, generando diversos ambientes favorables para la reproducción de un gran número de especies (e.j. Jiménez-Rosenberg y

Sánchez-Velasco 1999). Las larvas de peces son meroplanctónicas (Lasker, 1984) y por tanto su distribución depende directamente de los movimientos del mar ya sea dentro de la bahía o entre ésta y el golfo (Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, 1993; Jiménez Illescas et. al., 1997).

I.1) Justificación

Es importante la realización de estudios ictioplanctónicos, ya que como enfatiza Lasker (1981) el estudio del ictioplancton otorga el conocimiento sobre el área, tiempos de desove y la estimación del tamaño de las poblaciones adultas de especies de peces con importancia, ya sea comercial o ecológica, lo cual mediante un seguimiento paulatino, nos permite realizar análisis sobre fluctuaciones en cuanto a la abundancia de huevos y larvas, trayendo como consecuencia el de sus poblaciones adultas.

La sincronización entre los eventos del desove y las condiciones ambientales favorables para la supervivencia larval es lo que determina en gran medida el éxito o fracaso de la especie (Hjort, 1914), por lo que es muy importante realizar estudios sobre las primeras etapas de vida de los peces en relación a la variabilidad ambiental, ya que es la etapa más sensible a los cambios del ambiente (Lasker, 1984).

Por ende es necesario conocer adecuadamente las estrategias de vida de las especies que prevalecen en una región determinada, debido al desarrollo pesquero de un país, que debe tender a la diversificación de las capturas (Ahltrom y Moser, 1976), así como la influencia que puedan tener los factores físicos sobre sus poblaciones larvales. Esto es estimulante para la realización de investigaciones en las cuales sean evidentes las condiciones en que suceden.

El presente trabajo integra el análisis hidrográfico con el análisis de las comunidades larvales, presentando así las relaciones existentes entre los parámetros ambientales y cada una de las taxa de larvas de peces que componen las poblaciones presentes en las épocas con características

extremas, para obtener un mejor conocimiento de la biología y ecología de estos organismos, para llevar acabo un apropiado manejo de este recurso.

I.3) Antecedentes

Jiménez-Illescas et. al. (1994) reportan datos de CTD durante Junio de 1992 en 8 estaciones en la Bahía de La Paz y 8 estaciones en el canal San Lorenzo, más un registro de mareas y oleaje, ellos encontraron una capa de mezcla durante el invierno, cuando el viento es muy intenso y persistente, esto en contraste con el verano, en donde registraron la termoclina en la superficie y Jiménez-Illescas et. al. (1997), analizan los aspectos generales de la hidrología de la bahía, con base en los datos de CTD de marzo de 1994, encontrando que los perfiles de temperatura y salinidad son muy parecidos en toda la bahía.

Jiménez en 1996, realizó el análisis de los procesos barotropicos y baroclinicos en la Bahía de la Paz, basado en la aplicación de un modelo numérico, registros de datos de CTD de marzo de 1994 y registros de corrientes de junio de 1992, febrero de 1993 y marzo de 1994, llegando a la conclusión de que no hay diferentes masas de agua en la bahía, pues con los datos que el registró, no encontró evidencia de que el Agua del Golfo de California haya penetrado a la Bahía de La Paz en invierno de 1994, en cuanto al viento si es persistente e intenso (mayor o igual a 7m/s) impulsa corrientes en las zonas poco profundas y principalmente en los canales, llegando a dominar el patrón de circulación.

Otro trabajo fue el realizado por Salinas (2000), quien hace un estudio sobre la formación de la estructura termohalina en el cuerpo costero profundo de la Bahía de La Paz, en la época de verano-otoño, a partir de mediciones de parámetros termohalinos recolectados en los meses de octubre de 1997, noviembre de 1998, agosto de 1999 y en la zona adyacente del Golfo de California en julio de 1997. En este trabajo reporta que para agosto de 1999 se registró una estratificación intensa de densidad desde la superficie hasta los 60 m de profundidad. Para el otoño (octubre de 1997 y noviembre de 1998),

reporta que la capa superficial de mezcla (ML) fue de 40-50 m de espesor y que la termoclina tuvo un gradiente vertical máximo de hasta 0.6°C por metro. La distribución tridimensional de densidad mostró la concavidad de las isopícnas al centro de la bahía, sugiriendo la posible existencia de vorticidad anticiclónica. También menciona que la no uniformidad espacial de este campo de masa fue formada por procesos locales de calentamiento, evaporación y por el intercambio de agua con el mar abierto a través de las bocas de la bahía. En octubre de 1997 registró un incremento de temperatura de 2.5°C, el cual consideró que estuvo relacionado con el máximo del fenómeno El Niño de 1997. También Salinas-González *et al.* (2003) en donde estudió la formación de la estructura termohalina en el cuerpo costero en la parte profunda de la Bahía de La Paz, en la época de verano-otoño, a partir de mediciones de parámetros termohalinos recolectados en los meses de octubre de 1997, noviembre de 1998, agosto de 1999 y en la zona adyacente del Golfo de California en julio de 1997.

Así mismo, se pueden mencionar los trabajos realizados por Reyes (1999), quien evalúa la productividad primaria y la relación con las variables hidrológicas en la Bahía de La Paz, afirmando que la Bahía de La Paz es una zona de elevada productividad fitoplanctónica cuya variabilidad esta en función de un efecto combinado de los principales factores que la determinan, con una fuerte contribución de la estratificación de la columna de agua sobre esta y afirma que la productividad primaria presenta un marcado ciclo estacional de latitudes templadas (primavera - verano).

Sánchez (1997), realizó la evaluación del intercambio de algunas variables hidroquímicas entre la Ensenada y la Bahía de La Paz, durante un ciclo de mareas vivas, comprobando el comportamiento antiestuarino de La Ensenada de La Paz, ya que las aguas de esta presentaron salinidades superiores a las del promedio marino, sin embargo, encontró que la Ensenada fue altamente productiva, comportándose como exportadora de materia orgánica particulada y como importadora de nutrientes inorgánicos.

Entre tanto, Sánchez et al. (2003), analizó la distribución y abundancia de larvas de peces en la Bahía de La Paz, comparándolos con datos de zooplancton, corrientes e imágenes de satélite, en dos muestreos, en julio de 1997 y agosto de 1998, en donde afirma que la abundancia de larvas (>4000 larvas) y número de especies (>90) fueron altas durante ambos cruceros. Además de usar el índice de disimilitud de Bray-Cutis para definir tres grupos de estaciones, el costero, central-a y central-b.

En la Bahía de la Paz se han realizado algunos trabajos relacionados con larvas de peces entre los que podemos citar los de Jiménez-Rosenberg (1994) y Jiménez-Rosenberg (1998) en donde se describe el desarrollo local de especies de la familia Gerreidae y el de Montesinos-González (1999) que describe el desarrollo de una especie de la familia Paraclinidae; los de Arreola (1991), Gonzáles-Navarro y Saldierna-Martínez (1997) quienes afirman que el comportamiento de las densidades de biomasa zooplanctónica en Bahía de La Paz, a lo largo del año, presenta una relación positiva, con respecto al incremento de la temperatura superficial, durante el invierno y la primavera, y una relación inversa durante el verano. Moreno-Salas (1996) y Jiménez-Rosenberg y Sánchez-Velasco (1999) que se enfocan a la distribución de algunas especies en zonas puntuales de la bahía, sin embargo aun cuando estos trabajos son antecedentes de importancia, cabe señalar que carecen de un soporte hidrográfico que permita avanzar en el entendimiento del comportamiento de las especies de peces en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes durante su ciclo de vida.

Como resultado de la problemática antes mencionada, la Bahía de la paz ha estado sujeta a investigación constante aunque poco integrada.

I.4) Objetivo.

El objetivo principal de este trabajo es conocer las variaciones hidrográficas superficiales en verano e invierno y su posible influencia sobre la composición, distribución y abundancia de las larvas de peces recolectados con red superficial en la Bahía de la Paz, B.C.S. (2001-2002).

I.4.1) Objetivos particulares

1. Conocer la variabilidad de las condiciones hidrográficas mediante datos superficiales de temperatura, salinidad y fluorimetría en verano e invierno.
2. Conocer la composición, distribución y abundancia de larvas de peces recolectadas con red superficial en la Bahía de la Paz, en las dos épocas con características físicas extremas.
3. Analizar la posible relación entre las condiciones hidrográficas superficiales de la bahía y la distribución espacial de las larvas de peces recolectadas con red superficial.

II) Área de Estudio

La Bahía de La Paz, se encuentra entre los 24.1° y los 24.8° de latitud norte y entre los 110.2° y los 110.8° de longitud oeste, siendo la bahía más grande en la costa oriental de la Península de Baja California. (Ver figura 1).



Figura 1. Imagen de toponimia de la Bahía de La Paz, B.C.S, México.

En gran parte de su extensión sus aguas son profundas, presentando un umbral suave en la boca norte frente a la isla San José (Obeso *et al.* 2002) (figura 2).

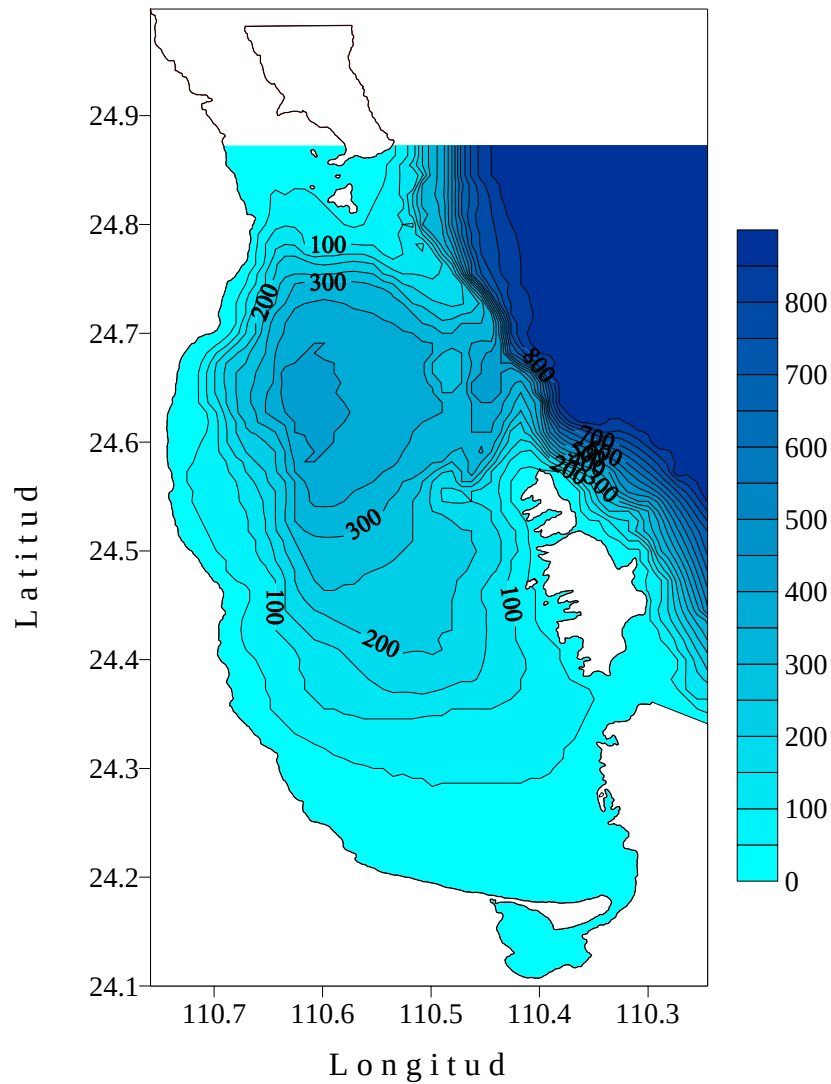


Figura 2. Mapa de batimetría en metros de la Bahía de La Paz.

La profundidad de la bahía presenta una disminución gradual hacia el sur, llegando a una parte somera con pendiente suave y playas extensas. Su extensión aproximada es de 80 km de largo y 35 km de ancho, con dos bocas mediante las cuales presenta comunicación con el Golfo de California. Al norte se localiza la boca principal entre Los Islotes y Cabeza de Mechudo, la boca sur o canal San Lorenzo se encuentra al sureste de la bahía (Obeso *et al.* 2002).

El clima presente en la bahía basado en la clasificación climática de Koeppen-Geiger-Pohl (1953) es (BWh) Desierto Cálido y sus características son:

- Desiertos interiores entre los 15° y los 35° de latitud. Aridez extrema.

- Precipitaciones escasas e irregulares, evaporación muy elevada, sequedad del aire extrema, humedad relativa muy baja.
- Los límites de los desiertos son muy difíciles de determinar.

En esta clasificación las siglas “BWh” representan:

B – Clima Seco: La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico

W- Árido (desértico): Sólo para climas de tipo B

h- La temperatura media anual es superior a 18 °C: Se aplica a los climas tipo B

BW	Clima desértico	Clima árido con precipitaciones inferiores a 400 mm
----	-----------------	---

Por estas características Obeso & Jiménez (1989), consideran que el clima de la bahía es cálido y seco, con lluvias escasas todo el año, en su mayoría presentes en verano e invierno con su máxima precipitación entre junio y octubre, asociada a vientos del sureste. La radiación solar máxima se presenta al fin del verano y la mínima al inicio del invierno. Los vientos dominantes durante los meses de noviembre a mayo soplan en la mañana desde el noroeste y después del crepúsculo desde el sur, el resto del año los vientos dominantes provienen del sureste y suroeste. Los vientos pueden alcanzar los 10 m/s (Jiménez *et al.*, 1997).

La evaporación total anual es de 2387.2 mm; se presenta un régimen de lluvias en verano, con una precipitación total anual de 219.7 mm, siendo septiembre el mes mas lluvioso con 65.3 mm (Secretaría de Marina, 1979). La humedad

relativa oscila entre el 66 y 72%, lo cual hace que esta zona presente condiciones áridas o desérticas (Espinoza-Avalos, 1977), debido a que la evaporación excede a la precipitación (Espinoza-Avalos, 1979).

El fenómeno de “brisa” producido por la diferencia de disipación de la energía en la frontera mar-tierra, presente en el verano cuando durante el día, la temperatura de la tierra supera marcadamente la del mar, lo cual es importante por que el aire que está sobre el mar es mas frío que el que esta sobre tierra, produciéndose un desplazamiento de aire marítimo hacia la tierra, cambiando la dirección e intensidad del viento, trayendo como consecuencia una notoria disminución de la temperatura (Obeso et al., 2002).

III) Metodología

III.1) Metodología de campo:

Se realizaron dos muestreos en 17 estaciones previamente establecidas (figura3) cubriendo las épocas extremas del año, del 20 al 22 de Julio del 2001 (verano) y del 10 al 13 de Febrero del 2002 (invierno). Las campañas oceanográficas se llevaron a cabo a bordo del Buque Francisco de Ulloa perteneciente al CICESE.

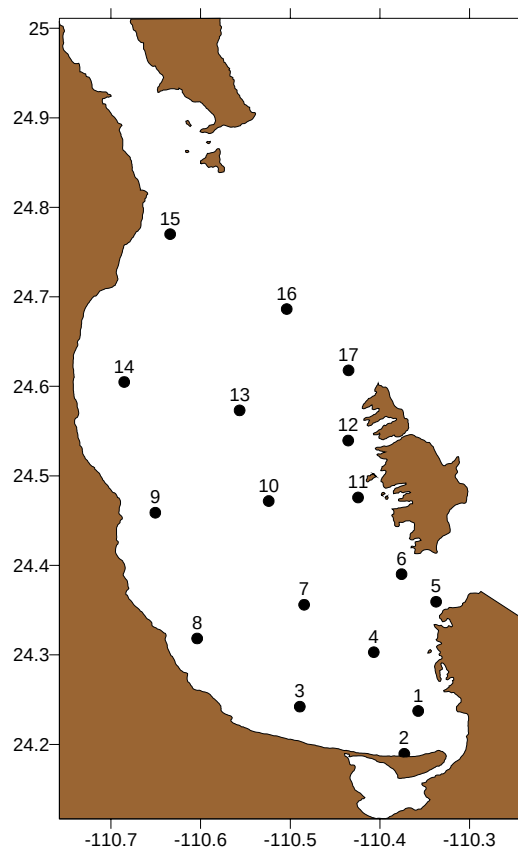


Figura 3. Ubicación de estaciones de muestreo en la Bahía de la Paz.

La ubicación de las estaciones de muestreo, se hizo mediante un GPS Trimble XL. Por cada estación se tomaron datos de concentración de clorofila “a”, densidad, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto con un CTD SBE 19, hasta la profundidad máxima de la bahía, este registro dos datos por segundo y se bajo y subió a una velocidad de un metro por segundo.

Se tomaron muestras de zooplancton superficial mediante una red de plancton cónica con boca de 60cm de diámetro con una luz de malla de 505µm. Los arrastres se realizaron en una trayectoria semicircular durante cinco minutos en la superficie (de cero a un metro aproximadamente). Las muestras fueron fijadas en una solución de formalina al cuatro por ciento, neutralizada con borato de sodio.

III.2) Trabajo de laboratorio

Se procesaron los datos de temperatura, conductividad y fluorescencia (CTD), y se les realizó un análisis, selección, ordenamiento, depuración y promediado por metro .

Los datos de CTD fueron revisados y depurados usándose los de ascenso, los cuales presentaron mayor estabilidad. Se compararon estos datos con los datos del CTD del CICESE, para detectar diferencias en las mediciones.

Una vez depurados, los datos fueron promediados por metro, de los cuales se seleccionaron los datos correspondientes al primer metro para cada estación. Con los datos de CTD se obtuvieron distribuciones horizontales de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia superficial mediante el software Surfer 7.0.

Se calculó la biomasa zooplanctónica recolectada con la red bongo con la malla de 303 μ m, por el método de desplazamiento de Beers (1976), estandarizando el volumen de biomasa a ml/1000m³ y se realizaron mapas de distribución espacial para determinar zonas de mayor concentración.

Posteriormente se separaron las larvas de peces de la muestra madre, mismas que fueron contadas e identificadas hasta el taxa mínimo posible bajo los criterios de Moser *et. al.* (1996), Jiménez-Rosenberg (1994) y (1998). Las abundancias se estandarizaron a número de larvas por 10m² de la misma manera que los datos antecedentes de la región. Se realizó una base de datos que contiene el número de estaciones, el volumen de biomasa zooplanctónica y las abundancias de cada una de las especies y de las especies no identificadas y los respectivos mapas de distribución espacial de las especies más abundantes y frecuentes.

Se realizó un análisis con imágenes de satélite NOAA/AVHRR del tipo HRPT las cuales tienen una resolución de 1.1 km², calculándose la temperatura superficial del mar mediante los registros de los canales 4 y 5 del infrarrojo,

utilizando un algoritmo tipo "Split Window" y el procesador de imágenes de satélite ERMAPPER.

Por último, se obtuvieron dos matrices de datos; una con datos físicos y otra con datos biológicos, mismas que mediante el programa ANACOM 3.0 (De la Cruz Agüero, 1994) fueron sometidas a un análisis de correlación simple con el coeficiente de correlación de Pearson, para eliminar la redundancia; después se les aplicó un análisis de correlación múltiple para ver que parámetros físicos están relacionados y con cuales de los parámetros biológicos.

Posteriormente se procesaron los datos mediante un análisis de cluster de variables de influencia, para ver la existencia de patrones de agrupación similares entre los datos físicos y los biológicos (Bray and Curtis, 1957; Field et al., 1982) y se realizaron los dendrogramas por el método aglomerativo (Sokal and Sneath, 1963). Después fueron sometidos a un análisis de correspondencia canónica para ver la relación entre las dos matrices.

