



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



**“SEGUIMIENTO AMBIENTAL PUERTO DE MANZANILLO
PROGRAMA MAESTRO DE DESARROLLO PORTUARIO 2000-
2010”**

LICITACIÓN PÚBLICA NO. LA-009J3B001-E71-2021

**Monitoreo de las lagunas: Valle de las Garzas, San Pedrito y
Cuyutlán**

ZOOPLANCTON

INFORME.- INTEGRAL ENERO-JULIO 2022

Responsable técnico del programa: Dr. Manuel Patiño Barragán

Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán



UNIVERSIDAD
DE COLIMA



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| I.1. Antecedentes | 6 |
| II. OBJETIVOS | 8 |
| II.1. Objetivo General | 8 |
| II.2. Objetivos particulares..... | 8 |
| III. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA | 8 |
| IV. METODOLOGÍA | 8 |
| IV.1. Área de estudio. | 8 |
| IV.2. Actividades en campo..... | 10 |
| IV.3. Actividades en laboratorio. | 14 |
| V. RESULTADOS | 18 |
| V.1. Biovolumen del zooplancton..... | 18 |
| V.2. Grupos del zooplancton..... | 18 |
| V.3. Ictioplancton | 26 |
| V.4. Ambientales..... | 28 |
| V. 5. Análisis Multivariado | 28 |
| VI. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 37 |
| VI.1. Biovolumen del zooplancton..... | 37 |
| VI.2. Grupos del zooplancton..... | 37 |
| VI.3. Ictioplancton | 38 |
| VI.4. Ambientales..... | 39 |
| VI. 5. Análisis Multivariado | 39 |
| VI. 6. Integración 2019-2021 | 41 |
| IX. CONCLUSIONES | 42 |
| IX.1. Biovolúmen del zooplancton y Grupos del zooplancton | 42 |
| IX.2. Ictioplancton | 43 |
| IX.3. Análisis Multivariado e integración 2019-2021 | 43 |
| X. BIBLIOGRAFÍA | 45 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de la Laguna del Valle de las Garzas | 9 |
| Figura 2. Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior de Manzanillo Colima | 10 |
| Figura 3. Ubicación de la Laguna de Cuyutlán..... | 10 |
| Figura 4. Ubicación de las estaciones en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG. | 12 |
| Figura 5. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo n la Laguna Cuyutlán. Imagen Landsat 8. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG..... | 12 |
| Figura 6. Captura del zooplancton en la zona de estudio..... | 13 |
| Figura 7. Identificación mensual del zooplancton en el laboratorio. | 14 |
| Figura 8. Biovolumen del zooplancton (ml por 100 m ³ de agua filtrada) de las Lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, enero-julio de 2022. | 18 |
| Figura 9. Número de grupos del zooplancton recolectados en las Lagunas Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán Colima, enero-julio del 2022. | 19 |
| Figura 10. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton..... | 24 |
| Figura 11. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton..... | 25 |
| Figura 12. Abundancia total de huevos y larvas de peces (por 10 m ² de superficie marina) en la Laguna del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, enero-julio del 2022. | 27 |
| Figura 13. Abundancia promedio de larvas de peces (por 10 m ² de superficie marina) de algunos taxa en la Laguna del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, enero-julio del 2022. | 30 |
| Figura 14. Oxígeno disuelto, temperatura superficial, salinidad, pH y clorofila-a en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito, y Laguna de Cuyutlán, Colima, enero-julio del 2022. | 31 |
| Figura 15. Biplots del CCA, para los grupos del zooplancton-ictioplancton y variables biológicas (biovolúmen del zooplancton y clorofila-a) y ambientales (temperatura y | |

salinidad superficial, oxígeno, pH, y profundidad de la estación) recolectados en 15 puntos de muestreo durante enero-julio del 2022. Los sitios 2 y 10 no fueron incluidos en el análisis por existir vacíos de datos biológicos. Los vectores indican las variables biológicas o ambientales con mayor correlación en los Ejes 1 y 2, en las lagunas de Valle de Las Garzas (estaciones 1 a 6), San Pedrito (7 a 9) y Laguna de Cuyutlán (11 a 15), Colima de enero-julio del 2022. 32

Figura 16. Biplot del CCA, para los grupos del zooplancton-ictioplancton y variables biológicas (biovolumen del zooplancton y clorofila-a) y ambientales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, pH, y profundidad de la estación) recolectados durante agosto-diciembre de 2019 y 2021 y enero-julio 2020 y 2022. Los vectores indican las variables biológicas o ambientales con mayor correlación en los Ejes 1 y 2, en la laguna de Valle de Las Garzas, Colima. Arriba, agrupamiento de estaciones y abajo, de grupos taxonómicos. 35

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Coordenadas geográficas de las 15 estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Laguna de Cuyutlán..... | 10 |
| Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de los grupos del zooplancton..... | 21 |
| Tabla 3. Abundancia promedio de grandes grupos..... | 22 |
| Tabla 4. Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en las lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán de enero-julio 2022 | 33 |
| Tabla 5 Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en la laguna del Valle de Las Garzas de agosto-diciembre 2019 y 2021, y enero-julio 2020 y 2022. | 36 |

I. INTRODUCCIÓN.

El zooplancton ocupa una posición clave de la cadena trófica en la transferencia de energía producida por las algas unicelulares hacia niveles tróficos superiores. La función ecológica de estos organismos es determinada por su posición e importancia en la cadena alimenticia. Los filtradores como copépodos, eufáusidos y tunicados se alimentan de diferentes tallas del fitoplancton, detritus, nano y microzooplancton, mientras que otros componentes son carnívoros como las medusas, chaetognatos y sifonóforos (Harris et al., 2000). Los organismos planctónicos constituyen la mayor proporción de la biomasa del planeta, biodiversidad y base de la alimentación. En el microzooplancton, el grupo de los crustáceos es dominante en las colecciones de plancton, representado por cladóceros, ostrácodos, copépodos, cirripedios, mysidáceos, amphipodos y decápodos.

Las colecciones de ictioplancton (huevos y larvas de peces) proveen de información de los recursos explotados o potenciales y, en algunas ocasiones, de un espectro generalizado de los peces que habitan en un área determinada. La detección de áreas y épocas de desove, se utilizan como indicadores de las existencias y detección de cambios poblacionales relacionados con factores ambientales como el natural y antropogénico.

El presente informe incluye el análisis de la composición taxonómica, distribución y abundancia de los grupos del zooplancton e ictioplancton en las Lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito, y Cuyutlán, Colima.

I.1. Antecedentes

En la década de los cuarenta la Laguna de San Pedrito se localizaba en una franja costera desde el barrio de San Pedrito ubicado en la zona del antiguo Hospital Civil (muy cerca del centro histórico) hasta la población de Salahua. En aquella época en el vaso de la Laguna de San Pedrito, existía una isla con una extensión de seis hectáreas, 80 acres de palmeras, mangos, ciruelas, y marañones, y en las fechas de

madurez de las frutas las mujeres iban a hacer sus compras. La playa del mar en ese lugar era hermosa y una angosta franja de arena llegaba junto al cerro en donde se localizaba el tanque de agua que almacenaba el preciado líquido para abastecer al puerto.

A la altura del lugar en donde ahora se encuentra el canal del puerto interior, se encontraba la fauna y los altos mangles hasta llegar a unos 100 metros más allá de donde estaba la peña del Polvorín, iniciando las huertas de cocos, mangos y ciruelas, propiedad de Diego Carreón. Para entrar a la isla había un pequeño terraplén, siendo atendido por su propietario. Toda la pequeña isla era bordeada de mangles y árboles frutales que la hacía parecer pintoresca, en la casa existente había equípales y hamacas para las personas que iban a hacer sus compras.

La construcción del Puerto Interior de Manzanillo y el proceso de urbanización seccionaron la Laguna de San Pedrito en diferentes pedazos, iniciando un drástico deterioro ambiental y un progresivo deterioro. Uno de esos vasos se conoce ahora como la Laguna del Valle de las Garzas donde la Planta de Tratamiento más importante del puerto vierte sus aguas.

Por otra parte, la Laguna de Cuyutlán ha perdido su configuración ecológica natural debido a constantes y diversas alteraciones que se han realizado en él. Desde hace más de mil años se tienen impactos por actividades antropogénicas como la pesquería y producción artesanal de sal dentro de la laguna (Mellink y Riojas-López, 2007). De igual manera, la circulación del agua y la profundidad en los diferentes vasos de la laguna se han visto alterados por las aperturas y modificaciones de canales artificiales que conectan la laguna con el mar (túnel de comunicación con la bahía de Manzanillo en 1937, canal de ventanas en 1978 y el canal de Tepalcates en 1989 (Mellink y Riojas-López, 2007).

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo General

Medición mensual de la diversidad y abundancia del zooplancton en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, como un parámetro indicativo para evaluar el avance de su recuperación ambiental en función de las Consideraciones del Término Séptimo, Condicionante 7 inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.

II.2. Objetivos particulares

- Calcular la variabilidad del biovolumen de zooplancton presente en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán entre enero-julio del 2022.
- Identificar la variabilidad de los grupos zooplanctónicos presentes en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán entre enero-julio del 2022.
- Identificar y cuantificar la variabilidad del ictioplancton presente en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán entre enero-julio del 2022.

III. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA

Biovolumen del zooplancton, grupos del zooplancton, huevos y larvas de ictioplancton, especies marinas y de lagunas costeras.

En función de la abundancia los indicadores propuestos, se analiza la representatividad del segundo nivel trófico del cuerpo lagunar, lo que constituye la meta.

IV. METODOLOGÍA

IV.1. Área de estudio.

La Laguna del Valle de Las Garzas se localiza al Norte de la Laguna del puerto interior San Pedrito se encuentra aproximadamente dentro de las coordenadas 19° 05' 05" y

19° 06' 10", latitud Norte y 104° 18' 00" 104° 19' 20" de longitud Oeste. Colinda al Norte con la comunidad de Salagua al Este con la comunidad de Las Garzas y la carretera costera Manzanillo-Cihuatlán y al Sur con la carretera Manzanillo-Santiago y a 25 m aproximadamente el puerto interior de San Pedrito (Figura 1 y Figura 2).

