



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.- DICIEMBRE 2021 (AGOSTO-DICIEMBRE 2021)

Responsable técnico del programa: Dr. Manuel Patiño Barragán

Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán





ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	5
I.1. Antecedentes	5
II. OBJETIVOS	7
II.1. Objetivo General	7
II.2. Objetivos particulares.....	7
III. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA	7
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	25
V.4. Ambientales.....	26
V. 5. Análisis Multivariado	27
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	40
VI. 6. Periodo 2019-2021	40
IX. CONCLUSIONES	42
IX.1. Biovolumen del zooplancton y Grupos del zooplancton	42
IX.2. Ictioplancton	43
IX.3. Análisis Multivariado del periodo 2019-2021	44
X. BIBLIOGRAFÍA	45



NDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Laguna del Valle de las Garzas	8
Figura 2. Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior de Manzanillo Colima	9
Figura 3. Ubicación de la Laguna de Cuyutlán.....	9
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.	11
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.	11
Figura 6. Captura del zooplancton en la zona de estudio.....	13
Figura 7. Identificación de zooplancton durante el mes de diciembre de 2021.	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, agosto-diciembre de 2021.....	18
Figura 9. Número de grupos del zooplancton recolectados en las Lagunas Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán Colima, agosto-diciembre del 2021.	19
Figura 10. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton.....	23
Figura 11. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton.....	24
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, agosto-diciembre del 2021.	26
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, agosto-diciembre del 2021.	29
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, agosto-diciembre del 2021.	30



Figura 15. 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 en 15 puntos de muestreo durante agosto-diciembre del 2021. 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 agosto-diciembre del 2021..... 31

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. 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 de agosto-diciembre del 2021. A. Agrupamiento de estaciones y B) de grupos taxonómicos..... 34

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.....	20
Tabla 3. Abundancia promedio de grandes grupos.....	21
Tabla 4. Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de datos con 27 grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en las lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán de agosto-diciembre 2021	32
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.....	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 equipales 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 agosto-diciembre del 2021.
- Identificar la variabilidad de los grupos zooplanctónicos presentes en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán entre agosto-diciembre del 2021.
- Identificar y cuantificar la variabilidad del ictioplancton presente en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán entre agosto-diciembre del 2021.

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 $19^{\circ} 05' 05''$ y $19^{\circ} 06' 10''$, latitud Norte y $104^{\circ} 18' 00''$ $104^{\circ} 19' 20''$ 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).

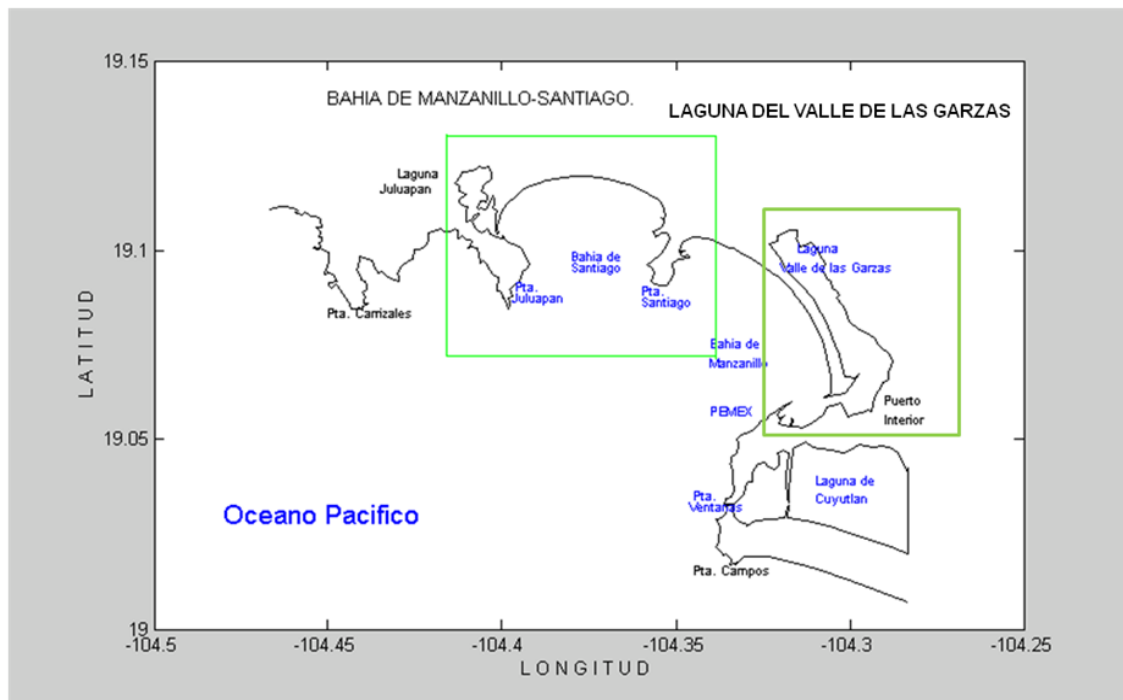


Figura 1. Ubicación de la Laguna del Valle de las Garzas

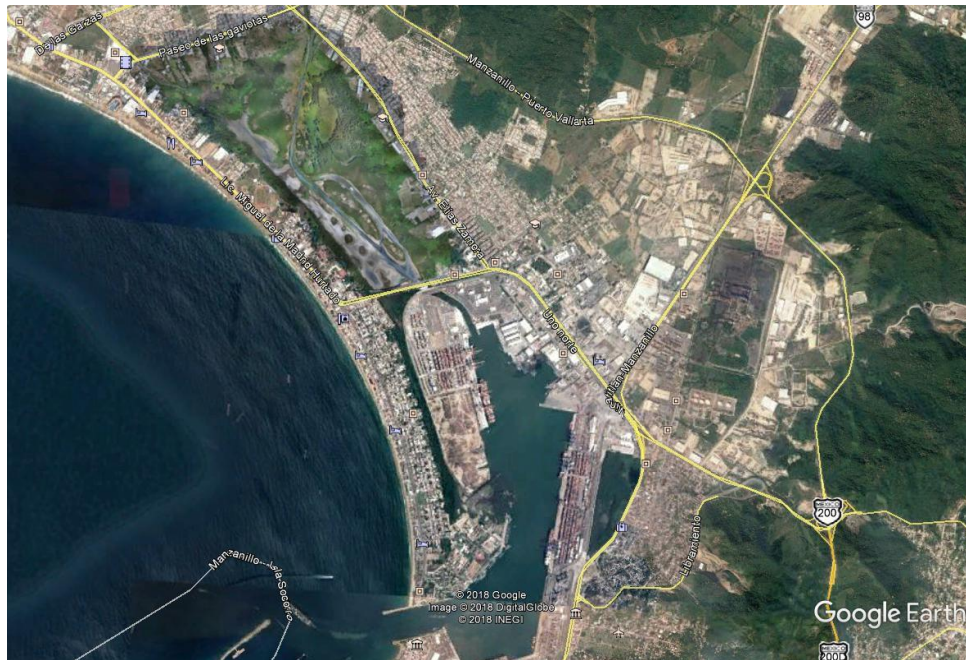


Figura 2. Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Puerto Interior de Manzanillo Colima

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).

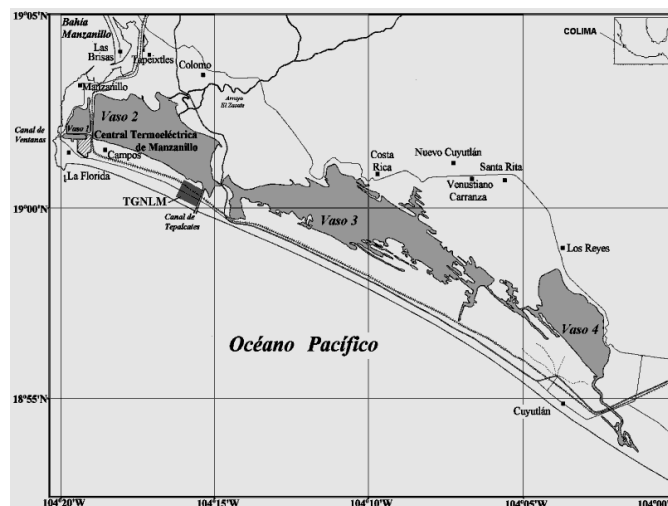


Figura 3. Ubicación de la Laguna de Cuyutlán.