Se realizó un análisis de correlación a las bases de datos, tanto físicos como biológicos de cada época con el coeficiente de correlación de Pearson (Milton y Toscos, 2001; Pita, 1997). Lo anterior, para determinar las relaciones entre los parámetros ambientales existentes en cada una de las estaciones de muestreo en la bahía y la distribución y abundancia de las larvas de peces.

Posteriormente, las bases de datos de las dos épocas fueron sometidas a un análisis de agrupación con el índice de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957), por el método aglomerativo con datos estandarizados a raíz-raíz. Esto para conocer los diferentes grupos de estaciones con características ambientales similares, así como las asociaciones larvales de la bahía y sus patrones de distribución.

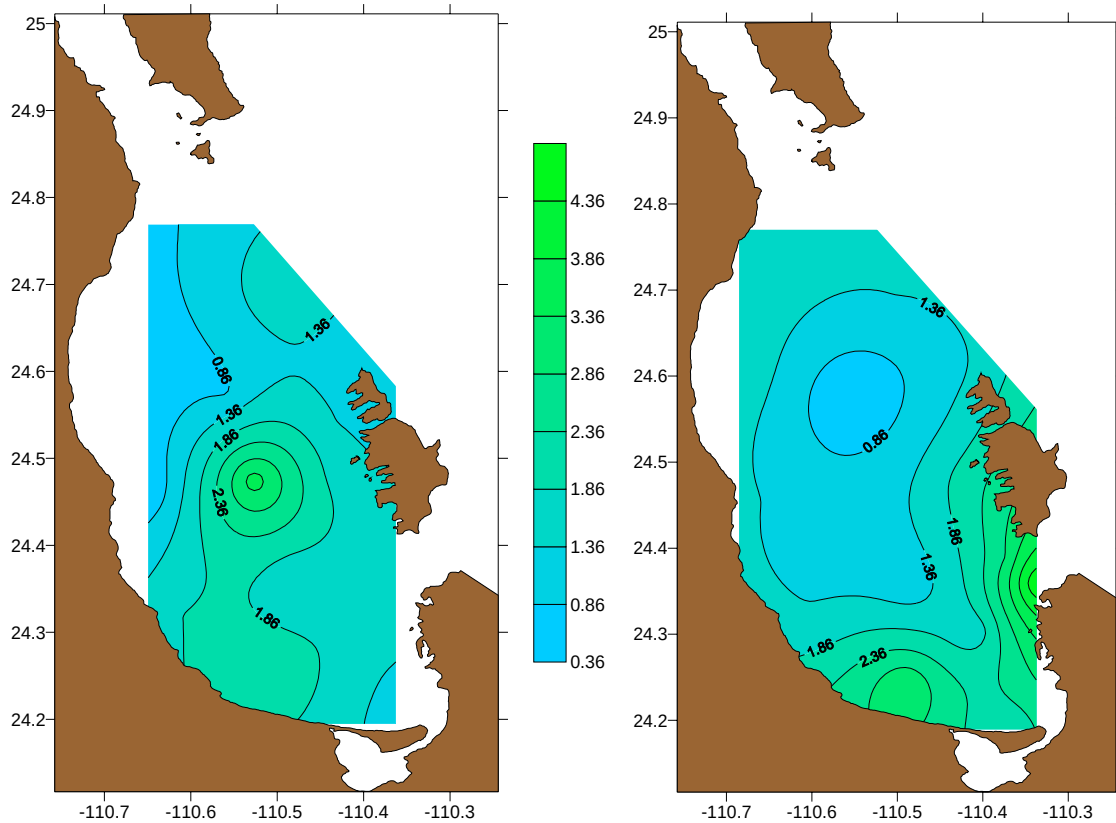
Ambos análisis exploratorios fueron realizados con el programa de Análisis de Comunidades (ANACOM 3.0) (De la Cruz-Agüero, 1994).

IV) Resultados

IV.1) Resultados físicos

Para cada una de las épocas se obtuvieron los datos físicos superficiales de: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Salinidad (PSU), Densidad σ_t (kg/m^3) y Clorofila en (mg/m^3). Se realizaron los mapas de distribución horizontal de cada parámetro para las dos épocas.

En las imágenes de distribución de clorofila “a” (figura 4) vemos que en la temporada cálida se presenta un núcleo con la concentración mas elevada, prácticamente al centro de la bahía, sin embargo, para la época fría se observa un núcleo de baja concentración, casi al centro de la bahía, en la parte mas profunda y las altas concentraciones en las zonas someras de la costa y del Canal San Lorenzo. Se aprecian gradientes que van desde 0.86 hasta 3.36 mg/m^3 en ambas temporadas, con la diferencia de que la distribución de la clorofila se invierte con el cambio de temporada.



Clorofila "a" verano

Clorofila "a" invierno

Figura 4. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de clorofila "a" en mg/m^3 .

Por otro lado al comparar las imágenes de densidad superficial (figura 5), en la imagen de la temporada cálida, se puede observar núcleos de mayor densidad en la zona de las bocas y un pequeño núcleo en la zona costera frente a la boca del canal San Lorenzo, mostrando una posible influencia de las aguas del Golfo de California. En la temporada fría podemos observar que la densidad se presenta de manera casi homogénea en toda la bahía, observando variaciones mínimas y en la temporada cálida las variaciones van de los 22.73 a los 23.63 kg/m^3 .

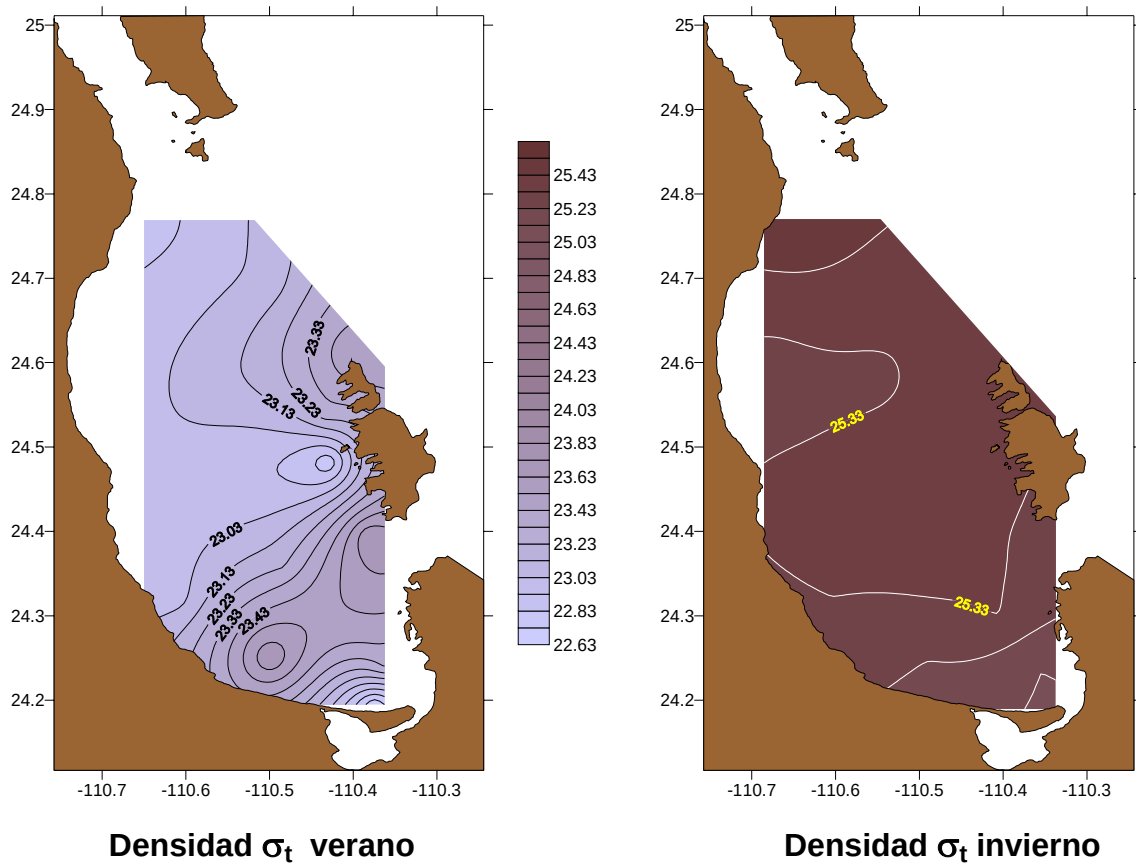


Figura 5. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de Densidad σ_t en kg/m^3 de ambos periodos.

Para el caso de la distribución horizontal superficial de la salinidad (figura 6), se mostró una notoria homogeneidad en ambas épocas; sin embargo, cabe señalar que la concentración difiere de una época a otra, demostrando así la temporalidad de las características hidrográficas de la bahía, ya que para la temporada fría la salinidad en casi toda la bahía es de 35.2 psu y para la cálida es de 35.4 psu, también con una distribución casi homogénea.

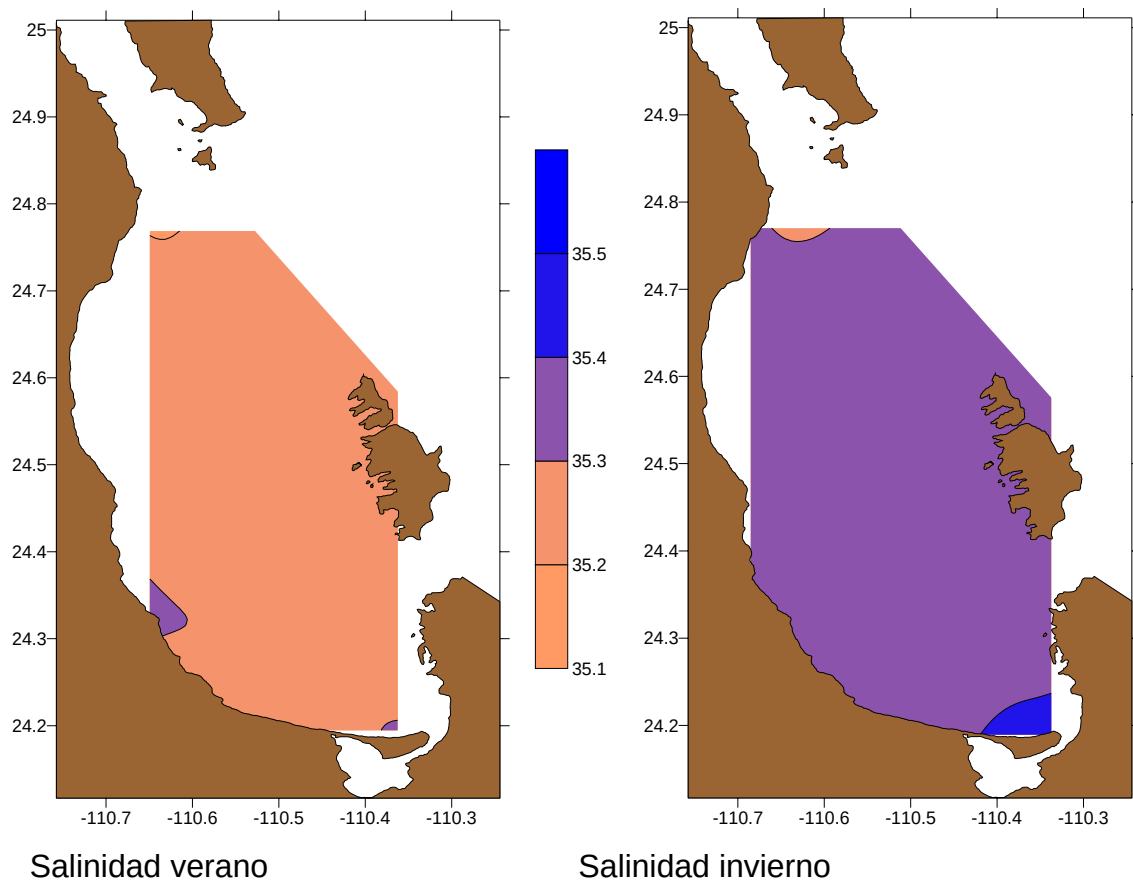


Figura 6. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de salinidad en psu de ambos periodos.

La temperatura (figura 7), muestra una diferencia de hasta de 5 °C entre las dos épocas, claramente se muestra una homogeneidad térmica superficial en la bahía para la temporada fría aproximadamente de 18 °C y la temporada cálida se muestra con variaciones principalmente en las bocas, lo que posiblemente esté dado por su interacción con el golfo, con un gradiente térmico que va desde los 24.5 hasta los 27 °C, indicando, por ser la temporada cálida una posible intrusión de agua fría proveniente del golfo.

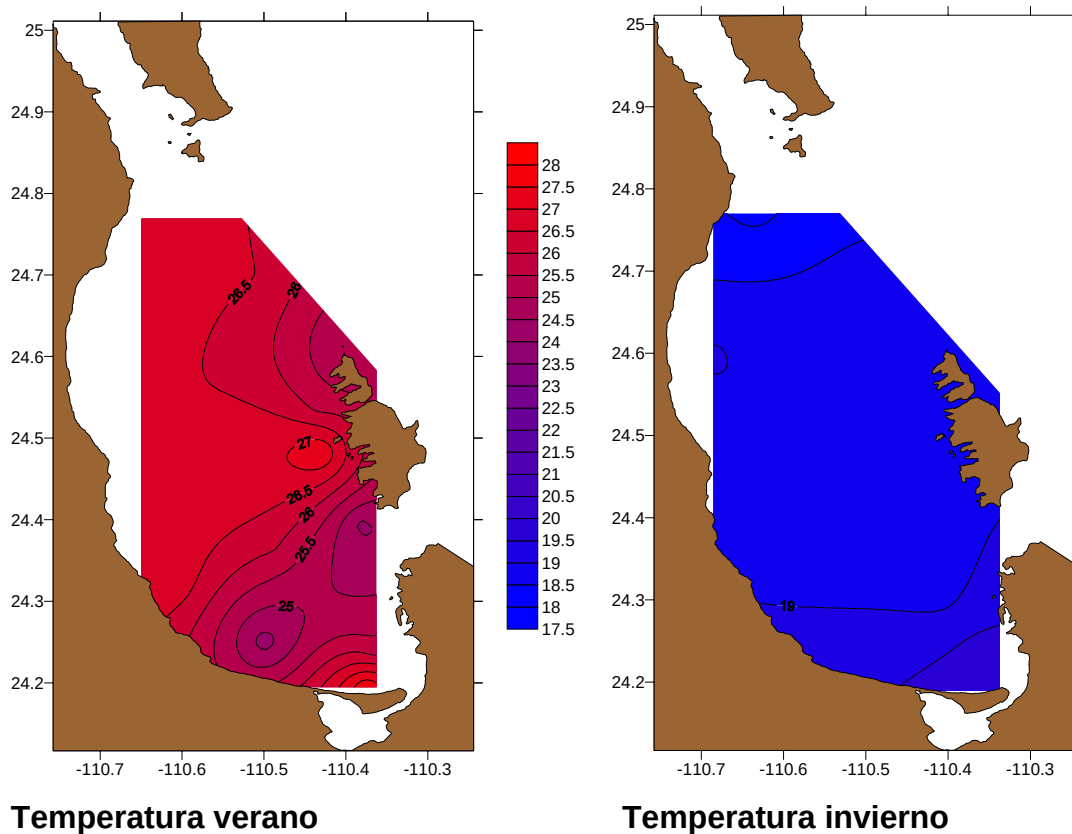


Figura 7. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial temperatura en °C de ambos periodos.

La distribución horizontal del oxígeno también presenta una distribución diferente en las dos temporadas, mostrando para la temporada cálida una mayor concentración en la zona de las islas, y sobre todo en la zona del Canal San Lorenzo, prolongándose hasta la costa opuesta, la que llega a ser de 1.65 mg/l y un núcleo de baja concentración al centro de la bahía con un valor de 1 mg/l, en contraste en la temporada fría encontramos un núcleo de baja concentración de oxígeno disuelto en la boca norte, entre bahía coyote y Los Islotes, presentando un gradiente que va en aumento hasta la boca de la Ensenada de La Paz, en donde la concentración es de 1.6 mg/l que es la mas alta para esta época.

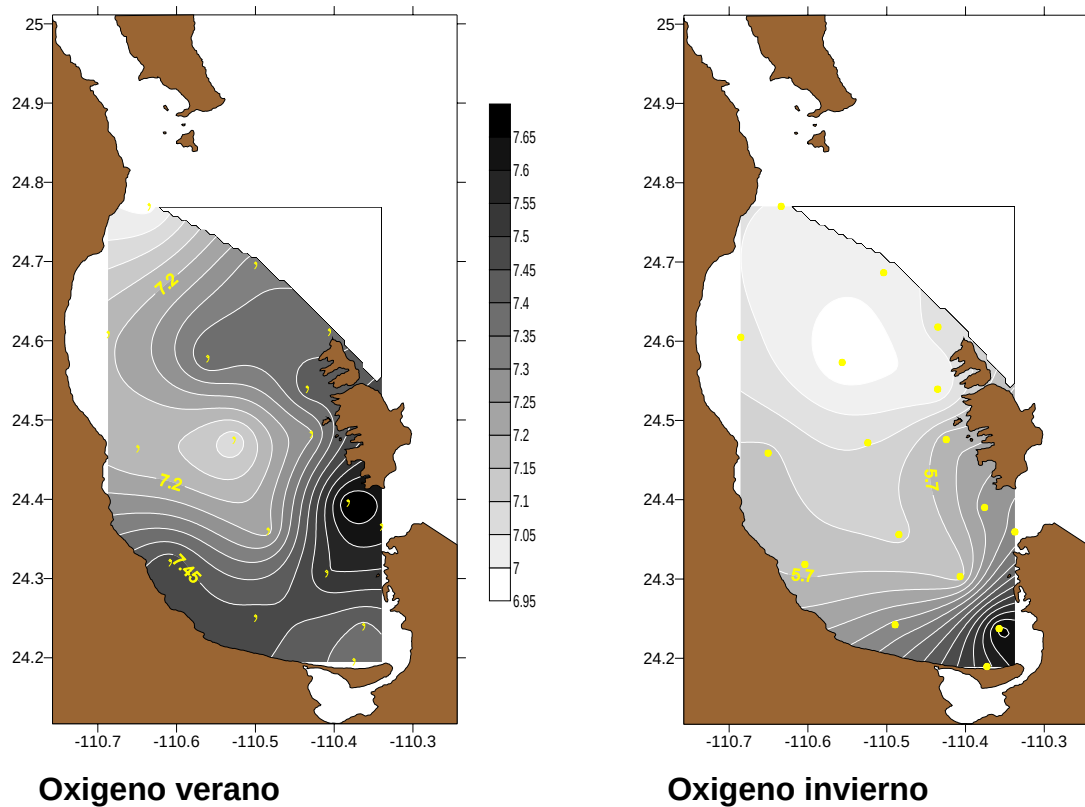


Figura 8. Mapas comparativos de distribución horizontal superficial de oxígeno disuelto en mg/l de ambos periodos.

Para saber si las características hidrográficas superficiales de la bahía estaban determinadas por la influencia del Golfo de California se analizaron las imágenes de satélite de temperatura superficial del mar (NOAA-AVHRR) a resolución de 1.1km (figura 9), en ellas se encontró que aunque no existen estructuras que pudieran estar influenciando la bahía si es posible visualizar la interacción bahía-Golfo de California, ya que aunque destaca una intrusión de agua cálida del pacífico hacia el golfo en las costas continentales que provocan un giro ciclónico frente a la boca norte de la bahía, la temperatura presente en la bahía es menor y esta se prolonga ligeramente fuera de la misma, manteniendo una temperatura menor a la corriente entrante algunas millas.