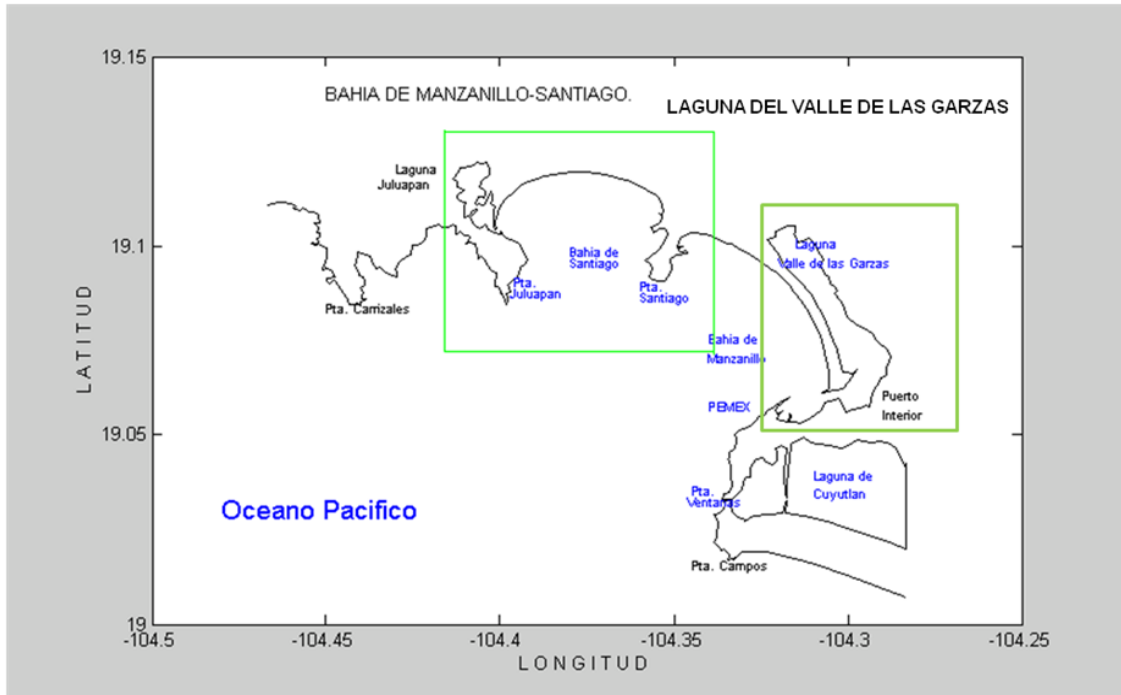


Figura 1. Ubicación de la Laguna del Valle de las Garzas

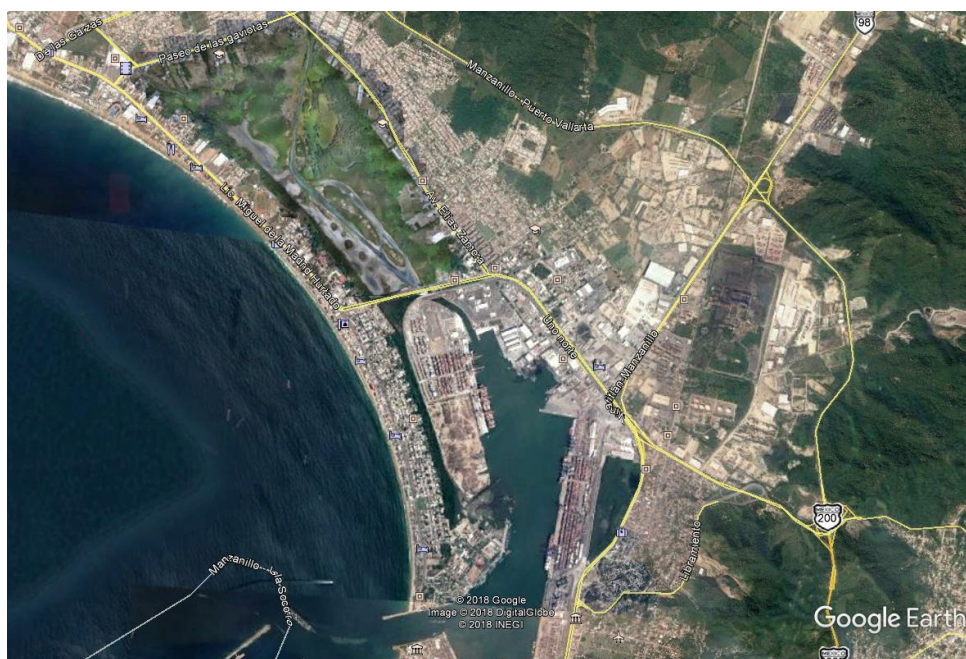


Figura 2. Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior de Manzanillo Colima

La Laguna de Cuyutlán se localiza en el litoral del Pacífico Mexicano entre las coordenadas 18°53' y 19°03' de latitud Norte y 104°00' y 104°20' de longitud Oeste (Figura 3). Se encuentra limitada al Poniente por la Bahía de Manzanillo y al Oriente por el Estero Palo Verde. El área que cubre es de 74 Km² aproximadamente, su extensión es de 30 Km medidos desde su eje principal que corre paralelo a la costa. Su anchura varía desde 0.5 hasta 3 Km con una profundidad entre 0.2 y 6 m. Se encuentra separada del Océano Pacífico por una barra litoral arenosa, la anchura de ésta es variable tiene aproximadamente 4 Km en la parte más ancha y 500 m en la más angosta (SAGARPA 2004; Sosa-Ávalos, 2013).

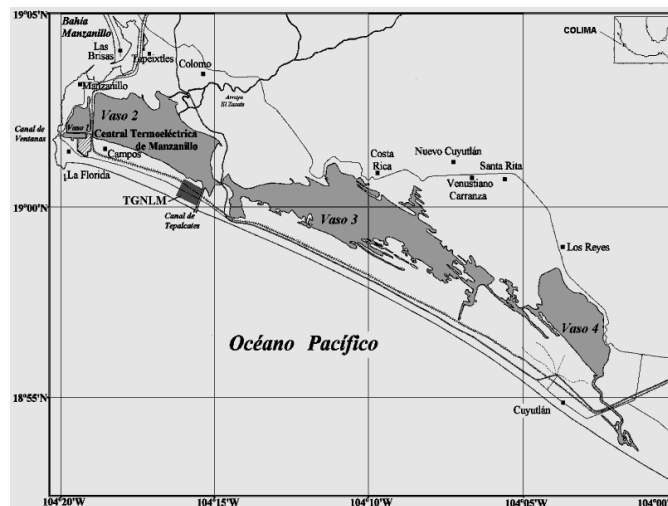


Figura 3. Ubicación de la Laguna de Cuyutlán.

IV.2. Actividades en campo

Se realizaron muestreos mensuales entre enero-julio del 2022, entre las 8:30 y las 17:30 h a bordo de lanchas con motor fuera de borda en 15 sitios de muestreo (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, y E15) en las Lagunas Valle de Las Garzas San Pedrito y Cuyutlán (Tabla 1; Figura 4 y 5).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las 15 estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Laguna de Cuyutlán.

| Laguna de las Garzas | Coordenadas | |
|----------------------|-------------|---|
| Estación | X | Y |



| | | |
|--------|-----------|------------|
| 1 | 572204.00 | 2111542.00 |
| 2 PTAR | 572440.00 | 2112622.00 |
| 3 | 572347.00 | 2111432.00 |
| 4 | 572920.00 | 2110923.00 |
| 5 | 572719.00 | 2111409.00 |
| 6 | 573284.00 | 2110564.00 |

| Puerto Interior | Coordenadas | |
|-----------------|-------------|------------|
| Estación | X | Y |
| 7 | 573855.94 | 2110106.32 |
| 8 | 573352.58 | 2107711.36 |
| 9 | 574096.40 | 2108999.00 |
| 10 | 574344.00 | 2108055.00 |

| Laguna de Cuyutlán | Coordenadas | |
|--------------------|-------------|------------|
| Estación | X | Y |
| 11 | 579782.00 | 2102111.00 |
| 12 | 580172.00 | 2100927.00 |
| 13 | 582223.00 | 2101659.00 |
| 14 | 585011.00 | 2100905.00 |
| 15 | 588438.84 | 2099941.37 |

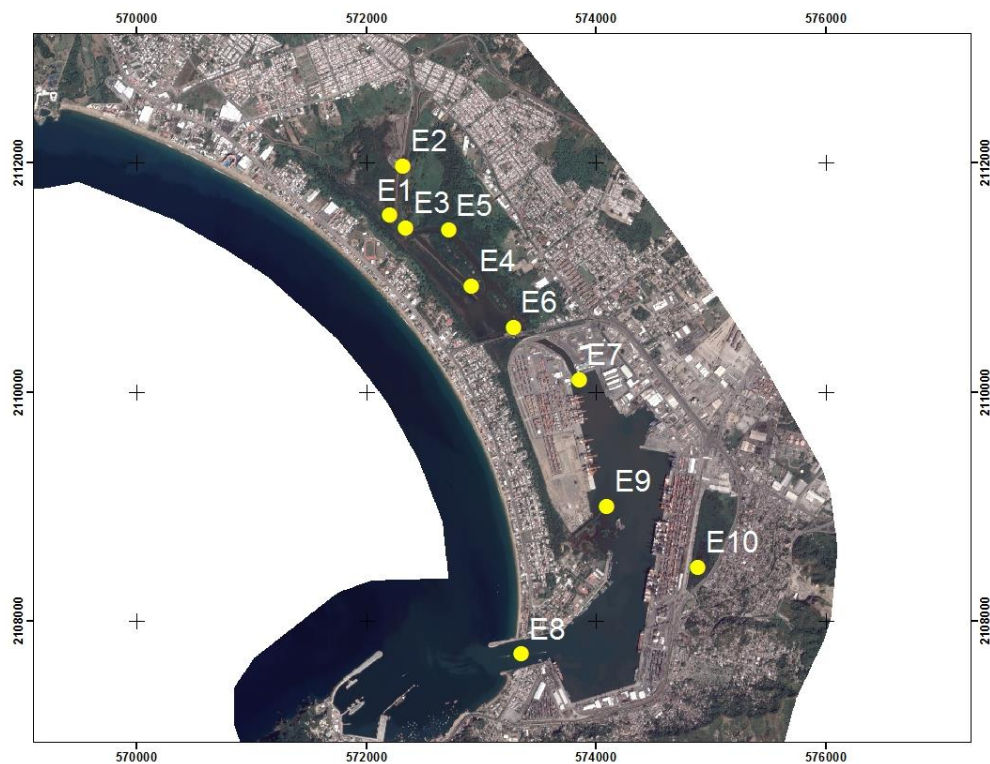


Figura 4. Ubicación de las estaciones en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

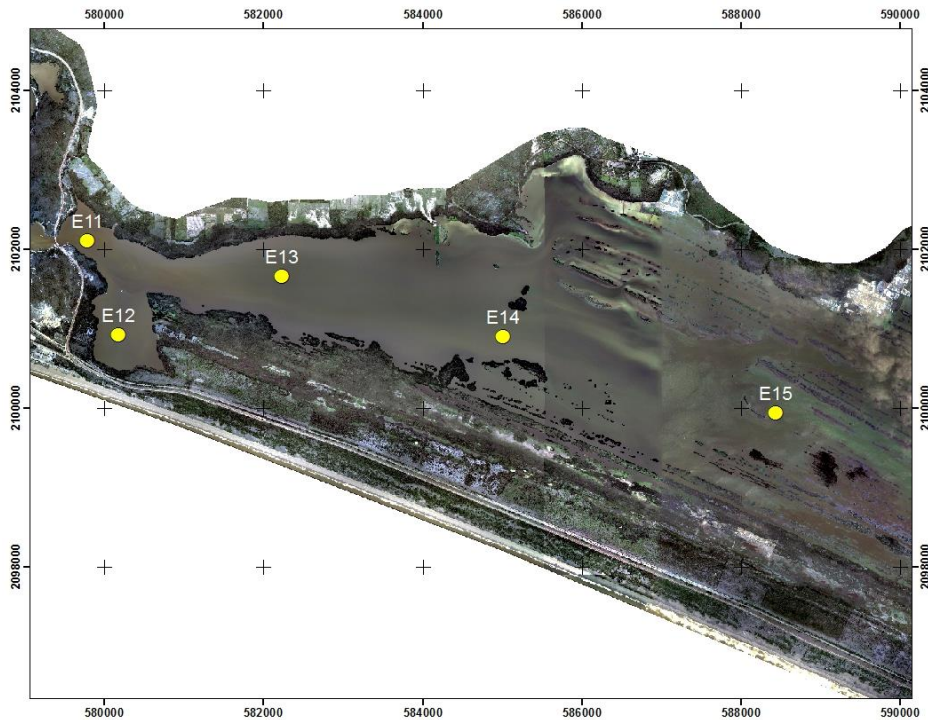


Figura 5. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Laguna Cuyutlán. Imagen Landsat 8. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

La toma de las muestras de zooplancton se realizó siguiendo las sugerencias de la CICAR (Investigaciones Cooperativas de Caribe y Regiones Adyacentes) (Houde y Wilkins, 1975; Smith y Richardson, 1979, Olvera-Limas, 1992), que consiste en el uso de una red tipo cónica una red tipo cónica de 30 cm de diámetro en la boca con malla de 333 micras. En la parte media de la boca se instaló un flujómetro que se calibró antes y después de cada campaña, para obtener datos confiables del volumen de agua filtrada por las redes.

Se realizaron arrastres horizontales en agua superficial en la zona de estudio, con una embarcación a una velocidad de 2 a 2.5 nudos durante 5 minutos. Las muestras de plancton se fijaron con una solución al 4 % de formalina en agua, neutralizada con borato de sodio (pH= 7.5) y se colocaron en un recipiente etiquetado de 1 l (Figura 6).



Figura 6. Captura del zooplancton en la zona de estudio.

IV.3. Actividades en laboratorio.

