



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**

FITOPLANCTON

INFORME. – DICIEMBRE 2021 (AGOSTO-DICIEMBRE 2021)

Responsable técnico del programa: Dra. Sonia Isabel Quijano Scheggia

Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán



UNIVERSIDAD
DE COLIMA



ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. Introducción.....	7
I.1. Antecedentes	8
I.1.1 Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito (Puerto Interior).	8
I.1.2 Laguna de Cuyutlán.....	9
I.2. Objetivo del programa	9
I.2.1. General.....	9
I.2.2. Particular	10
II. Indicadores ambientales y metas del programa	10
III. Descripción de trabajos-Metodología	10
III.1 Área de estudio	10
III.2 Actividades en campo	12
III.3. Actividades en laboratorio.	14
IV. Resultados	15
IV.1 Abundancia de fitoplancton.....	15
IV.1.1. Valle de las Garzas y San Pedrito.....	15
IV.1.2. Laguna de Cuyutlán	16
IV.1.3. Análisis de la abundancia de fitoplancton en los cinco meses de muestreo	22
IV.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos.....	24
IV.2.1 Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.	24
IV.2.2. Laguna de Cuyutlán	25
IV.2.3. Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en cinco meses de muestreo y el periodo agosto 2019-julio 2020	26
IV.3 Composición taxonómica de diatomeas	36
IV.3.1 Valles de las Garzas y San Pedrito.	36
IV.3.2. Laguna de Cuyutlán	37
IV.4. Composición taxonómica de dinoflagelados.....	38
IV.4.1. Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.	38
IV.4.2. Laguna de Cuyutlán	39
IV.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados.....	39
IV.5.1. Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.	39
IV.5.2. Laguna de Cuyutlán	40



IV.6. Depredadores	41
IV.6.1.- Abundancia relativa de depredadores de la laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles	41
IV.6.2.- Abundancia relativa de depredadores en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán	41
IV.7. Índice de Diversidad Shannon-Weaver.....	41
V. Interpretación de resultados	42
V.1. Abundancia de fitoplancton.....	42
V.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos.....	43
V.2.1 Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en el periodo agosto 2019 julio 2020.	43
V.3. Composición taxonómica de diatomeas	46
V.4 Composición taxonómica de dinoflagelados.....	47
V.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados.....	47
V.6. Depredadores	48
V.7 Índice de Diversidad Shannon-Weaver.....	48
V.8 Índice de Calidad Ambiental	48
VII. Conclusiones.....	49
VIII. Bibliografía.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las 10 estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Laguna de Cuyutlán.....	14
Tabla 2. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver de fitoplancton en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima.	41
Tabla 3. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver de fitoplancton en la Laguna de Cuyutlán Manzanillo, Colima.....	42

Tabla 4. Categorías establecidas para determinar la calidad ambiental de la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán	48
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.	11
Figura 2. Ubicación de las estaciones en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.	12
Figura 3. Actividades de campo para la toma de muestras de fitoplancton durante el muestreo el mes de diciembre 2021.	13
Figura 4. Identificación de organismos fitoplanctónicos al microscopio invertido en el laboratorio, diciembre 2021.	15
Figura 5. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito, diciembre 2021.	16
Figura 6. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021	16
Figura 7. Precipitación registrada en el Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Manzanillo) en Manzanillo, Colima, mayo 2013- diciembre 2021... ..	17
Figura 8. Precipitación registrada en el Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Manzanillo) en Manzanillo, Colima, 2013-2021.	17
Figura 9. Salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, diciembre 2021	18

Figura 10. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, agosto 2019 julio 2020.	19
Figura 11. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.	20
Figura 12. Variación de la salinidad en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021	20
Figura 13. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2019- julio 2020.	21
Figura 14. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto diciembre 2021.	22
Figura 15. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021 (por razones de presentación se eliminaron dos valores de las estaciones E14 y E15 del mes de octubre).	23
Figura 16. Mínimo, máximo y promedio de la abundancia fitoplanctónica cél/l registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019 julio 2020.	23
Figura 17. Mínimo, máximo y promedio de la abundancia fitoplanctónica cél/l registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021. (por razones de presentación se eliminaron dos valores de las estaciones E14 y E15 del mes de octubre).	24
Figura 18. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.	25

Figura 19. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la Laguna Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.....	26
Figura 20. Abundancia relativa de diatomeas (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.	27
Figura 21. Abundancia relativa de diatomeas (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019- julio 2020.....	28
Figura 22. Abundancia relativa de diatomeas (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.....	29
Figura 23. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.	29
Figura 24. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019- julio 2020.....	30
Figura 25. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.....	31
Figura 26. Abundancia relativa de nanoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.	31
Figura 27. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019- julio 2020.....	32

Figura 28. Abundancia relativa de nanoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.	33
Figura 29. Abundancia relativa de cianobacterias (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.	34
Figura 30. Abundancia relativa de cianobacterias (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.....	34
Figura 31. Abundancia relativa de cianobacterias (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.	35
Figura 32. Abundancia relativa de cianobacterias (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.....	36
Figura 33. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.....	37
Figura 34. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.	38
Figura 35. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de los dinoflagelados en la en la Laguna de del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, diciembre 2021.	38
Figura 36. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de los dinoflagelados en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, diciembre 2021.	39



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

Figura 37. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, diciembre 2021..... 40

Figura 38. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna Cuyutlán, diciembre 2021. 40

VALORACIÓN MENSUAL DEL FITOPLANCTON EN LA LAGUNA DEL VALLE DE LAS GARZAS, SAN PEDRITO, Y VASO III DE LA LAGUNA DE CUYUTLÁN.

Diciembre 2021

I. Introducción.

La mayoría de las algas en aguas marinas y dulces no solo son beneficiosas sino también necesarias para el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos; forman la base de la red alimentaria, y es esta vida microscópica de la que depende en última instancia toda la vida acuática para alimentarse (Glibert et al. 2005). Las algas producen oxígeno y también juegan un papel importante en la regulación del CO₂ atmosférico al secuestrarlo durante la producción y transportarlo a aguas más profundas. Sin embargo, un subconjunto comparativamente pequeño del total de especies de algas microscópicas conocidas puede causar problemas. Esto puede ocurrir cuando se acumulan en cantidades suficientes, cuando producen toxinas, o cuando interfieren directa o indirectamente con otros organismos o alteran indirectamente el hábitat físico, impactando negativamente el crecimiento de otros. Estos se conocen como las algas dañinas, y sus eventos de proliferación asociados se conocen como HAB. Las FAN pueden ser causadas por el crecimiento explosivo de una sola especie que domina rápidamente la columna de agua, pero también pueden ser el resultado de células altamente tóxicas que no se acumulan en grandes cantidades. Por lo tanto, en algunos casos, también pueden ocurrir condiciones tóxicas cuando el agua es clara con concentraciones de células muy bajas. Los efectos de las FAN, que se detallan en la siguiente sección, son tan variados como los propios organismos.