IV.2. Actividades en campo

Se realizaron muestreos entre agosto-diciembre del 2021, 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. Los arrastres de zooplancton no pudieron realizarse en las estaciones 2 y 10 debido a que las zonas estaban azolvadas (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

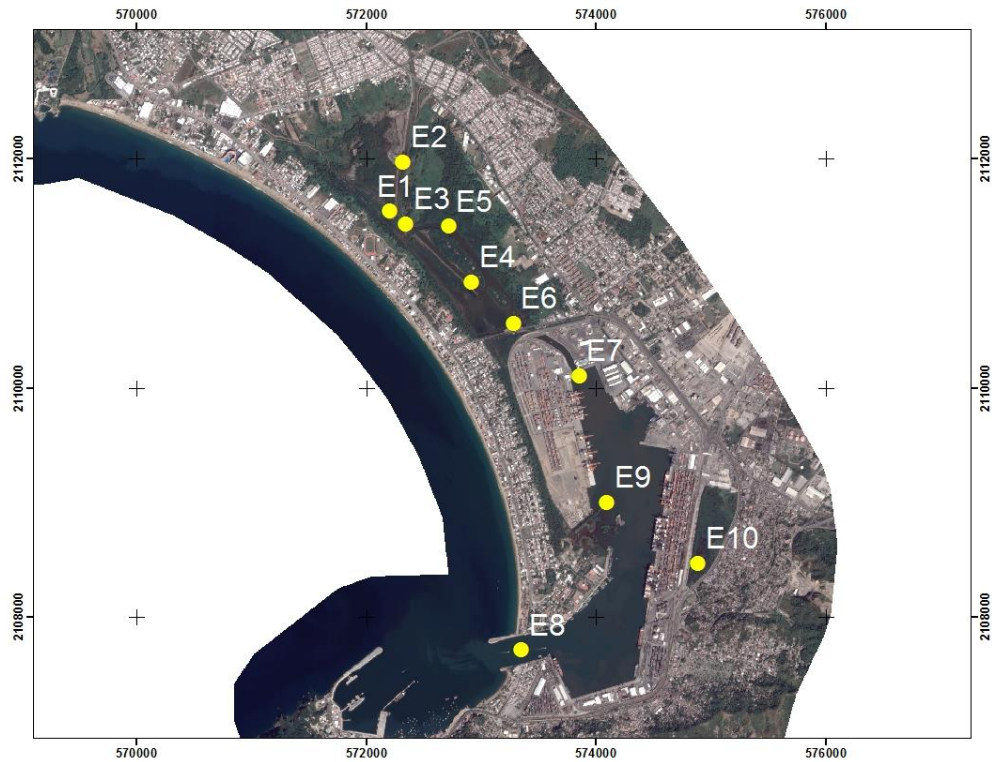


Figura 4. Ubicación de las estaciones en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedro y Puerto Interior. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

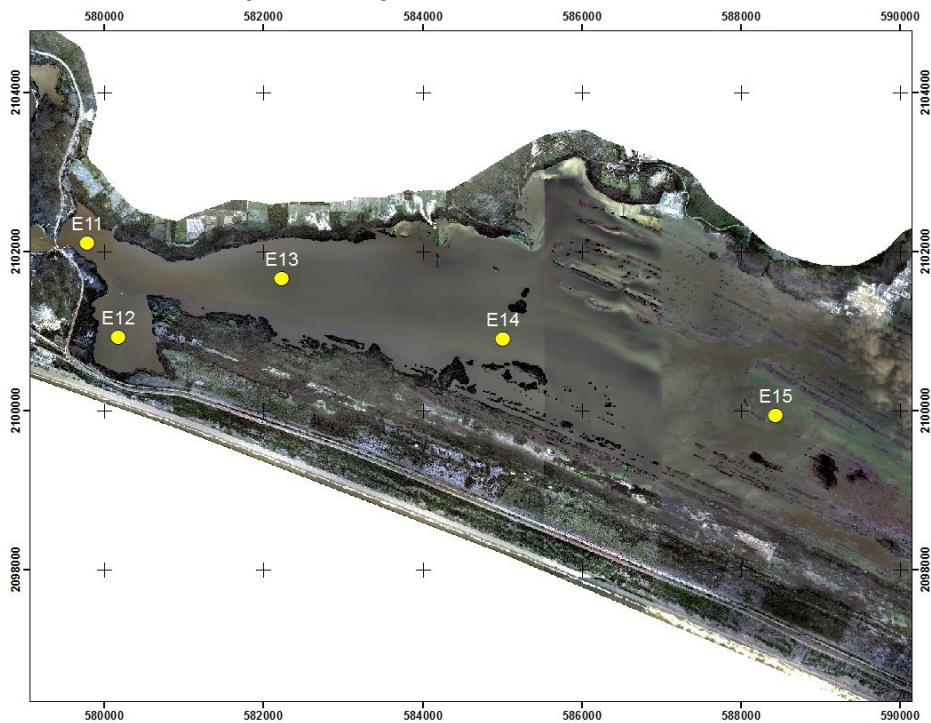


Figura 5. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Laguna Cuyutlán. Imagen Landsat 8. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.



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 de zooplancton durante el mes de diciembre de 2021.

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:



$$N_i = \frac{\sum_{j=1}^k n_j \cdot a_j}{A_i}$$

Donde:

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

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

a_j = Área (m²) de la estación j .

$A_i = \sum_{j=1}^k a_j$ = 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 (H_0) = 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



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

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: Taliacea, Ctenophora, Briozoa, Tanaidacea, Isopoda, Heteropoda, Euphausacea, Narcomedusas, Platelmino, Phoronida, Cephalopoda, Cumacea y Scyphomedusas. Así mismo las larvas de peces pertenecientes a: Sciaenidae, Gobiesocidae y Haemulidae.

V. RESULTADOS

V.1. Biovolumen del zooplancton

El biovolumen promedio del zooplancton mostró un incremento en agosto y valores máximos ($P < 0.05$) en septiembre y octubre (~26 ml por 100 m³ de agua filtrada), disminuyendo en noviembre-diciembre (Figura 8).

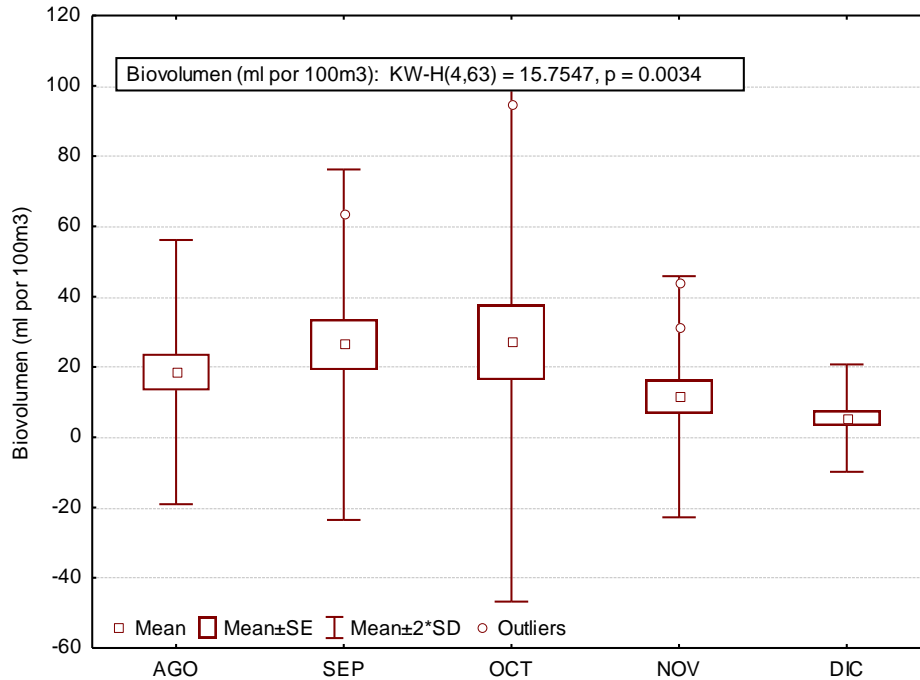


Figura 8. Biovolumen del zooplancton (ml por 100 m³ de agua filtrada) de las Lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, agosto-diciembre de 2021.

V.2. Grupos del zooplancton

El número total de grupos taxonómicos recolectados fue de 41 durante el periodo de estudio de agosto-diciembre. No obstante, el número presente en cada muestreo fue de 27 a 31 grupos, siendo comparativamente mayor en agosto con 31 grupos taxonómicos. Asimismo, la ocurrencia promedio en cada muestreo fue similar (~10 grupos), sin que hubiera diferencias significativas en los meses ($P < 0.05$), (Figura 9).

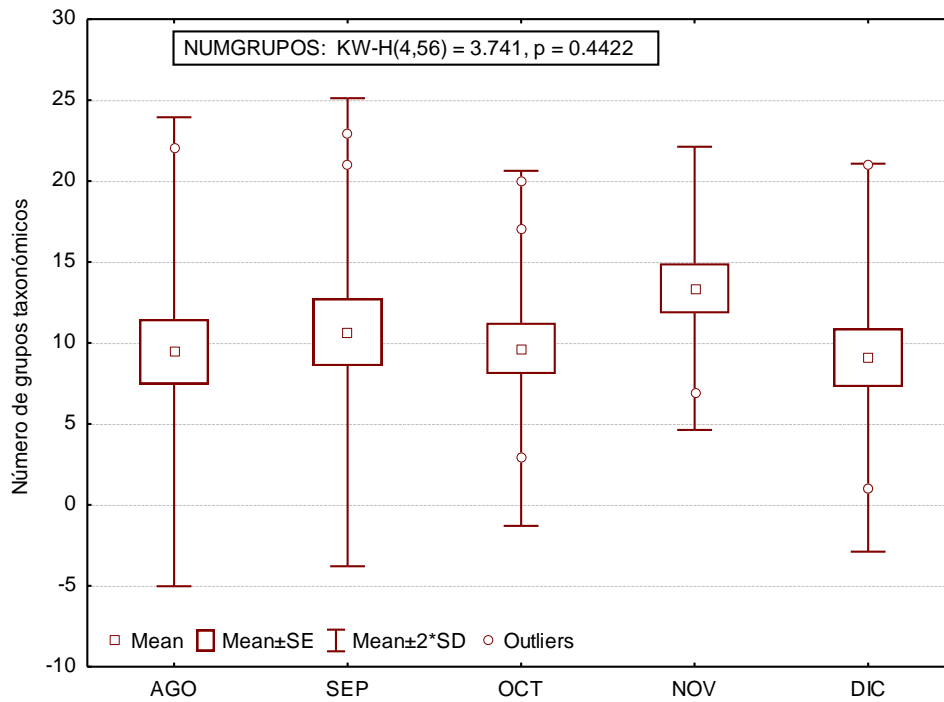


Figura 9. Número de grupos del zooplancton recolectados en las Lagunas Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán Colima, agosto-diciembre del 2021.