El volumen del zooplancton fue medido por el método de volumen desplazado y las muestras de zooplancton se analizaron completas (sin fraccionar) y adicionalmente se separó y contabilizó todo el ictioplancton (Figura 7). Los valores de la abundancia fueron normalizados a huevos y larvas de peces por 10 m² de superficie marina y los grupos del zooplancton a 100 m³ de agua filtrada.



Figura 7. Identificación mensual del zooplancton en el laboratorio.

El zooplancton fue determinado a grandes grupos (Palomares-García et al., 1998; Gasca y Suárez-Morales, 1996; ICES Identification Leaflets for Plankton, <https://www.ices.dk/publications/library/Pages/default.aspx>) y las larvas de la muestra total se identificaron a nivel taxonómico de orden y familia con base en las características morfológicas, morfométricas, merísticas, pigmentarias, etc., con el

apoyo de monografías y literatura especializada de la región (Moser et al. 1996; Beltrán-León, B. S. y Ríos-Herrera, R. 2000).

Cálculo del índice de abundancia

Determinación del volumen de agua filtrada.

La determinación del volumen filtrado (V_j) se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$V_j = \text{Distancia (m)} \times \text{Área (m}^2\text{) de la boca de la red}$$

Donde:

$$\text{Velocidad} = \text{Distancia (m)} / \text{tiempo de arrastre (seg)}$$

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad (m/seg)} \times \text{tiempo de arrastre (seg)}$$

Estandarización de datos en área.

El índice de abundancia larval de cada estación se estima en organismos por 10 m² de superficie marina ($L = \text{org}/10 \text{ m}^2$), por lo que para estandarizar los datos se utiliza la siguiente ecuación (Smith y Richardson, 1979; Houde et al., 1979).

$$n_j = \frac{C_j \cdot Z_j}{V_j} \cdot 10$$

donde:

n_j = Densidad de individuos expresado en 10 m² de superficie marina.

C_j = Número de larvas por estación.

Z_j = Profundidad real de arrastre (m) de la estación.

V_j = Volumen de agua filtrada de la estación.

El índice de abundancia, estimada en organismos por 10 m² de superficie marina (L) se obtiene por medio de la ecuación:

$$Ni = \frac{\sum_{j=1}^k nj \cdot aj}{Ai}$$

Donde:

Ni =Media del número de larvas de cada taxón, expresado en 10 m² de superficie marina del muestreo i.

nj =Número de larvas de la estación j, expresado en 10 m² de superficie marina.

aj = Área (m²) de la estación j.

$Ai = \sum_{j=1}^k aj$ = suma del área de todas las estaciones de muestreo i.

k = Número de estaciones del muestreo i.

La exploración de los datos se realizó mediante el análisis de la varianza para valorar las diferencias entre medias. El procedimiento fue el análisis de Kruskal-Wallis ANOVA y prueba de medias para grupos definidos por una variable independiente (Tiempo), con el objetivo de contrastar la significancia estadística de la diferencia entre grupos. Es decir, determinar la probabilidad de que las diferencias en las medias entre varios grupos sean debidas meramente al error muestral, cuya hipótesis nula (Ho) = las medias de todos los grupos son iguales, o bien, que provienen de la misma población. Para ello se utilizó el paquete de StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), ver. 8.0. www.statsoft.com.

Adicionalmente, se utilizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA, por sus siglas en inglés), que es un método de gradiente directo en el que los ejes canónicos, que son combinaciones lineales de variables explicativas, son utilizados para explicar la variación de los promedios ponderados de las variables de respuesta multivariada (Garrison et al., 2002). Para esto, se utilizaron siete variables ambientales: temperatura superficial (°C), salinidad superficial, oxígeno mg/l, pH, Clorofila-a, profundidad de la estación, además del biovolumen del zooplancton mL/100 m³ de agua filtrada. El CCA se aplicó a la matriz de abundancia de los diferentes grupos del zooplancton. Los grupos taxonómicos con frecuencia de ocurrencia menor a 10% del



total de las estaciones muestreadas fueron excluidos del análisis y previo al análisis de CCA, los organismos fueron transformados a Log (x+1), para ello se utilizó el software PC-ORD ver. 6.0 (McCune y Mefford, 2011).

Los grupos del zooplancton que fueron excluidos de los análisis por su baja frecuencia (<10% de las estaciones ocupadas) fueron: Phoronida, Hydrozoa, Tanaidacea, Brachiopoda (Filum), Nemertea, Enteropneusta, Amfioxo, Cephalopoda, ctinaria (Anemonas), Sipunculido y Scyphozoa (Scyphomedusas).

V. RESULTADOS

V.1. Biovolumen del zooplancton

El biovolumen promedio del zooplancton mostró valores similares de enero a julio (<70 ml por 100 m³ de agua filtrada), con un único incremento en mayo, sin ser significativo ($P < 0.05$) (Figura 8).

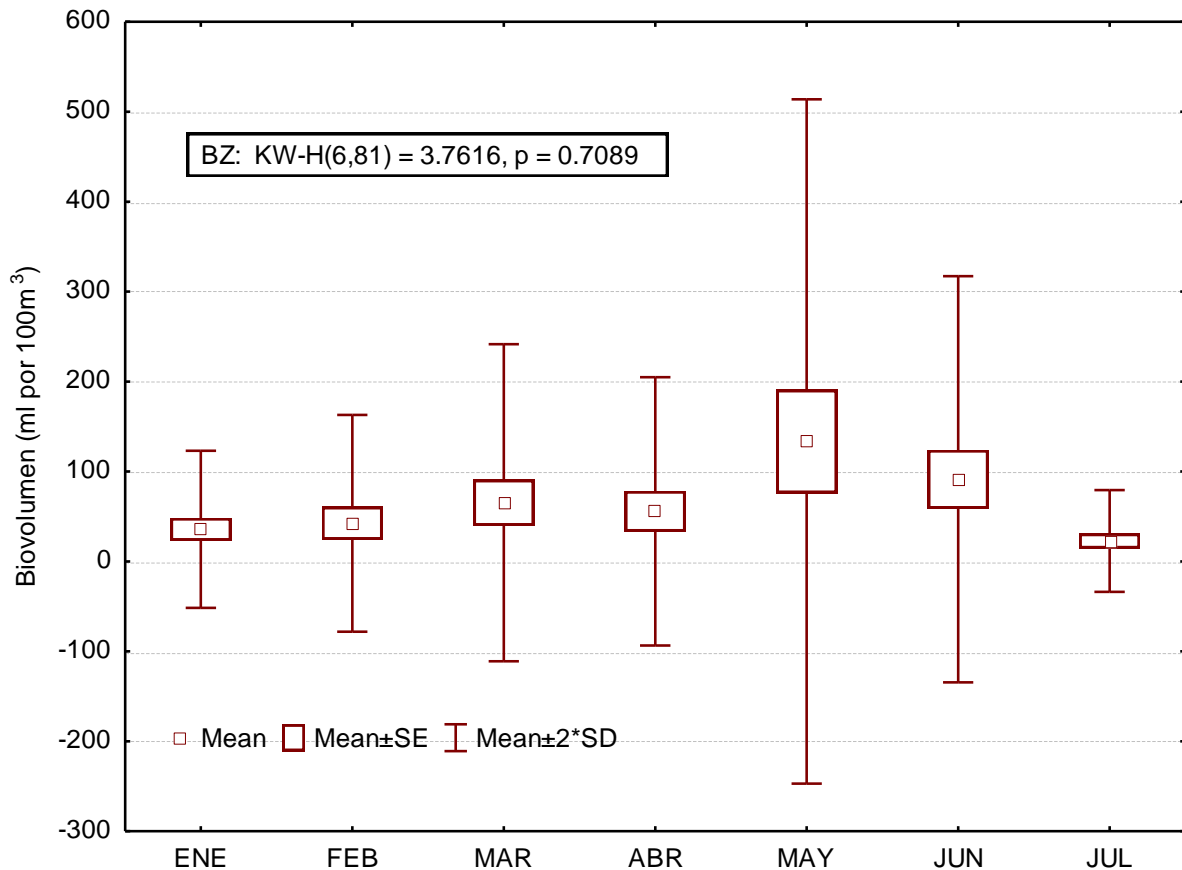


Figura 8. Biovolumen del zooplancton (ml por 100 m³ de agua filtrada) de las Lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, enero-julio de 2022.

V.2. Grupos del zooplancton

El número total de grupos taxonómicos recolectados durante el periodo de estudio (enero y julio del 2022) fue de 40 grupos. El número promedio de taxa recolectados fue comparativamente mayor de enero a marzo (>16 taxa), disminuyendo ligeramente de abril a julio (<14 grupos), sin que hubiera diferencias significativas en los meses ($P < 0.05$), (Figura 9).

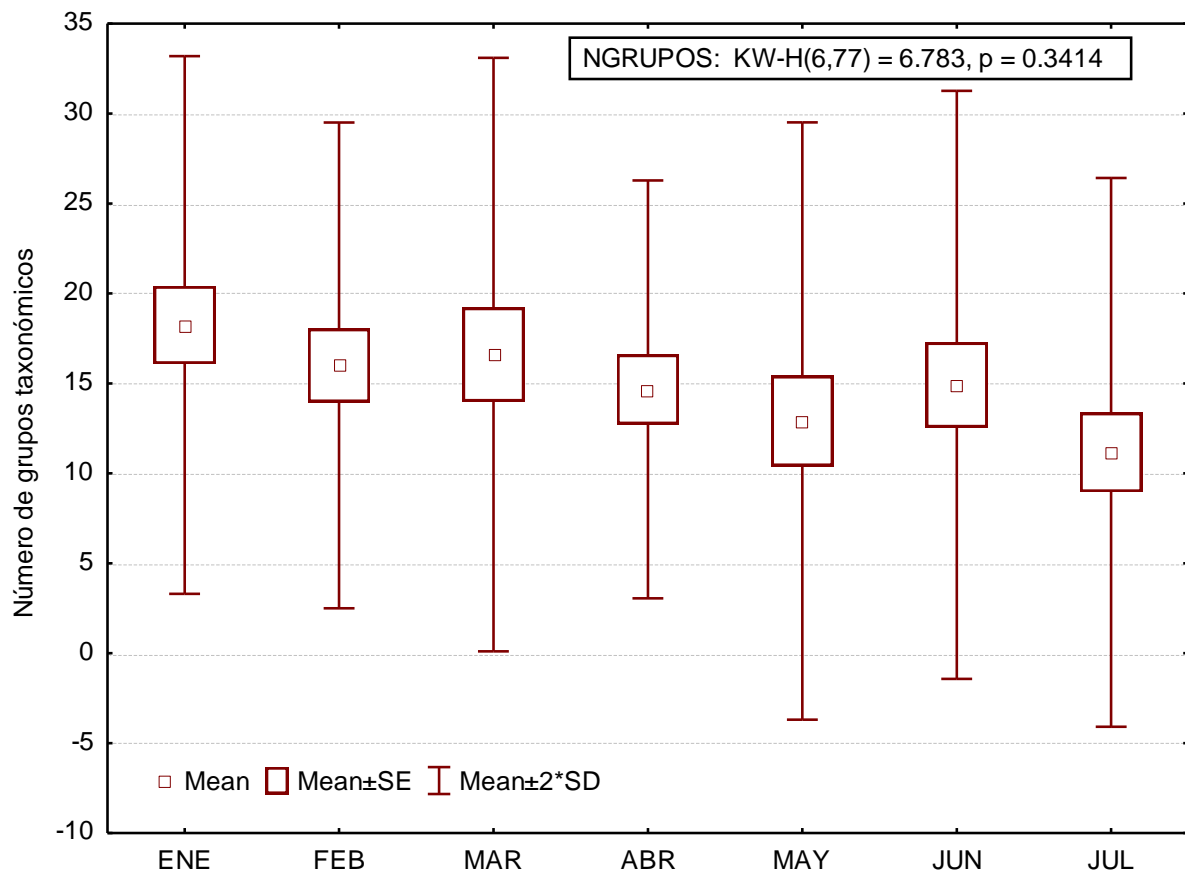


Figura 9. Número de grupos del zooplancton recolectados en las Lagunas Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán Colima, enero-julio del 2022.