Los organismos causantes, las algas dañinas, antes se llamaban "mareas rojas" porque muchos estaban compuestos de dinoflagelados que en altas densidades coloreaban el agua de rojo, pero las floraciones también pueden ser verdes, amarillas o marrones, según el tipo de alga presente y su pigmentación. Muchos HAB marinos son, de hecho, dinoflagelados, pero otras clases de algas, incluidas las cianobacterias, los raphidofitas y las diatomeas, tienen miembros que pueden



formar HAB en algunas condiciones. Algunos organismos FAN no son algas en absoluto, es decir, no dependen de la fotosíntesis para su nutrición; obtienen su nutrición exclusivamente a través del pastoreo y la ingestión de partículas, mientras que muchos de ellos tienen la capacidad de utilizar diversas fuentes de nutrición, mezclando la fotosíntesis y la absorción de nutrientes inorgánicos junto con el pastoreo, según las condiciones ambientales. Otras algas dañinas que tampoco son técnicamente "algas" son las cianobacterianas HAB, CyanoHAB, algunas de las cuales tienen la capacidad de "fijar" su propio nitrógeno (N) de la atmósfera. El término "HAB" también se aplica a las floraciones de algunas micro o macroalgas no tóxicas (algas marinas), que pueden crecer sin control y causar importantes impactos ecológicos como el desplazamiento de especies indígenas, la alteración del hábitat o el agotamiento del oxígeno.

I.1. Antecedentes

I.1.1 Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito (Puerto Interior).

La Laguna del Valle de las Garzas es un cuerpo lagunar ubicado en la zona urbana de Manzanillo se encuentra catalogada como una de las reservas de mangle de la zona con un área de 180 hectáreas, además sirve de refugio tanto de aves como de peces (Velasco Hernández, Zizumbo, Arriaga Álvarez, & Quintanilla Montoya, 2014). La laguna ha sido impactada por varias actividades antropogénicas entre la que destaca la construcción del San Pedrito de Manzanillo, que modificó su hidráulica al perder la comunicación con el mar provocando su azolvamiento por sedimentos provenientes de la cuenca fluvial que descarga a esta, además recibe descargas de aguas negras, que provienen de la zona urbana del Valle de las Garzas, este exceso de nutrientes provoca el desprendimiento de olores desagradables, causando molestias a la población circundante a la zona, mala calidad estética de la laguna y condiciones de hipoxia afectando la vida acuática provocando entre otros procesos de eutrofización (García Rojas, González Esquivel, Pérez García, & Avila Colin, 2010).



I.1.2 Laguna de Cuyutlán

Los primeros estudios realizados en la Laguna de Cuyutlán fueron sobre el impacto ambiental de la apertura del Canal de Ventanas realizado por Comisión Federal de Electricidad. Entre las publicaciones sobre el fitoplancton de la laguna se encuentran las de Baltierra-Rodriguez, Gluyas-Millán, and Chávez-Comparan (1983) sobre una marea roja en la zona costera. Los organismos causantes del FAN fueron los dinoflagelados *Gonyaulax* sp. y *Gymnodinium* sp., que provocaron mortandad de peces al interior del sistema lagunar en 1982 por abatimiento de oxígeno. Quijano-Scheggia et al. (2006) reportó sobre los cambios en la comunidad de diatomeas en la Laguna de Cuyutlán antes y después de la apertura del Canal de Tepalcates. Desde el año 2008 se han realizado estudios en la laguna de sobre diferentes aspectos ecológicos. En el año 2013 se comenzó el estudio sistemático de diferentes aspectos incluyendo al fitoplancton.

El reporte mensual integra los datos obtenidos entre el 2 y 3 de diciembre 2021, se ha determinado la abundancia y composición taxonómica del fitoplancton en la zona de estudio, con lo cual se genera una evaluación de la calidad ambiental de la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Laguna de Cuyutlán Col. Con este estudio se le da un seguimiento a la biodiversidad caracterizando el fitoplancton.

I.2. Objetivo del programa

I.2.1. General

Valorar mensualmente la comunidad fitoplanctónica de las Laguna del Valle de la Garzas, San Pedrito y Laguna de 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.



I.2.2. Particular

- Cuantificar el fitoplancton presente en las Lagunas Valle de las Garzas, San Pedrito y el Vaso III de la laguna de Cuyutlán el mes de diciembre 2021.
- Identificar los principales grupos fitoplanctónicos presentes en las Lagunas Valle de las Garzas, San Pedrito y en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán el mes de diciembre 2021.
- Calcular el Índice de diversidad de especies fitoplanctónicas en las Lagunas Valle de las Garzas, San Pedrito y en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán en el mes de diciembre 2021.

II. Indicadores ambientales y metas del programa

Abundancia fitoplanctónica, identificación de organismos de hábitos planctónicos típicos de ambientes con elevada influencia marina, de especies de hábitos bentónicos con menor influencia marina y de cianobacterias y dinoflagelados que son influidos por amplias variaciones de parámetros fisicoquímicos, especialmente salinidad.

Derivado de su análisis, el fitoplancton funciona como una herramienta para caracterizar la laguna y como apoyo en las sugerencias y estrategias de manejo del cuerpo lagunar, lo que constituye la meta.

III. Descripción de trabajos-Metodología

III.1 Área de estudio

En la Figura 1 se presenta la ubicación de las estaciones en el Valle de las Garzas (E1 a E6) y en San Pedrito y Tapeixtles (E7 a 10).

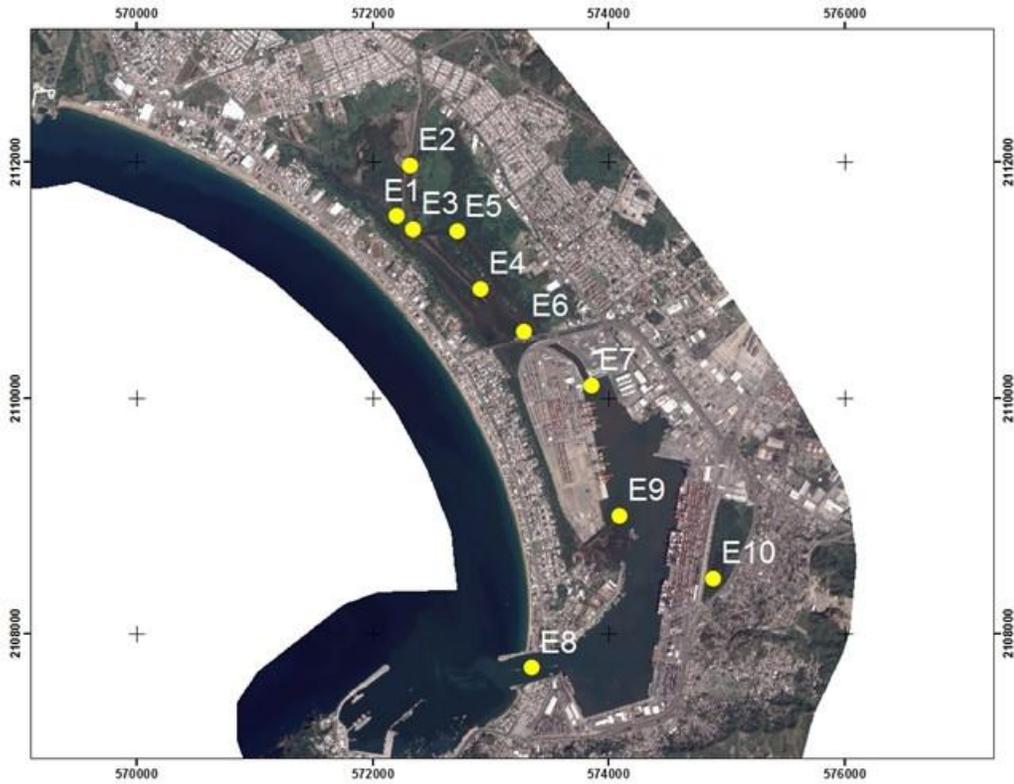


Figura 1. Ubicación de las estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

En la Figura 2 se muestran las estaciones ubicadas en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán (E11 a E15).