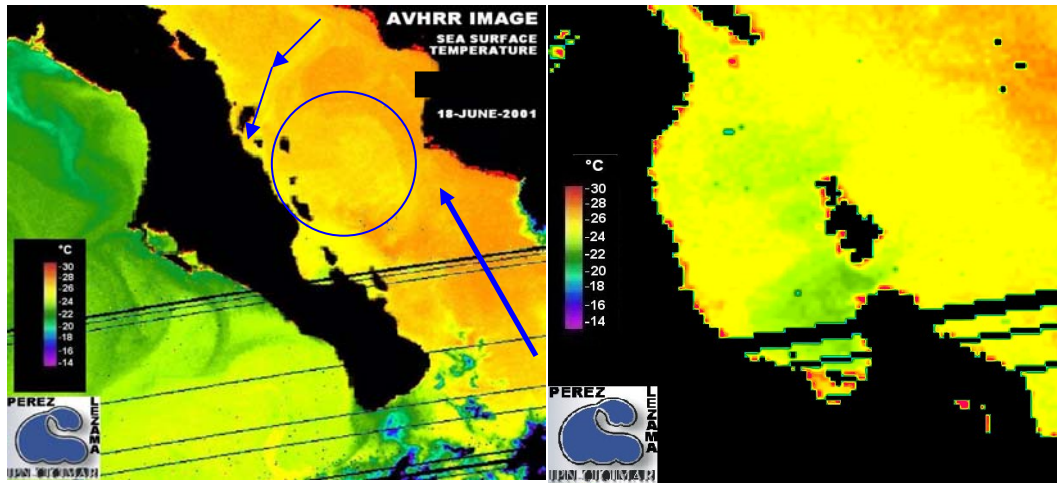


Figura 9. Imágenes NOAA-AVHRR de resolución de 1.1km de temperatura superficial del mar de julio del 2001.

En el análisis de las imágenes (NOAA-AVHRR) de temperatura superficial del mar de febrero del 2002, nuevamente no se percibe una influencia directa del golfo, sin embargo si muestra la continuidad de la temperatura (ver figura 10).

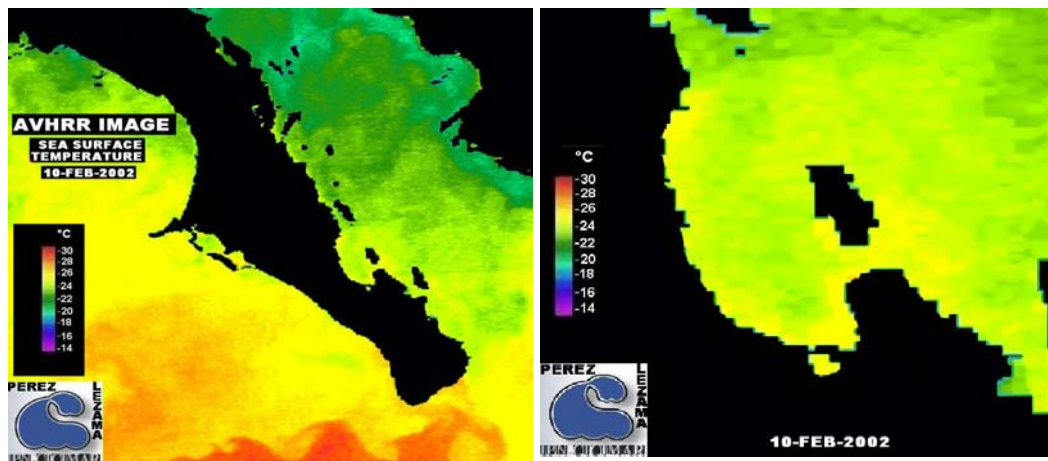


Figura 10. Imágenes de temperatura superficial del mar (NOAA-AVHRR) de febrero del 2002.

IV.2) Resultados Biológicos

Se separaron un total de 6317 larvas de peces, pertenecientes a 86 taxa (cuadro 2).

Tabla 1. Relación del número de larvas de peces por taxa en la Bahía de La Paz.

Categoría taxonómica	No.	No. De organismos
Especie	55	5411
Genero	3	77
Familia	27	119
Clase	1	18
En eclosión no identificadas		315
No identificadas		377
Total	86	6317
VERANO (cálida)		
Especie	51	4189
Genero	2	66
Familia	27	117
Clase	1	18
No identificadas		377
Total	81	4767
INVIERNO (fría)		
Especie	11	1222
Genero	3	11
Familia	1	2
En eclosión no identificadas		315
Total	15	1550

IV.2.1) Listado taxonómico

Clase: Actinopterygii

Orden: Aulopiformes

Familia: Synodontidae

Especie: *Synodus lucioceps* (Ayres, 1855)

Orden: Beloniformes

Familia: Exocoetidae

Especie: *Cheilopogon hubbsi* (Parin, 1961)

Familia: Hemiramphidae

Especie: *Hemiramphus saltator* Gilbert & Starks, 1904

Especie: *Hyporhamphus rosae* (Jordan & Gilbert, 1880)

Orden: Clupeiformes

Familia: Clupeidae

Especie: *Harengula thrissina* (Jordan & Gilbert, 1882)

Especie: *Opisthonema libertate* (Günther, 1867)

Especie: *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842)

Especie: *Etrumeus teres* (DeKay, 1842)

Familia: Engraulidae

Especie: *Engraulis mordax* Girard, 1854

Orden: Gadiformes

Familia: Macrouridae

Especie: Macrouridae

Orden: Lophiiformes

Familia: Lophiidae

Especie: *Lophiodes spilurus* (Garman, 1899)

Familia: Oneirodidae

Especie: Oneirodidae

Orden: Myctophiformes

Familia: Myctophidae

Especie: *Benthosema panamense* (Tåning, 1932)

Especie: *Triphoturus mexicanus* (Gilbert, 1890)

Orden: Ophidiiformes

Familia: Ophidiidae

Especie: *Chilara taylori* (Girard, 1858)

Especie: *Lepophidium stigmatistium* (Gilbert, 1890)

Orden: Perciformes

Familia: Apogonidae

Especie: *Apogon guadalupensis* (Osburn & Nichols, 1916)

Especie: *Apogon retrosella* (Gill, 1862)

Especie: Apogonidae Tipo

Especie: Apogonidae T1

Especie: Apogonidae T2

Especie: Apogonidae T3

Familia: Carangidae

Especie: *Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard, 1825

Especie: *Chloroscombrus orqueta* Jordan & Gilbert, 1883

Especie: *Seriola lalandi* Valenciennes, 1833

Especie: Carangidae

Especie: Carangidae T1

Familia: Clinidae

Especie: Clinidae T1

Familia: Coryphaenidae

Especie: *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758

Familia: Eleotridae

Especie: *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844)

Familia: Gempylidae

Especie: Gempylidae

Familia: Gerreidae

Especie: *Diapterus peruvianus* (Cuvier, 1830)

Especie: *Eucinostomus dowii* (Gill, 1863)

Especie: *Eucinostomus gracilis* (Gill, 1862)

Familia: Gobiidae

Especie: *Gobulus crescentalis* (Gilbert, 1892)

Especie: *Lythrypnus dalli* (Gilbert, 1890)

Especie: Gobiidae T1

Especie: Gobiidae T3

Familia: Haemulidae

Especie: *Anisotremus davidsonii* (Steindachner, 1876)

Especie: *Orthopristis reddingi* Jordan & Richardson, 1895

Familia: Howellidae

Especie: Howellidae

Familia: Labrisomidae

Especie: *Labrisomus xanti* Gill, 1860

Familia: Microdesmidae

Especie: *Clarkichthys bilineatus* (Clark, 1936)

Familia: Mugilidae

Especie: *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758

Familia: Mullidae

Especie: Mullidae T1

Familia: Pomacentridae

Especie: *Abudefduf troschelii* (Gill, 1862)

Especie: *Chromis punctipinnis* (Cooper, 1863)

Especie: *Stegastes rectifraenum* (Gill, 1862)

Especie: Pomacentridae

Familia: Priacanthidae

Especie: *Pristigenys serrula* (Gilbert, 1891)

Familia: Sciaenidae

Especie: *Roncador stearnsii* (Steindachner, 1876)

Familia: Scombridae

Especie: *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782

Especie: *Scomberomorus sierra* Jordan & Starks, 1895

Familia: Serranidae

Especie: *Serranus* sp.

Especie: Serranidae T1

Especie: Serranidae T2

Familia: Sparidae

Especie: *Calamus brachysomus* (Lockington, 1880)

Familia: Sphyraenidae

Especie: *Sphyraena argentea* Girard, 1854

Especie: *Sphyraena ensis* Jordan & Gilbert, 1882

Orden: Pleuronectiformes

Familia: Bothidae

Especie: *Bothus leopardinus* (Günther, 1862)

Especie: *Monolene asaedai* Clark, 1936

Familia: Paralichthyidae

Especie: *Citharichthys fragilis* Gilbert, 1890

Especie: *Syacium ovale* (Günther, 1864)

Especie: *Etropus crossotus* Jordan & Gilbert, 1882

Familia: Achiridae

Especie: Achiridae

Orden: Scorpaeniformes

Familia: Cottidae

Especie: Cottidae

Familia: Scorpaenidae

Especie: *Scorpaena guttata* Girard, 1854

Especie: *Scorpaenodes xyris* (Jordan & Gilbert, 1882)

Especie: *Pontinus sp.*

Familia: Sebastidae

Especie: *Sebastes sp.*

Familia: Triglidae

Especie: *Prionotus ruscarius* Gilbert & Starks, 1904

Orden: Stephanoberyciformes

Familia: Melamphaidae

Especie: *Melamphaes simus* Ebeling, 1962

Orden: Stomiiformes

Familia: Phosichthyidae

Especie: *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899)

Orden: Syngnathiformes

Familia: Syngnathidae

Especie: *Cosmocampus arctus arctus* (Jenkins & Evermann, 1889)

Orden: Tetraodontiformes

Familia: Balistidae

Especie: *Balistes polylepis* Steindachner, 1876

Familia: Tetraodontidae

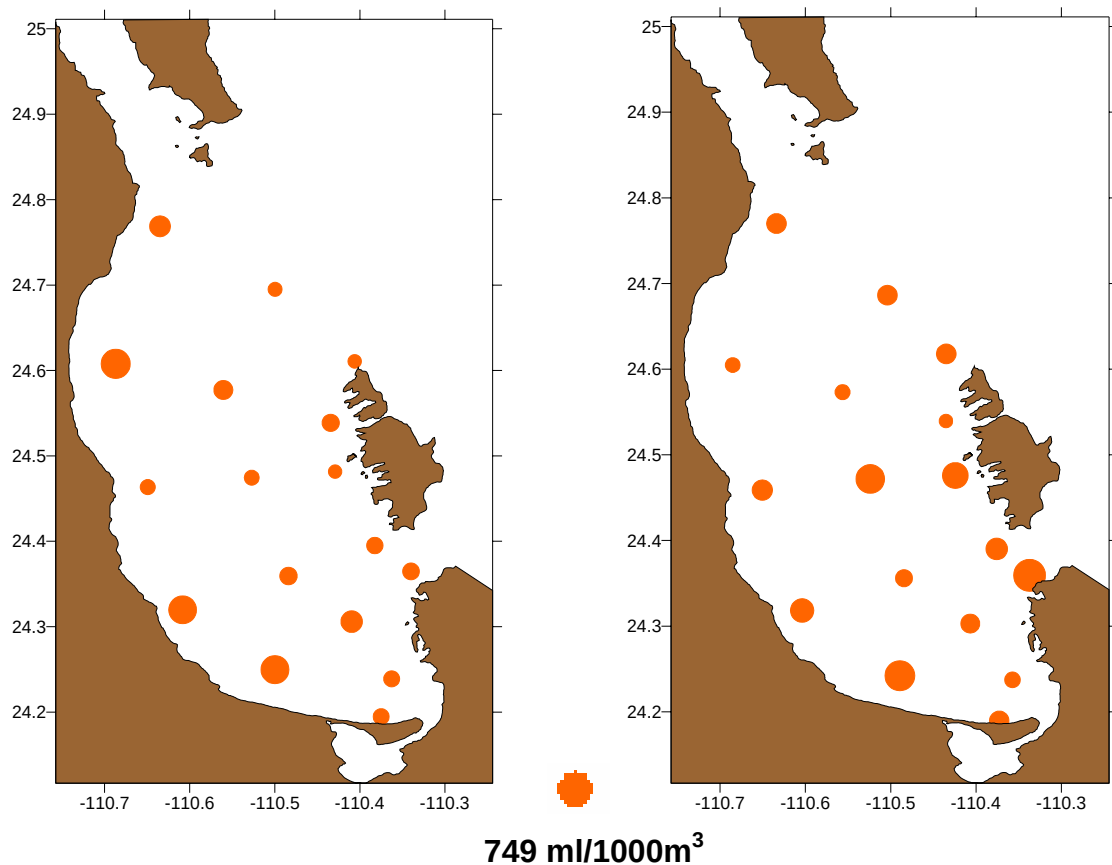
Especie: *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842)

Especie: *Sphoeroides lobatus* (Steindachner, 1870)

Para el mes de julio del 2001, se identificaron un total de 81 taxa. Para el mes de febrero del 2002, se identificaron 15 taxa.

De estos taxa se realizaron los mapas de distribución horizontal de las especies más abundantes de las dos épocas, así como el de la distribución de la biomasa zooplanctónica como parámetro ambiental.

Al realizar los mapas de distribución horizontal de biomasa zooplanctónica (figura 11) se pudo apreciar que en las zonas someras de ambas épocas se encontró una mayor concentración de zooplancton, sin embargo para la época cálida, el mayor volumen de zooplancton en las zonas costeras al oeste de la bahía, presentando menores concentraciones en el centro y en las islas, situación contraria se presentó para la época fría, en donde las mayores concentraciones de zooplancton se presentaron en el centro de la bahía, en la zona de las islas, en el Canal San Lorenzo y en la costa sur, presentando también concentraciones mas elevadas en la boca norte con respecto a las de la época cálida.



Biomasa zooplanctónica (verano)

Biomasa zooplanctónica (invierno)

Figura 11. Mapas de distribución horizontal de la concentración de biomasa zooplanctónica en ml/1000m³ en ambas épocas.

Una de las especies con mayor frecuencia y abundancia en las dos épocas fue *Vinciguerria lucetia*. Esta especie se presentó en todas las estaciones en ambas épocas (figura 12); en la época cálida sus mayores abundancias se encontraron en la parte central y junto a los islotes en la boca norte, al centro de la bahía y en la boca de la Ensenada de La Paz; en la época fría las mayores abundancias las presentó en un transecto que va de Bahía Coyote a la Isla La Partida y en la zona costera al sur de la bahía, en la boca de la Ensenada de La Paz y un núcleo al centro de la bahía.

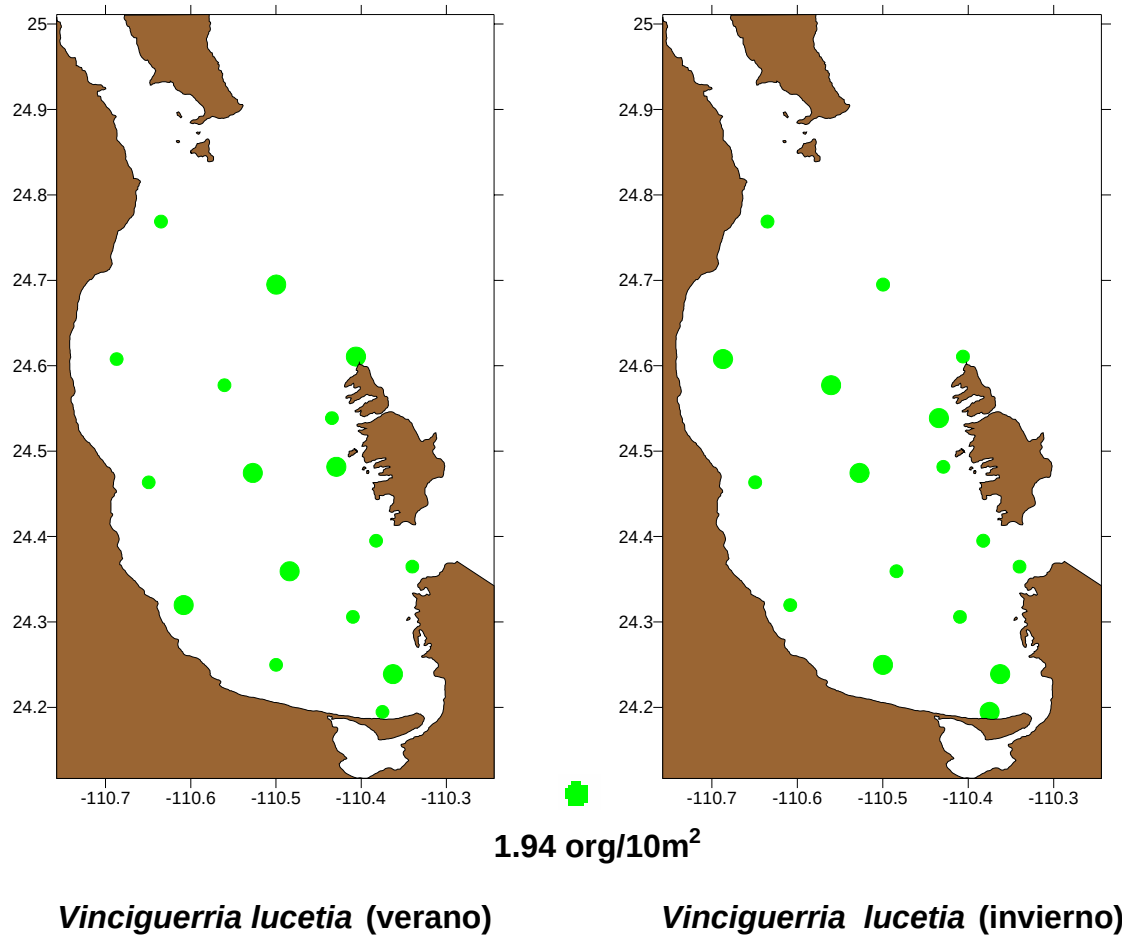


Figura 12. Mapas comparativos de distribución y abundancia superficial de *Vinciguerria lucetia* en ambas épocas.

Para la especie *Sardinops sagax* destaca la temporalidad de sus eventos de desove, resaltando la preferencia reproductiva en la temporada fría, ya que en la temporada cálida presenta una distribución reducida con muy baja abundancia, en contraste la temporada fría presenta una elevada frecuencia y abundancia, siendo esta última, mayor en el centro de la bahía y en el canal San Lorenzo, mostrando así una estrategia reproductiva anual en aguas de

temperatura baja, sin que esto signifique que su distribución esta determinada por este parámetro (ver figura 13).