El porcentaje más alto de la frecuencia de ocurrencia (<60 %) durante el periodo de enero-julio fue para Copepoda, Decápoda (Brachyura y Macrura), Amphipoda, Chaetognata, Mollusca (Gastropoda y Pelecypoda), Cirripedia, Ostrácoda, Polichaeta. Y de forma intermedia (30-50 %) Cladocera (*Penilia* sp. Y *Evadne* sp.) Hydrozoa (hydromedusas), Estomatopoda, Larvacea, Siphonophora, Nematoda, Platelmineto y Briozoa; con valores menores a 30 % de la frecuencia de ocurrencia el resto de los grupos taxonómicos (Tabla 2).

La abundancia promedio fue indudablemente mayor para Copepoda (450 mil organismos promedio) durante el periodo de enero-julio, seguida por la abundancia de Cladocera (*Evadne* sp. y *Penilia* sp.), y por Decápoda (Brachyura), aunque muy por debajo del promedio de Copepoda (16–30 mil organismos). Por su parte, con valores entre 3-7 mil organismos ocurrieron Chaetognata, Amphipoda, Cirripedia, Ostrácoda, Larvacea, Mollusca (Gastropoda). El resto de los grupos zooplanctónicos mostraron valores promedio comparativamente menores a unos mil organismos (Tabla 3).



Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de los grupos del zooplancton

| Grupo Taxonómico | %Frecuencia |
|---------------------------|-------------|
| Copepoda | 92 |
| Decápoda: Brachyura | 83 |
| Amphipoda | 76 |
| Chaetognata | 70 |
| Mollusca: Gastropoda | 68 |
| Decápoda: Macroura | 68 |
| Cirripedia | 67 |
| Ostrácoda | 62 |
| Polichaeta | 62 |
| Mollusca: Pelecypoda | 61 |
| Cladocera (Penilia sp.) | 56 |
| Cladocera (Evadne sp.) | 54 |
| Hydrozoa (hydromedusas) | 52 |
| Estomatopoda | 49 |
| Larvacea | 44 |
| Siphonophora | 40 |
| Nematoda | 38 |
| Platelminto | 38 |
| Briozoa | 30 |
| Pteropoda | 26 |
| Ctenophora | 25 |
| Urochordata (Ascidia) | 25 |
| Mysidacea | 24 |
| Echinodermata | 23 |
| Isopoda | 19 |
| Taliacea | 19 |
| Euphausacea | 15 |
| Cumacea | 14 |
| Heteropoda | 11 |
| Phoronida | 10 |
| Hydrozoa | 10 |
| Tanaidacea | 6 |
| Brachiopoda (Filum) | 6 |
| Nemertea | 5 |
| Enteropneusta | 5 |
| Amfioxo | 5 |
| Cephalopoda | 2 |
| Actinaria (Anemonas) | 2 |
| Sipunculido | 2 |
| Scyphozoa (Scyphomedusas) | 1 |

Tabla 3. Abundancia promedio de grandes grupos

| Grupo Taxonómico | Promedio |
|--------------------------|----------|
| Copepoda | 449940 |
| Cladocera (Evadne sp.) | 31429 |
| Cladocera (Penilia sp.) | 18043 |
| Decápoda: Brachyura | 15922 |
| Chaetognata | 7286 |
| Amphipoda | 6223 |
| Cirripedia | 6068 |
| Ostrácoda | 4905 |
| Larvacea | 4125 |
| Mollusca: Gastropoda | 3199 |
| Platelminto | 781 |
| Decápoda: Macroura | 650 |
| Nematoda | 592 |
| Mollusca: Pelecypoda | 255 |
| Hydrozoa (hydromedusas) | 209 |
| Polichaeta | 209 |
| Siphonophora | 190 |
| Briozoa | 162 |
| Ctenophora | 147 |
| Urochordata (Ascidia) | 128 |
| Pteropoda | 120 |
| Scyphozoa (Scyphomedusa) | 88 |
| Taliacea | 71 |
| Euphausacea | 47 |
| Amfioxo | 27 |
| Estomatopoda | 17 |
| Phoronida | 11 |
| Echinodermata | 10 |
| Sipunculido | 10 |
| Actinaria (Anemonas) | 10 |
| Heteropoda | 5 |
| Nemertea | 5 |
| Cumacea | 4 |
| Isopoda | 4 |
| Mysidacea | 4 |
| Brachiopoda (Filum) | 2 |
| Enteropneusta | 2 |
| Hydrozoa | 2 |
| Tanaidacea | 2 |
| Cephalopoda | 1 |



Los Copépodos incrementaron y alcanzaron su mayor abundancia promedio entre abril y mayo del 2022 (>600 mil organismos) disminuyendo entre junio y julio (<450 mil), y con menor abundancia en el primer trimestre del año. Sin embargo, no fue estadísticamente significativo el incremento de su abundancia ($P < 0.05$). Las larvas de Brachyura (cangrejo) no mostraron una variación significativa ($P < 0.05$) a lo largo del primer semestre del 2022, aunque es posible observar un ligero incremento en marzo (>20 mil organismos). De forma similar, Cirripedia no mostró una variabilidad significativa, aunque tuvo un ligero incremento en junio (>10 mil organismos), pero con valores muy bajos en julio del 2022 (>1 mil). Las larvas de Macroura (camarón) únicamente presentaron un incremento y valor máximo en marzo, sin ser su abundancia significativa ($P < 0.05$; >3 mil organismos promedio) (Figura 10).

Los Ostrácodos presentaron dos incrementos en marzo (~10 mil organismos, promedio) y uno mayor en julio (~20 mil), sin que hubiera diferencias significativas ($P > 0.05$) y con valores muy bajos la mayor parte del periodo enero-julio de 2022. Las Hydromedusas mostraron un incremento en marzo y con mayor abundancia en abril y mayo, sin ser estadísticamente significativos los incrementos ($P < 0.05$; >500 organismos, promedio), pero valores muy bajos en los demás muestreos (<100 organismos). Los quetognatos presentaron un solo incremento significativo en enero (>30 mil organismos promedio), pero con valores la mayor parte de los muestreos. Por su parte, Mollusca (Pelecypoda) mostró un sólo pico en junio, sin ser significativo ($P < 0.05$; >un mil organismos, promedio), pero valores comparativamente menores en los demás muestreos, (Figura 11).