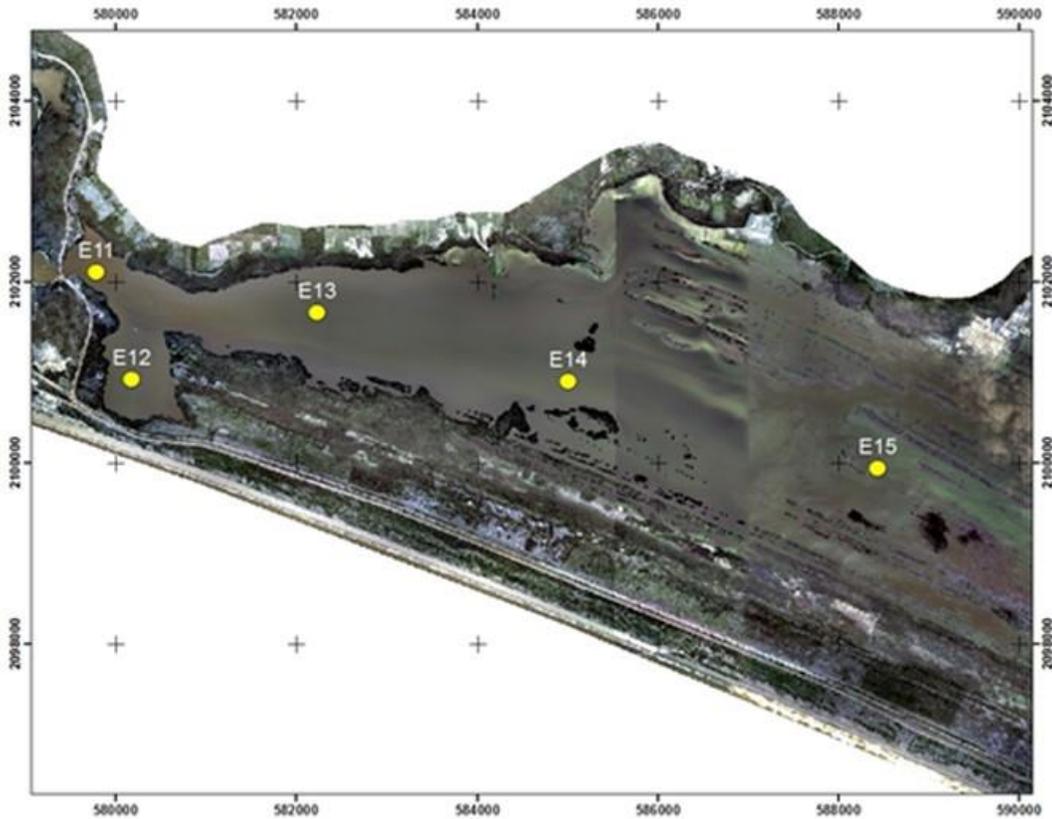


Figura 2. Ubicación de las estaciones en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

III.2 Actividades en campo

El muestreo en la zona de estudio ubicada en el Valle de las Garzas, San Pedrito y Laguna de Cuyutlán se llevó a cabo entre el 2 y 3 de diciembre de 2021. Se tomaron muestras de agua superficial con botellas de 500 ml que fueron fijadas inmediatamente con Lugol, en las estaciones que se presentan en la Tabla 1. Debido a las condiciones someras no fue posible tomar muestras en la estación E2 en el Valle de las Garzas, en las gráficas se representan con 0 información.



Figura 3. Actividades de campo para la toma de muestras de fitoplancton durante el muestreo el mes de diciembre 2021.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las 10 estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito 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

San Pedrito	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

III.3. Actividades en laboratorio.

Submuestras se dejaron sedimentar en el laboratorio por 24 horas en cámaras de 10, 50 y 100 ml según su abundancia fitoplanctónica. La identificación de organismos a nivel de género se realizó en un microscopio invertido Motic AE, se identificaron todas las células presentes en transectos o campos hasta completar un mínimo de 300 organismos (Figura 4). Se extrapoló a cél/l para calcular la abundancia (Utermöhl, 1931).



Figura 4. Identificación de organismos fitoplanctónicos al microscopio invertido en el laboratorio, diciembre 2021.

IV. Resultados

IV.1 Abundancia de fitoplancton

IV.1.1. Valle de las Garzas y San Pedrito

La abundancia de fitoplancton expresada como células/l (cél/l) osciló entre el valor mínimo de 2.97×10^4 cél/l en la estación E10 en Tapeixtles y un valor máximo de 9.76×10^7 cél/l en la estación E1 del Valle de las Garzas (Figura 5).

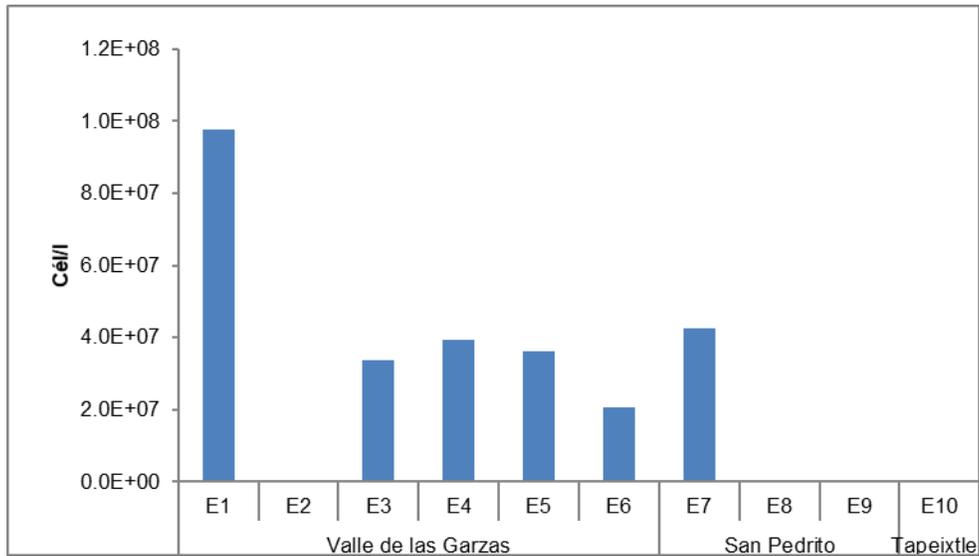


Figura 5. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito, diciembre 2021.

IV.1.2. Laguna de Cuyutlán

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán los valores de abundancia oscilaron entre un mínimo de 4.39×10^4 cél/l en la estación E15 y un máximo de 6.94×10^7 cél/l en la estación E14 (Figura 6).