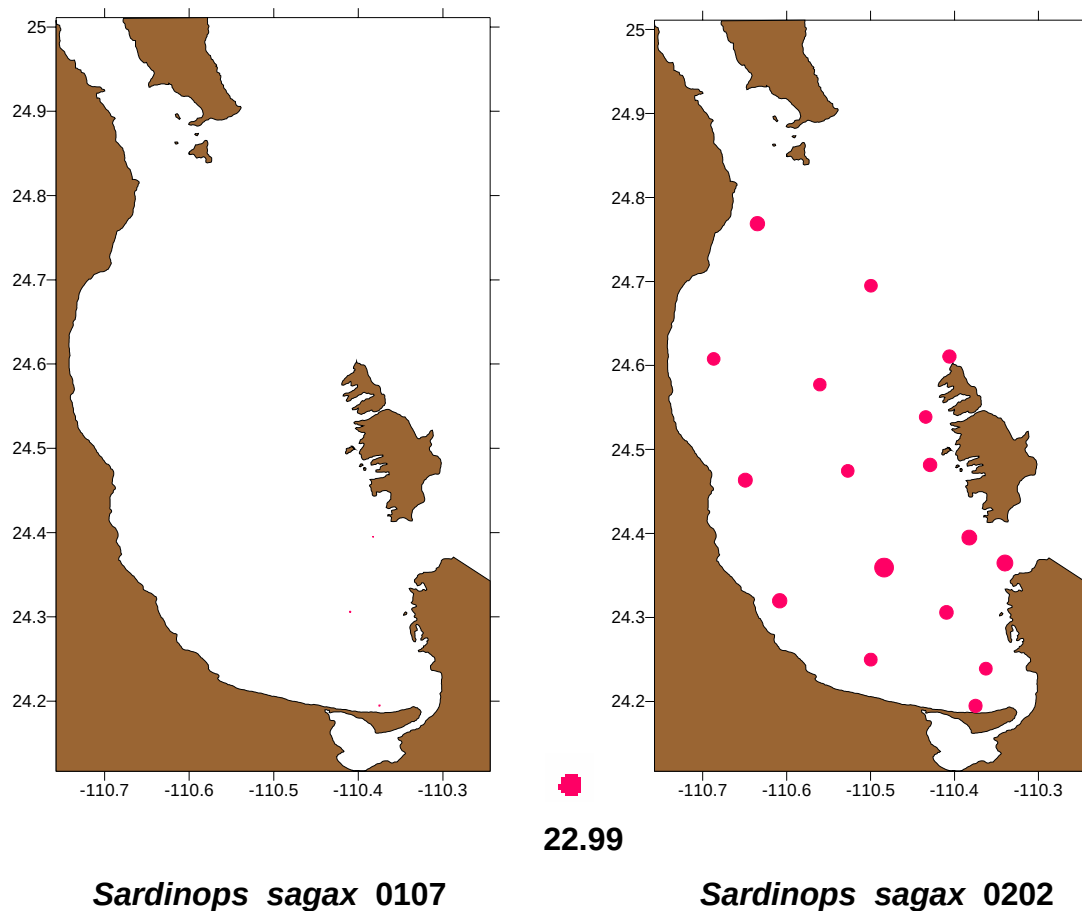


Figura 13. Mapas comparativos de distribución y abundancia superficial de *Sardinops sagax* en ambas épocas.

Al identificar las especies de ambas épocas se notó que la temporada cálida era la mas diversa, como consecuencia de esto presentó un mayor número de taxa con frecuencias y abundancias elevadas que no se presentan en la temporada fría; Un ejemplo es *Opisthonema libertate* que a pesar de ser la especie que presentó mayor abundancia, solo se encontró en julio del 2001, que se encontró en toda la bahía teniendo su núcleo de máxima abundancia al sur frente a canal San Lorenzo y a la boca de la Ensenada de La Paz,

presentando abundancias elevadas en las bocas así como en la costa sur oeste y al centro de la bahía (ver figura 14).

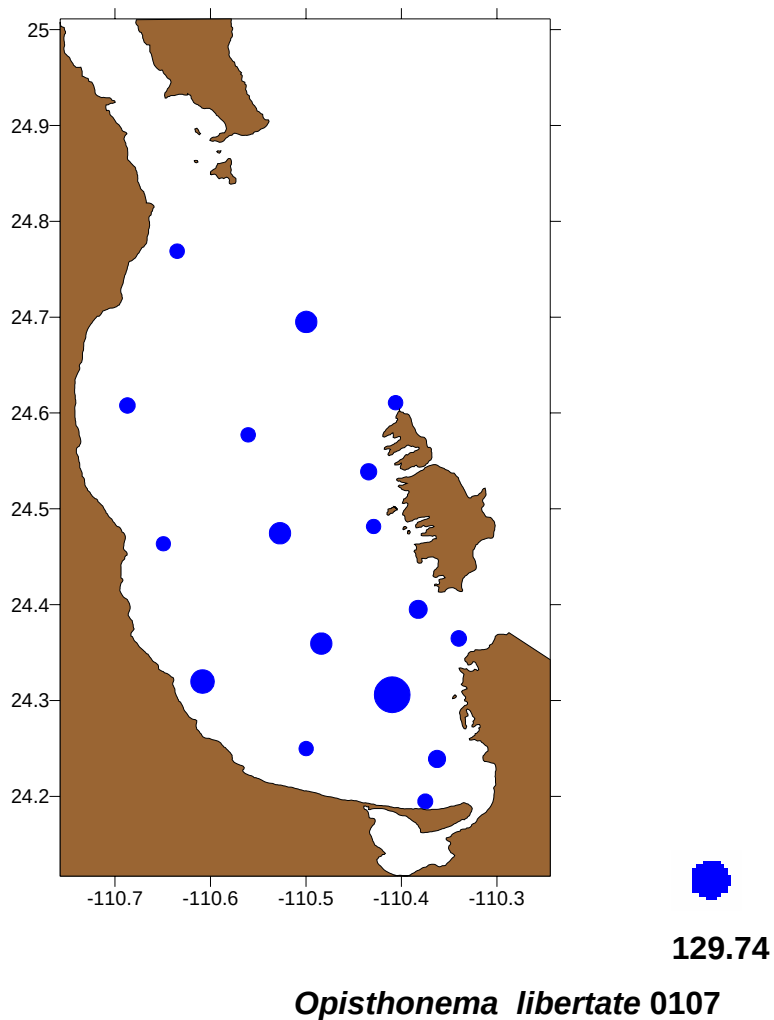


Figura 14. Mapa de distribución y abundancia superficial de *Opisthonema libertate* en julio del 2001.

También en el mes de julio del 2001, se encontró *Anisotremus davidsonii* (figura 15) con alta frecuencia y abundancia, teniendo las mas altas de la boca norte hasta Bahía Coyote y al centro sur de la Bahía de la Paz.

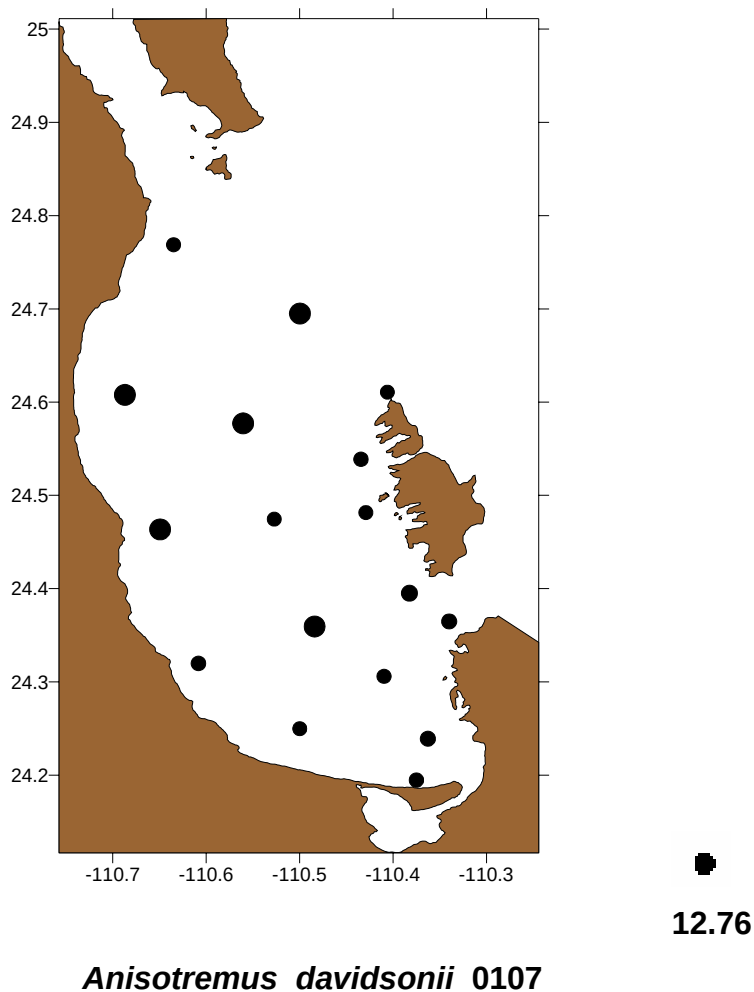
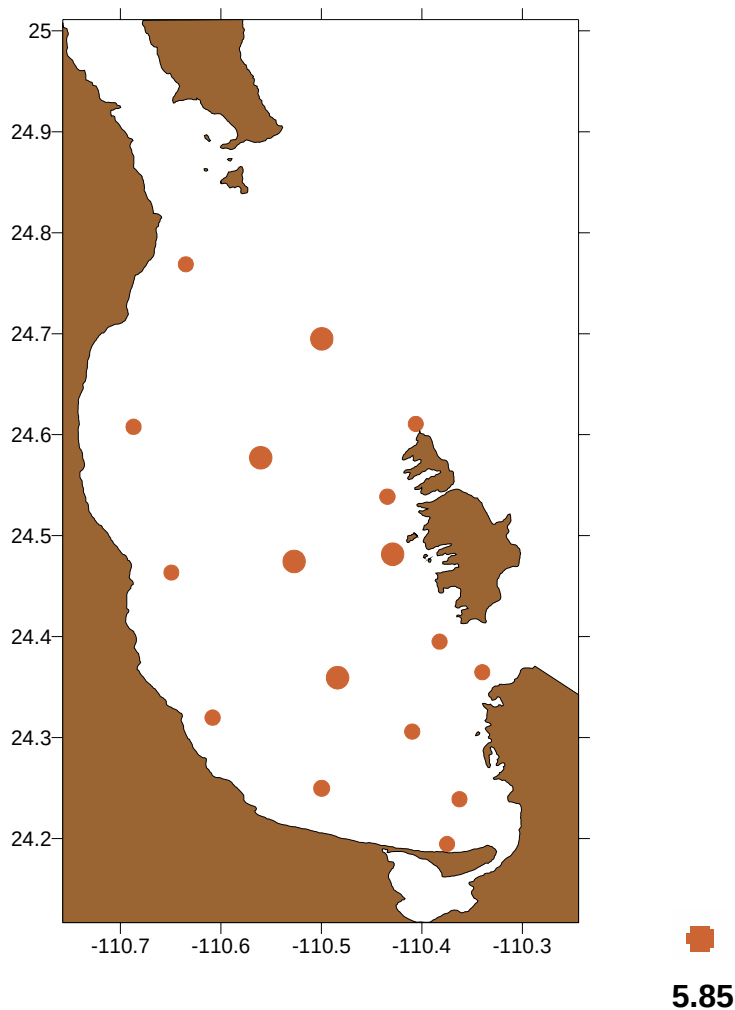


Figura 15. Mapa de distribución y abundancia superficial de *Anisotremus davidsonii* en julio del 2001.

Para *Abudefduf troschelii* (figura 16) se encontró que sus mayores abundancias se presentaron a partir de la boca norte por todo el centro de la Bahía de la Paz y junto a la isla Ballena frente a la isla Espíritu Santo, cabe señalar que estas zonas son las de mayor profundidad y que en las zonas someras, aunque también se encontró esta especie, su abundancia fue menor.



***Abudefduf troschelii* 0107**

Figura 16. Mapa de distribución y abundancia superficial de *Abudefduf troschelii* en julio del 2001.

IV.3) Resultados estadísticos

El análisis de correlación con un límite de 0.482 (95% de confianza) dio como resultado para la época cálida un total de 29 taxa relacionados con seis de los siete parámetros ambientales considerados, de los cuales resaltan el Oxígeno que abarca un 48.2% de los taxa al igual que la biomasa zooplanctónica (ver cuadro 3). Para la época fría hubo un total de 12 taxa relacionados, en los que la temperatura y densidad son los parámetros relacionados con el 75% de dichos taxa (ver cuadro 4).

Los resultados de la correlación entre especies para cada época mostraron que la cálida presenta un 12.46% de sus taxa relacionados entre si. Sin embargo en la época fría, aun teniendo una riqueza menor, presenta un 16.66% de sus taxa relacionados. Esto sugiere una comunidad ligeramente mas relacionada que en la temporada cálida.

Tabla 2. Tabla de correlación de taxa contra parámetros de julio del 2001.

O: oxígeno, **T:** temperatura, **S:** salinidad, **D:** densidad, **Cl** clorofila “a”, **Prof:** profundidad, **Biom:** biomasa zooplanctónica.

	O	T	S	D	Cl	Prof	Biom
<i>Abudefduf troschelii</i>							0.678
<i>Anisotremus davidsonii</i>	0.66						
<i>Apogon guadalupensis</i>							0.528
<i>Benthoosema panamense</i>							0.528
<i>Calamus brachysomus</i>	0.542						
Carangidae	0.569			0.487			
<i>Caranx sexfasciatus</i>							0.528
<i>Coryphaena hippurus</i>	-0.499						
<i>Cheilopogon hubbsi</i>							0.528
<i>Etropus crossotus</i>						0.694	
Gempylidae							0.528
Gobiidae T1	0.612	-0.52		0.53			
<i>Gobulus crescentalis</i>		-0.487					0.497
<i>Hyporhamphus rosae</i>			-0.489				0.594
<i>Lophiodes spilurus</i>							0.528
Macrouridae						0.694	
<i>Melamphaes simus</i>	-0.499						
<i>Monolene asaedai</i>							0.528
Mullidae	0.652					-0.494	
Mullidae T1	-0.499						
<i>Pristigenys serrula</i>							0.528
Pomacentridae	-0.556		-0.486				
Pontinus sp	0.579	-0.489		0.499			
<i>Scorpaena guttata</i>							0.528
Serranidae	0.562	-0.486		0.494			
Serranidae T1	-0.499						
<i>Sphoeroides annulatus</i>							0.641

<i>Stegastes rectifraenum</i>	-0.557						
<i>Synodus lucioceps</i>	0.624						
No Identificadas							0.637
total	14	4	2	4	0	3	14

En el mes de julio del 2001 (temporada cálida) se encontró que los taxa: *Abudefduf troschelii*, *Apogon guadalupensis*, *Benthosema panamense*, *Caranx sexfasciatus*, *Cheilopogon hubbsi*, *Gempylidae*, *Lophiodes spilurus*, *Monolene asaedai*, *Pristigenys serrula*, *Scorpaena guttata*, *Sphoeroides annulatus*, No Identificadas, se encuentran correlacionados estadísticamente solo con la biomasa zooplanctonica y que además en todos los casos esta correlación es positiva; *Gobulus crescentalis*, *Hyporhamphus rosae*, también presentan correlación estadística positiva con la biomasa zooplanctonica, pero también presentan correlación con temperatura el primero y con salinidad el segundo taxa, siendo estas dos correlaciones negativas (ver cuadro 3).

Otro parámetro con alta frecuencia de correlación es el oxígeno, el cual presenta correlación estadística con los taxa: *Anisotremus davidsonii*, *Calamus brachysomus*, *Synodus lucioceps*, los cuales solo se correlacionan con este parámetro ambiental de manera positiva; *Coryphaena hippurus*, *Melamphaes simus*, Mullidae T1, Serranidae T1, *Stegastes rectifraenum*, que solo se correlacionan con este parámetro pero de manera negativa; Carangidae, que se relaciona con oxígeno y densidad ambos de manera positiva; Gobiidae T1, Pontinus sp, Serranidae, que se correlacionan con el oxígeno de manera positiva, con temperatura de manera negativa y con densidad de forma positiva; Pomacentridae se correlaciona con este parámetro además de la salinidad, ambas son negativas; por ultimo Mullidae presenta una correlación positiva con el oxígeno y negativa con la profundidad. Los taxa *Etropus crossotus* y Macrouridae, están correlacionados exclusivamente con la profundidad de manera positiva (ver cuadro 3).

Tabla 3. Tabla de correlación de taxa contra parámetros de febrero del 2002.

	O	T	S	D	Cl	Prof	Biom
Clinidae T1					0.728		0.523
<i>Chilara taylori</i>							0.523
<i>Engraulis mordax</i>		-0.65		0.641			
<i>Etropus crossotus</i>	0.622	0.489	0.543	-0.491	0.488		
<i>Pontinus sp.</i>		-0.624	-0.771	0.596			
<i>Sardinops sagax</i>					0.616		0.497
<i>Scomber japonicus</i>		-0.556	-0.561	0.556			
<i>Sebastes sp.</i>	0.779	0.76	0.781	-0.779			
<i>Serranus sp.</i>	0.492	0.54	0.792	0.51			
<i>Synodus lucioceph</i>		-0.527	-0.822	0.473		0.544	
<i>Vinciguerrria lucetia</i>		-0.505	-0.67	0.483			
Larvas En Eclosión No ID							0.506
total	3	8	7	8	3	1	4

Para febrero del 2002, encontramos solo dos correlaciones exclusivas: *Chilara taylori* y Larvas En Eclosión No ID, que se relacionan únicamente con la biomasa zooplanctónica; Clinidae T1 y *Sardinops sagax* se correlacionan con la biomasa zooplanctónica pero se encuentran aun mas relacionados con la distribución de la concentración de clorofila “a”; *Pontinus sp.*, *Scomber japonicus*, *Synodus lucioceph* y *Vinciguerrria lucetia*, se correlacionan con la temperatura y la salinidad de manera negativa y con la densidad de manera positiva; *Engraulis mordax*, se relaciona también con temperatura de manera negativa y con densidad de manera positiva; *Sebastes sp.* y *Serranus sp.*, se correlacionan con el oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y densidad, sin embargo la primera especie se relaciona con la densidad de manera negativa y

Etropus crossotus se relaciona con los mismos parámetros que *Sebastes sp.* del mismo modo además de relacionarse de manera positiva con la clorofila (ver cuadro4).

El análisis de agrupación (cluster análisis) por el método aglomerativo en modo “Q” para la temporada cálida, permitió observar tres grupos de estaciones con características ambientales similares. Un primer grupo de estaciones situado en la zona somera al sur de la bahía, el segundo grupo en la zona norte y un grupo formado únicamente por dos estaciones al centro de la bahía (figura 17 y 18).

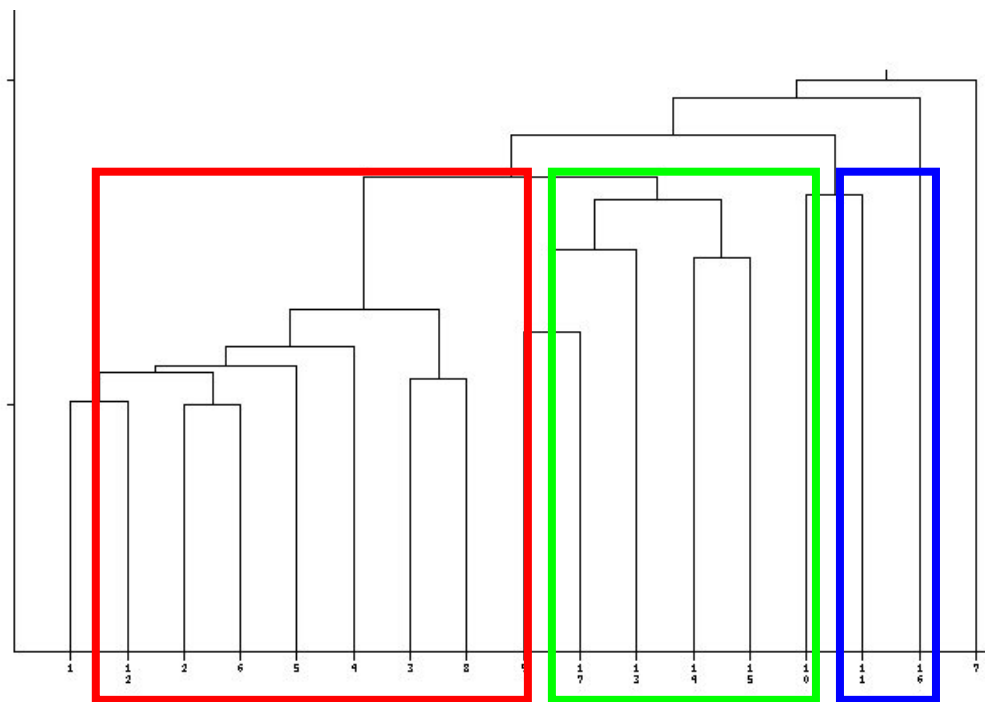


Figura 17. Cluster en modo “Q” (estaciones) para el mes de julio del 2001.