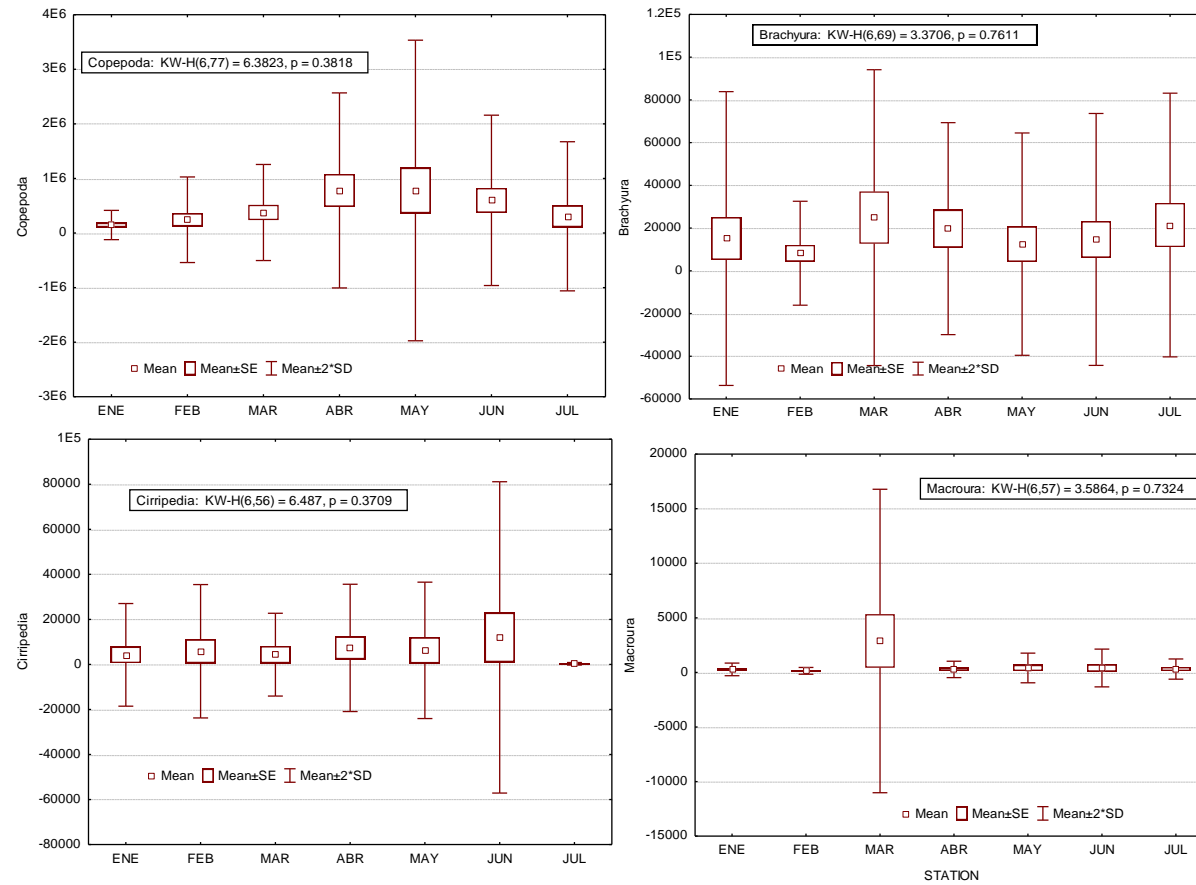


Figura 10. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton

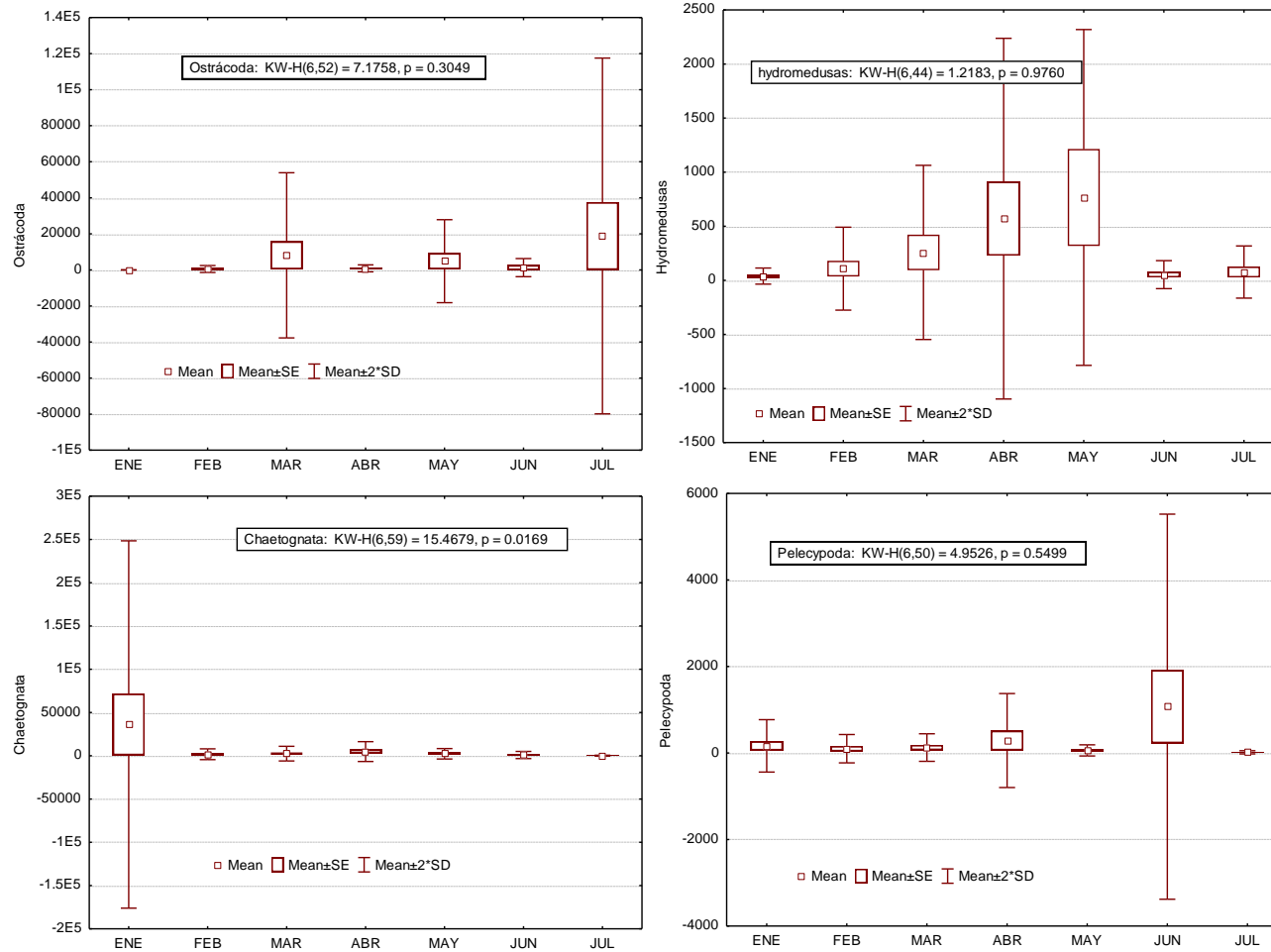


Figura 11. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton



V.3. Ictioplancton

Las variaciones en la diversidad mensual de los taxa del ictioplancton no siguieron un patrón estacional, con un máximo de taxa registrados en enero (45 taxa), pero menor diversidad (<24 taxa) en los meses de febrero a julio. Sin embargo, las diferencias estriban entre las distintas lagunas, siendo comparativamente baja la diversidad en Laguna de Las Garzas, con incremento en San Pedrito y primeras estaciones de la Laguna de Cuyutlán, pero disminuye nuevamente hacia el interior, como se verá más adelante en el análisis multivariado.

El total de huevos de peces mostraron un incremento enero y un máximo en febrero sin ser significativo el incremento (>150 huevos promedio), mientras que fueron escasos en la mayoría de los muestreos durante el primer semestre del 2022. Las larvas de peces mostraron un máximo de abundancia en abril del 2022 (1.4 mil larvas) y valores similares en los demás muestreos (<500 larvas) sin ser su abundancia significativamente diferente ($P < 0.05$), ([Figura 12](#)).

Las larvas de Engraulidae mostraron valores promedio similares (≥ 50 larvas promedio) en la mayoría de los muestreos (febrero-junio). En contraste, las larvas de Gobiidae tuvieron incrementos significativos ($P < 0.05$; ≥ 20 larvas) a principios de año (enero-febrero) y Eleotridae (*Dormitator latifrons*) en febrero (200 larvas, promedio). En cambio, las larvas de Gerreidae fueron escasas, con un incremento sin ser significativo en mayo del 2022 ($P < 0.05$; 20 larvas, promedio), ([Figura 13](#)).

Entre las especies de subsistencia se observaron a Engraulidae (spp.), *H. thrissina*, Sciaenidae (*Larimus* sp.1, *Stellifer* sp.1, sp. 2, sp. 8), *Mugil curema*, Haemulidae (sp. 1. sp. 3, *Xenichthys xanti?*), Carangidae (*Oligoplites altus*, *Chloroscombrus orqueta*), Gerreidae, Kyphosidae sp.1. Por otra parte, la presencia de Scombridae en enero (*Auxis* spp.), y de Phosichthyidae en junio (*Vinciguerria lucetia*) probablemente introducidas por las corrientes desde la zona nerítica adyacente; además de



Poeciliidae de agua dulce en enero-febrero y abril-mayo al interior de Laguna del Valle de las Garzas.

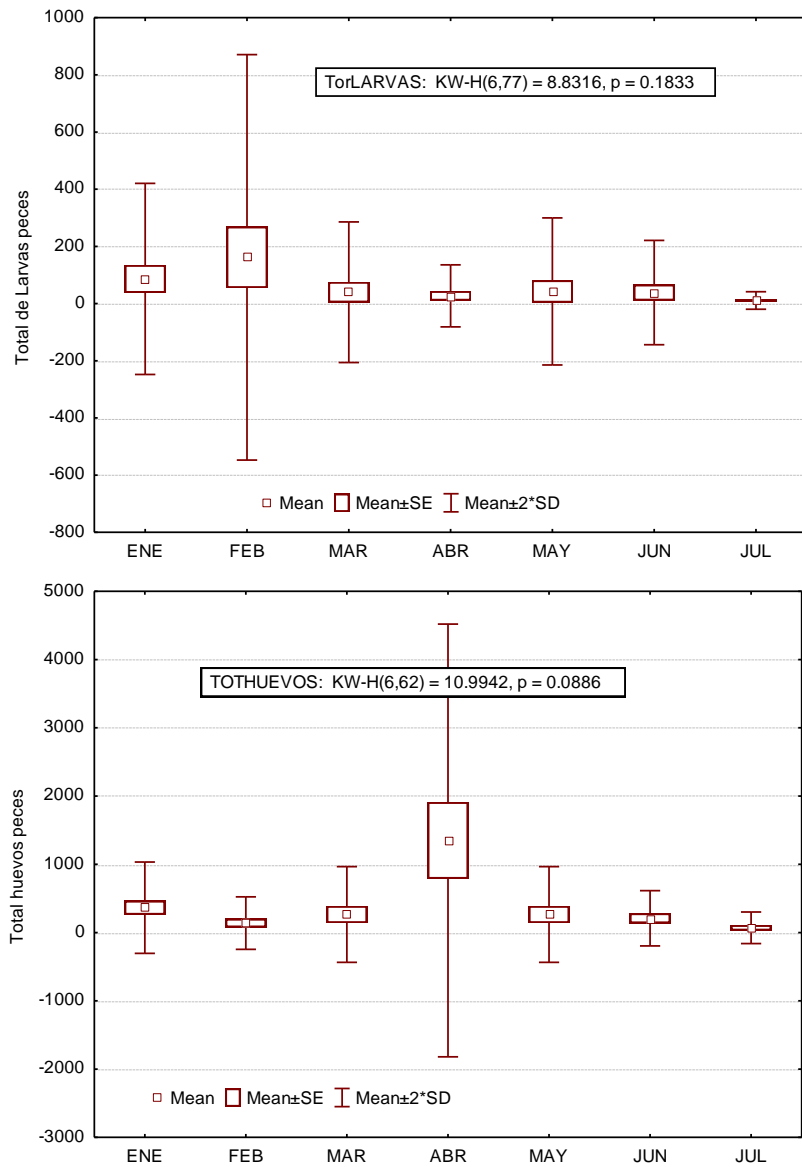


Figura 12. Abundancia total de huevos y larvas de peces (por 10 m² de superficie marina) en la Laguna del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, enero-julio del 2022.



V.4. Ambientales

El promedio del oxígeno disuelto presentó valores ≥ 4 mg/l durante el periodo de estudio, con valores significativamente mayores de marzo a mayo con una mayor dilución ($P < 0.05$), > 7.0 ml/l, promedio). La temperatura superficial presentó diferencias significativas, siendo comparativamente mayor de mayo a julio, (≥ 28 °C) con un incremento previo en marzo del 2022. El promedio de los valores de la salinidad no mostró variaciones significativas, siendo en promedio mayor en mayo y junio (> 30 unidades), y ≥ 25 unidades promedio para los demás muestreos. El pH tampoco presentó diferencias significativas, con valores promedio que fluctuaron entre 7.6-8.50. La clorofila *a* presentó valores relativamente bajos entre marzo y mayo (< 1.0 , promedio), con incrementos significativos en junio y julio (> 1.5) (Figura 14).

V. 5. Análisis Multivariado

Los vectores en los diagramas de dispersión (flechas rojas) indican las variables ambientales con mayor correlación en los Ejes 1 y 2, en las lagunas de Valle de Las Garzas (estaciones 1 a 6), San Pedrito (7 a 9) y Laguna de Cuyutlán (11 a 15), Colima de enero-julio del 2021. Los sitios 2, 5 y 10 no fueron incluidos en el análisis por existir vacíos de datos biológicos, o no fueron muestreados por ser sitios comúnmente azolvados.

El primer diagrama de dispersión (panel izquierdo) identifica los agrupamientos de las estaciones de muestreo (Laguna de las Garza, 1-6; San Pedrito 7-9; y Laguna de Cuyutlán, 11-15). En este diagrama se identifican a tres agrupamientos: el primero integrado por estaciones de Laguna de Las Garzas (derecha del dendrograma), donde es evidente la escasez de grupos taxonómicos (segundo panel) influenciado directamente por el incremento de la temperatura. (SST). En contraparte, se ubica un segundo agrupamiento en San Pedrito (estaciones 7-9), donde se ubican Echinodermata, Pteropoda, Siphonophora, Cladoceros (*Penilia* sp. y *Evadne* sp.), Ctenophora etc., relacionados principalmente por la profundidad, en aguas más oxigenadas y mayor salinidad. Un tercer agrupamiento al centro del dendrograma



MARINA

SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**

COORDINACIÓN GENERAL



MARINA



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

denominado Laguna de Cuyutlán (estaciones 11-15), donde se ubican Copepoda, Brachyura y Macroura, Cirripedia, Ostracoda, Polichaeta, Chaetognatha, Gasteropoda y Pelecypoda e Hydromedusas, y la mayoría de los huevos y larvas de peces, influenciado principalmente por el incremento del biovolumen del zooplancton y relativamente por el incremento de la temperatura y salinidad (Figura 15). También es notable la conjunción de estaciones entre los agrupamientos San Pedrito (7-9) y las primeras estaciones de Laguna de Cuyutlán (11-13), al parecer por la influencia de la conexión nerítica adyacente (Figura 15).

La varianza acumulada de los dos primeros ejes fue de 21.7, con una alta correlación de Pearson en el primero y segundo ejes (0.77 y 0.71, respectivamente) entre las especies y las variables ambientales. En el eje 1, la profundidad y la temperatura del mar presentaron una mayor correlación ($R = -0.85, 0.70$, respectivamente), y para el eje 2 fue la salinidad y la temperatura (-0.73 y -0.49). El biovolumen del zooplancton, el oxígeno disuelto, la Clorofila -a y el pH no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes (Tabla 4).

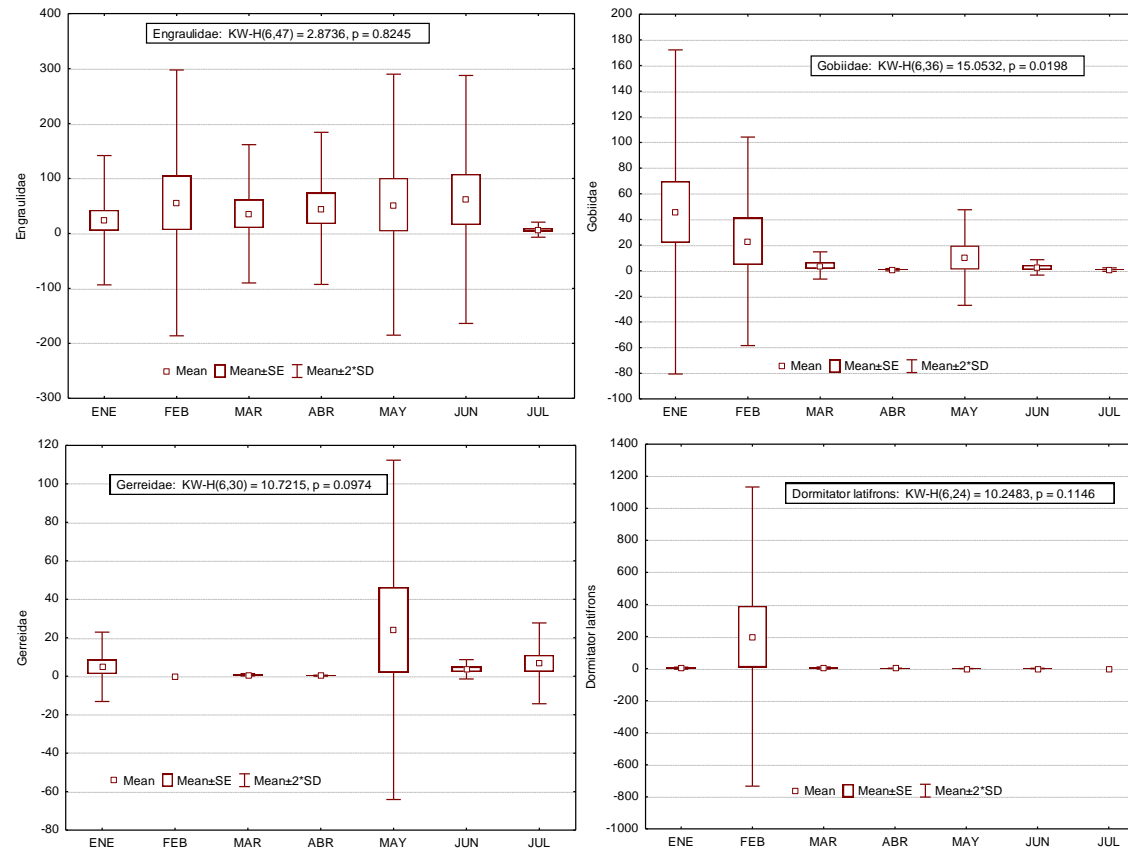


Figura 13. Abundancia promedio de larvas de peces (por 10 m² de superficie marina) de algunos taxa en la Laguna del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, enero-julio del 2022.