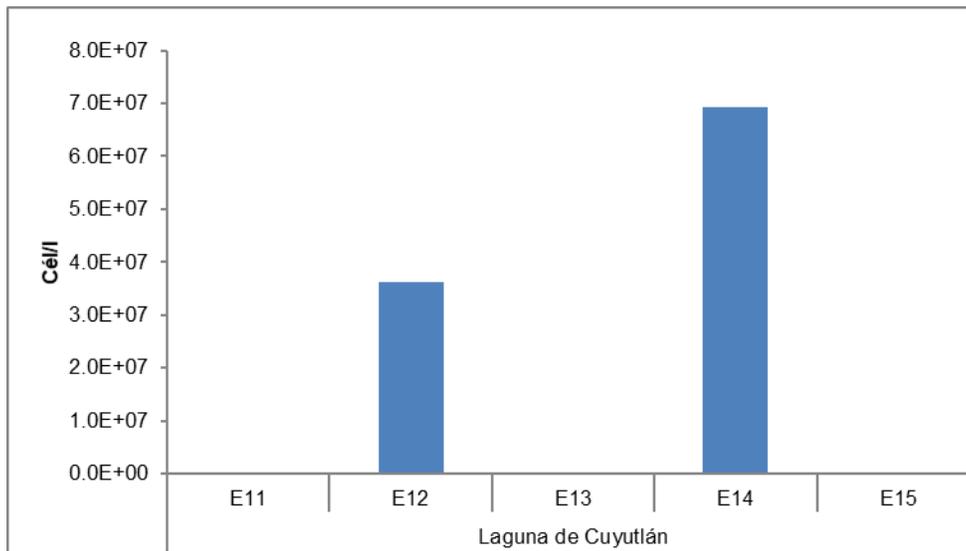


Figura 6. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021

La salinidad es un factor que afecta la composición fitoplanctónica siendo considerada como un posible modulador en las lagunas costeras. Se realiza un análisis de lluvias registradas desde 2013 a la fecha. En el mes de diciembre no se registraron lluvias (Figura 7).

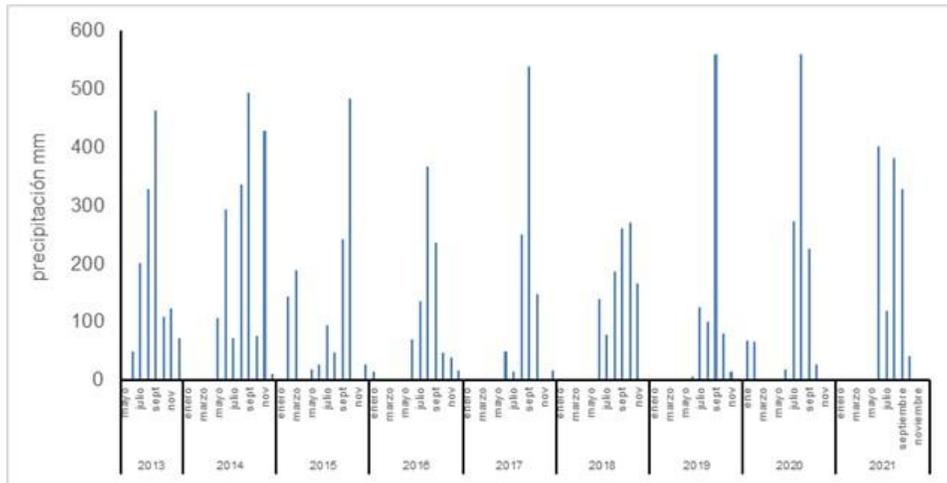


Figura 7. Precipitación registrada en el Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Manzanillo) en Manzanillo, Colima, mayo 2013- diciembre 2021.

El año 2021 se considera dentro de los años normales con precipitación total de 1272.2 mm, sin embargo, se registraron lluvias abundantes en las zonas altas que finalmente llegan a las lagunas impactando los valores de salinidad (Figura 8)

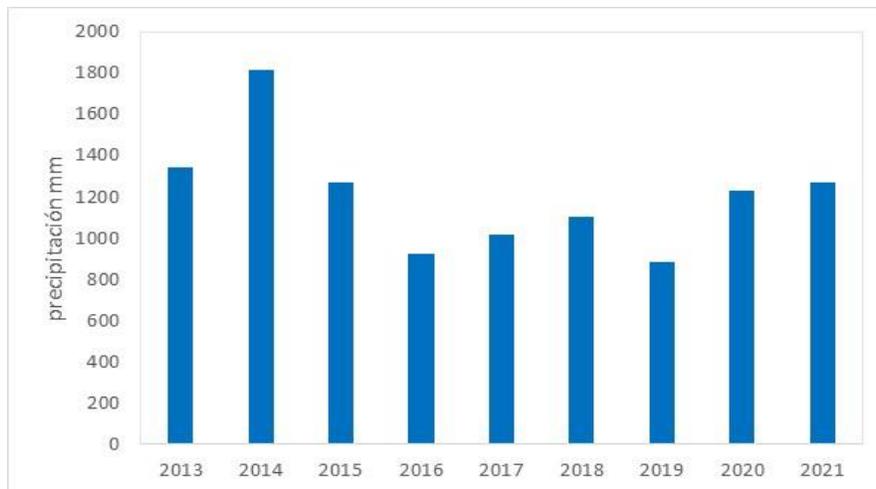


Figura 8. Precipitación registrada en el Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Manzanillo) en Manzanillo, Colima, 2013-2021.

En la Laguna del Valle de las Garzas la salinidad fue baja con valores mínimos de 1.8 UPS en la estación E1 y máximos en las estaciones E3 y E4 de 18.8 UPS, en este mes de diciembre se observa un aumento en la salinidad con valores más altos en la zona media de la laguna. En San Pedrito los valores altos a los meses a con un mínimo en la estación E7 de 31.3 UPS y máximo en 33.6 UPS en la estación E8. En Tapeixtles la salinidad fue de 21.3 UPS. La salinidad es un factor que modula la composición taxonómica del fitoplancton presente en esta zona (Figura 9).

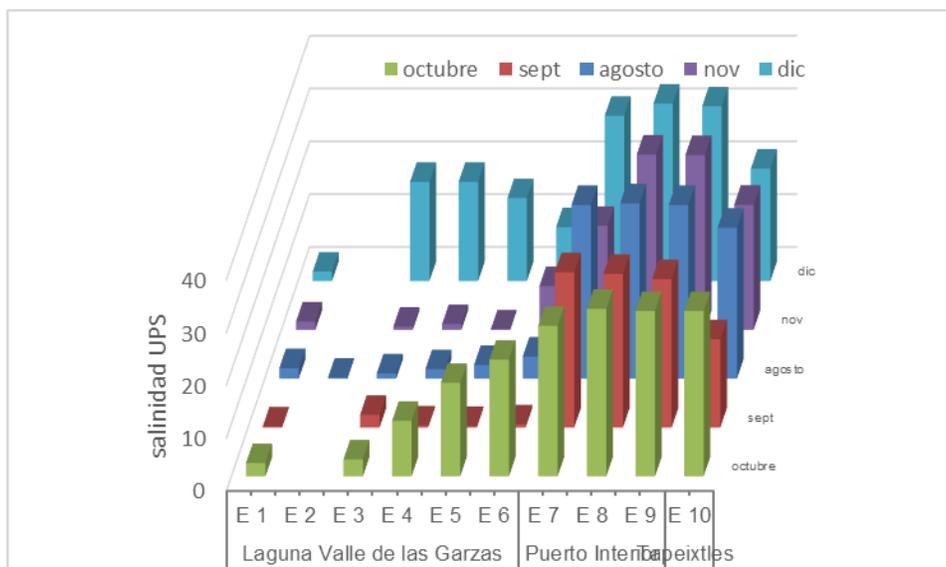


Figura 9. Salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.

El análisis de la salinidad entre el periodo agosto 2019 julio 2020 muestra variaciones amplias con valores promedio menores en las estaciones internas (E1 y E2), aumentando en las estaciones E3 a E6, en San Pedrito los valores promedios son superiores a 30 UPS, en Tapeixtles las variaciones son amplias, pero con valores promedios superiores a la Laguna del Valle de las Garzas (Figura 10).