El porcentaje más alto de la frecuencia de ocurrencia ($\geq 56\%$) durante el periodo de agosto-diciembre fue para Decápoda (Brachyura y Macroura), Copepoda, Mollusca (Gastropoda) y Chaetognata, seguidos de Amphipoda, Polichaeta, Hydromedusas, Cirripedia, Nematoda, Ostracoda, Molluca (Pelecypoda) y Cladocera (*Penilia* spp.) (30-50% de la ocurrencia), y valores bajos ($< 30\%$) para el resto de los grupos (Tabla 2).

La abundancia promedio fue comparativamente mayor para Copepoda y Brachyura (80 y 30 mil organismos promedio) durante el periodo de agosto-diciembre, seguida por la abundancia de Cirripedia, Macroura, Larvacea, Ostracoda y Hydromedusas con valores entre 1 y 7 mil organismos. El resto de los grupos zooplanctónicos mostraron valores comparativamente menores a 600 organismos (Tabla 3).



Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de los grupos del zooplancton

Grupos zooplancton	Frecuencia%
Brachyura	83
Macroura	78
Copepoda	76
Gastropoda	59
Chaetognata	56
Amphipoda	46
Polichaeta	46
hydromedusas	41
Cirripedia	40
Nematoda	38
Ostrácoda	33
Pelecypoda	32
Penilia sp.	30
Larvacea	25
Estomatopoda	24
Ascidia	21
Evadne sp.	19
Echinodermata	19
Siphonophora	17
Brachiopoda Fil	17
Mysidacea	16
Pteropoda	14
Achiridae	13
Anemonas	11
Hydrozoa	11
Moinidae	10
Philosoma	10
Taliacea	8
Ctenophora	6
Briozoa	5
Tanaidacea	5
Isopoda	3
Heteropoda	3
Euphausacea	2
Narcomedusas	2
Platelminto	2
Phoronida	2
Cephalopoda	2
Cumacea	2
Scyphomedusas	2



Tabla 3. Abundancia promedio de grandes grupos

Grupos zooplancton	Promedio
Copepoda	80170
Brachyura	30549
Cirripedia	7146
Macroura	2229
Larvacea	2183
Ostrácoda	1011
hydromedusas	943
Chaetognata	605
Hydrozoa	218
Moinidae	162
Pelecypoda	131
Polichaeta	125
Evadne sp.	114
Gastropoda	71
Echinodermata	69
Penilia sp.	64
Euphausacea	56
Pteropoda	55
Ascidia	51
Ctenophora	44
Amphipoda	42
Nematoda	39
Siphonophora	35
Brachiopoda Fil	34
Taliacea	23
Philosoma	9
Briozoa	6
Estomatopoda	6
Mysidacea	4
Profundidad	4
Heteropoda	4
Anemonas	3
Narcomedusas	3
Cumacea	2
Isopoda	2
Scyphomedusas	2
Tanaidacea	2
Phoronida	2
Cephalopoda	1
Platelminto	1



Los Copépodos incrementaron su abundancia en agosto (>60 mil organismos, promedio) y alcanzaron su mayor abundancia en septiembre y octubre ($P < 0.05$; >136 mil organismos promedio), pero valores muy bajos en noviembre y diciembre (<300 organismos). Las larvas de Brachyura (cangrejo) incrementaron su abundancia entre agosto y setiembre (>47 mil organismos), hasta alcanzar un máximo en octubre ($P < 0.05$; 62 mil organismos), disminuyendo de noviembre a diciembre (<1100 organismos). Cirripedia mostró un sólo incremento y valores máximos en septiembre (>18 mil organismos), disminuyendo en octubre (>10 mil), y con valores menores en agosto, noviembre y diciembre. Las larvas de Macrourea (camarón) únicamente presentaron un incremento y valores máximos en octubre ($P < 0.05$; >10 mil organismos promedio), (Figura 10).

Los Ostrácodos presentaron dos incrementos en agosto (>1 mil organismos, promedio) y en octubre (>2 mil) sin que hubiera diferencias significativas ($= > 0.05$) y con valores muy bajos en noviembre y diciembre (<10 organismos, promedio). Las Hydromedusas presentaron un incremento y máxima abundancia en octubre ($P < 0.05$; >4 mil organismos, promedio), pero valores muy bajos en los demás muestreos (<200 organismos). El grupo Chaetognata incrementó su abundancia en agosto y alcanzó su mayor abundancia en octubre, sin que hubiera diferencia significativa ($P > 0.05$). Mollusca (Pelecypoda) mostró un sólo pico en agosto ($P < 0.05$; 502 organismos, promedio), pero valores comparativamente menores en los demás muestreos (<20 organismos), (Figura 11).