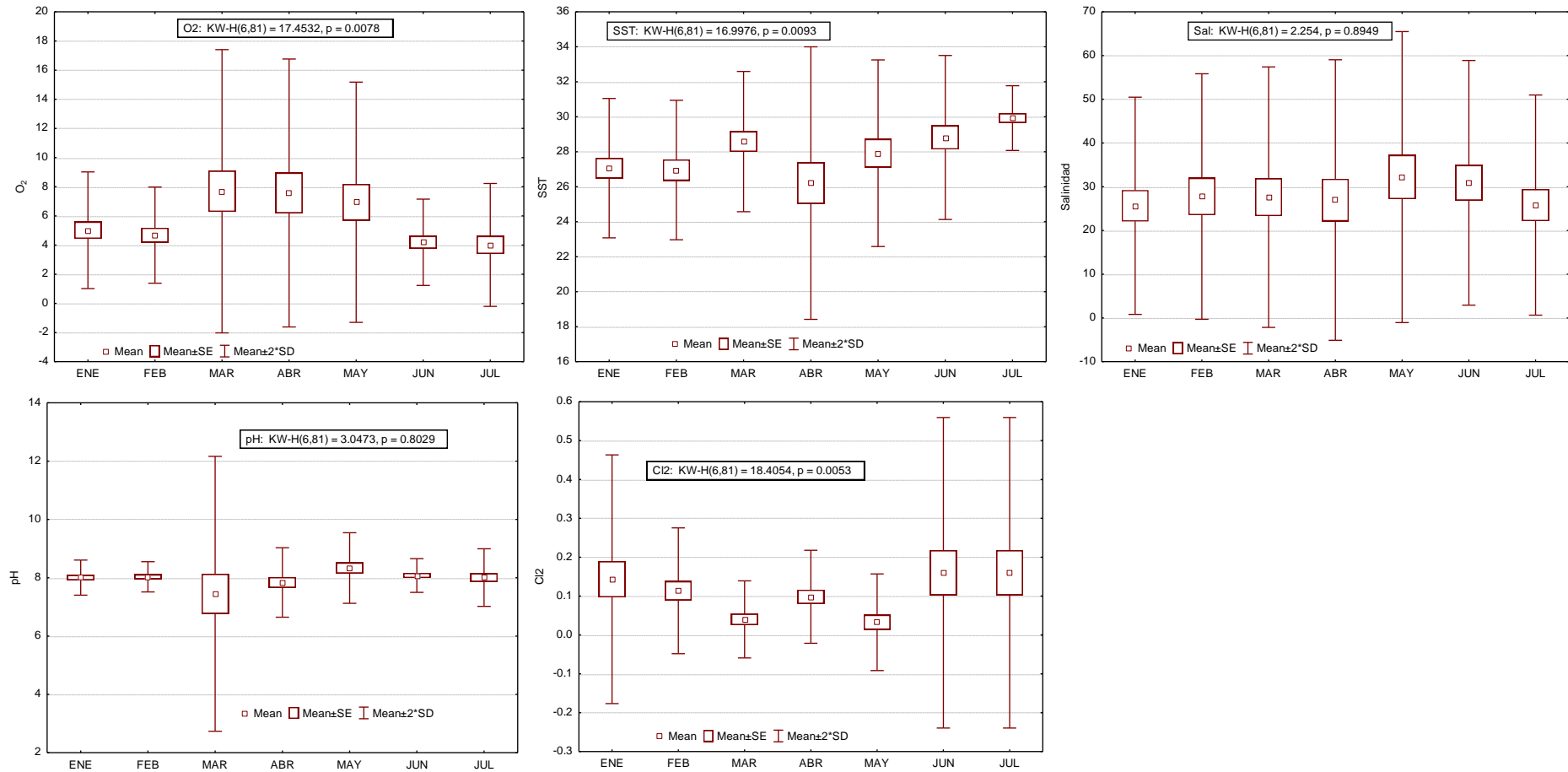


Figura 14. Oxígeno disuelto, temperatura superficial, salinidad, pH y clorofila-a en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito, y Laguna de Cuyutlán, Colima, enero-julio del 2022.

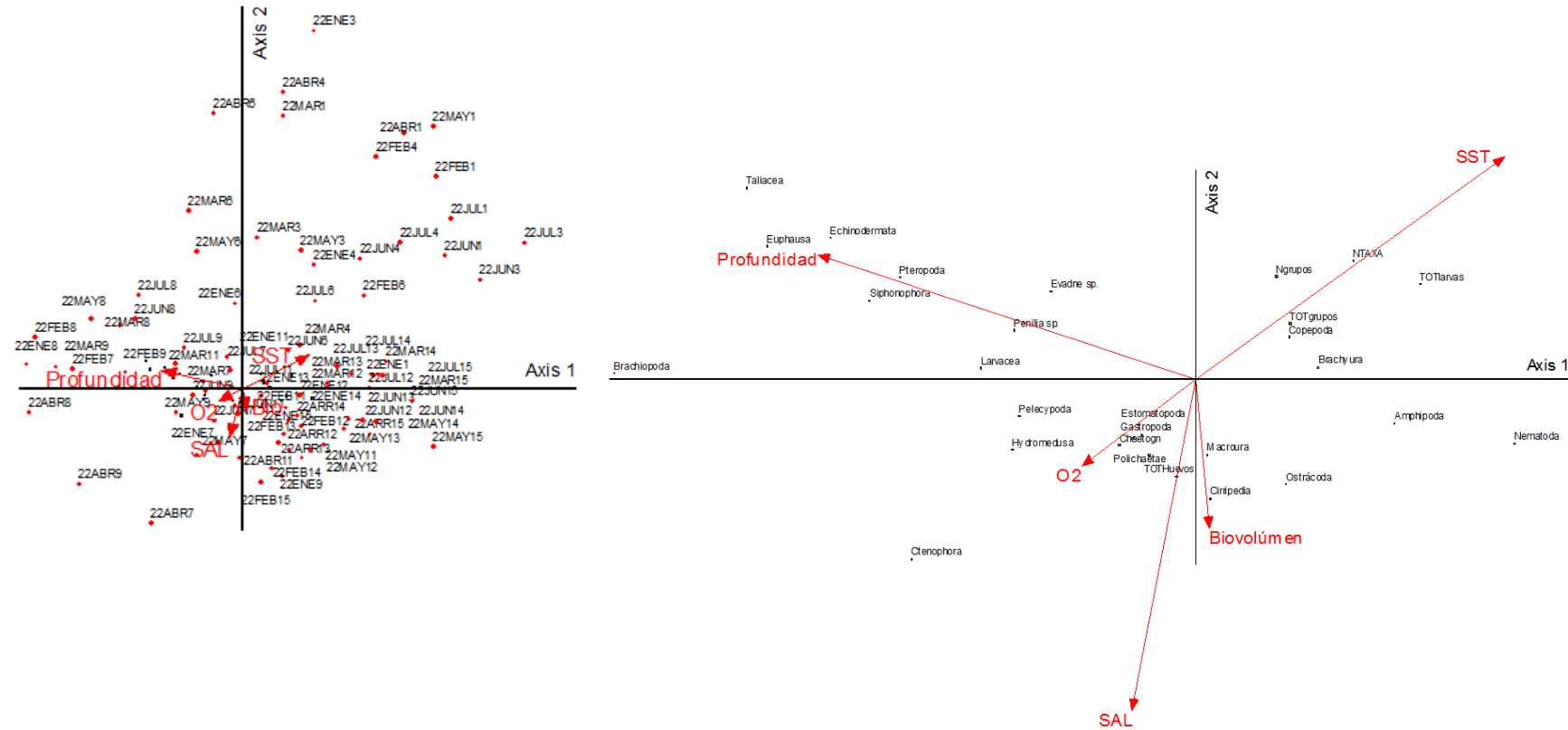


Figura 15. Biplots del CCA, para los grupos del zooplancton-ictioplancton y variables biológicas (biovolumen del zooplancton y clorofila-a) y ambientales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, pH, y profundidad de la estación) recolectados en 15 puntos de muestreo durante enero-julio del 2022. Los sitios 2 y 10 no fueron incluidos en el análisis por existir vacíos de datos biológicos. Los vectores indican las variables biológicas o ambientales con mayor correlación en los Ejes 1 y 2, en las lagunas de Valle de Las Garzas (estaciones 1 a 6), San Pedrito (7 a 9) y Laguna de Cuyutlán (11 a 15), Colima de enero-julio del 2022.



Tabla 4. Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en las lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán de enero-julio 2022

AXIS SUMMARY STATISTICS

Number of canonical axes: 3

Total variance ("inertia") in the species data: 0.5431

| | Axis 1 | Axis 2 | Axis 3 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| Eigenvalue | 0.092 | 0.026 | 0.016 |
| Variance in species data | | | |
| % of variance explained | 17.0 | 4.7 | 3.0 |
| Cumulative % explained | 17.0 | 21.7 | 24.7 |
| Pearson Correlation, Spp-Envt* | 0.771 | 0.717 | 0.612 |
| Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt | 0.498 | 0.563 | 0.491 |

* Correlation between sample scores for an axis derived from the species data and the sample scores that are linear combinations of the environmental variables. Set to 0.000 if axis is not canonical.