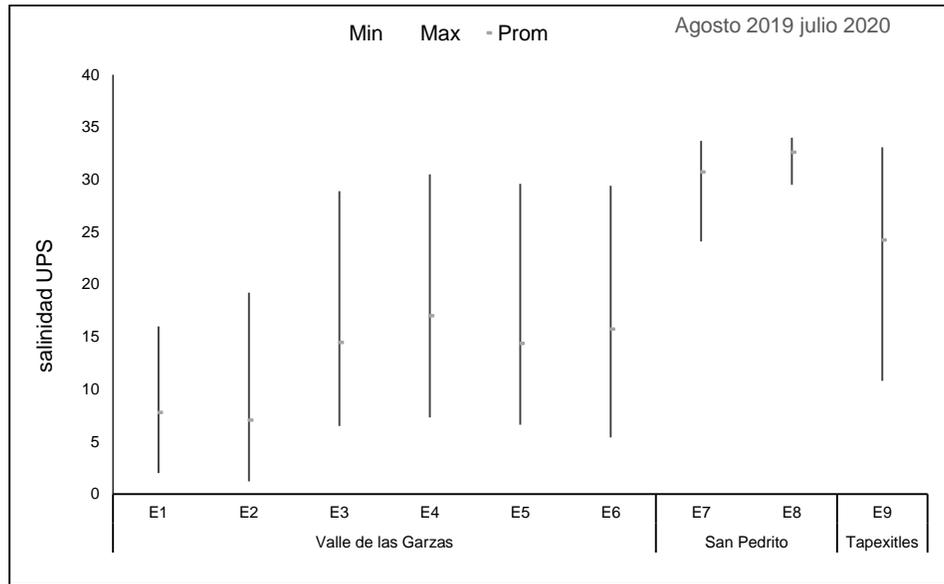


Figura 10. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtiles, Manzanillo, Colima, agosto 2019 julio 2020.

En el periodo agosto diciembre 2021 los valores promedios registrados son cercanos a condiciones de agua dulce en las estaciones E1 y E2, en las estaciones E3 a E6 los valores promedios son inferiores a los registrados en el periodo agosto 2019 julio 2020, probablemente se deba a que se incluye la época de lluvias afectando la salinidad. En el año 2021 se agregó la estación E9 en San Pedrito, los valores en esta zona son altos en ambos periodos con valores promedios sobre 32 UPS indicando alta influencia marina con intercambio hidrodinámico activo. En Tapeixtiles los valores promedios en este periodo son mayores de 31.9 UPS contra 24.1 UPS en el periodo agosto 2019 julio 2020, probablemente la influencia marina fue mayor en el 2021 (Figura 11).

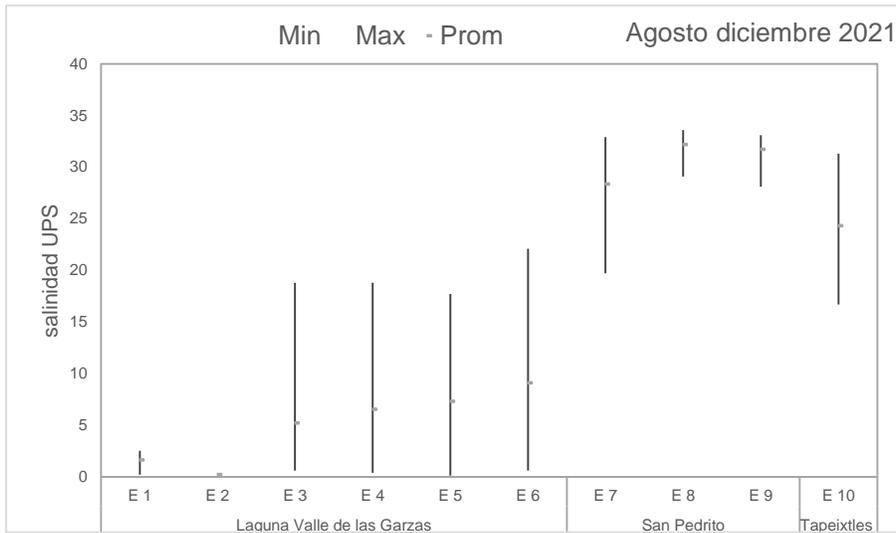


Figura 11. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.

En la Laguna de Cuyutlán la salinidad osciló en el mes de diciembre entre un valor mínimo de 29.9 UPS en la estación E15 y un máximo de 33.7 UPS en la estación E12. La salinidad disminuyó hacia las estaciones internas (Figura 12).

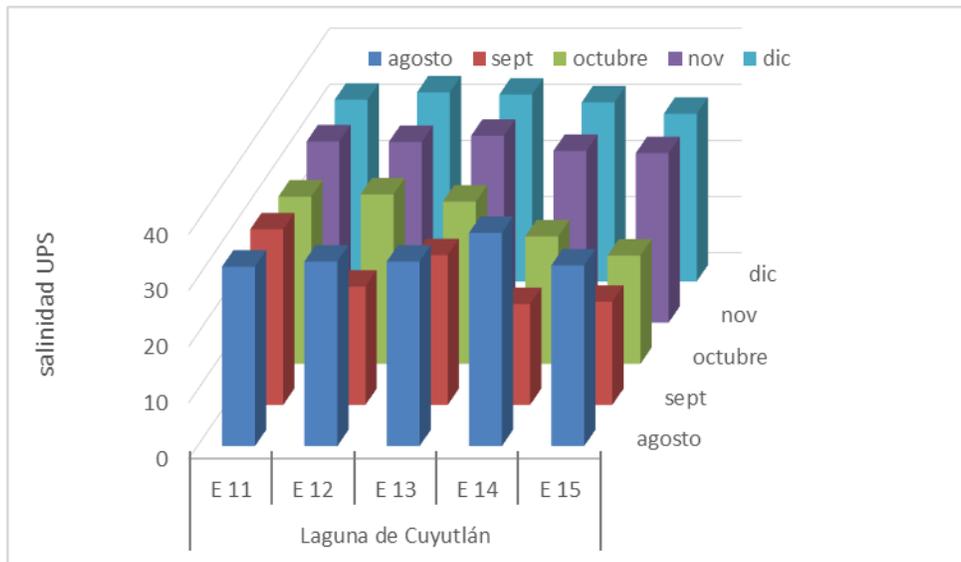


Figura 12. Variación de la salinidad en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.

En el periodo agosto 2019 julio 2020 solo se contaba con dos estaciones en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, en ellas los valores de salinidad mínimos se reportaron en el mes de octubre de 2019 de 17.6 UPS, los máximos 51.2 UPS en el mes de

mayo, los valores promedio se encuentran sobre 22.6 UPS, como se observa en la gráfica existe una amplia variabilidad, lo somero de la zona hace que exista alta evaporación, pues es época de secas aumentando la salinidad (Figura 13).