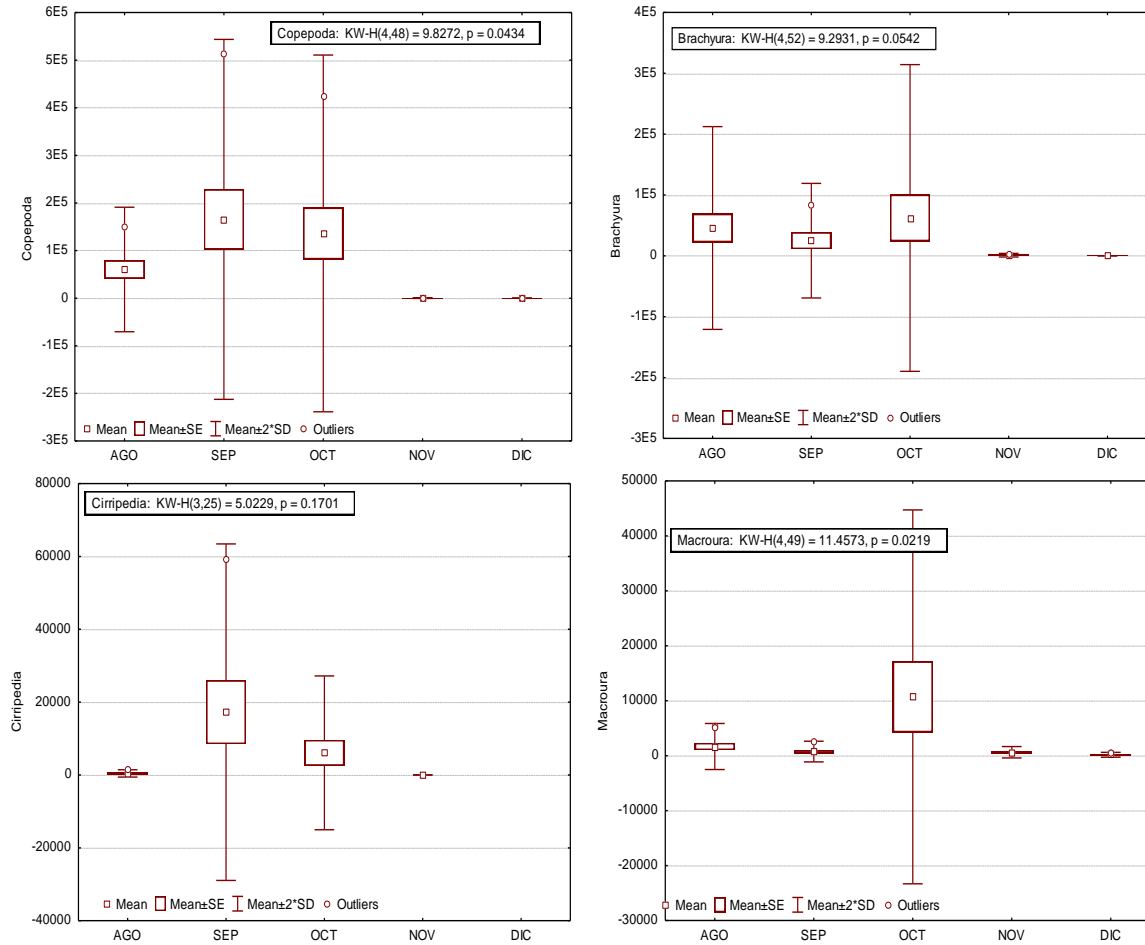


Figura 10. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton

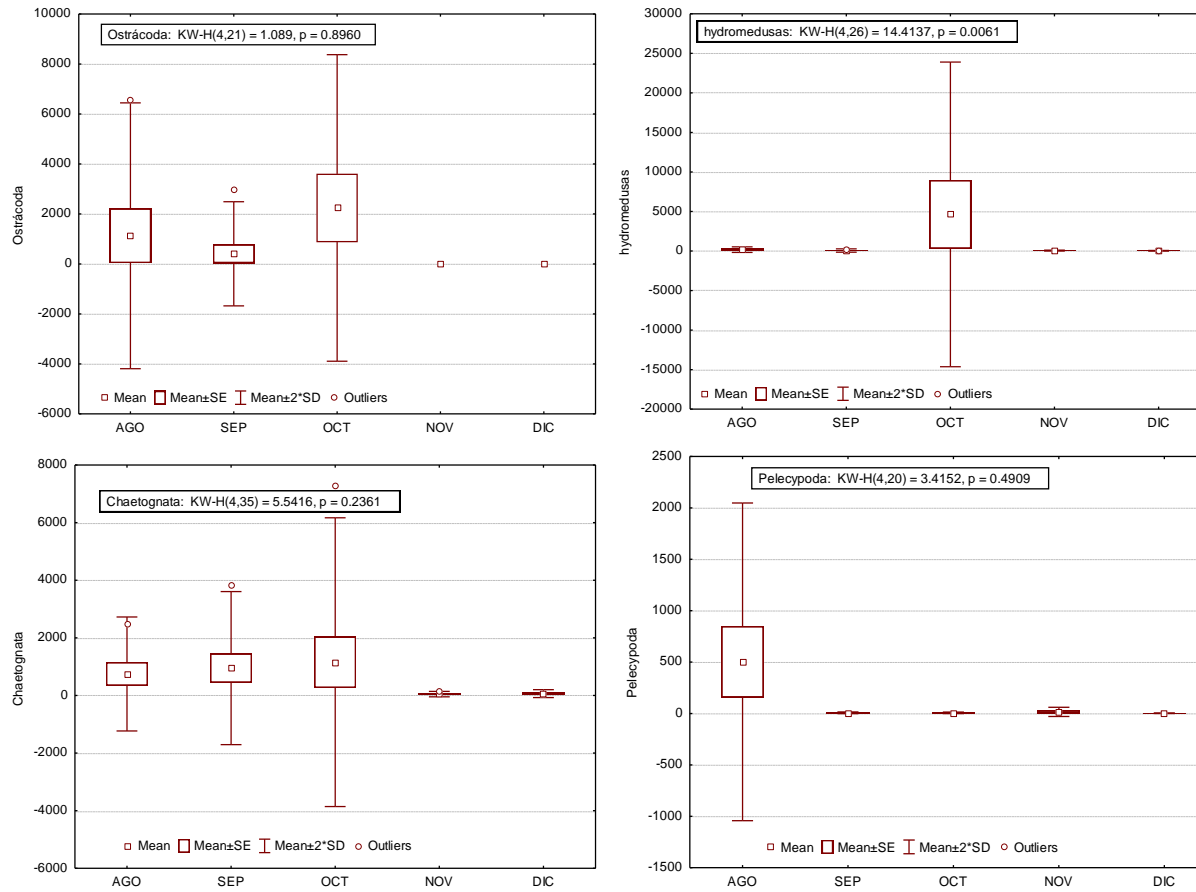


Figura 11. Abundancia promedio mensual de algunos grupos del zooplancton



V.3. Ictioplancton

El número de taxa del ictioplancton fue mayor en agosto (24 taxa), incrementando nuevamente octubre y noviembre (18 y 19 taxa) y con un número comparativamente bajo en diciembre (10 taxa). El total de huevos de peces mostraron un incremento menor en agosto (≤ 600 huevos), y una mayor abundancia en octubre (> 4 mil huevos, promedio). De forma similar las larvas de peces mostraron un incremento de agosto-septiembre (~ 200 larvas, promedio), con un máximo en octubre (> 1.6 mil, en promedio); ambas formas presentaron máximos en octubre, significativamente diferentes ($P < 0.05$), (Figura 12).

Las larvas de Engraulidae, Gobiidae, Gerreidae y Eleotridae ocurrieron como dominantes durante el periodo de estudio. Las larvas de Engraulidae mostraron un incremento en septiembre (> 80 larvas, promedio), con un máximo en octubre (150 larvas, promedio), sin ser significativo éste incremento ($P > 0.05$), y posteriormente disminuyeron en noviembre y diciembre. Las larvas de Gobiidae presentaron un único incremento en octubre (200 larvas), sin que fuera significativo, así como escasas o no ocurrieron entre noviembre y diciembre. Las larvas de Gerreidae incrementaron su abundancia en septiembre (> 25 larvas, promedio) y alcanzaron su máxima abundancia en octubre ($P < 0.05$; > 100 larvas, promedio), pero disminuyeron su abundancia en noviembre y diciembre. Las larvas de Eleotridae (*Dormitator latifrons*) mostraron un pequeño incremento en agosto (> 2 larvas, promedio) y alcanzaron su mayor abundancia en diciembre ($P < 0.05$; 5 larvas, promedio), (Figura 13).

Entre las especies de subsistencia, únicamente se observaron a Engraulidae (spp.), *H. thrissina*, Sciaenidae (*Larimus* sp.1 y Sp. 2), *Mugil curema*, Haemulidae (*Xenichthys xanti?*), Carangidae (*Oligoplites sarurus innornatus*), además de Scombridae (*Auxis* spp.) que pertenece a especies probablemente introducidas por las corrientes desde la zona nerítica adyacente; y Pocilidae de agua dulce en diciembre. Las variaciones en la diversidad mensual de los taxa no siguieron un patrón estacional. 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 del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, pero disminuye nuevamente hacia el interior como se verá más adelante en el análisis multivariado.

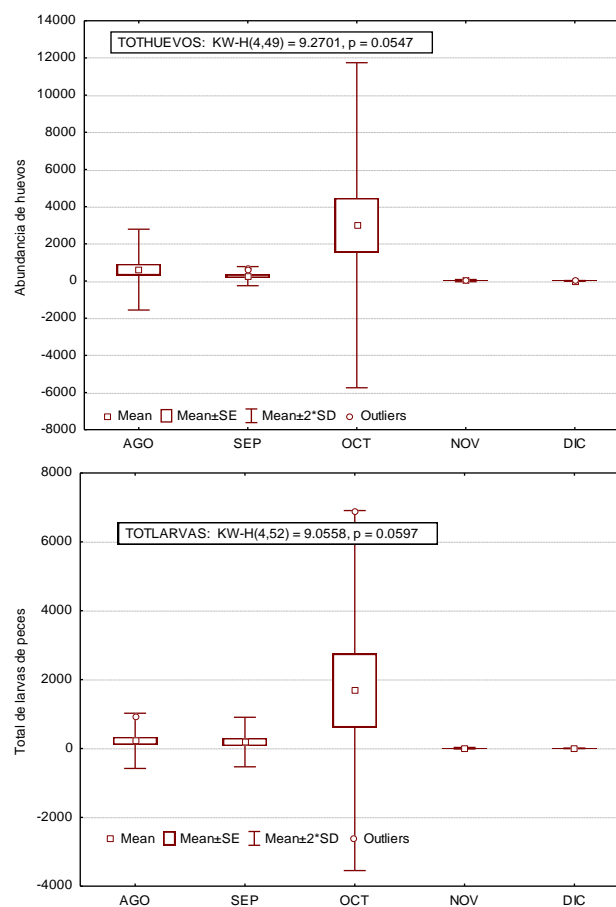


Figura 12. Abundancia total de huevos y larvas de peces (por 10 m² de superficie marina) en la Laguna del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, agosto-diciembre del 2021.

V.4. Ambientales

El promedio del oxígeno disuelto presentó valores por encima de los 4 mg/l durante el periodo de estudio, excepto en octubre cuando presentó una menor dilución



($P < 0.05$), 2.7 ml/l, promedio). La temperatura superficial no presentó diferencias significativas, con valores entre 29 y 30 °C en la mayoría de los muestreos, excepto en agosto cuando mostró un ligero incremento que fue significativo ($P < 0.05$; 31.5 °C). El promedio de los valores de la salinidad no mostró variaciones significativas (19.0-19.5 unidades), excepto por un incremento comparativamente mayor en diciembre (25 unidades). El pH tampoco presentó una diferencia significativa con valores promedio que fluctuaron entre 7.6-8.0. La clorofila a presentó por lo general valores relativamente bajos (0.09-1.13, promedio), siendo en agosto ligeramente mayores (1.13), (Figura 14).

V. 5. Análisis Multivariado

El primer diagrama de dispersión 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 tres agrupamientos: el primero integrado por estaciones de Laguna de Las Garzas (triángulos vacíos), donde es evidente la escasez de grupos taxonómicos, en el que únicamente son relacionadas las larvas de Eleotridae (*D. latifrons*) y Moinidae (segundo diagrama de dispersión). En contraparte, se ubica el agrupamiento de San Pedrito (triángulos llenos) relacionados principalmente por la profundidad y también el agrupamiento de Laguna de Cuyutlán correlacionado principalmente con el incremento del pH y el biovolumen del zooplancton, el oxígeno disuelto, la salinidad y el pH, que muestran una influencia directa en agosto (E12 y E11), (Figura 15).

Es notable la conjunción con algunas estaciones de los agrupamientos San Pedrito (7-9) y Las Garzas (11-13), al parecer por la influencia de la conexión nerítica adyacente. Entre los grupos taxonómicos del zooplancton que tiene lugar en las estaciones entre San Pedrito y la primeras estaciones de Laguna de Cuyutlán se observa la ocurrencia de grupos dominantes (Copepoda, Hydromedusas, Chaetognata, Larvacea, Siphonophora, Amphipoda, Brachiopoda); y hacia el interior de la Laguna de Cuyutlán con el incremento del pH y biovolumen del zooplancton tiene lugar la asociación de la mayoría de los huevos y larvas de peces, Ostracoda,



Nematoda y Cirripedia; y a su vez de Brachyura y Macroura que se ubican a centro del diagrama de dispersión (Figura 15).