Al graficar en el mapa la agrupación de las estaciones se define claramente tres agrupaciones con distribución bien definida, de sur a norte se encontró la primer agrupación es de ocho estaciones que corresponden a las estaciones costeras; un segundo grupo formado por cinco estaciones en la zona de la

boca norte, conteniendo las estaciones mas profundas; y un tercer grupo formado únicamente por dos estaciones situado al centro de la bahía (figura 18).

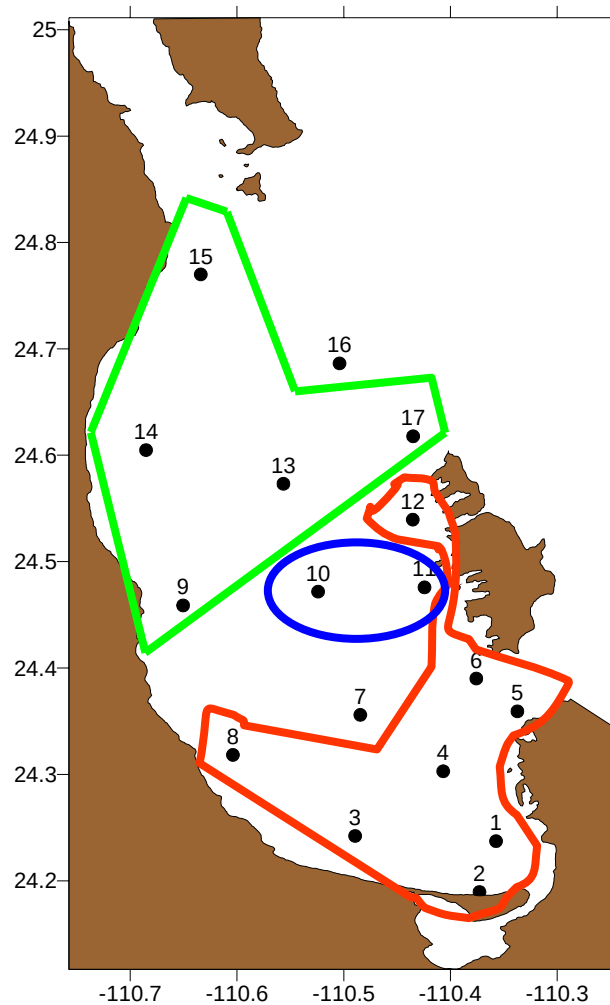


Figura 18. Mapa de agrupación de estaciones modo “Q” en Julio del 2001.

Para poder determinar si las imágenes de satélite de temperatura superficial del mar era una herramienta fidedigna para analizar la influencia del Golfo de California sobre las características hidrográficas de la bahía, se realizó un montaje del mapa de agrupación de estaciones sobre la imagen de temperatura superficial de la bahía, mostrándose claramente el cambio de temperatura en las zonas de las estaciones agrupadas, formando pequeñas estructuras de forma y dimensiones similares a las del análisis de cluster (ver figura 19).

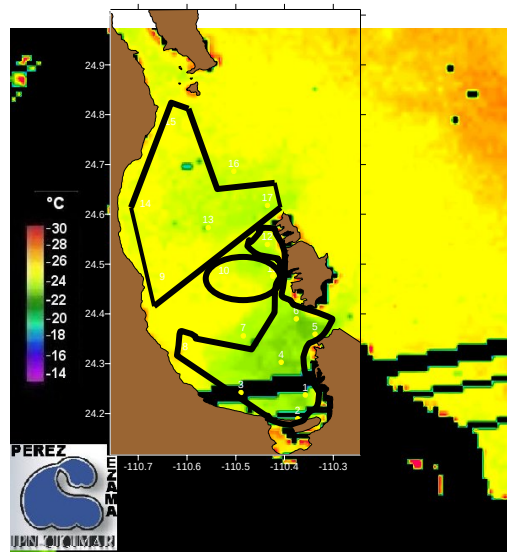


Figura 19. Montaje del mapa de agrupación de estaciones del análisis de cluster, sobre la imagen de temperatura superficial de la bahía (julio 2001).

El mismo análisis en modo “R” (figura 20) mostró que en esta época existen tres asociaciones principales de larvas que presentan una distribución principalmente costera y de zonas someras. Dentro de estas tres asociaciones podemos observar que la que contiene un mayor número de taxa es la más dispersa ya que su distribución esta dada en cuatro puntos dispersos en la bahía. Un segundo grupo distribuido en la zona de las islas. Por ultimo, el grupo mas pequeño distribuido en la zona somera al sur de la bahía.

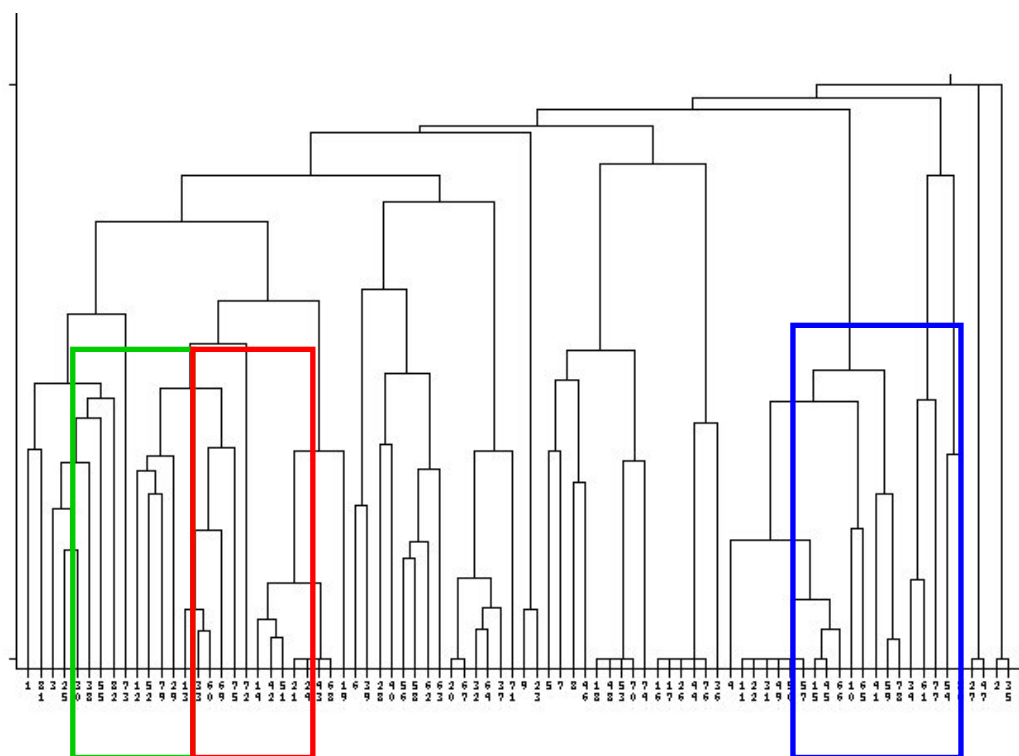


Figura 20. Cluster en modo “R” de asociaciones de especies en julio del 2001.

En el mapa de asociaciones del análisis de cluster (figura 21) podemos observar un primer grupo conformado por: *Apogon retrosella*, Apogonidae T1, Apogonidae T2, *Citharichthys fragilis*, *Clarkichthys bilineatus*, *Coryphaena hippurus*, *Dormitator latifrons*, *Gobulus crescentalis*, *Lepophidium stigmatistium*, *Lythrypnus dalli*, *Melamphaes simus*, Mullidae T1, Serranidae T1, *Sphoeroides lobatus*, *Sphyaena ensis*, que aunque se encuentra disperso por la bahía presenta características de frecuencias y abundancias similares en las mismas estaciones; un segundo grupo conformado por: *Chromis punctipinnis*, *Diapterus peruvianus*, *Etrumeus teres*, *Eucinostomus dowii*, *Eucinostomus gracilis*, Gerreidae, Gobiidae T1, Haemulidae, *Harengula thrissina*, *Hemiramphus saltator*, grupo que se distribuye en la zona de las Islas: La Partida y Espíritu Santo, además del canal San Lorenzo; el ultimo grupo abarca toda la zona sur de la Bahía de La Paz, desde el canal San Lorenzo hasta la costa suroeste de la bahía cubriendo el área de menor profundidad, esta constituido por: *Abudefduf troschelii*, *Anisotremus davidsonii*, Apogonidae Tipo, *Calamus brachysomus*, Carangidae, Carangidae T1, *Cosmocampus arctus*, Cottidae, *Syacium ovale*.

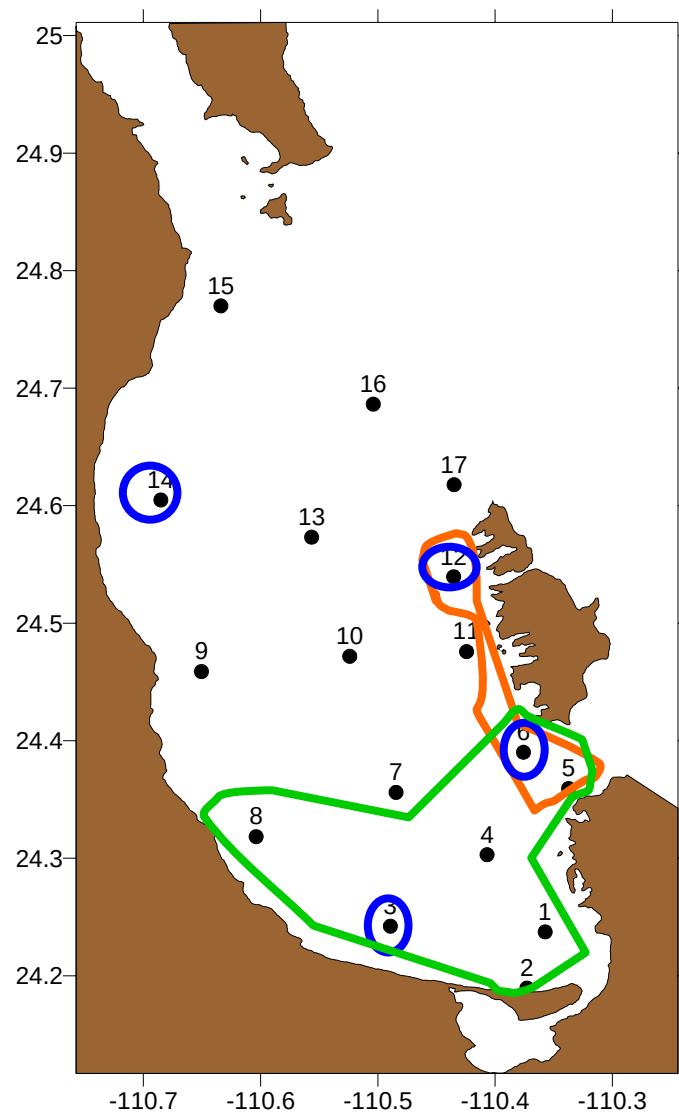


Figura 21. Mapa de asociaciones larvales en julio del 2001. Los colores corresponden a las agrupaciones del cluster.

El análisis de agrupación (cluster análisis) por el método aglomerativo en modo “Q” para la temporada fría, permitió observar tres grupos de estaciones con características ambientales similares. Un primer grupo de estaciones situado en las dos bocas de la bahía. Un segundo grupo al centro y un grupo formado por tres estaciones someras al sur de la bahía (ver figura 22 y 23).

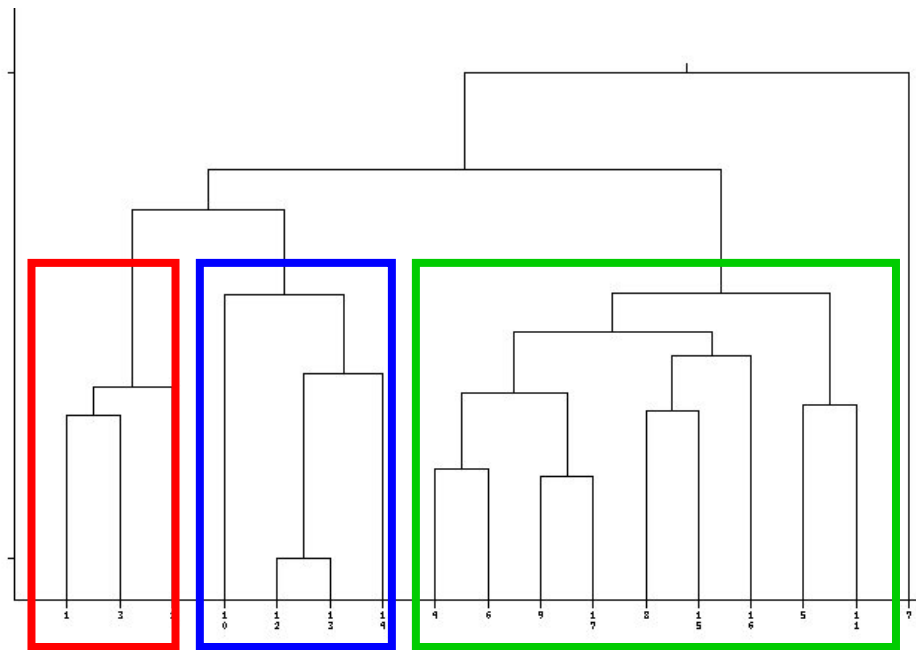


Figura 22. Cluster en modo “Q” (estaciones) para el mes de febrero del 2002.

El mapa de agrupación en modo “Q” para el mes de febrero, muestra también tres grupos de estaciones: el primero se encuentra al sur de la Bahía de la Paz en la zona costera somera compuesta por tres estaciones; un segundo grupo al centro de la bahía, compuesto por cuatro estaciones, que van de Bahía Coyote hasta la isla La Partida; y el tercer y ultimo grupo conformado por nueve estaciones de las cuales tres se encuentran en la boca norte y los otros seis de la boca sur hasta la costa oeste de la bahía (figura 23).

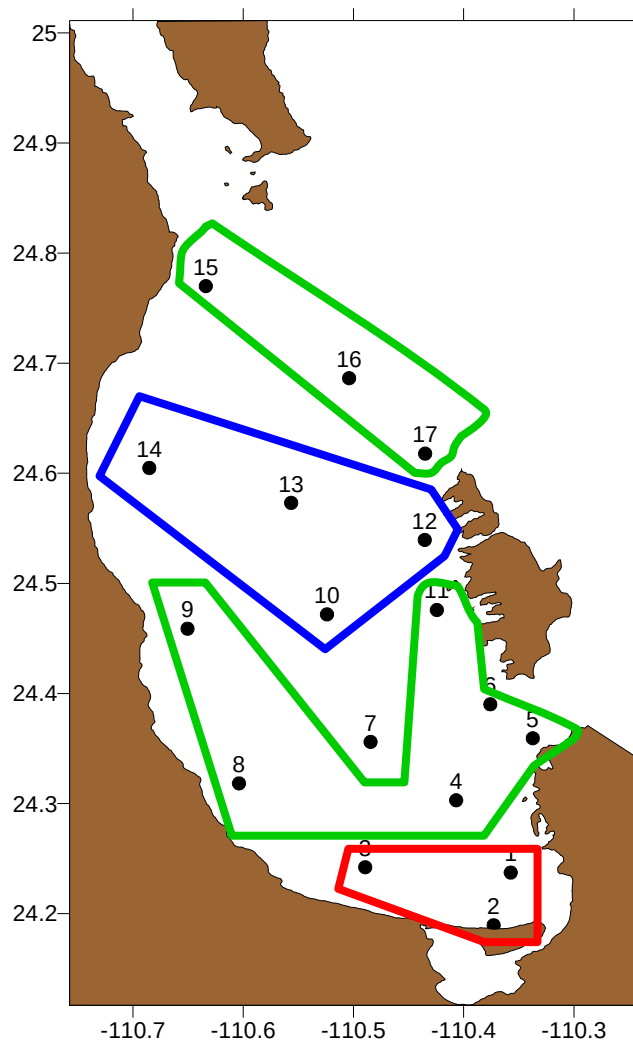


Figura 23. Mapa de agrupación de estaciones (modo "Q") para el mes de febrero del 2002. Los colores corresponden a las agrupaciones del cluster.

Al realizar el montaje del mapa de agrupación de estaciones, se observa poca formación de estructuras asociadas a la temperatura, en comparación con las de julio del 2001, sin embargo se definen un poco los cambios con la forma de la agrupación (ver figura 24).

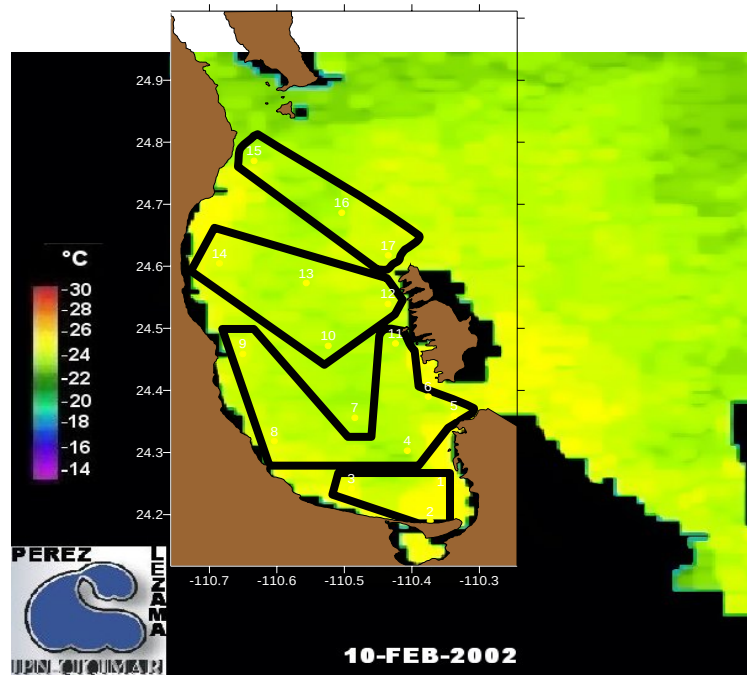


Figura 24. Montaje del mapa de asociaciones modo “Q” para el mes de febrero y su imagen de temperatura superficial del mar correspondiente.

El análisis en modo “R” mostró que en esta época existen tres asociaciones, el primero presenta una distribución costera, un segundo grupo conformado por especies pelágicas, y un último grupo más pequeño situado en la boca norte de la bahía (ver figura 25 y 26).