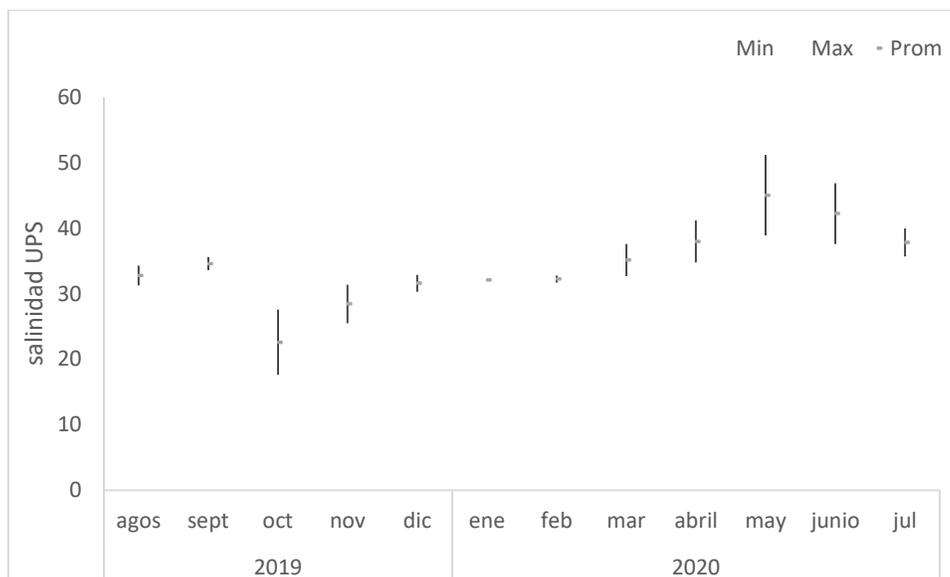


Figura 13. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2019- julio 2020.

En los meses de agosto diciembre 2021 se observaron valores más homogéneos con mínimos de 18.1 UPS en septiembre y valores promedio sobre 23.1 UPS (Figura 14).

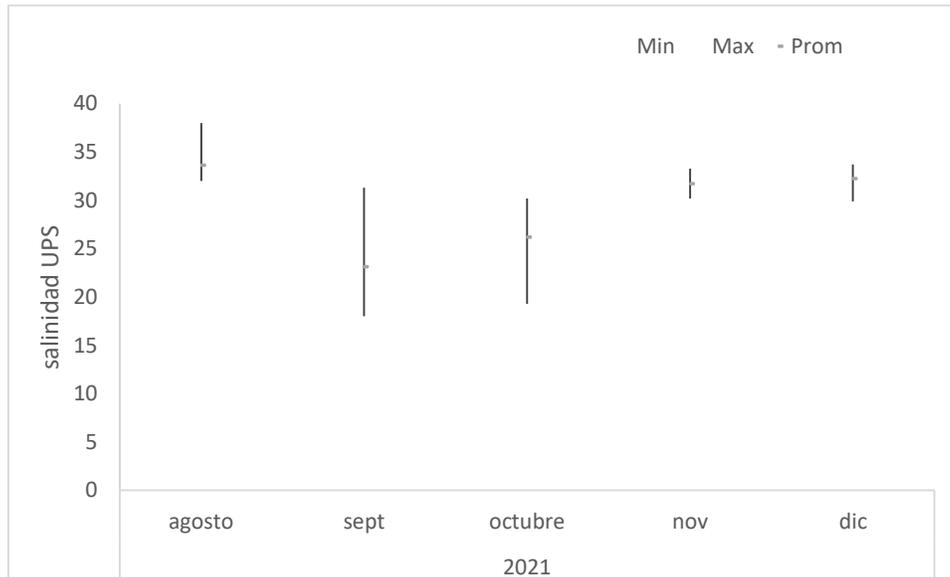


Figura 14. Mínimo, máximo y promedio de salinidad registrada en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto diciembre 2021.

IV.1.3. Análisis de la abundancia de fitoplancton en los cinco meses de muestreo

El análisis del período muestra un incremento notable en el número de cél/l en los meses de noviembre y diciembre, en los primeros meses (agosto y septiembre) los valores son inferiores. En la gráfica se dejaron fuera las estaciones E14 y E15 del mes de octubre, sus valores altos distorsionan y no permiten apreciar el aumento de organismos. Las estaciones E8 y E9 de San Pedrito y Tapeixtles no se han visto afectada por este incremento (Figura 15).

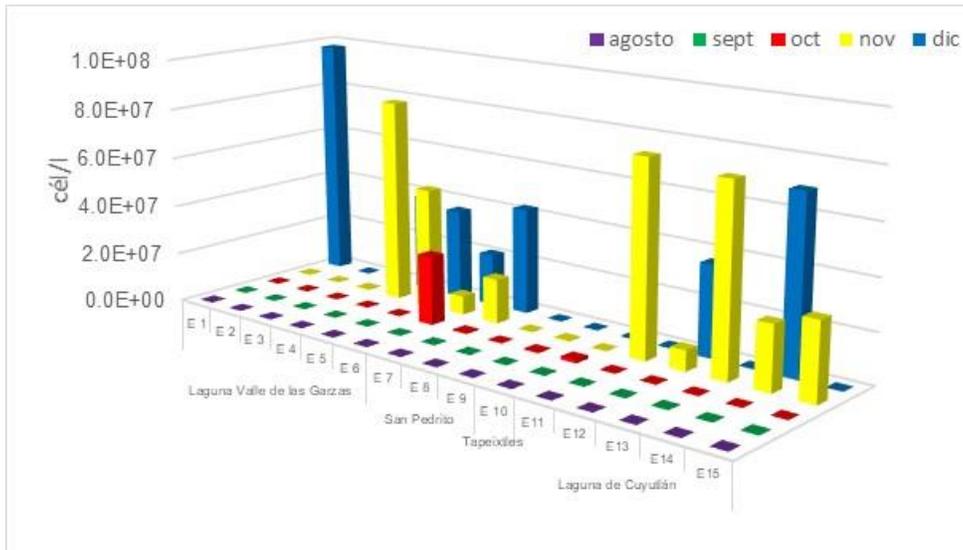


Figura 15. Abundancia fitoplanctónica célula/l en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021 (por razones de presentación se eliminaron dos valores de las estaciones E14 y E15 del mes de octubre).

El análisis del periodo agosto 2019 julio 2020 muestra valores altos de abundancia del fitoplancton en las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas con valores máximos en la estación E1. En San Pedrito, Tapeixtles y el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, los valores son inferiores (Figura 16).

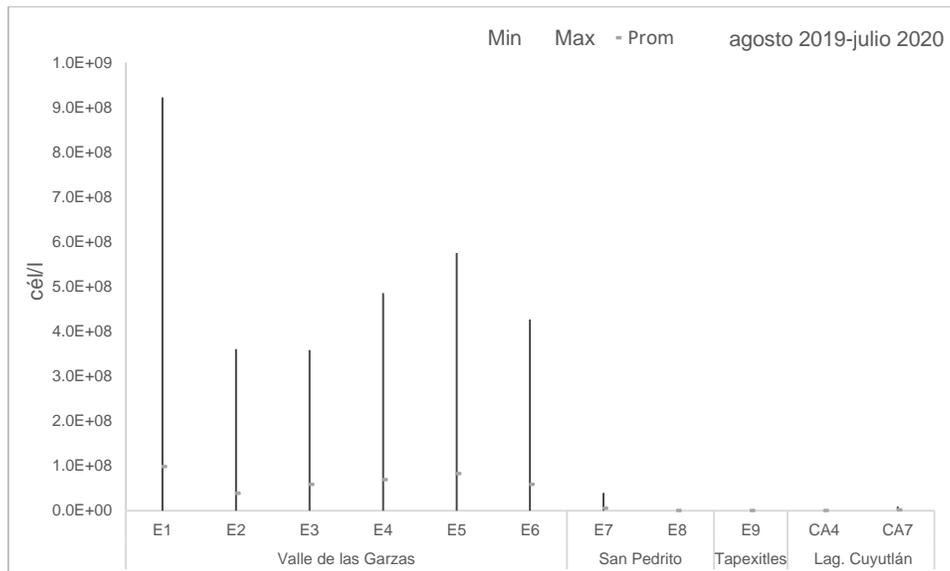


Figura 16. Mínimo, máximo y promedio de la abundancia fitoplanctónica célula/l registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019 julio 2020.