La varianza acumulada de los dos primeros ejes fue de 18.8, con una alta correlación de Pearson en el 1er y 2º ejes (0.81) entre las especies y las variables ambientales. En el eje 1, la profundidad, salinidad y el Oxígeno presentaron una correlación ($R = -0.62, -0.82$ y 0.49 , respectivamente), y para el eje 2 fue el biovolumen del zooplancton y el pH (-0.91 y -0.56). La temperatura superficial y la Clorofila -a no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes (Tabla 4).

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 agosto-diciembre del 2021.

Los grupos del zooplancton que fueron excluidos de los análisis por su baja frecuencia (<10 % de las estaciones ocupadas) fueron: Taliacea, Ctenophora, Briozoa, Tanaidacea, Isopoda, Heteropoda, Euphausacea, Narcomedusas, Platelmino, Phoronida, Cephalopoda, Cumacea y Scyphomedusas. Así mismo, las larvas de peces pertenecientes a: Sciaenidae, Gobiesocidae y Haemulidae.

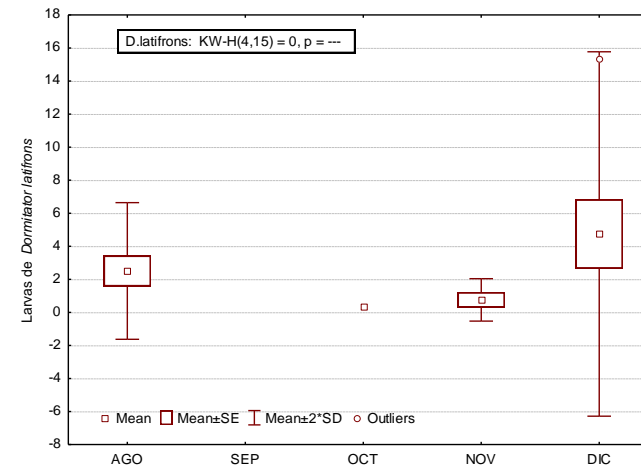
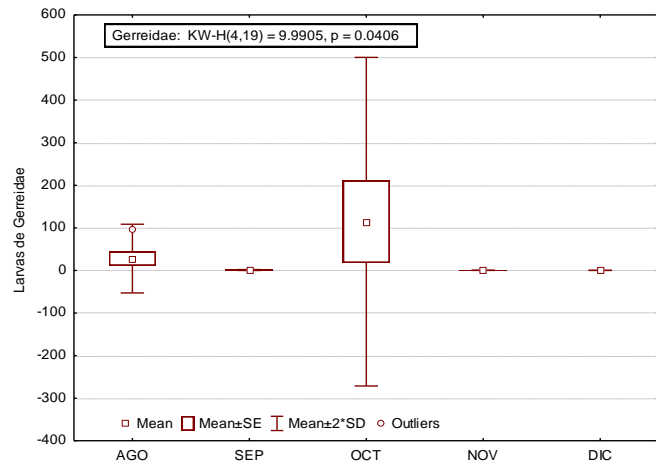
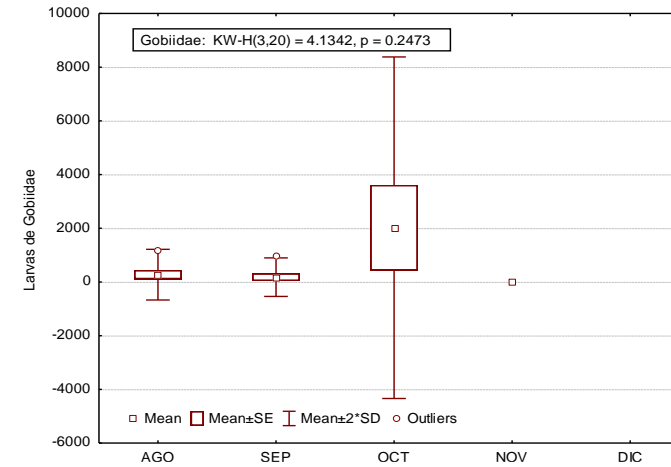
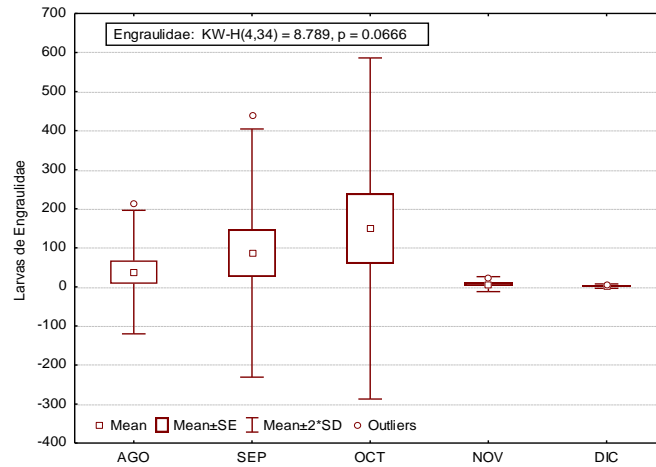


Figura 13. Abundancia promedio de larvas de peces (por 10 m² de superficie marina) de algunos taxa en la Laguna del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, Colima, agosto-diciembre del 2021.

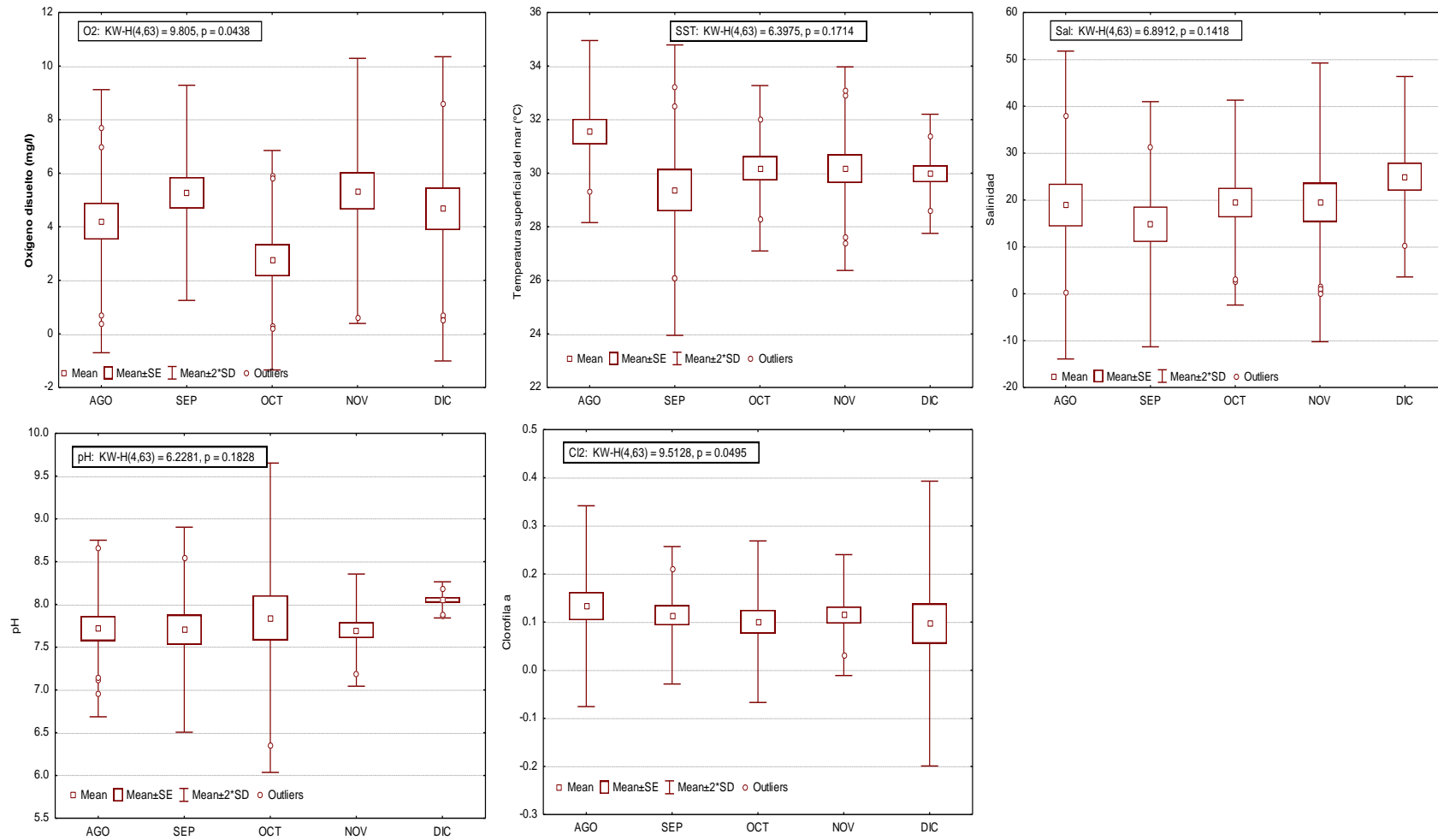


Figura 14. Oxígeno disuelto, temperatura superficial, salinidad, pH y clorofila-a en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito, y Laguna de Cuyutlán, Colima, agosto-diciembre del 2021.