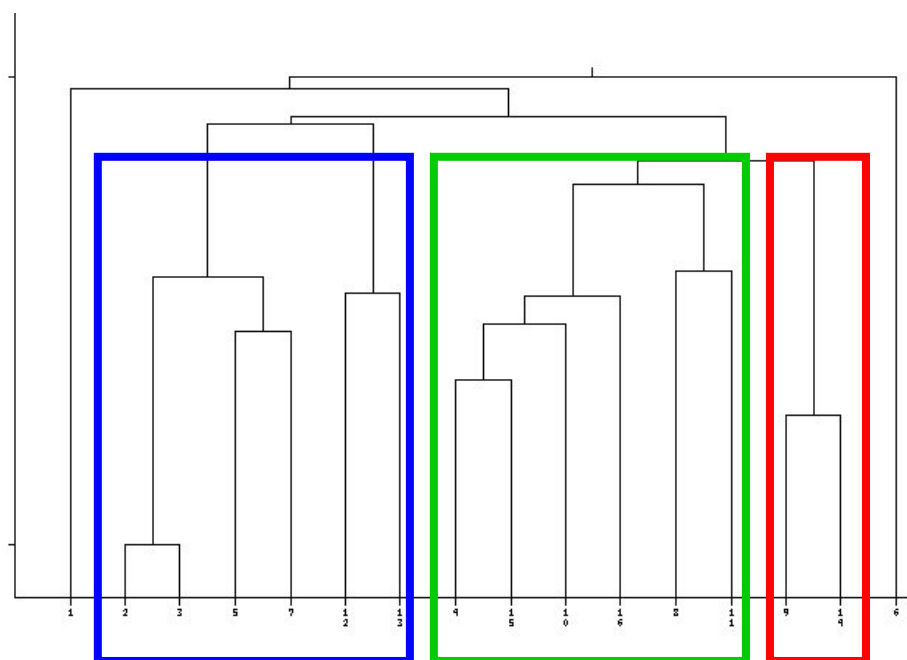


Figura 25. Cluster de asociaciones larvales (modo “R”) para el mes de febrero del 2002.

En el mapa de asociaciones larvales correspondiente al mes de febrero del 2002, se observaron nuevamente tres asociaciones larvales, el primer grupo esta conformado por los taxa: Clinidae T1, *Chilara taylori*, *Etropus crossotus*, *Gobulus crescentalis*, *Sebastes sp.*, *Serranus sp.* que se distribuye en la zona costera; un segundo grupo conformado por seis taxa pelágicos: *Engraulis mordax*, *Harengula thrissina*, *Sardinops sagax*, *Scomber japonicus*, *Vinciguerrria lucetia*, Larvas En Eclosión No Id., que presenta una distribución en ambas bocas hasta llegar a la costa oeste de la bahía; el ultimo grupo esta situado únicamente por dos especies que son: *Pontinus sp.* y *Synodus lucioceps*, este pequeño grupo solo se encuentra distribuido en la zona de la boca norte de la Bahía de la Paz (figura 26).

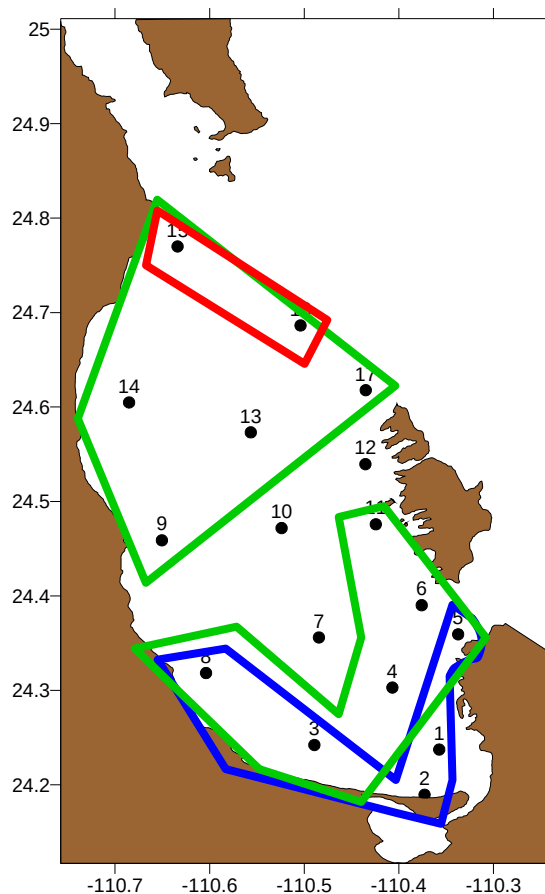
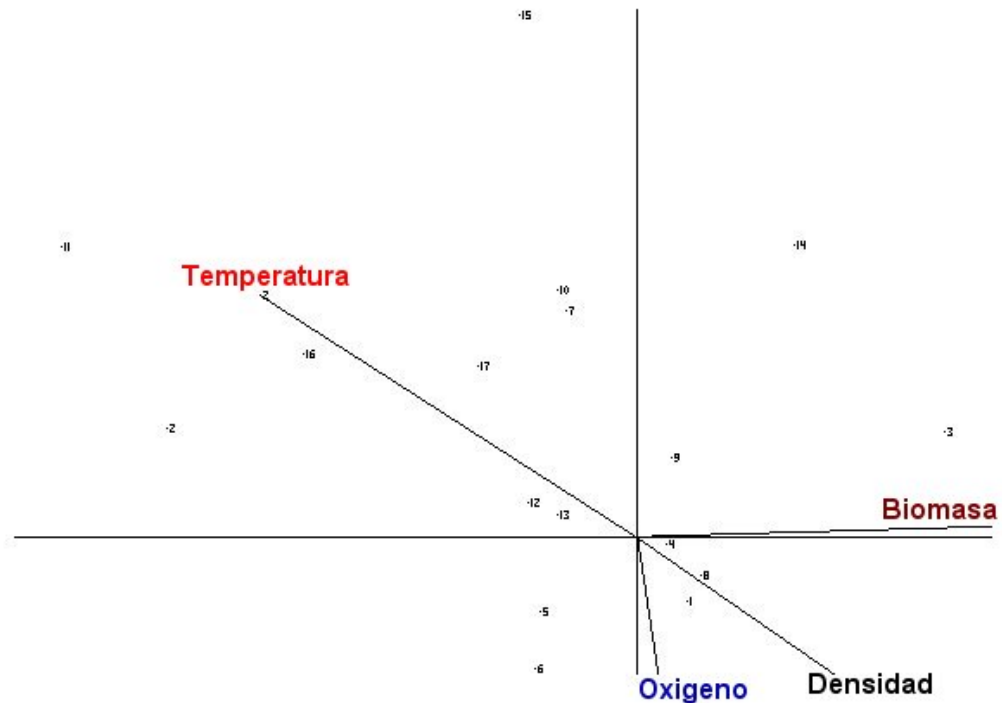


Figura 26. Mapa de distribución de asociaciones larvales para el mes de febrero del 2002.

Después de realizar el análisis de cluster, se hizo un análisis de correspondencias canónicas para poder determinar que elementos están mas correlacionados con cada estación y con cada parámetro en las dos temporadas (figuras 27, 28, 29 y 30).

En el análisis de correspondencias canónicas para las estaciones del mes de julio del 2001, se observó que las estaciones 2, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16 y 17 están mas correlacionadas con la temperatura; las estaciones 3, 9 y 14 están mas correlacionadas con la biomasa zooplanctónica; las estaciones 1, 8 y 4 se correlacionan mas con la densidad y el oxígeno respectivamente; las estaciones 5 y 6 solo se correlacionan con el oxígeno, por ser la temperatura el parámetro ambiental con mayor numero de estaciones correlacionadas (nueve) se considera un factor importante y determinante para la caracterización

hidrográfica de la Bahía de La Paz, y es este mismo el factor de mayor variación entre temporadas (ver figura 27).



Eje I vs Eje II: OBJETOS Y PARAMETROS

Figura 27. Gráfica de correspondencias canónicas de estaciones en julio del 2001.

El análisis de correspondencias canónicas para las estaciones en el mes de febrero del 2002, mostró que las estaciones 1, 2, 4, 6, 12, 13 y 14 estaban más correlacionadas con la temperatura y el oxígeno disuelto; las estaciones 7, 8, 9, 16 y 17 se encuentran mas correlacionadas con la temperatura; las estaciones 10, 11 y 15, presentan una mayor correlación con la profundidad y la biomasa zooplanctónica; y por ultimo las estaciones 3 y 5 están más correlacionadas con la concentración de clorofila "a". De la misma manera que en el mes de julio el parámetro mas correlacionado con las estaciones fue la temperatura, sin embargo en esta temporada, la temperatura es un parámetro asociado a un mayor número de estaciones que en la temporada cálida (ver figura 28).

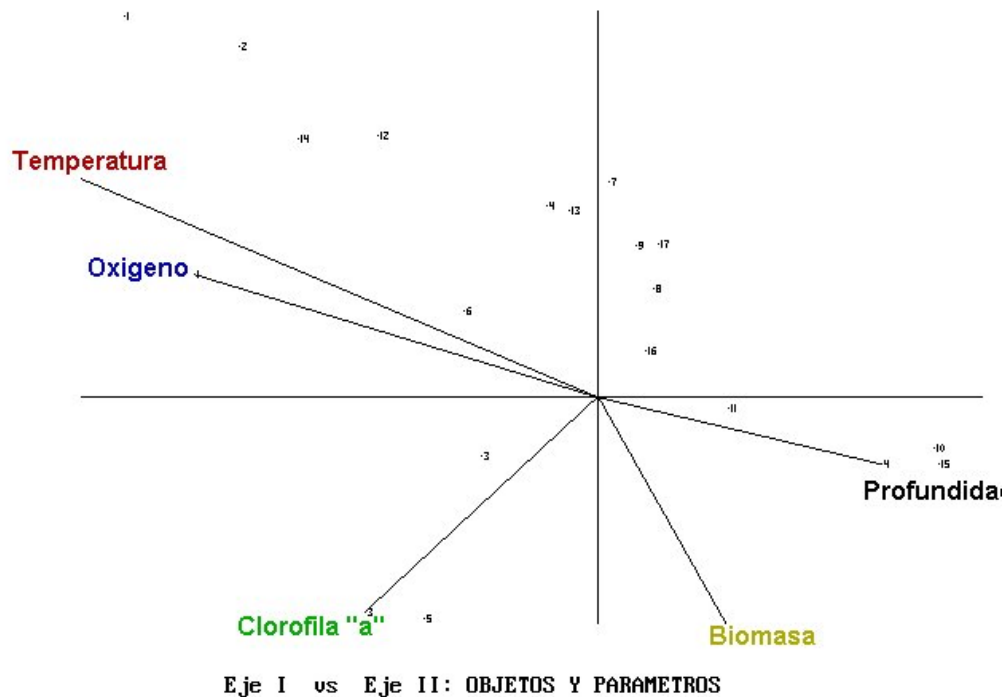


Figura 28. Gráfica de correspondencias canónicas de estaciones en febrero del 2002.

Al realizar el análisis de correspondencias canónicas de las especies para el mes de julio de 2001(figura 29), se encontró que los taxa Achiridae, *Apogon retrosella*, Apogonidae T1, Apogonidae T2, Apogonidae T3, *Coryphaena hippurus*, *Chloroscombrus orqueta*, *Etropus crossotus*, *Etrumeus teres*, *Eucinostomus dowii*, Gobiidae T3, *Hemiramphus saltator*, Howellidae, *Lythrypnus dalli*, Macrouridae, *Melamphaes simus*, Mullidae T1, Oneirodidae, *Orthopristis reddingi*, Pomacentridae, *Roncador stearnsii*, *Sardinops sagax*, Serranidae T1, Serranidae T2, *Sphoeroides lobatus*, *Stegastes rectifraenum*, *Triphoturus mexicanus* y *Vinciguerrria lucetia*, presentan mayor correlación con la temperatura; los taxa *Abudefduf troschelii*, *Apogon guadalupensis*, Apogonidae Tipo, *Balistes polylepis*, *Benthosema panamense*, *Caranx sexfasciatus*, *Cheilopogon hubbsi*, Gempylidae, *Gobulus crescentalis*, *Harengula thrissina*, *Hyporhamphus rosae*, *Lophiodes spilurus*, *Monolene asaedai*, *Mugil cephalus*, *Pristigenys serrula*, *Scomberomorus sierra*, *Scorpaena guttata*, *Sphoeroides annulatus* y No Identificadas, están más

correlacionadas con el volumen de biomasa zooplanctonica; los taxa *Citharichthys fragilis*, *Clarkichthys bilineatus*, *Dormitator latifrons*, Gobiidae T2, *Lepophidium stigmatistium*, *Opisthonema libertate*, *Prionotus ruscarius*, *Synodus lucioceps* y *Sphyaena ensis*, están mas correlacionados con la concentración de oxígeno disuelto y con la densidad; por ultimo los taxa *Anisotremus davidsonii*, *Calamus brachysomus*, Carangidae, Carangidae T1, *Cosmocampus arctus*, Cottidae, *Syacium ovale*, *Chromis punctipinnis*, *Diapterus peruvianus*, *Eucinostomus gracilis*, Gerreidae, Gobiidae T1, Haemulidae, Labrisomidae, *Labrisomus xanti*, Mugilidae, Mullidae, Pleuronectiformes, *Pontinus sp*, Scombridae, *Scorpaenodes xyris*, *Seriola lalandi*, Serranidae, *Serranus sp*, *Sphyaena argentea* y Sphyaenidae, se correlacionan mas con la concentración de oxígeno disuelto. Estos resultados muestran que aunque la temperatura es un factor importante de la hidrografía de la Bahía de La Paz, el parámetro ambiental mas correlacionado con las especies de larvas de peces, es la concentración de oxígeno disuelto.

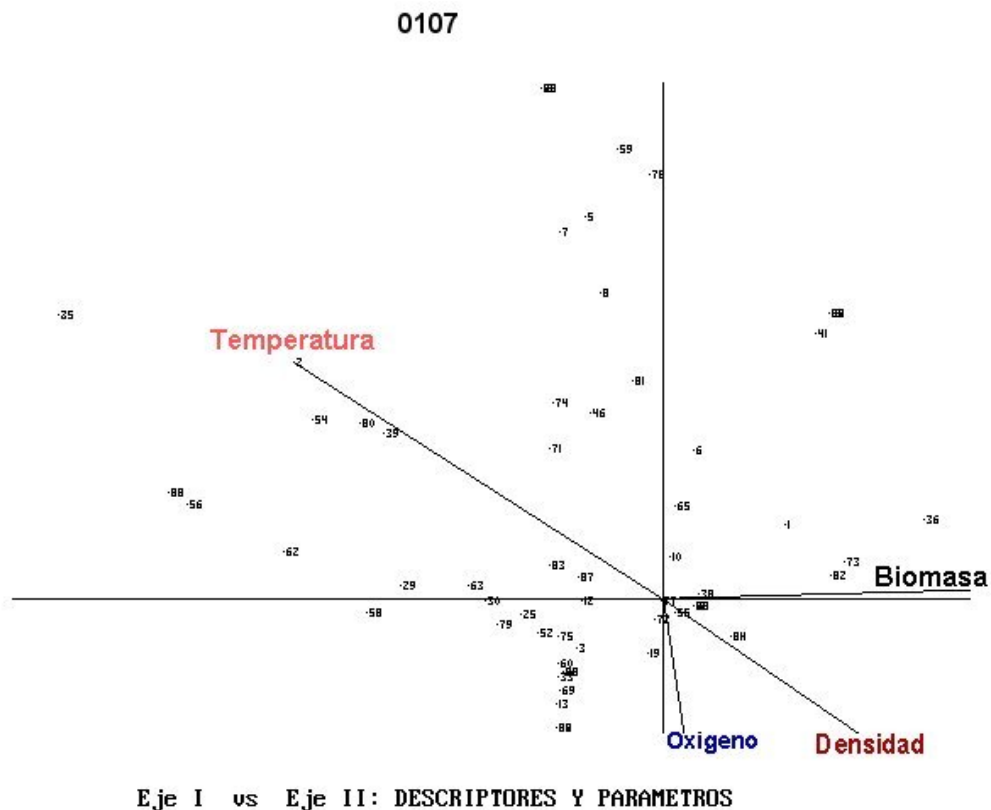


Figura 29. Gráfica de correspondencias canónicas de larvas de peces en julio del 2001.

Debido a que en el mes de febrero del 2002 son un menor numero de taxa (figura 30), el análisis de correspondencias canónicas mostró que: *Bothus leopardinus*, *Engraulis mordax*, *Gobulus crescentalis*, *Harengula thrissina*, *Scomber japonicus* y *Vinciguerria lucetia* son los taxa mas correlacionados con la temperatura; *Pontinus* sp, *Synodus lucioceps* y Larvas en Eclosión No ID, presentan mayor correlación con la profundidad y con la biomasa zooplanctonica; solo Clinidae T1 y *Chilara taylori* son los taxa mas relacionados con la concentración de clorofila "a" y por ultimo *Etropus crossotus*, *Etrumeus teres*, *Sardinops sagax*, *Sebastes* sp., y *Serranus* sp. son los taxa que están correlacionados con temperatura y el oxigeno disuelto, siendo nuevamente la temperatura el factor ambiental mas correlacionado, ya que presento relación con 12 de los 16 taxa identificados para esta época.

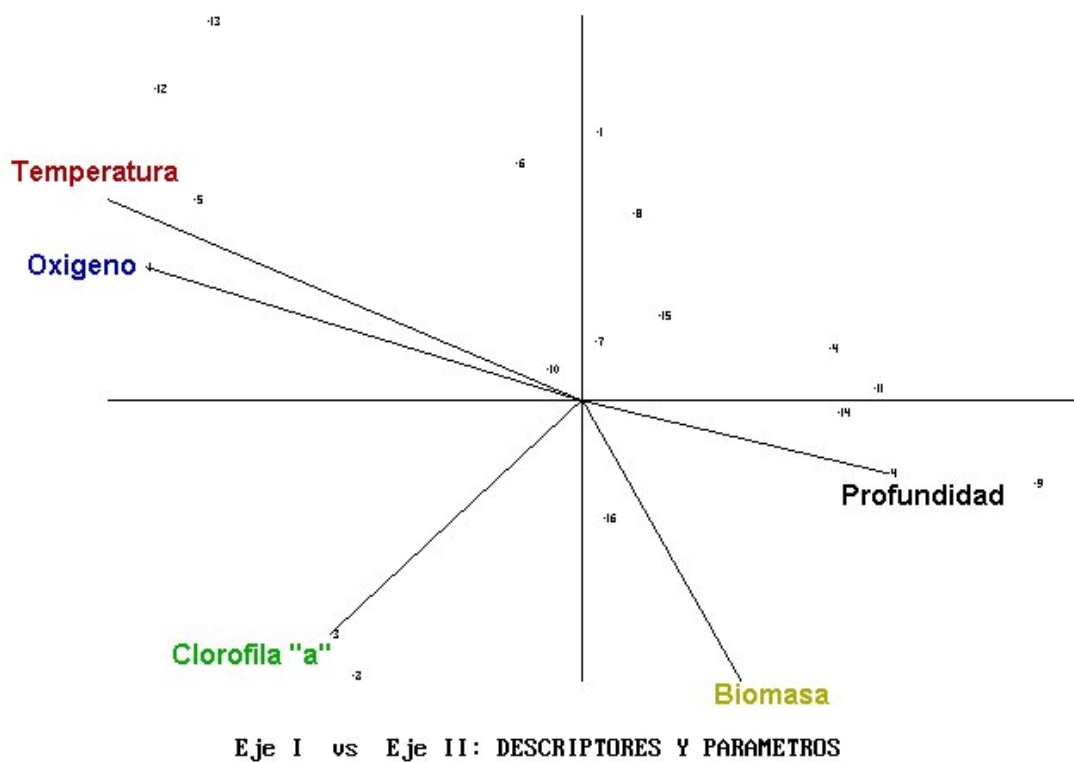


Figura 30. Gráfica de correspondencias canónicas de larvas de peces en febrero del 2002.