En el periodo agosto-diciembre 2021 se observaron valores de abundancia de fitoplancton altos en la Laguna del Valle de las Garzas y en la estación E7 de San Pedrito. En las estaciones E8 y E9 de San Pedrito y en Tapeixtles los valores son inferiores. En la Laguna de Cuyutlán los valores son más altos que en el periodo agosto-diciembre 2021 registrándose valores promedios de 10^6 cél/l, en contraste con valores de 10^9 cél/l (Figura 17).

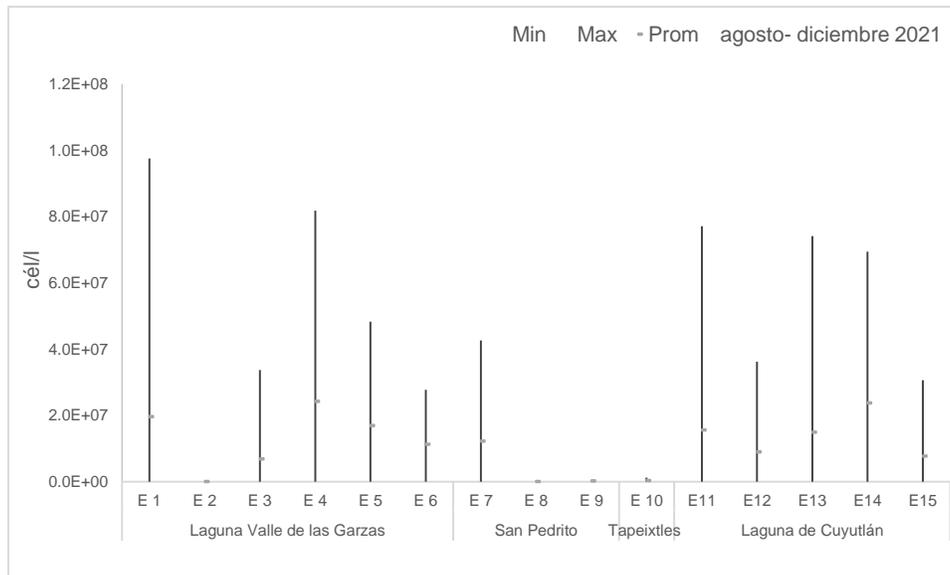


Figura 17. Mínimo, máximo y promedio de la abundancia fitoplanctónica cél/l registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021. (por razones de presentación se eliminaron dos valores de las estaciones E14 y E15 del mes de octubre).

IV.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos.

IV.2.1 Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.

La composición taxonómica en el mes de diciembre de 2021 en la Laguna del Valle de las Garzas presentó dominancia del grupo de las cianobacterias en todas las estaciones con valores de abundancia relativa superiores a 99.9 %. Las diatomeas, dinoflagelados y nanoflagelados presentaron bajos valores de abundancia relativa inferiores al 0.1 %. En San Pedrito en las estaciones E8 y E9 del dominaron las diatomeas con valores superiores al 80 %, no así en la estación E7 donde las cianobacterias constituyen el 99.9 % de la abundancia relativa. En Tapeixtles se observó a las diatomeas con el 49.7 %, los nanoflagelados el 27.4 % y la

cianobacterias el 22 %, de la composición taxonómica. Los dinoflagelados estuvieron prácticamente ausentes (Figura 18).

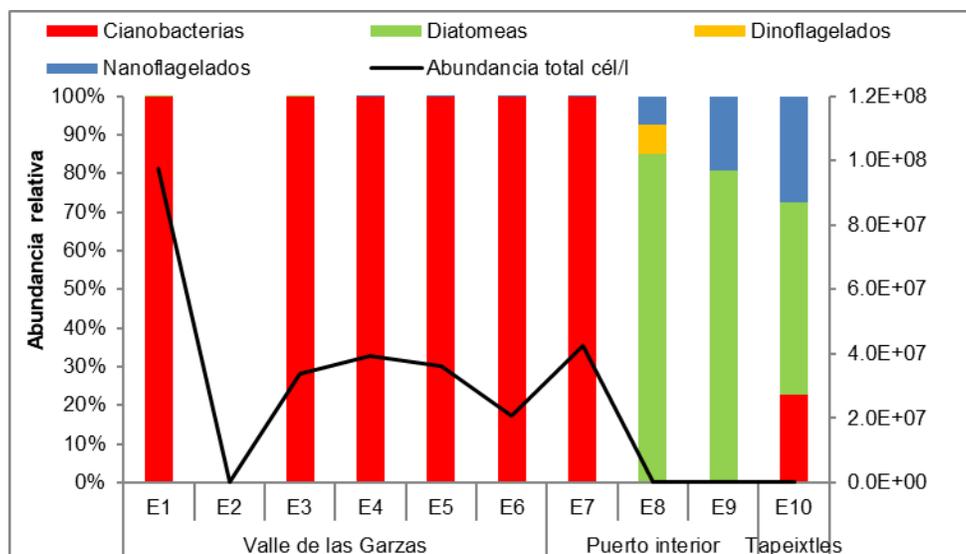


Figura 18. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.

IV.2.2. Laguna de Cuyutlán

En diciembre en la Laguna de Cuyutlán dominaron las diatomeas en las estaciones E11, E13 y E15 con valores superiores al 84 % de la abundancia relativa, las cianobacterias en las estaciones E12 y E14 con el 99.9 %, los dinoflagelados y los nanoflagelados se registraron solo en la estación E13 con valores de 4.4 % y 10.8 % de la abundancia relativa respectivamente (Figura 19).

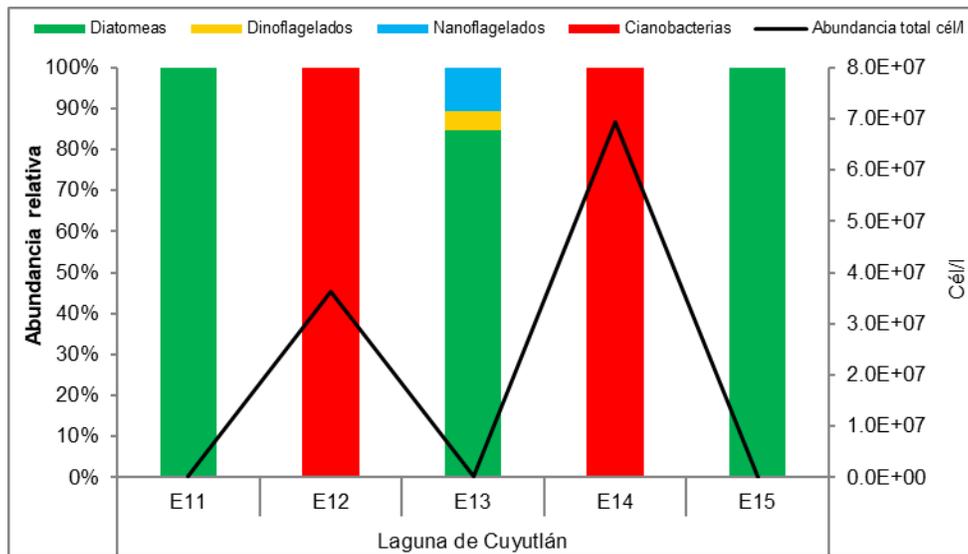


Figura 19. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la Laguna Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.