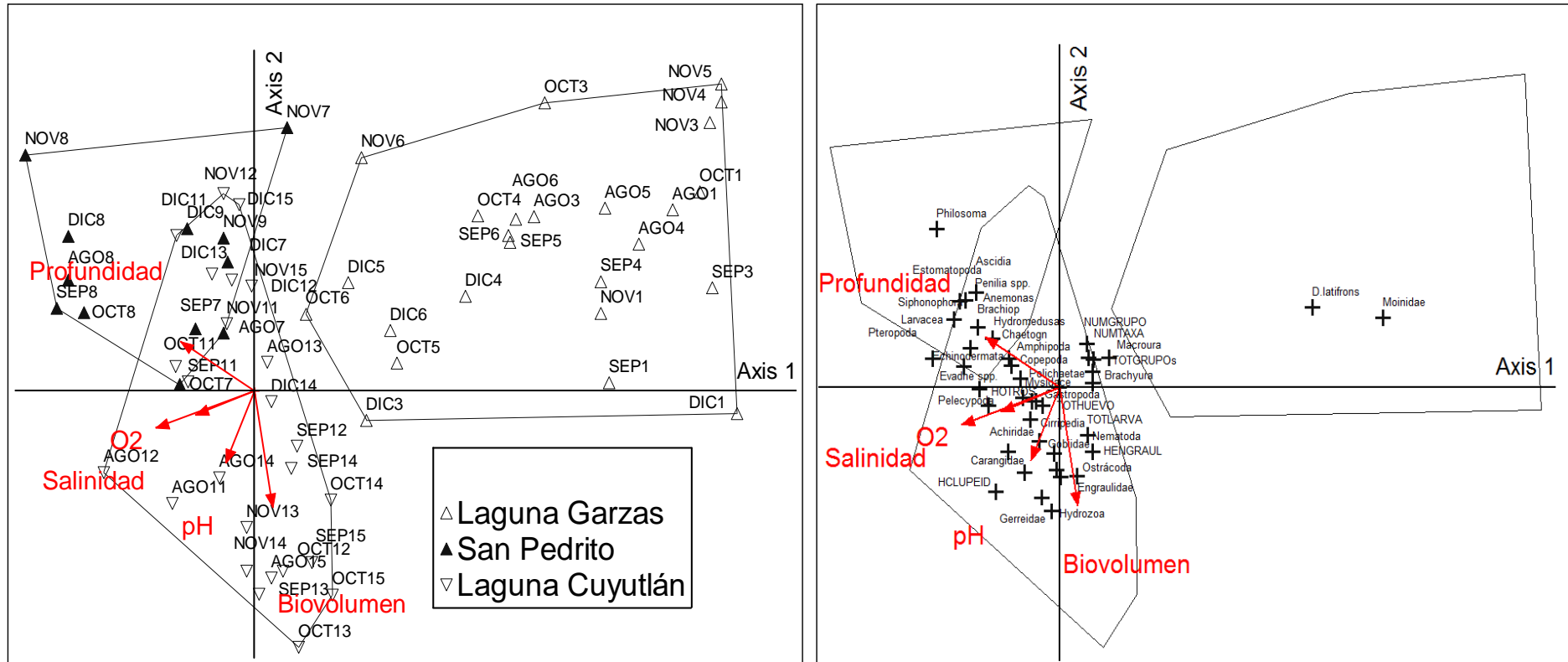


Figura 15. Biplot del CCA, para los grupos del zooplancton-ictioplancton y variables biológicas (biovolumen del zooplancton y clorofila-a) y ambientales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, pH, y profundidad de la estación) recolectados en 15 puntos de muestreo durante agosto diciembre del 2021. 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 agosto-diciembre del 2021.



Tabla 4. Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de datos con 27 grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en las lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán de agosto-diciembre 2021

AXIS SUMMARY STATISTICS

Number of canonical axes: 3

Total variance ("inertia") in the species data: 1.1650

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalue	0.132	0.087	0.037
Variance in species data			
% of variance explained	11.3	7.5	3.1
Cumulative % explained	11.3	18.8	21.9
Pearson Correlation, Spp-Envt*	0.816	0.815	0.689
Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt	0.638	0.475	0.458

* 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 Biovolum	0.152	-0.919	-0.233	0.142	-0.878	-0.229
2 Profundi	-0.625	0.389	-0.517	-0.582	0.371	-0.507
3 Sal	-0.829	-0.291	0.330	-0.772	-0.278	0.324
4 O2	-0.496	-0.191	0.471	-0.462	-0.182	0.462
5 SST	-0.362	-0.161	0.367	-0.337	-0.154	0.360
6 Cl2	0.240	-0.098	0.154	0.224	-0.094	0.152
7 pH	-0.239	-0.566	0.485	-0.223	-0.541	0.476

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

V. 6. Periodo 2019-2021

En el primer diagrama de dispersión (Fig.16 A) se identifican dos agrupamientos de estaciones que comprenden el grupo de estaciones de la Laguna de Las Garzas a la izquierda y a la derecha San Pedrito. En este biplot es notable la homogeneidad con respecto al arreglo de ambas localidades aún entre periodos de muestreo de agosto a diciembre del 2019 y 2021 y de enero a julio del 2020. 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, E2, E3, E4, hasta las más alejadas de LVG (E5, E6) y algunas que corresponde a San Pedrito (E7) en la parte



central del biplot. Las estaciones de LVG fueron relacionadas con un incremento de la temperatura superficial del agua, pero inversamente relacionadas con la concentración de oxígeno disuelto, el biovolumen del zooplancton y con menor salinidad y profundidad. En la LVG, se observan muy pocos grupos taxonómicos (Nematoda, Cladocera sp.), mientras que los grupos taxonómicos representativos de las estaciones más alejadas de LVG (transición) se identifican los Copépodos y Decápodos. En San Pedrito por el contrario (E7 y E8) ocurrieron la mayoría de los grupos taxonómicos, con el incremento del biovolumen del zooplancton y una mayor dilución del oxígeno y la salinidad, al parecer relacionado con la influencia de la conexión nerítica adyacente (Figura 16 B).

La varianza acumulada de los dos primeros ejes fue de 25.1, con una alta correlación de Pearson en el 1er eje (0.91) y de 0.74 en el 2º eje en la correlación entre las especies y las variables ambientales. En el eje 1, la profundidad, salinidad y temperatura presentaron una mejor correlación ($R = 0.72, 0.80$ y -0.69 , respectivamente), y para el eje 2 fue el biovolumen del zooplancton (0.75 y -0.56). La Clorofila -a y el pH, no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes (Tabla 5).

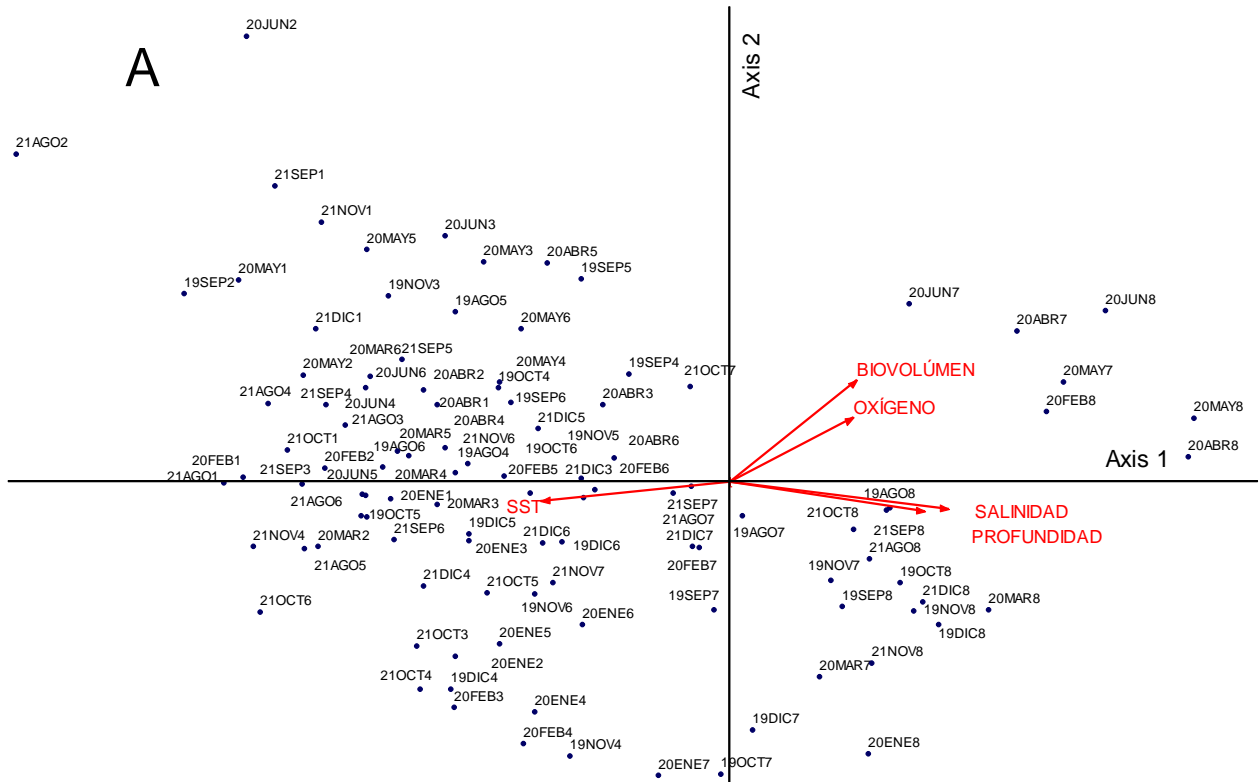


Figura 16. Biplot del CCA, para los grupos del zooplancton-ictioplancton y variables biológicas (biovolumen del zooplancton y clorofila-a) y ambientales (temperatura y salinidad superficial, oxígeno, pH, y profundidad de la estación) recolectados durante agosto-diciembre de 2019 y 2021 y enero-julio 2020. 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 de agosto-diciembre del 2021. A. Agrupamiento de estaciones y B) de grupos taxonómicos.