V) Discusión

Al analizar los mapas de distribución horizontal de los parámetros ambientales de la bahía, podemos observar la marcada diferencia en cuanto a su distribución y a los valores particulares, sin embargo, debido a la distribución de las isolineas en cada uno de ellos de cada temporada nos permite identificar estructuras que, como ejemplo, se observa en la imagen de distribución superficial de clorofila “a”, para el mes de febrero del 2002, una mayor concentración en la zona cercana a la boca de la Ensenada de La Paz y Canal San Lorenzo, situación coincidente con la distribución superficial de la densidad y del oxígeno disuelto, lo que puede estar relacionado con lo que concluye Salinas-González (2000), quien menciona que la circulación por mareas de la ensenada podría en determinado momento influir sobre las características de estas zonas.

Por otra parte al analizar todas las imágenes de los parámetros ambientales en conjunto nos permite inferir que gran parte de las características hidrográficas superficiales están dadas por la interacción bahía de La Paz-Golfo de California caso contrario a lo mencionado por Salinas (2000) quien menciona que las aguas de la bahía se encuentran aisladas de las del Golfo de California, sin embargo coincide con otra de sus conclusiones en la cual, menciona que, la circulación termohalina de la Bahía de la Paz presenta flujos entrantes en la boca norte y flujos en el Canal San Lorenzo. Cabe señalar que nunca se encontró evidencia suficiente para decir que existe algún vortice o giro dentro de la bahía.

Tomando en cuenta lo mencionado por Obeso-Nieblas en el 2003 quien hace énfasis en que, la densidad durante la temporada de invierno, es una de las épocas con condiciones homogéneas que prevalecen en la bahía, se afirma las condiciones encontradas en febrero del 2002 en donde se puede apreciar una homogeneidad con respecto a la distribución horizontal de la densidad y temperatura, además de que la salinidad presenta muy poca variación. Esta

situación contrasta con la temporada cálida donde se aprecia una distribución horizontal heterogénea en los mismos parámetros.

De cualquier manera es importante enfatizar que en todos los parámetros ambientales se presenta una distribución opuesta para cada una de las temporadas, lo cual le da las características extremas que definen la peculiaridad del Golfo de California y por consecuencia de La Bahía de La Paz en los cuales no son notorias las cuatro temporadas, más bien existen las temporadas cálida y fría, esto se ve reflejado en la temperatura del aire en la que se han registrado las temperaturas más calurosas en el mes de julio y las más frías en el mes de febrero (Secretaría de Marina, 1979).

Un suceso interesante es la distribución horizontal superficial de la concentración de Oxígeno disuelto (figura 8), ya que aun cuando se forman estructuras similares en la distribución de clorofila "a" (figura 4), en el caso particular de la temporada cálida, la concentración de oxígeno es inversa a la concentración de clorofila "a", sin embargo en la temporada fría el patrón de distribuciones tanto en clorofila "a" como en oxígeno es similar.

Es por esta razón, que en la imagen de distribución vemos como, aunque persiste la biomasa zooplanctónica en ambas épocas, la distribución se invierte; también existen algunas especies de larvas de peces que se comportaron de la misma manera, una de estas fue *Vinciguerria lucetia* la cual respondió de manera similar invirtiendo su distribución dentro de la bahía, por otra parte algunas especies tienen distribuciones temporales, estando con más abundancia en alguna época del año o simplemente no están en una de las dos épocas y son muy abundantes en la otra.

Sin embargo, la distribución espacial y temporal de los organismos, así como de los parámetros, no es suficiente indicativo para determinar la relación entre ellos, por lo que el análisis de correlación nos indicó cuales eran los parámetros relacionados con las especies de mayor abundancia, ya que el índice de correlación permite predecir si entre dos variables existe o no una relación o dependencia matemática.

Este análisis demostró que, aunque la variable mas notoria era la temperatura, los parámetros que presentan un mayor número de correlaciones estadísticamente significativas para la temporada cálida, fueron el Oxígeno disuelto y la concentración de biomasa zooplanctónica, esto difiere con lo mencionado por Sánchez-Velasco *et al.* (2004a) y Sánchez Velasco *et al.* (2004b), ya que ellos infieren que, el parámetro relacionado con la distribución tanto espacial como temporal, es la temperatura, basándose únicamente en la similitud de la distribución de dicho parámetro y las coincidencias con las abundancias de las especies de larvas de peces.

Para la época fría, los parámetros mas correlacionados fueron la temperatura y densidad, por lo que se infiere que los parámetros de influencia sobre las poblaciones larvales varían conforme a las temporadas del año y por consecuencia la composición y abundancia de los grupos será diferente ya que tanto los organismos como el ambiente responde de diversas maneras, bajo diferentes factores.

Lo anterior fue mas notorio al hacer el análisis de correlación entre especies, en donde se presento la temporada fría, como la temporada donde las especies estaban mas correlacionadas, siendo que esta temporada presento menor riqueza de especies que la temporada cálida, en donde se presentó un menor numero de correlaciones entre las especies.

Sin embargo el numero de taxa encontrados aun en la temporada con mayor riqueza fueron 82, lo que difiere con los reportados por Sánchez-Velasco *et al.* (2004b) quien identifico 147 taxa de larvas de peces, de las 753 especies de peces en estado adulto reportadas para el golfo por Castro-Aguirre *et al.* (1994), lo que puede estar dado por el numero de larvas en eclosión sin identificar dado su escaso desarrollo. Los resultados también difieren de lo reportado por Moser *et al.* (1974) y Avalos-García *et al.* (2003), pero cabe señalar que ellos mencionan que la diversidad, riqueza y composición de especies varían dependiendo de la temporada del año.

El hecho de encontrar un mayor número de taxa en la temporada cálida y el menor número de taxa en la temporada fría, ha sido reportado por diversos autores para el Golfo de California (e. g. Moser *et al.*, 1974; AvalosGarcía *et al.*, 2003) y la Bahía de La Paz (e. g. De Silva-Dávila, 1997; y Sánchez-Velasco *et al.*, 2004a y 2004b), quienes han registraron la mayor riqueza específica y diversidad en la temporada cálida y la menor en la temporada fría, asociada principalmente a las variaciones estacionales e interanuales del ambiente.

Este análisis nos mostró que: *Abudefduf troschelii*, *Apogon guadalupensis*, *Benthoosema panamense*, *Caranx sexfasciatus*, *Cheilopogon hubbsi*, *Gempylidae*, *Lophiodes spilurus*, *Monolene asaedai*, *Pristigenys serrula*, *Scorpaena guttata*, *Sphoeroides annulatus*, No Identificadas, se encuentran correlacionados con la biomasa zooplanctónica, esto puede ser debido a que estos organismos presentan una alimentación zooplanctófaga en su mayoría, además de que en sus etapas de huevo y larva forman parte del zooplancton; cabe señalar que estos organismos aunque en su etapa adulta muchos habitan en arrecifes o en el bentos, sus juveniles son organismos pelágicos (FishBase, 2004; LarvalBase, 2004).

En cuanto a la representatividad del análisis de la distribución de las larvas de peces basado en los hábitos de gran parte de los adultos se debió a que las comunidades registradas para este estudio estuvieron dominadas por especies tropicales. Estos resultados coinciden con diversos autores como Moser *et al.* (1974), Avalos - García (2000) y Aceves - Medina (2003), quienes señalan que las aguas del Golfo de California son dominadas principalmente por especies tropicales, debido a las condiciones propias del golfo.

Otros taxa correlacionados con la biomasa zooplanctónica son *Gobulus crescentalis*, *Hyporhamphus rosae*, pero también presentan correlación con temperatura el primero y con salinidad el segundo taxa, esto lo podemos explicar tomando en cuenta lo mencionado en el LarvalBase (2004) y FishBase (2004) en donde se comenta que estos organismos son de hábitos costeros y el segundo incursiona ocasionalmente en aguas dulces y salobres.

El oxígeno presento correlación con: *Anisotremus davidsonii*, *Calamus brachysomus*, *Synodus lucioceps*, esto puede ser debido a que estas especies habitan en zonas costeras de fondos arenosos y cantos rodados, donde por lo general existe influencia del oleaje, lo que trae por consecuencia una mayor concentración de oxígeno disuelto (LarvalBase, 2004 in FishBase, 2004).

Coryphaena hippurus, *Melamphaes simus*, Mullidae T1, Serranidae T1, *Stegastes rectifraenum*, también se correlacionaron con el oxígeno disuelto solo que en este caso estos organismos se caracterizan por habitar ambientes coralinos y rocosos en su mayoría; Carangidae se relacionó con oxígeno y densidad debido a que estos organismos son pelágicos, asociados a aguas profundas; Gobiidae T1, Pontinus sp, Serranidae, que se correlacionan con el oxígeno, con temperatura y con densidad debido a que son organismos demersales; Pomacentridae se correlaciona con este parámetro además de la salinidad, habitan por lo general ambientes coralinos; por ultimo Mullidae presenta una correlación con el oxígeno y con la profundidad, ya que este organismo habita zonas muy someras, donde la influencia del oleaje es mayor (LarvalBase, 2004 in FishBase, 2004).

Con respecto a la profundidad su relación con *Etropus crossotus* y Macrouridae es debido a que estos organismos están asociados al bentos.

Para el caso del análisis de correlación en el mes febrero del 2002 (temporada fría), las dos correlaciones exclusivas de *Chilara taylori* y Larvas En Eclosión No ID con la biomasa zooplanctónica, esto se debe a que las larvas de esta especie son planctónicas aun cuando el adulto sea un organismo demersal, en la etapa juvenil, por lo general es pelágico, y las larvas en eclosión no identificadas es simplemente porque los huevos son parte del zooplancton y estos organismos al eclosionar no tienen sus órganos de locomoción bien desarrollados; Clinidae T1 y *Sardinops sagax* se correlacionan con la biomasa zooplanctónica pero se encuentran aun mas relacionados con la distribución de la concentración de clorofila "a", esto puede deberse a su alimentación tanto fitoplancton como zooplanctófaga; *Pontinus sp.*, *Scomber japonicus*, *Synodus*

Luciocephalus y *Vinciguerria lucetia*, se correlacionaron con la temperatura, la salinidad y con la densidad por ser organismos que se encuentran en diversas áreas, por lo general pelágicos; *Engraulis mordax*, se relaciona también con temperatura y con densidad por ser un organismo pelágico además de ser un depredador que en su etapa adulta se puede encontrar a profundidades que varían desde 0 hasta 300m y desde las zonas costeras hasta 480 km mar adentro; *Sebastes sp.* y *Serranus sp.*, se correlacionan con el oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y densidad, debido a que estos organismos se encuentran en la zona costera, asociados a fondos arenosos, lodosos y rocosos, en áreas poco profundas. *Etropus crossotus* se relaciona con los mismos parámetros que *Sebastes sp.* del mismo modo además de relacionarse con la clorofila, este organismo también está asociado a zonas bajas con fondos fangosos y arenosos (LarvalBase, 2004 in FishBase, 2004).

Los parámetros ambientales no actúan independientemente para caracterizar la Bahía de La Paz. El análisis de cluster (CA) es una técnica de la clasificación para poner entidades similares u objetos en grupos o racimos (Lurwig and Reynolds, 1988), por esta razón el análisis de cluster para el mes de Julio del 2001 (época cálida) nos indicó tres agrupaciones, la primera agrupación corresponde a las estaciones costeras de poca profundidad. Obeso (2003) menciona que esta zona está sujeta a importantes corrientes y a mareas, que originan intercambio de agua con el Golfo de California, además de que esta zona presenta un aumento de temperatura por la radiación solar del verano; un segundo grupo formado en la zona de la boca norte, siendo esta zona la más profunda, en donde Obeso (2003) registra intrusiones de agua proveniente del Golfo de California; y un tercer grupo formado únicamente por dos estaciones situado al centro de la bahía, que es la resultante de la transición entre las aguas profundas y las someras.

El análisis de las imágenes de satélite de temperatura superficial del mar (NOAA-AVHRR) (figura 15), nos dio un panorama más amplio de las estructuras que pudieran estar influenciando la bahía, donde se visualizó la interacción bahía-Golfo de California, detectando una intrusión de agua cálida

del pacífico hacia el golfo en las costas continentales que provocaron un giro frente a la bahía, donde destacó la temperatura presente en la bahía la cual fue menor, prolongándose ligeramente fuera de la misma, manteniendo una temperatura menor a la corriente entrante durante algunas millas, llegando esta hasta Isla Cerralvo, esto se corrobora con lo mencionado por Salinas *et al.* en el 2003, quienes reiteran que la zonas profundas de la bahía la influencia de las aguas del golfo es mas intensa, estando la zona somera mas dominada por procesos locales.

Una prueba mas de este hecho fue el montaje del mapa de agrupación de estaciones sobre la imagen de temperatura superficial de la bahía, en el que se mostró claramente el cambio de temperatura en las zonas de las estaciones agrupadas, formando pequeñas estructuras de forma y dimensiones similares a las del análisis de cluster (ver figura 16).

El análisis de agrupación (cluster análisis) para la temporada fría, permitió observar, al igual que en la temporada cálida, tres grupos de estaciones con características ambientales similares. Un primer grupo de estaciones situado en las dos bocas de la bahía, que al parecer debe estas características, ala interacción bahía-golfo, por ser estas las dos vías de comunicación con el Golfo de California, además de la influencia de vientos en esta época y por consecuencia del oleaje. Estos mismos factores son los sugeridos por Obeso (2003) y Salinas *et al.* (2003) para dar las características ambientales particulares de estas dos zonas. Un segundo grupo al centro de la bahía, puede que esté conformado por estaciones con aguas de características particulares de la bahía debido a la influencia del grupo anterior y un grupo formado por tres estaciones someras al sur de la bahía, el cual debe sus características al hecho de ser zona poco profunda en donde la mezcla por viento y oleaje es mayor (Obeso, 2003; Salinas *et al* 2003) (ver figura 19 y 20).

Las imágenes (NOAA-AVHRR) de febrero del 2002, nuevamente no se percibe una influencia directa del golfo, no obstante mostró la continuidad de la temperatura sugiriendo la interacción entre las aguas del Golfo de California y

la Bahía de La Paz, hecho citado también por Obeso (2003) y Salinas *et al.* (2003) (ver figuras 21 y 22).

A pesar de lo anterior el montaje del mapa de agrupación de estaciones en la imagen NOAA de SST, se observó poca formación de estructuras asociadas a la temperatura, lo que puede ser ocasionado por las condiciones de temperatura y viento que existieron en ese momento en la bahía, aunque si se logro definir ligeramente los cambios con la forma de la agrupación (ver figura 22).

El análisis cluster para los taxa de la temporada cálida (figura 17) mostró que en esta época existen tres asociaciones de larvas que presentan una distribución principalmente costera y de zonas someras a diferencia de lo reportado por Sánchez-Velasco *et al.* (2004) ellos detectaron con este mismo análisis, que durante julio de 1997 también tres grupos, sin embargo estos los ubicaron uno al centro de la bahía y otros dos costeros.

Aun cuando varios taxa reportados en la época cálida por Sánchez-Velasco *et al.* (2004), para julio de 1997, coinciden con los encontrados en julio del 2001, su distribución no es similar, y las asociaciones larvales no son las mismas, lo que es esperable pues las condiciones en la bahía, si bien presentan patrones cíclicos no son iguales año con año.

Por otra parte, el análisis de cluster del mes de febrero del 2002, mostró que en esta época a diferencia de la cálida y aun cuando la riqueza especifica era menor, también existieron tres asociaciones, que incluso presentaron una definición mas clara y precisa.

El primero presento una distribución costera, un segundo grupo conformado por especies pelágicas, y un último grupo más pequeño situado en la boca norte de la bahía (ver figura 23 y 24). Cabe señalar y hacer énfasis en que para esta época, la distribución de las asociaciones larvales presentó el mismo patrón que el de la agrupación de estaciones, lo anterior demuestra que todos los parámetros que caracterizan el ambiente en la Bahía de La Paz,

repercuten en la distribución de los organismos y la conformación de sus asociaciones, reiterando que el análisis fehaciente de las comunidades y poblaciones de organismos, solo será posible, cuando se tomen en cuenta la mayor cantidad de factores de influencia.

Por lo anterior y tomando en cuenta que los análisis previamente discutidos, nos mostraron únicamente los parámetros que presentan correlaciones estadísticamente significativas con respecto a las especies de cada época y la similitud en las agrupaciones de estaciones y de especies, para determinar la relación de todas y cada una de las especies con los factores ambientales, así como la determinación del parámetro que influye de alguna manera en ellas, pudo ser realizada con el análisis de correspondencia canónica.

Ludwig y Reynolds (1988), hacen mención de cómo los análisis de correspondencias, son usados como técnicas de ordenación. Además de ser un análisis muy atractivo ya que permite analizar y obtener resultados de los parámetros y las especies simultáneamente, lo que permite al ecólogo examinar las relaciones ecológicas entre los factores ambientales y las especies en un solo análisis.

Este análisis permitió ver claramente que durante la temporada cálida, la temperatura se correlacionó con nueve estaciones; la biomasa zooplanctónica esta mas correlacionada con solo tres estaciones, al igual que la densidad y el oxígeno y como las estaciones 5 y 6 solo se correlacionan con el oxígeno. Destacó la temperatura como el parámetro ambiental con mayor número de estaciones correlacionadas, por lo que se consideró como un factor importante y determinante para la caracterización hidrográfica de la Bahía de La Paz, siendo este mismo, el factor de mayor variación entre temporadas (ver figura 25).

Para el mes de febrero del 2002, este análisis sirvió para explicar como la temperatura y el oxígeno disuelto, se correlacionan con seis estaciones, además, de existir otras 5 estaciones que se encuentran más correlacionadas solo con la temperatura.

En cuanto a la profundidad y la biomasa zooplanctónica, existen tres estaciones que se correlacionan más a estos parámetros, por último dos estaciones están más correlacionadas con la concentración de clorofila "a".

Haciendo evidente que el parámetro más correlacionado con las estaciones fue la temperatura, destacando que en esta temporada, este factor fue un parámetro asociado a un mayor número de estaciones que en la temporada cálida (ver figura 26).

Para las especies del mes de julio de 2001 (figura 27), se encontró como la temperatura se correlacionó con 28 taxa, estando el volumen de biomasa zooplanctónica mas correlacionado con 19 de los taxa identificados para esa época; nueve taxa mas están correlacionados con la concentración de oxígeno disuelto y con la densidad; por otra parte el mismo oxígeno se correlaciono con 26 taxa, demostrando así que no solo la temperatura es un factor importante de la hidrografía de la Bahía de La Paz, ya que el parámetro ambiental mas correlacionado con las especies de larvas de peces fue la concentración de oxígeno disuelto.

Y en el mes de febrero del 2002 (figura 27), tuvo a la temperatura mas correlación con seis taxa: la profundidad, biomasa zooplanctonica presento mayor correlación con siete taxa; la concentración de clorofila "a" solo se correlacionó con dos taxa y cinco taxa con temperatura y el oxígeno.

Lo que sugiere que para esta temporada la temperatura es el factor ambiental mas correlacionado, ya que presentó relación con 12 de los 16 taxa identificados para esta época.