CORRELATIONS AND BIPLLOT SCORES for 7 columns

| Variable | Correlations* | | | Biplot Scores | | |
|----------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | Axis 1 | Axis 2 | Axis 3 | Axis 1 | Axis 2 | Axis 3 |
| 1 BZ | 0.031 | -0.332 | 0.573 | 0.029 | -0.328 | 0.568 |
| 2 PROF | -0.857 | 0.277 | 0.207 | -0.817 | 0.274 | 0.205 |
| 3 SAL | -0.144 | -0.738 | 0.548 | -0.137 | -0.728 | 0.544 |
| 4 O2 | -0.259 | -0.192 | 0.673 | -0.247 | -0.190 | 0.668 |
| 5 SST | 0.701 | 0.495 | 0.282 | 0.668 | 0.489 | 0.280 |
| 6 CHLA | 0.214 | 0.186 | -0.239 | 0.203 | 0.184 | -0.237 |
| 7 pH | 0.286 | -0.080 | 0.181 | 0.272 | -0.079 | 0.180 |

* Correlations are "intra-set correlations" of ter Braak (1986)

V. 6. Integración 2019-2021

En el primer diagrama de dispersión (Fig.16, primer panel) se identifican dos agrupamientos de estaciones que comprenden el grupo de estaciones de la Laguna de Las Garzas (izquierda) y de San Pedrito (derecha). En el diagrama no se distingue una estacionalidad entre muestreos de agosto a diciembre del 2019 y 2021 y de enero a julio del 2020 y 2022, siendo notable la homogeneidad con respecto al arreglo de estaciones de muestreo por localidades (Las Garzas y San Pedrito). Asimismo, en el conjunto de estaciones que corresponden a la LVG se identifica un gradiente en la



distribución de las estaciones que va desde las más internas E1, E3, E4, hasta las más alejadas de LVG (E5, E6) y las que corresponden a San Pedrito (E7 y E8) a la derecha del diagrama. Las estaciones de LVG fueron relacionadas con un incremento de la temperatura superficial del agua, pero inversamente relacionadas con la salinidad, la profundidad y el biovolumen del zooplancton. En la LVG, se observan muy pocos grupos taxonómicos (Nematoda), mientras que los grupos taxonómicos representativos de las estaciones más alejadas de LVG y San Pedrito (transición, arriba del lado izquierdo) se identifican los Copépodos, un mayor número de grupos taxonómicos, y taxa del ictioplancton, además de la mayor abundancia de larvas y de la abundancia de grupos. En San Pedrito (E7 y E8, derecha del diagrama) ocurrieron la mayoría de los grupos taxonómicos y huevos de peces, con el incremento de la salinidad y la profundidad, pero también con el biovolumen del zooplancton para algunas estaciones de San Pedrito en 2020 y 2022 al parecer relacionado con la influencia de la conexión nerítica adyacente (Figura 16 B).

La varianza acumulada de los dos primeros ejes fue de 23.0, con una alta correlación de Pearson en el 1er eje (0.88) y de 0.72 en el segundo eje en la correlación entre las especies y las variables ambientales. En el eje 1, el biovolumen del zooplancton, la profundidad, salinidad, y el oxígeno disuelto presentaron una mejor correlación ($R = 0.54, 0.70, 0.85, 0.51, -0.72$ y -0.69 , respectivamente), y para el eje 2 el biovolumen del zooplancton (-0.77). La clorofila -a y el pH, no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes (Tabla 5).

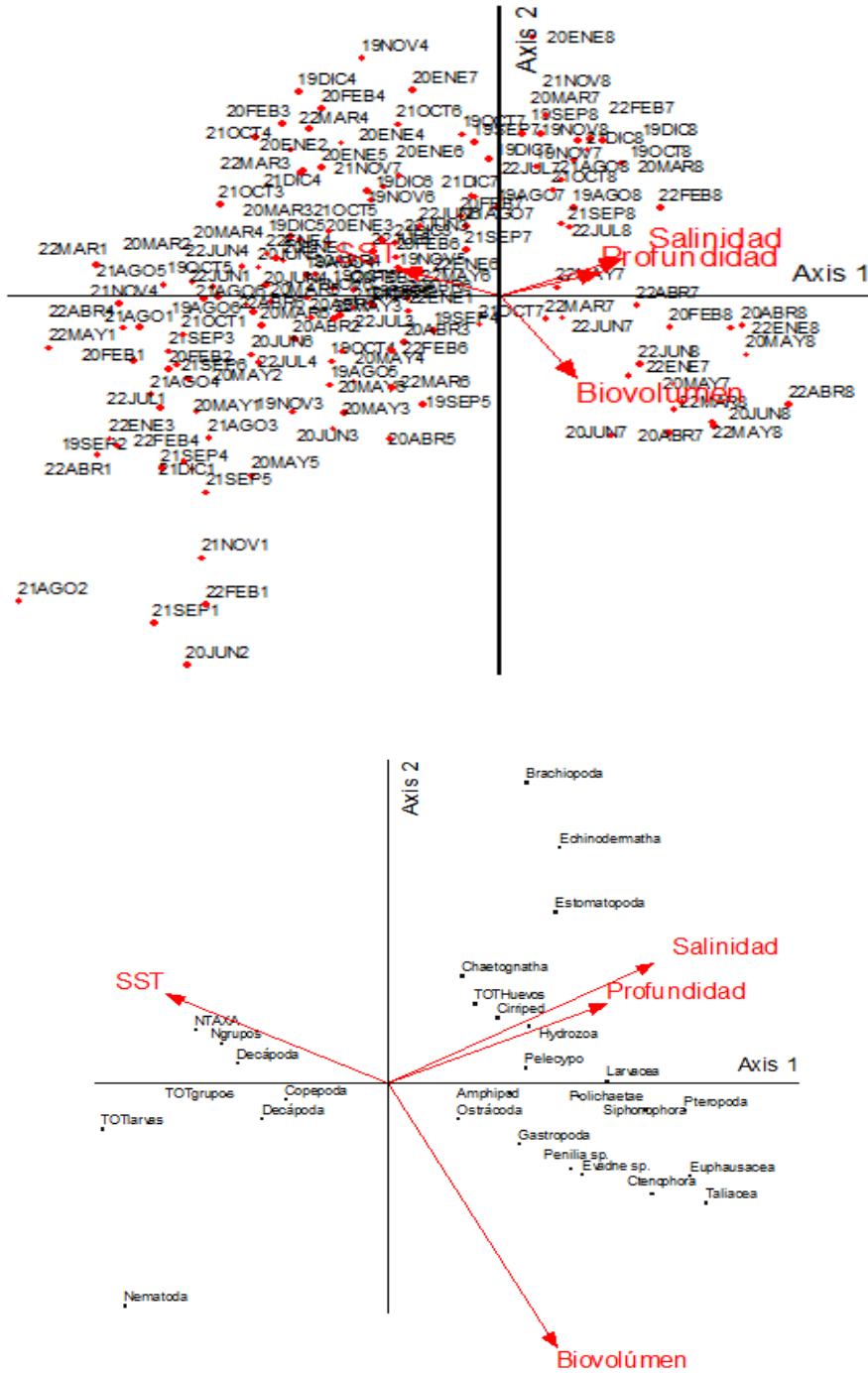


Figura 16. Biplot del CCA, para los grupos del zooplancton-ictioplancton y variables biológicas (biovolumen del zooplancton y clorofila-a) y ambientales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, pH, y profundidad de la estación) recolectados durante agosto-diciembre de 2019 y 2021 y enero-julio 2020 y 2022. Los vectores indican las variables biológicas o ambientales con mayor correlación en los Ejes 1 y 2, en la laguna de Valle de Las Garzas, Colima. Arriba, agrupamiento de estaciones y abajo, de grupos taxonómicos.



Tabla 5 Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en la laguna del Valle de Las Garzas de agosto-diciembre 2019 y 2021, y enero-julio 2020 y 2022.

```

AXIS SUMMARY STATISTICS
Number of canonical axes: 3
Total variance ("inertia") in the species data: 0.9747
-----
                Axis 1   Axis 2   Axis 3
-----
Eigenvalue                0.188   0.036   0.019
Variance in species data
  % of variance explained    19.3    3.7    2.0
  Cumulative % explained    19.3   23.0   24.9
Pearson Correlation, Spp-Envt* 0.887   0.727   0.619
Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt 0.589   0.491   0.331
-----
* Correlation between sample scores for an axis derived from the species
  data and the sample scores that are linear combinations of the
  environmental variables. Set to 0.000 if axis is not canonical.

CORRELATIONS AND BIPLLOT SCORES for 7 columns
-----
                Correlations*                Biplot Scores
  Variable      Axis 1  Axis 2  Axis 3      Axis 1  Axis 2  Axis 3
-----
1 BZ            0.545  -0.777  -0.135      0.491  -0.763  -0.134
2 PROF          0.705   0.234   0.576      0.635   0.229   0.571
3 SAL           0.858   0.351  -0.131      0.774   0.344  -0.129
4 O2            0.511  -0.343   0.534      0.460  -0.337   0.529
5 SST          -0.722   0.262   0.397     -0.650   0.258   0.393
6 CHLA         -0.163  -0.008  -0.308     -0.147  -0.008  -0.305
7 pH           0.419   0.020   0.180      0.377   0.020   0.179
-----
* Correlations are "intra-set correlations" of ter Braak (1986)

```



VI. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

VI.1. Biovolumen del zooplancton

El biovolumen del zooplancton mostró valores similares de enero a julio (<70 ml), con un único incremento entre mayo y junio, sin ser significativo ($P < 0.05$), debido a la amplia dispersión de los valores de biovolumen en los tres cuerpos lagunares, aunado a que ese incremento tiene que ver con valores muy elevados en el interior de La gunga de Cuyutlán entre mayo y junio del 2022. En contraste, los valores del biovolumen aunque presentan diferencias entre cuerpos lagunares, no son extremos para los demás muestreos.

VI.2. Grupos del zooplancton

El número total de grupos taxonómicos recolectados de enero a julio del 2022 fue equivalente al periodo anterior (agosto-diciembre 2021), con la presencia de 40 grupos entre enero y julio del 2022. El número promedio de taxa recolectados fue comparativamente mayor de enero a marzo (>16 taxa), disminuyendo ligeramente de abril a julio (<14 grupos), sin que hubiera diferencias significativas en los meses ($P < 0.05$).

Dentro de los grupos taxonómicos más representativos por su abundancia o frecuencia de ocurrencia mostraron incrementos a finales del primer o durante segundo trimestre del 2022. Los Copépodos alcanzaron su mayor abundancia promedio entre abril y mayo del 2022 (>600 mil organismos) disminuyendo entre junio y julio (<450 mil), sin ser estadísticamente significativo ($P < 0.05$). Las Larvas de Brachyura (cangrejo) y Macroura camarón obtuvieron un ligero incremento en marzo (>20 mil organismos; y 3 mil, respectivamente), sin ser tampoco significativo. Los Ostrácodos presentaron dos incrementos uno en marzo (~10 mil organismos, promedio) y otro mayor en julio (~20 mil), sin haber diferencias significativas ($P > 0.05$). Las Hydromedusas mostraron un incremento en marzo y con mayor abundancia en abril y mayo (>500 organismos, promedio), sin ser estadísticamente significativos. Los quetognatos presentaron un solo incremento en enero (>30 mil organismos promedio) que fue significativo, pero escasos, la mayor parte de los muestreos.



Por su parte, Mollusca (Pelecypoda) y Cirripedia mostraron un sólo pico en junio sin ser significativos ($P < 0.05$; > 1 mil y < 10 mil organismos, promedio).

VI.3. Ictioplancton

El número de taxa del ictioplancton no siguieron un patrón estacional definido, debido a un máximo registrado en enero (45 taxa), pero con menor diversidad de taxa (< 24 taxa) para el resto del semestre (febrero a julio). No obstante, la diferencia en el número de taxa estriba entre cuerpos lagunares, siendo comparativamente mayor entre San Pedrito y primeras estaciones de la Laguna de Cuyutlán, y una baja diversidad en Laguna del Valle de Las Garzas.

El total de huevos de peces mostraron un incremento enero y un máximo en febrero (> 150 huevos, promedio), mientras que fueron escasos en la mayoría de los muestreos del primer semestre del 2022. En cambio, las larvas ocurrieron en mayor abundancia en abril sin ser estadísticamente significativo ($P < 0.05$; 1.4 mil larvas) y con valores similares para los demás muestreos (< 500 larvas).

Las larvas de Engraulidae obtuvieron valores promedio similares (≥ 50 larvas promedio) en la mayoría de los muestreos (febrero-junio). En contraste, las larvas de Gobiidae tuvieron incrementos significativos ($P < 0.05$; ≥ 20 larvas) a principios de año (enero-febrero) y Eleotridae (*Dormitator latifrons*) en febrero (200 larvas, promedio). En cambio, las larvas de Gerreidae fueron escasas, con un incremento sin ser significativo en mayo del 2022 ($P < 0.05$; 20 larvas, promedio).

Entre las especies de subsistencia se observaron a Engraulidae (spp.), *H. thrissina*, Sciaenidae (*Larimus* sp.1, *Stellifer* sp.1, sp. 2, sp. 8), *Mugil curema*, Haemulidae (sp.