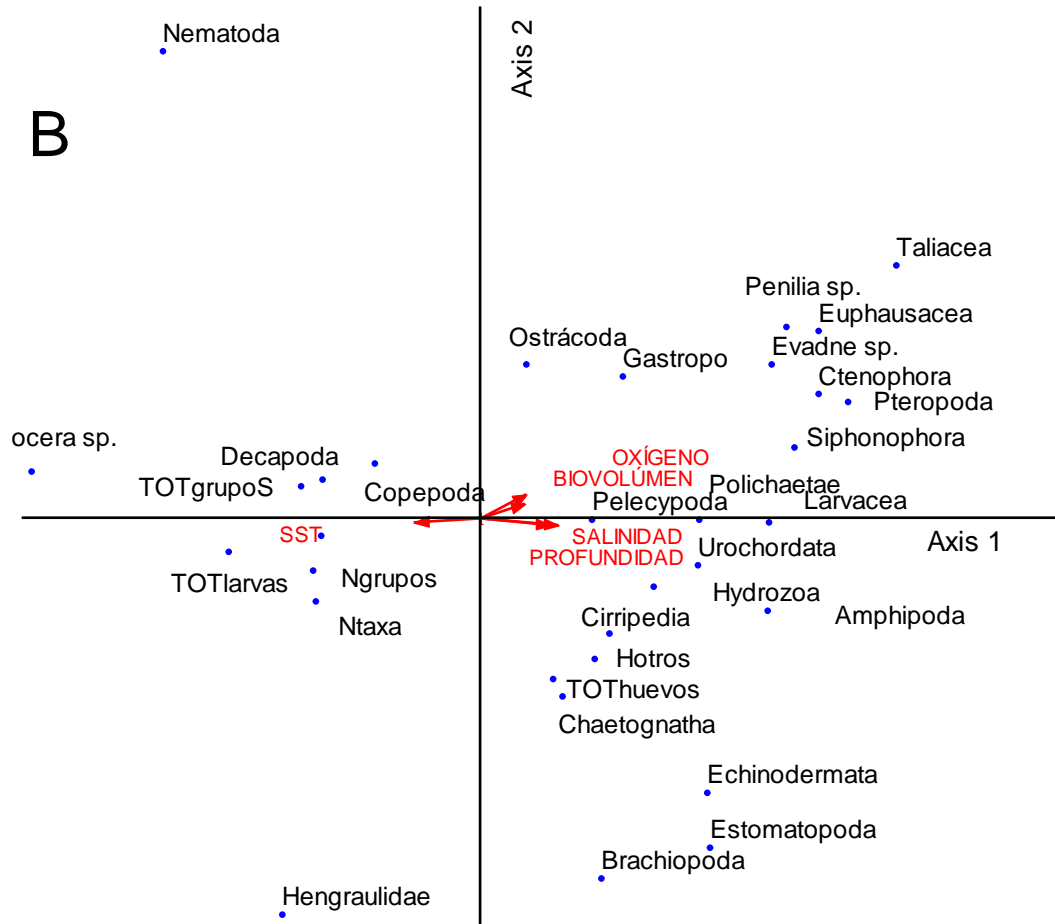




Tabla 5 Eigenvalores y varianza explicada (%) resultado del análisis de correspondencia canónica utilizando una matriz de grupos taxonómicos y 7 variables hidrológicas en la laguna del Valle de Las Garzas de agosto-diciembre 2019 y 2021, y enero-julio 2020

AXIS SUMMARY STATISTICS

Number of canonical axes: 3

Total variance ("inertia") in the species data: 1.3540

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalue	0.241	0.060	0.038
Variance in species data			
% of variance explained	17.8	4.5	2.8
Cumulative % explained	17.8	22.3	25.1
Pearson Correlation, Spp-Envt*	0.919	0.747	0.645
Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt	0.566	0.475	0.402

* 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 columnas

Variable	Correlations*			Biplot Scores		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
1 BZ	0.466	0.752	-0.428	0.229	0.185	-0.084
2 PROF	0.720	-0.216	0.436	0.354	-0.053	0.085
3 SAL	0.807	-0.201	0.080	0.396	-0.049	0.016
4 O2	0.454	0.473	0.604	0.223	0.116	0.118
5 SST	-0.697	-0.141	0.465	-0.342	-0.035	0.091
6 pH	0.351	0.088	0.368	0.172	0.022	0.072
7 Chla	-0.222	-0.374	-0.225	-0.109	-0.092	-0.044

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



VI. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

VI.1. Biovolumen del zooplancton

El biovolumen promedio del zooplancton mostró un incremento en agosto y valores significativamente mayores en septiembre y octubre (~26 ml por 100 m³ de agua filtrada), disminuyendo en noviembre-diciembre.

VI.2. Grupos del zooplancton

En general, se observó una sincronía entre el incremento del biovolumen del zooplancton y los grupos taxonómicos dominantes por su abundancia. Copepoda, Brachyura (cangrejo), Macroura (camarón), Cirripedia, Ostracoda, Hydromedusas, y Chaethognata incrementaron y alcanzaron su mayor abundancia en coincidencia con un mayor biovolumen entre septiembre y octubre.

El número total de grupos taxonómicos recolectados fue de 41 durante los muestreos realizados entre agosto y diciembre, siendo el número presente en cada muestreo de 27 a 29 grupos, y mayor en agosto (31 grupos), sin que hubiera diferencias significativas entre los meses.

El porcentaje más alto de la frecuencia de ocurrencia (≥ 56 %) fue para Decápoda (Brachyura y Macroura), Copepoda, Mollusca (Gastropoda) y Chaetognata, seguidos de Amphipoda, Polichaeta, Hydromedusas, Cirripedia, Nematoda, Ostracoda, Mollusca (Pelecypoda) y Cladocera (*Penilia* spp.) (30-50 % de la ocurrencia), y valores menores de ocurrencia para el resto de los grupos.

La abundancia promedio fue comparativamente mayor para Copépoda y Brachyura (80 y 30 mil organismos promedio), seguida por la abundancia de Cirripedia, Macroura, Larvacea, Ostracoda y Hydromedusas con valores entre 1 y 7 mil organismos. El resto de los grupos zooplanctónicos mostraron valores comparativamente menores a 600 organismos.



Los Copépodos incrementaron su abundancia en agosto (>60 mil organismos, promedio) y alcanzaron su mayor abundancia en septiembre y octubre (>136 mil organismos promedio), y valores menores en noviembre y diciembre (<300 organismos); y las larvas de Brachyura (cangrejo) incrementaron su abundancia entre agosto y setiembre (>47 mil organismos), hasta alcanzar un máximo en octubre, con 62 mil organismos, disminuyendo su abundancia de noviembre a diciembre (<1100 organismos). Cirripedia mostró un sólo incremento y valores máximos en septiembre (>18 mil organismos), disminuyendo en octubre (>10 mil), y con valores escasos en agosto, noviembre y diciembre; y las larvas de Macrourea (camarón) únicamente presentaron un incremento y valores máximos en octubre (>10 mil organismos promedio).

Los Ostrácodos presentaron dos incrementos en agosto (>1 mil organismos, promedio) y en octubre (>2 mil) sin que hubiera diferencias significativas y con valores muy bajos en noviembre y diciembre (<10 organismos). Las Hydromedusas presentaron un incremento y máxima abundancia en octubre (>4 mil organismos, promedio), pero valores muy bajos en los demás muestreos (<200 organismos). Chaetognata incremento su abundancia en agosto y alcanzó su mayor abundancia en octubre, sin que hubiera diferencia significativa y Mollusca (Pelecypoda) mostró un solo incremento en agosto (502 organismos, promedio), pero valores comparativamente menores en los demás muestreos (<20 organismos)

VI.3. Ictioplancton

El número de taxa del ictioplancton fue mayor en agosto (24 taxa), y en octubre y noviembre (18 y 19 taxa), siendo comparativamente bajo en diciembre (10 taxa). El total de huevos de peces mostraron un incremento en octubre (>4 mil huevos, promedio), y al igual que las larvas de peces fue significativo en octubre (>1.6 mil).



Las larvas de Engraulidae, Gobiidae, Gerreidae y Eleotridae se consideraron dominantes sobre las demás especies, por su abundancia durante el periodo de estudio. Las larvas de Engraulidae presentaron una mayor abundancia en octubre (150 larvas, promedio), al igual que Gobiidae y Gerreidae (200 y >100 larvas, respectivamente) con su mayor abundancia en octubre. Sin embargo, el incremento de su abundancia de Engraulidae y Gobiidae no fue significativo. Las larvas de Eleotridae (*Dormitator latifrons*) a diferencia de las anteriores, alcanzaron su mayor abundancia en diciembre.

Entre las especies de subsistencia únicamente se observaron a Engraulidae (spp.), *H. thrissina*, Sciaenidae (*Larimus* sp.1 y Sp. 2), *Mugil curema*, Haemulidae (*Xenichthys xanti?*), Carangidae (*Oligoplites sarurus innornatus*), además de Scombridae (*Auxis* spp.) que pertenece a especies probablemente introducidas por las corrientes desde la zona nerítica adyacente; y Poeciliidae de agua dulce en diciembre. Las variaciones en la diversidad mensual de los taxa no siguieron un patrón estacional definido. Sin embargo, las diferencias estriban en las distintas lagunas, siendo comparativamente baja la diversidad en Laguna de Las Garzas, con incremento en San Pedrito y primeras estaciones de Laguna de Cuyutlán, pero disminuye nuevamente hacia el interior de Cuyutlán, como se mostró en los análisis multivariados.