Destacando de esta manera, como la relación entre especies y parámetros ambientales, varia dependiendo de que especie se trate y en que temporada se encuentre, mostrando así también la interacción de cada uno de los parámetros en el ambiente. La distribución de los taxa, mostraron una importante relación con las características hidrográficas de la Bahía de La Paz en donde se

presenta un sistema de circulación que permite la mezcla de comunidades del Golfo de California con las de la bahía, producto de diferentes factores, estos afectan las condiciones hidrográficas de la bahía, y posiblemente están asociados a otros procesos como los procesos de surgencias estacionales generados por los vientos, presencia de giros en el golfo y el efecto de las islas en la bahía (Jimenez-Illescas, 1997; Lavín y Marinone, 2003).

VI) Conclusiones

Los parámetros oceanográficos en la Bahía de La Paz presentan cambios importantes en cuanto a su distribución espacio temporal durante cada año.

La concentración de clorofila “a” en Bahía de La Paz presenta variaciones hasta de 4 mg/m³, La densidad σ_t varia hasta 3 kg/m³, la salinidad varia 0.5psu, la temperatura difiere 11°C (de 17.5 °C hasta 28.5°C) y el oxígeno varia 0.6mg/l durante un ciclo anual, en la cual también cambia su distribución, dependiendo de la interacción entre los factores ambientales.

Las especies mas abundantes en julio del 2001 fueron: *Abudefduf troschelii*, *Etrumeus teres*, *Eucinostomus dowii*, *Eucinostomus gracilis*, *Harengula thrissina*, *Opisthonema libertate*, *Sardinops sagax*, *Vinciguerrria lucetia*.

Las especies más abundantes en febrero del 2002 fueron: *Engraulis mordax*, *Gobulus crescentalis*, *Sardinops sagax*, *Vinciguerrria lucetia*.

Existe una mayor riqueza de especies de larvas de peces en la Bahía de La Paz en Julio del 2001. Las relaciones entre los parámetros ambientales y las especies de larvas de peces en la Bahía de la Paz están determinadas por la temporalidad de eventos físicos y de la comunidad de larvas de peces.

La distribución y asociaciones de larvas de peces en la bahía son semejantes con la agrupación de estaciones por dada por sus características ambientales.

En la época cálida los parámetros que más se relacionan con las especies de larvas de peces son: El Oxígeno disuelto y la Biomasa zooplanctonica.

En la época fría los factores ambientales que mas se relacionan estadísticamente con las especies de larvas de peces en la bahía son: temperatura y densidad.

En la temporada cálida la biomasa zooplanctonica se correlaciona con: *Abudefduf troschelii*, *Apogon guadalupensis*, *Benthosema panamense*, *Caranx*

sexfasciatus, *Cheilopogon hubbsi*, Gempylidae, *Lophiodes spilurus*, *Monolene asaedai*, *Pristigenys serrula*, *Scorpaena guttata*, *Sphoeroides annulatus*, No Identificadas.

Gobulus crescentalis e *Hyporhamphus rosae* son las especies que, para la temporada cálida se relacionan con la biomasa zooplanctonica, pero además la primera especie se relaciona con temperatura y la segunda con salinidad.

El Oxígeno disuelto en la temporada calida esta relacionado con los taxa *Anisotremus davidsonii*, *Calamus brachysomus*, *Synodus luciocephalus*, *Coryphaena hippurus*, *Melamphaes simus*, Mullidae T1, Serranidae T1 y *Stegastes rectifraenum*.

El taxón Carangidae en la temporada cálida esta relacionado con el oxígeno disuelto y la densidad.

Los Taxa Gobiidae T1, Pontinus sp, Serranidae, están relacionados con el oxígeno, la temperatura y la densidad.

Pomacentridae se correlaciona con el oxígeno disuelto además de la salinidad.

Mullidae se relaciona con el oxígeno y con la profundidad en la época cálida.

La profundidad se relaciona directamente con los taxa *Etropus crossotus* y Macrouridae en la época cálida.

En la temporada fría los taxa relacionados con la biomasa zooplanctonica son: *Chilara taylori* y Larvas En Eclosión No ID.

Clinidae T1 y *Sardinops sagax* se correlacionan con la biomasa zooplanctonica y con la distribución de la concentración de clorofila "a". Para la época fría.

Pontinus sp., *Scomber japonicus*, *Synodus luciocephalus* y *Vinciguerria lucetia*, se relacionan con la temperatura, la salinidad y la densidad.

Engraulis mordax, esta relacionado con temperatura y con densidad.

Sebastes sp. y *Serranus sp.*, se correlacionan con el oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y densidad en la época fría.

Etropus crossotus se relaciona con oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, densidad en la época fría y la concentración de clorofila "a".

Las asociaciones larvales y las agrupaciones de estaciones por parámetros ambientales presentan distribuciones similares debido a la interacción entre ellas.

Las imágenes de satélite si muestran información relevante de las condiciones ambientales superficiales en la Bahía de La Paz.

Las características bióticas y abióticas en la Bahía de La Paz se deben en gran medida a su interacción con el Golfo de California.

En julio del 2001 la distribución y abundancia de los taxa: *Achiridae*, *Apogon retrosella*, *Apogonidae* T1, *Apogonidae* T2, *Apogonidae* T3, *Coryphaena hippurus*, *Chloroscombrus orqueta*, *Etropus crossotus*, *Etrumeus teres*, *Eucinostomus dowii*, *Gobiidae* T3, *Hemiramphus saltator*, *Howellidae*, *Lythrypnus dalli*, *Macrouridae*, *Melamphaes simus*, *Mullidae* T1, *Oneirodidae*, *Orthopristis reddingi*, *Pomacentridae*, *Roncador stearnsii*, *Sardinops sagax*, *Serranidae* T1, *Serranidae* T2, *Sphoeroides lobatus*, *Stegastes rectifraenum*, *Triphoturus mexicanus* y *Vinciguerrria lucetia*, se encuentra mas relacionada con la temperatura.

La distribución y abundancia de los taxa: *Abudefduf troschelii*, *Apogon guadalupensis*, *Apogonidae* Tipo, *Balistes polylepis*, *Benthosema panamense*, *Caranx sexfasciatus*, *Cheilopogon hubbsi*, *Gempylidae*, *Gobulus crescentalis*, *Harengula thrissina*, *Hyporhamphus rosae*, *Lophiodes spilurus*, *Monolene asaedai*, *Mugil cephalus*, *Pristigenys serrula*, *Scomberomorus sierra*,

Scorpaena guttata, *Sphoeroides annulatus* y No Identificadas, en el mes de julio del 2001 están correlacionadas con el volumen de biomasa zooplanctonica.

La distribución y abundancia de los taxa *Citharichthys fragilis*, *Clarkichthys bilineatus*, *Dormitator latifrons*, Gobiidae T2, *Lepophidium stigmatistium*, *Opisthonema libertate*, *Prionotus ruscarius*, *Synodus lucioceps* y *Sphyraena ensis*, en Bahía de La Paz para el mes de julio del 2001 está correlacionada con la concentración de oxígeno disuelto y con la densidad.

La distribución y abundancia de los taxa *Anisotremus davidsonii*, *Calamus brachysomus*, Carangidae, Carangidae T1, *Cosmocampus arctus*, Cottidae, *Syacium ovale*, *Chromis punctipinnis*, *Diapterus peruvianus*, *Eucinostomus gracilis*, Gerreidae, Gobiidae T1, Haemulidae, Labrisomidae, *Labrisomus xanti*, Mugilidae, Mullidae, Pleuronectiformes, *Pontinus sp*, Scombridae, *Scorpaenodes xyris*, *Seriola lalandi*, Serranidae, *Serranus sp*, *Sphyraena argentea* y Sphyraenidae, en julio del 2001 esta relacionada con la concentración de oxígeno disuelto.

En febrero del 2002 (temporada fría) la distribución y abundancia de los taxa: *Bothus leopardinus*, *Engraulis mordax*, *Gobulus crescentalis*, *Harengula thrissina*, *Scomber japonicus* y *Vinciguerria lucetia*, esta relacionada con la temperatura.

La distribución y abundancia de los taxa *Pontinus sp*, *Synodus lucioceps* y Larvas en Eclosión No ID, se relaciona con la profundidad y con la biomasa zooplanctonica.

La distribución y abundancia de Clinidae T1 y *Chilara taylori* esta relacionada con la concentración de clorofila “a” en la Bahía de La Paz durante febrero del 2002.

La distribución y abundancia de *Etropus crossotus*, *Etrumeus teres*, *Sardinops sagax*, *Sebastes* sp., y *Serranus* sp. están relacionadas con temperatura y el oxígeno disuelto.

Para febrero del 2002 el factor de mayor importancia por su número de relaciones con las especies de larvas de peces es la temperatura.

VII) Literatura citada

- Aceves-Medina, G., S. P. Jimenez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna, D. Lluch-Belda, P. E. Smith y W. Watson. 2003. Fish larvae from the Gula of California. *Sci. Mar.*, 67(1):1-11.
- Ahltron, E.D. y G.H. Moser. 1976. Eggs and larvae of Fishes and their Role in Systematic Investigations and Fisheries. *Rev. Trav. Inst. Peches Marit.* (4) :379-398.
- Álvarez-Borrego S., J. Rivera, G. Gaxiola, M. Acosta y R. Schwartzlone, 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Cienc. Mar.*, 5: 53-71.
- Anónimo. 2004. LarvalBase. World Wide Web electronic publication. www.larvalbase.org.
- Arreguín- Sánchez, F. 1994. La pesca artesanal: hacia el manejo sustentable o conflicto de intereses. Taller de desarrollo sustentable Pesquero y Acuícola. SEDESOL, Inst. Nal. de Ecología, 27 y 28 de julio de 1994.
- Arreola, L.A., 1991. LARVAS DE PECES EB LA Ensenada de La Paz, Baja California Sur. (1984) Tesis de Licenciatura. Depto. de Biol. Mar., UABCS. 24pp.
- Avalos-García, C. 2000. Asociaciones de larvas de peces en el Golfo de California. (otoño 1997-Verano 1998). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, la Paz. B.C.S., 103 p.
- Avalos-García, C., L. Sanchez-Velasco and B. Shirasago. 2003. Larval fish assemblages in the Gulf of California and their relation to hydrographic variability (autumn 1997-summer 1998). *Bull. Mar. Sci.*, 72(1): 63-76.

- Badan-Dangón, A.F. Koblynsky, C.J. and Baumgartner, T. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta*, 8: 13-22 pp.
- Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre y F. De la Chica Bonilla, 1997. Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz, B.C.S. en : Urbán, R.J. y M. Ramírez R. (eds). La Bahía de La Paz, UABCS-CICIMAR. 163-176 pp.
- Beers, J.R. 1976. Determination of Zooplankton biomass. Zooplankton fixation and preservation, (H.F. Steedman, ed.) UNESCO, Paris. 35-84 pp.
- Beier, E. 1997. A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 615-632.
- Bray and Curtis, 1957 J.R. Bray and J.T. Curtis, An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin, *Ecology Monography* 27 (1957), pp. 235–249.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart y J. Arvizu-Martínez, 1994. Consideraciones generales sobre la ictiofauna de las lagunas costeras de México. *Zoología informa*, ENCB-IPN, (27) 47-84.
- Cisneros-Mata M., M. Nevarez M., M. Martínez, J. Santos, A. Godínez y G. Montemayor. 1997. Sinopsis de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/1992 a 1995/1996. Inst. Nal. de Pesca, CRIP Guaymas, 89 p.
- De la Cruz -Agüero, G. 1994. ANACOM: Un sistema para el análisis de comunidades en computadoras personales. Ver. 3.0 Manual del Usuario. ISBN, México, xi+99 p.

- De Silva-Dávila, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufáusidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. M. Sci. Tesis, CICIMAR-IPN, México. 112 p.
- Espinoza-Avalos, j. 1977. Los principales parámetros fisicoquímicos de las aguas de la Ensenada de La Paz, Baja California Sur. Resultados de las investigaciones 1977, Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California A.C., 5-27p.
- Espinoza-Avalos, j. 1979. Resultados preliminares sobre la distribución superficial de parámetros fisicoquímicos en la Ensenada de La Paz, B.C.S. durante primavera de 1976. CalCoFi Rep. Vol. 20: 150-161.
- Field, J.G., K.R. Clark y R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Mar. Ecol. Prog. Ser., 8: 37-52 pp.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2004. FishBase.World Wide Web electronic publication.www.fishbase.org, version (10/2004).
- González-Navarro, E. y R. Saldierna-Martínez. 1997. Zooplankton 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, UABCS-CICIMAR.
- Hjort, J. 1914. Fluctuations on the great fisheries of northern Europe viwed in the light of biological research. Rapp. P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 20: 1 –228 p.
- Jiménez –Illescas, A.R., M. Obeso-Nieblas, M.A. Alatorre-Mendieta, S. Troyo-Diéguez y H. García-Escobar, 1994. Hidróloga de la Bahía de La Paz, B.C.S. Oceanología. 2: 115- 131.

- Jiménez-Illescas, A.R., M. Obeso-Nieblas, D.A. Salas-De León. 1997. Oceanografía Física de la Bahía de la Paz, B.C.S. en: Urbán, R.J. y M. Ramírez R. (eds). La Bahía de La Paz, UABCS-CICIMAR. 31-42 pp.
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A. y L. Sánchez-Velasco., 1999. Composición de larvas de peces en Bahía de La Paz durante el año afectado por el evento de El Niño 1997-1998. Memorias SOMPAC 1999, Resumen.
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A., 1994. Desarrollo Larvario de *Eucinostomus currani* Yáñez-Arancibia, 1978 (Pisces: Gerridae). Tesis profesional. Depto. de Biol. Mar. UABCS. 65 pp.
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A., 1998. Descripción del desarrollo larvario de *Eucinostomus gracilis* y larvario y juvenil de *Eucinostomus dowii* y *Diapterus peruvianus*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. 98 pp.
- Lasker, R. 1981. Marine Fish Larvae. Morphology, ecology and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program. Seattle and London, 131p.
- Lasker, R. 1984. Marine Fish Larvae. W. S. G. P, College of Ocean and Fisheries Sciences, Univ. Wash. U.E.A. 131 p.
- Lavaniegos, B., y González-Navarro., 1999. Main zooplankton groups during the 1993-93 El Niño Southern Oscillation in Canal Lorenzo Gulf of California. Revista de Biología tropical. 47(1): 129-140 pp.
- Lavin, M. F. And S. G. Marinone. 2003. An Overview of physical oceanography of the Gulf of California. . En: Velasco Fuentes, O., .J. Sheinbaum and J. J. Ochoa de la Torre (Eds.) Nonlinear Processes in the Geophysical Fluid Dynamics. Kluwer Academia Publishers, Dordrecht, Holanda, ISBN 1-40201589-5: 173-204.

- Lechuga-Devéze, C. 1982. Mediciones anómalas de oxígeno disuelto en experimentos con botellas claras y oscuras. *Inv. Pesq.* 41-50.
- Lechuga-Devéze, C., J. García y J. Bustillos. 1986. Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa Oeste del Golfo de California, turbiedad y clorofila. *Cien. Mar.* 12 (1): 19-31 pp.
- Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION. USA. 189-255pp.
- Margalef, R. 1980. Ecología. Edit. Press. 540p.
- Marinone, S. G. 2000. Tidal currents in the Gulf of California: Intercomparisons among two and three-dimensional models with observations. *Cienc. Mar.*, 26, 275-301.
- Merrifield, M., and C. Winant. 1989, Shelf circulation in the Gulf of California: A description of the variability. *J. Geophys. Res.*, 94, 118,133-118,160.
- Milton JS, Tsokos J.O. 2001. Estadística para biología y ciencias de la salud. Madrid: Interamericana McGraw Hill.
- Montesinos-González, m. 1999. Descripción de los primeros estadios larvales del labrisómido *Paraclinus sini* Hubbs, 1952. Tesis de licenciatura. U.A.B.C.S. La Paz, México 52 p.
- Moser, G., E. H. Ahlstrom, D. Kramer y E. G. Stevens. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the, Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, 17: 112-128.
- Moser, 1996 In: H.G. Moser, Editors, The early stages of fishes in the California current region, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, Atlas 33, Allen Press Inc., Kansas (1996), p. 1505.

- Moreno-Salas, G. 1996. Distribución y abundancia de larvas de peces en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. 60 p.
- Obeso, N.M. 1987. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México mediante un modelo hidrodinámico numérico. Tesis de Maestría. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N., La Paz, B.C.S., México. 123p.
- Obeso-Nieblas, M. y A. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Inv. Mar. CICIMAR. 4(2): 241-256.
- Obeso-Nieblas, M., A.R. Jiménez-Illescas y S. Troyo-Diéguéz. 1993. Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S. Inv. Mar. CICIMAR. 8(1): 14-22.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, A.R. Jiménez-Illescas y L. Sánchez-Velasco. 2000. Variación de las condiciones oceanográficas en la Bahía de La Paz, B.C.S., México durante dos épocas en 1997. XII Congreso nacional de Oceanografía.
- Obeso-Nieblas M., J.H. Gaviño-Rodriguez, B. Shirasago-Germán, M.A. Alatorre-Mendieta, y L. Sánchez-Velasco. 2001. Análisis de la estructura hidrográfica en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Unión Geofísica Mexicana, A.C. Reunión Anual.
- Obeso N.M., J.H. Gaviño R., I.A.R. Jiménez I. & B. Shirasago G. 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz, B.C.S. Oceánides, 17(1):1-12.
- Pielou, E.C., 1975. Ecological diversity. Ed. John Wiley and Sons, Inc. 165 p.

- Pita Fernández S. 1997. Relación entre variables cuantitativas. *Cad Aten Primaria*. 4: 141-144.
- Reyes-Salinas, A. 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. 122 p.
- Ripa, P. 1990. Seasonal circulation in the Gulf of California. *Ann. Geophys.*, 8, 559-564.
- Ripa, P. 1997. Towards a physical explanation of the seasonal dynamics and thermodynamics of the Gulf of California, 1. *Phys. Oceanogr.*, 27, 597-614.
- Salinas, G. F. 2000. Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía y Ensenada de La Paz, B.C.S. Experimentación y modelación numérica. Tesis de Doctorado. Cent. Interdiscipl. Cienc. Mar., Inst. Politec. Nac., Apdo. Postal 592, La Paz, Baja California Sur. 260p.
- Salinas-González, F., Zaytsev O. & V. Makarov. 2003. Formación de la estructura Termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. *Ciencias Marinas*. 29(1): 51-65.
- Sanchez-Velasco L., Avalos-García, Rentarías-Cano y B. Shirasago. 2004a. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (El Niño 1997-1998 and La Niña 1998-1999). *Deep Sea Research II*. Vol. 51: 711-722.
- Sanchez-Velasco L., Jiménez-Rosenberg P., B. Shirasago y M. Obeso-Nieblas. 2004b. Distribution and abundance of fish larvae in Bahía de La Paz (Gulf of California) and their relation to hydrographic variability during summer (1997-1998). *Deep Sea Research II*. Vol. 51: 723-737.

Secretaría de Marina. 1979. estudio geográfico de la región de La Paz, B.C.S. Sría. De Marina. Dir. Gral. De oceanografía. E.U.M., 228pp. Cap. III, Estudio Geografico A. Factores Fisicos, 17-61p.

Signoret, M. y H. Santoyo, 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. Ann. Ins. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM, 7(2): 217-248 pp.

Sokal, R.R. y Rohlf, F.J., 1969. Biometría. Ed. Blume, Barcelona, España, 587 p.

Sokal and Sneath, 1963 R.R. Sokal and P.H. Sneath, Principles of Numerical Taxonomy, Freeman, San Francisco (1963) 359 pp.

Weihaupt, J.G. 1984. Exploración de los océanos. Introducción a la Oceanografía. Compañía Editorial Continental, S.A., de C.V., México. 640p.