1. sp. 3, *Xenichthys xanti?*), Carangidae (*Oligoplites altus*, *Chloroscombrus orqueta*), Gerreidae, Kyphosidae sp.1. Por otra parte, la presencia de Scombridae en enero (*Auxis* spp.), y de Phosichthyidae en junio (*Vinciguerria lucetia*) probablemente introducidas por las corrientes desde la zona nerítica adyacente; además de Poecilidae de agua dulce en enero-febrero y abril-mayo al interior de Laguna del Valle de las Garzas.

VI.4. Ambientales

La temperatura superficial presentó diferencias significativas, siendo ≥ 28 °C de mayo a julio, con un incremento previo en marzo del 2022, en consistencia con el incremento de la salinidad entre mayo y junio (>30 unidades), y ≥ 25 unidades promedio para los demás muestreos, seguido de incrementos significativos de la Clorofila *a* de junio y julio (>1.5). En contraste con el incremento del oxígeno disuelto que fue mayor previo al incremento de la temperatura (marzo-mayo; ≥ 7 ml/l). Sin que el pH presentara diferencias significativas ($P < 0.05$), con valores promedio que fluctuaron entre 7.6-8.50.

VI. 5. Análisis Multivariado

Durante el semestre de enero a julio del 2022, se determinaron tres agrupamientos en el análisis multivariado. El primero identifica las estaciones de muestreo de Laguna del Valle de las Garza (estaciones 1-6); el segundo a San Pedrito (7-9); y el tercero a Laguna de Cuyutlán (11-15). En el primer agrupamiento (Laguna de Las Garzas) es evidente la escasez de grupos taxonómicos, influenciada directamente por el incremento de la temperatura. El segundo agrupamiento (San Pedrito) ocurren Echinodermata, Pteropoda, Siphonophora, Cladoceros (*Penilia* sp. y *Evadne* sp.), Ctenophora etc., relacionados principalmente por la profundidad, en aguas más oxigenadas y mayor salinidad. Y un tercer agrupamiento Laguna de Cuyutlán donde se ubican Copepoda, Brachyura-Macrourea, Cirripedia, Ostracoda, Polichaetha, Chaetognatha, Gasteropoda y Pelecypoda e Hydromedusas, y la mayoría de los huevos y larvas de peces, influenciado principalmente por el incremento del



MARINA

SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**

COORDINACIÓN GENERAL



MARINA



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

biovolumen del zooplancton y relativamente por el incremento de la temperatura y salinidad. En el análisis multivariado es notable la conjunción de estaciones entre los agrupamientos San Pedrito y las primeras estaciones de Laguna de Cuyutlán, al parecer debido a la influencia de la conexión nerítica adyacente, como sigue la presencia de los grupos taxonómicos.

La varianza acumulada de los dos primeros ejes (21.7), aun siendo relativamente baja, existe una alta correlación de Pearson entre las variables biológicas y las variables ambientales en los ejes 1 y 2 ($R = 0.77$ y 0.71 , respectivamente). Las variables mejor correlacionadas fueron: Eje 1, la profundidad y temperatura del mar ($R = -0.85$, 0.70 , respectivamente), y para el eje 2, la salinidad y la temperatura ($R = -0.73$ y -0.49). El biovolumen del zooplancton, el oxígeno disuelto, la Clorofila -a y el pH no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes.



VI. 6. Integración 2019-2021

En el diagrama integral de dispersión entre muestreos de agosto a diciembre del 2019 y 2021 y de enero a julio del 2020 y 2022, no se distingue una estacionalidad. En cambio, es notable la homogeneidad en el arreglo de estaciones de muestreo entre el primer agrupamiento (Laguna del Valle de Las Garzas) y en el segundo (San Pedrito). En el primer agrupamiento (LVG) se identifica un gradiente en la distribución de las estaciones que va desde las más internas (E1, E2, E3, E4), hasta las más alejadas del cuerpo lagunar (E5, E6); y en el segundo grupo se ubica San Pedrito (E7 y E8). Las estaciones de LVG; además de ser notable la escasez de grupos taxonómicos, la zona es relacionada con un incremento de la temperatura superficial del agua, e inversamente relacionadas con la salinidad, la profundidad y el biovolumen del zooplancton. Adicionalmente, se infiere una zona de “transición” debido a la conjunción en el diagrama de las estaciones de LVG cercanas a San Pedrito, donde ocurre un incremento en el número de grupos taxonómicos, y taxa del ictioplancton, además de la mayor abundancia de larvas y del total de la abundancia de los grupos taxonómicos. Así mismo, en el agrupamiento de San Pedrito (E7 y E8) se localizó a la mayoría diversidad de grupos taxonómicos y huevos de peces, relacionados con el incremento de la salinidad y la profundidad, pero también relacionados con el biovolumen del zooplancton en algunas estaciones de muestreo de 2020 y 2022, al mismo tiempo que se evidencia una mejor calidad del agua que sugiere la dinámica oceánica a través del canal, resultado de la influencia de la zona nerítica adyacente.

Aun cuando la varianza explicada acumulada fue relativamente baja (23.0), se tiene una alta correlación de Pearson entre las variables biológicas y ambientales en los ejes 1 y 2 (0.88 y 0.72, respectivamente). Dentro de las variables más influyentes en el eje 1 se tiene al biovolumen del zooplancton, la profundidad, salinidad, y el oxígeno disuelto con la mejor correlación ($R = 0.54, 0.70, 0.85, 0.51, -0.72$ y -0.69 , respectivamente), y para el eje 2 únicamente el biovolumen del zooplancton (-0.77). No obstante, la clorofila -a y el pH, no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes.



IX. CONCLUSIONES

IX.1. Biovolumen del zooplancton y Grupos del zooplancton

El biovolumen del zooplancton presentó valores similares de enero a julio (<70 ml), con un único incremento entre mayo y junio, que se debe a la amplia dispersión de valores entre los tres cuerpos lagunares, aunado a incrementos extraordinarios del biovolumen al interior de Laguna de Cuyutlán (mayo-junio 2022). No obstante, la diferencia en los valores de la biomasa entre cuerpos lagunares existe, pero no fueron extremos para los demás muestreos. El número total de grupos taxonómicos recolectados fue de 40 (enero-julio 2022), que es equivalente al periodo anterior (agosto-diciembre 2021). No obstante, es posible observar diferencias mensuales en el número de taxa recolectados, siendo comparativamente mayor de enero a marzo (>16 taxa), y con una disminución de abril a julio (<14 grupos), sin que hubiera diferencias significativas entre meses ($P < 0.05$).

Entre los grupos taxonómicos representativos por su abundancia o frecuencia de ocurrencia se encuentran los Copépodos que alcanzaron su mayor abundancia promedio entre abril y mayo del 2022 (>600 mil organismos) disminuyendo de junio a julio (<450 mil). En tanto que las larvas de Decápoda (Brachyura, cangrejo; y Macroura, camarón) mostraron un ligero incremento en marzo (>20 mil organismos; y 3 mil, respectivamente). Los Ostrácodos con dos incrementos (marzo, ~10 mil y julio (~20 mil) y las Hydromedusas con un incremento en marzo y mayor abundancia en abril-mayo (>500 organismos, promedio), mientras que Chaetognata únicamente en enero (>30 mil organismos promedio). Posteriormente, Mollusca (Pelecypoda) y Cirripedia incrementaron su abundancia (>1 mil y <10 mil organismos). Es importante señalar que el resultado de la prueba de Kruskal Wallis sugiere que ninguno de los grupos es estadísticamente diferente en el tiempo, excepción hecha para Chaetognata.



IX.2. Ictioplancton

El número de taxa del ictioplancton no siguió un patrón estacional definido, con un máximo en enero (45 taxa) y menor diversidad de taxa (<24 taxa) para el resto del semestre. No obstante, la diferencia en el número de taxa es evidente entre cuerpos lagunares, siendo comparativamente mayor entre San Pedrito y primeras estaciones de la Laguna de Cuyutlán, y por el contrario en Laguna del Valle de Las Garzas. A su vez, el total de huevos de peces fue mayor a principios de año (>150 huevos, promedio) y las larvas en abril, pero con valores similares el resto del semestre (<500 larvas). Las larvas de Engraulidae tuvieron valores similares (≥ 50 larvas promedio) de febrero a junio, mientras que Gobiidae con incrementos a principios de año (enero-febrero), igual que Eleotridae (*Dormitator latifrons*) (200 larvas, promedio). Por el contrario, Gerreidae con baja abundancia mostró un sólo incremento en mayo (20 larvas).

Entre las especies de subsistencia se observaron a Engraulidae (spp.), *H. thrissina*, Sciaenidae (*Larimus* sp.1, *Stellifer* sp.1, sp. 2, sp. 8), *Mugil curema*, Haemulidae (sp. 1. sp. 3, *Xenichthys xanti?*), Carangidae (*Oligoplites altus*, *Chloroscombrus orqueta*), Gerreidae, Kyphosidae sp.1. Por otra parte, la presencia de Scombridae en enero (*Auxis* spp.), y de Phosichthyidae en junio (*Vinciguerria lucetia*) probablemente introducidas por las corrientes desde la zona nerítica adyacente; además de Poeciliidae de agua dulce en enero-febrero y abril-mayo al interior de Laguna del Valle de las Garzas.

IX.3. Análisis Multivariado e integración 2019-2021

En el diagrama integral entre muestreos de agosto a diciembre del 2019 y 2021 y de enero a julio del 2020 y 2022, no se distingue una estacionalidad, pero es notable una diferencia entre sitios. La Laguna del Vale de las Garzas (LVG) identifica un gradiente en la distribución entre sitios de muestreo que identifican el interior de LVG (E1, E2, E3, E4), hasta las más alejadas del cuerpo lagunar (E5, E6). En la Laguna del Valle



MARINA

SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**

COORDINACIÓN GENERAL



MARINA



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

de las Garzas es notable la escasez de grupos taxonómicos del zooplancton-ictioplancton relacionado con un incremento de la temperatura superficial del agua, menor la salinidad, y biovolumen del zooplancton. En contraste, con San Pedrito (E7 y E8) bajo mejores condiciones ambientales que permiten el desarrollo del zooplancton-ictioplancton, como sugiere el incremento de las formas específicas, relacionados con el incremento de la salinidad y la profundidad, pero también con el incremento del biovolumen del zooplancton; que hace evidente una mejor calidad del agua relacionada con la interacción entre la dinámica oceánica y la zona nerítica a través del canal. Adicionalmente, se infiere una zona de “transición” entre algunas estaciones de LVG y la colindancia con San Pedrito, donde ocurre un incremento en el número y abundancia de grupos taxonómicos del zooplancton-ictioplancton.



X. BIBLIOGRAFÍA

Beltrán-León, B. S. y Ríos-Herrera, R. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano (Vol. I, II). Buenaventura, Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.

Garrison, L. P., Michaels W., Limk, J. S. y Fogarty M. J. 2002. Spatial distribution and overlap between ichthyoplankton and pelagic fish and squids on the southern flank of Georges Bank. *Fish. Oceanogr.* 11:5, 267–285.

Gasca, R. & E. Suárez-Morales. 1996. Introducción al Estudio del Zooplancton Marino. ECOSUR/CONACYT. México, 711 p.

Houde, E. D. y Wilkens, E. P. H. 1975. Muestreo ictioplanctónico. Documentos Técnicos de la UNESCO sobre Ciencias del Mar, 20: 9-11

ICES Identification Leaflets for Plankton, <https://www.ices.dk/publications/library/Pages/default.aspx>).

McCune, B. and Mefford M. J. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. Gleneden Beach, OR: MjM Software Design. Computer program.

Mellink, E., y Riojas-López, M. 2007. Modificaciones estructurales artificiales de Laguna Cuyutlán, Colima, México. *Revista Geográfica.* 142, 131-142.

Moser, H. G. 1996. The Early Stages of Fishes in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. Atlas 33. La Jolla, CA: Scripps Institution of Oceanography.

Olvera-Limas, R. M., Padilla, M. A. y Ortuño M. 1992. *Manual de métodos para las investigaciones ictioplanctónicas del Instituto Nacional de la Pesca.* Secretaria de Pesca. México. México, Distrito Federal. 66 p.

Smith, P. y Richardson S. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO Doc. Téc. Pesca, 175: 107 pp.

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
www.statsoft.com.