VI.4. Ambientales

La concentración de oxígeno y de la temperatura superficial del mar fueron las únicas variables que presentaron variaciones significativas. El oxígeno mostró valores similares durante la mayor parte del periodo de estudio, pero disminuyó en octubre. La temperatura presentó valores promedio similares (29-30 °C, promedio), excepto en agosto por un incremento (31.5 °C, promedio). De forma similar la salinidad, el pH y la clorofila fueron comparativamente constantes durante el periodo de estudio, excepto por incremento de la salinidad en diciembre, así como en las estaciones de San Pedrito y Laguna de Cuyutlán, con influencia marítima adyacente.



VI. 5. Análisis Multivariado

En el diagrama de dispersión (CCA) se identifica la separación de las tres lagunas (Laguna de las Garzas, 1-6; San Pedrito 7-9; y Laguna de Cuyutlán, 11-15). La Laguna de Las Garzas que corresponde a las aguas someras fue caracterizada por aguas de menor salinidad, pH, y concentración de oxígeno; siendo evidente la escasez de grupos taxonómicos (e. g., Eleotridae; y Moinidae). En contraparte del diagrama, San Pedrito y algunas estaciones de Laguna de Cuyutlán con el incremento de la profundidad y la influencia de la conexión a la zona nerítica adyacente se presenta la asociación de una gran diversidad de grupos taxonómicos del zooplancton (e. g. Copepoda, Hydromedusas, Chaetognata, Larvacea, Siphonophora, Amphipoda, Brachiopoda).

A su vez, hacia el interior de la Laguna de Cuyutlán con el incremento del pH, biovolumen del zooplancton ocurre la asociación de la mayoría de los huevos y larvas de peces, Ostracoda, Nematoda y Cirripedia. En cuanto a las larvas de Brachyura y Macroura presentes mayormente hacia el interior de Laguna de Cuyutlán se ubicaron al centro del diagrama. El oxígeno disuelto, la salinidad y el pH aun cuando están correlacionados con el eje 2, muestran una influencia directa en algunas estaciones de agosto (E11 y E12). La temperatura superficial y la clorofila -a no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes 1 y 2.

Algunos grupos del zooplancton fueron excluidos del análisis por su baja frecuencia (<10% de las estaciones ocupadas), entre ellos: Taliacea, Ctenophora, Briozoa, Tanaidacea, Isopoda, Heteropoda, Euphausacea, Narcomedusas, Platelmino, Phoronida, Cephalopoda, Cumacea y Scyphomedusas. Además de las larvas de peces pertenecientes a: Sciaenidae, Gobiesocidae y Haemulidae.

VI. 6. Periodo 2019-2021

Se determinó una relativa homogeneidad entre temporadas de estudio (2019-2021) al interior de la Laguna de Las Garzas. Esto significa que las estaciones del interior



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

estuvieron agrupadas con la única diferencia de un gradiente entre las estaciones localizadas en la parte más interna de la laguna (E1, E2, E3, E4), hasta las más alejadas en colindancia con San Pedrito (E5, E6) que son relacionadas con un incremento de la temperatura, pero una menor salinidad, Clorofila-a, biovolumen del zooplancton y profundidad, además de un escaso número de grupos del taxonómicos del zooplancton (Cladocera sp. y Nematoda). Lo contrario ocurre a partir de la transición en las estaciones en colindancia con San Pedrito donde incrementa el número de grupos del zooplancton, al mismo tiempo que se evidencia una mejor calidad del agua, al parecer relacionado con la influencia de la zona nerítica a través del canal.



IX. CONCLUSIONES

IX.1. Biovolumen del zooplancton y Grupos del zooplancton

El biovolumen del zooplancton mostró un incremento en agosto y valores significativamente mayores en septiembre y octubre (~26 ml, promedio por 100 m³ de agua filtrada), disminuyendo en noviembre-diciembre. Adicionalmente se observó una sincronía entre el incremento del biovolumen del zooplancton y la dominancia de algunos grupos taxonómicos. El incremento del biovolumen coincide con la mayor abundancia de Copepoda, Brachyura (cangrejo), Macroura (camarón), Cirripedia, Ostracoda, Hydromedusas, y Chaethognata entre septiembre y octubre.

La diversidad de los grupos del zooplancton no siguió un patrón estacional definido en el periodo de agosto a diciembre. El número total de grupos taxonómicos recolectados fue de 41, siendo entre septiembre y diciembre de 27 a 29 grupos, con un máximo en agosto (31 grupos); sin que hubiera diferencia significativa. La diversidad y escasa abundancia de los grupos del zooplancton y del ictioplancton (huevos y larvas) en la Laguna del Valle de las Garzas, fue particularmente relacionada con la calidad ambiental, constituida por una relación inversa con el OD, pH y la salinidad.

En contraparte, se observó una mejoría con el incremento del número de grupos y abundancia del zooplancton e ictioplancton en San Pedrito y las primeras estaciones de Laguna de Cuyutlán, relacionadas con la influencia nerítica adyacente a través de las comunicaciones marinas. Aunado a ello, ocurrieron cambios relacionados con la estacionalidad, particularmente en noviembre y diciembre por la disminución del biovolumen del zooplancton, la abundancia de grupos del zooplancton y del ictioplancton (huevos y larvas). Los Copépodos alcanzaron su mayor abundancia en septiembre y octubre (>136 mil organismos promedio), y Brachyura, Macroura, Ostracodos, Hydromedusas y Chaetognata con máximos en octubre (62 mil; 10 mil; 2 mil; 4 mil, 1 mil, respectivamente). En tanto que Cirripedia presentó un sólo



incremento y valores máximos en septiembre (>18 mil organismos) y Mollusca (Pelecypoda) en agosto (502 organismos, promedio).

IX.2. Ictioplancton

El número de taxa del ictioplancton fue mayor en agosto (24 taxa), pero disminuyó en octubre y noviembre (18 y 19 taxa), y fue comparativamente bajo en diciembre (10 taxa). La diversidad de larvas fue mucho menor en Laguna de Las Garzas, con incremento en San Pedrito y primeras estaciones de Laguna de Cuyutlán, pero disminuyó nuevamente hacia el interior de Cuyutlán. El total de huevos de peces mostraron un incremento en octubre (>4 mil huevos, promedio), y al igual que las larvas de peces fue significativo en octubre (>1.6 mil), en coincidencia con los máximos de diferentes grupos taxonómicos (Copepoda, Brachyura, Macroura, Ostracoda, Hydromedusas y Chaetognata).

Las larvas de Engraulidae, Gobiidae, Gerreidae y Eleotridae fueron dominantes con su mayor abundancia en octubre (150, 200 y >100 larvas, respectivamente). Sin embargo, el incremento de su abundancia de Engraulidae y Gobiidae no fue significativo. En cambio, Eleotridae (*Dormitator latifrons*) alcanzaron su mayor abundancia en diciembre. Entre las especies de subsistencia y pesquería artesanal únicamente se observaron a Engraulidae (spp.), *H. thrissina*, Sciaenidae (*Larimus* sp.1 y sp. 2), *Mugil curema*, Haemulidae (*Xenichthys xanti?*), Carangidae (*Oligoplites sarurus innornatus*). Además de larvas de Scombridae (*Auxis* spp.) probablemente introducidas por las corrientes desde la zona nerítica adyacente; y Poecilidae de agua dulce en diciembre. Entre otras especies de interés pertenecientes a Brachyura (cangrejo), Macrura (camarón) y larvas Phyllosoma (langosta).



IX.3. Análisis Multivariado del periodo 2019-2021

El biplot (CCA) identificó la separación de la Laguna de Las Garzas en aguas someras, caracterizada por una menor salinidad, pH, y OD; con evidente escasez de grupos taxonómicos. En contraparte, San Pedrito y algunas estaciones de Laguna de Cuyutlán, influenciadas por la conexión de canales de navegación, que contribuyó con el incremento de la diversidad de grupos taxonómicos. En tanto que, hacia el interior de la Laguna de Cuyutlán se incrementó el biovolumen del zooplancton y pH, en asociación con la mayoría de los huevos y larvas de peces, Ostracoda, Nematoda, Cirripedia, Brachyura y Macroura. La temperatura superficial del mar y la clorofila -a no presentaron una buena correlación en ninguno de los ejes 1 y 2; excepto por el incremento de la temperatura en agosto y una disminución del OD en octubre.

El análisis integral demostró una relativa homogeneidad en las estaciones localizadas al interior de la LVG, a pesar de las diferentes temporadas de estudio (2019-2021). En esta agrupación de estaciones fue notable una gradiente entre las estaciones localizadas en la parte más interna de la laguna (E1, E2, E3, E4) donde ocurrieron un bajo número de grupos del zooplancton, relacionadas con el incremento de la temperatura, menor salinidad, clorofila-a, y biovolumen del zooplancton. No obstante, a través del gradiente se identifica una zona de transición en las más alejadas y en colindancia con San Pedrito (E5, E6), donde se incrementó el número de grupos del zooplancton, y se hace evidente una mejor calidad del agua, al parecer relacionado con la influencia de la zona nerítica, a través del canal.



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

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.



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

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.