IV.2.3. Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en cinco meses de muestreo y el periodo agosto 2019-julio 2020

Abundancia relativa de diatomeas

En los meses de agosto, septiembre y octubre 2021 las diatomeas se determinaron bien representadas en la mayoría de las estaciones tanto en el Valle de las Garzas, San Pedrito como en la Laguna de Cuyutlán, en noviembre se observó un cambio con una disminución de este grupo en las estaciones del Valle de las Garzas y en la Laguna de Cuyutlán. En San Pedrito en las estaciones E8 y E9 se mantienen como grupo mayoritario a través de los cinco meses. En Tapeixtles no fueron dominantes, pero con un patrón de comportamiento semejante a San Pedrito con menor abundancia (Figura 20).

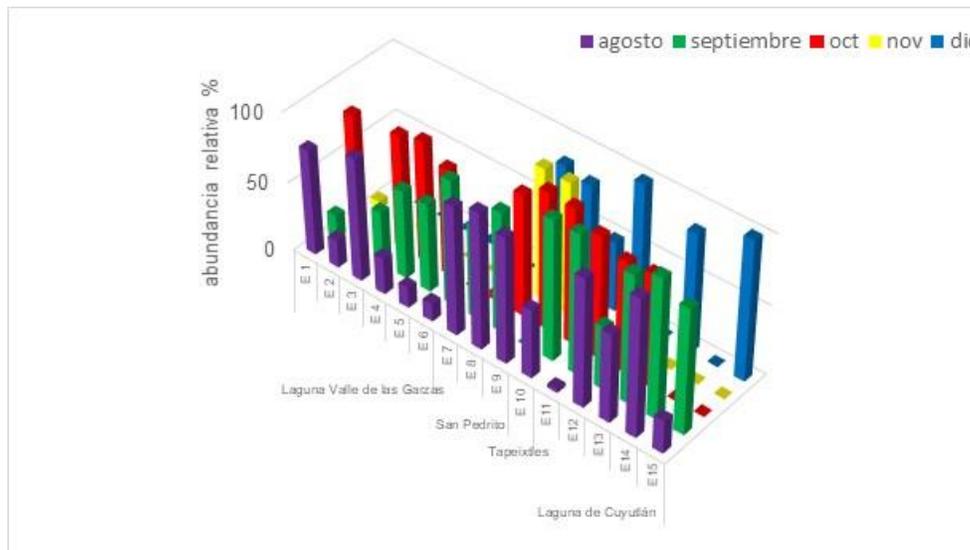


Figura 20. Abundancia relativa de diatomeas (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.

El análisis de la abundancia relativa en el periodo agosto 2019 julio 2020 muestra en el Valle de las Garzas abundancia de las diatomeas en los meses comprendidos entre diciembre 2019 a marzo de 2020. En San Pedrito se encuentran presente en la mayoría de los muestreos, en la estación E7 en agosto y septiembre 2019 y en la estación E8 en junio de 2020 no se registra este grupo siendo reemplazado por otros componentes. En Tapeixtles durante todo este periodo dominaron las diatomeas. En la Laguna de Cuyutlán dominaron en todos los meses las diatomeas a excepción del mes de mayo cuando se registró un Florecimiento Algal Nocivo (FAN) de dinoflagelados (Figura 21).

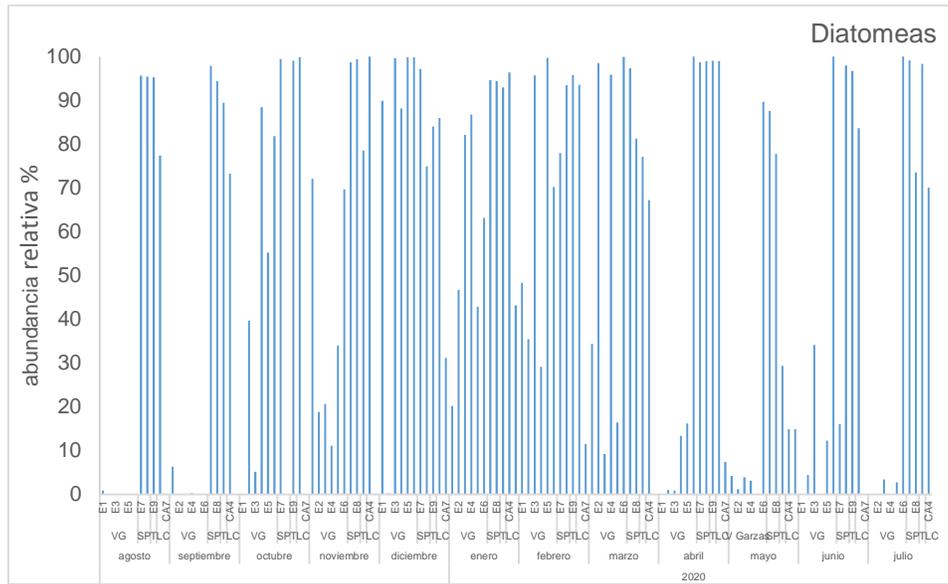


Figura 21. Abundancia relativa de diatomeas (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019- julio 2020.

El análisis del periodo agosto-diciembre 2021 muestra en la Laguna del Valle de las Garzas abundancia relativa alta de diatomeas en los meses de agosto, septiembre y algunas estaciones en el mes octubre, en noviembre y diciembre se encuentran ausentes. En San Pedrito estuvieron siempre presentes en la estación E8. En la Laguna de Cuyutlán estuvieron bien representadas en los meses de agosto, septiembre y en algunas estaciones de octubre, en noviembre no se encuentran en la composición taxonómica y en diciembre solo están presentes en dos estaciones con alta abundancia relativa (Figura 22).

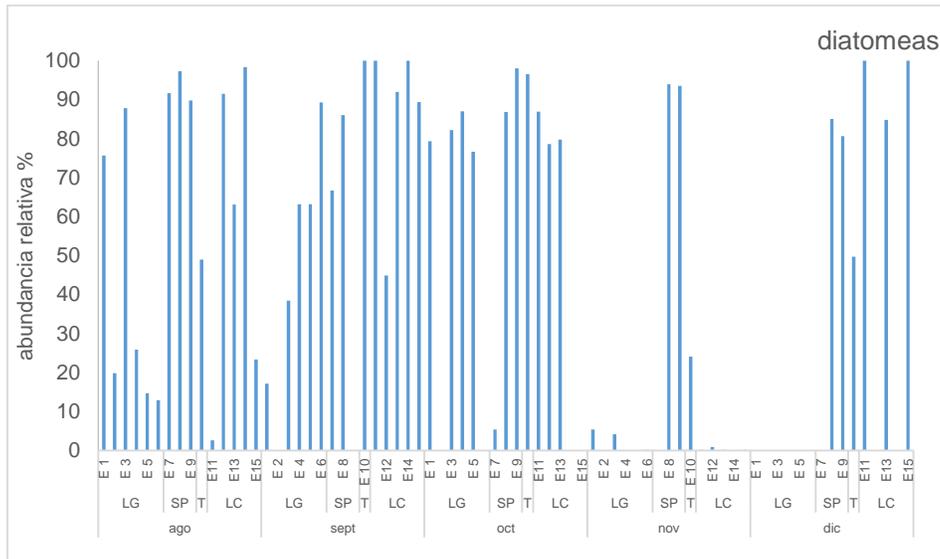


Figura 22. Abundancia relativa de diatomeas (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.

Dinoflagelados

Los dinoflagelados fueron abundantes en el periodo agosto diciembre 2021 en el mes de agosto en todas las estaciones de muestreo disminuyendo su participación en los siguientes meses, ocasionalmente se observan en algunas estaciones sin llegar a ser dominantes (Figura 23).

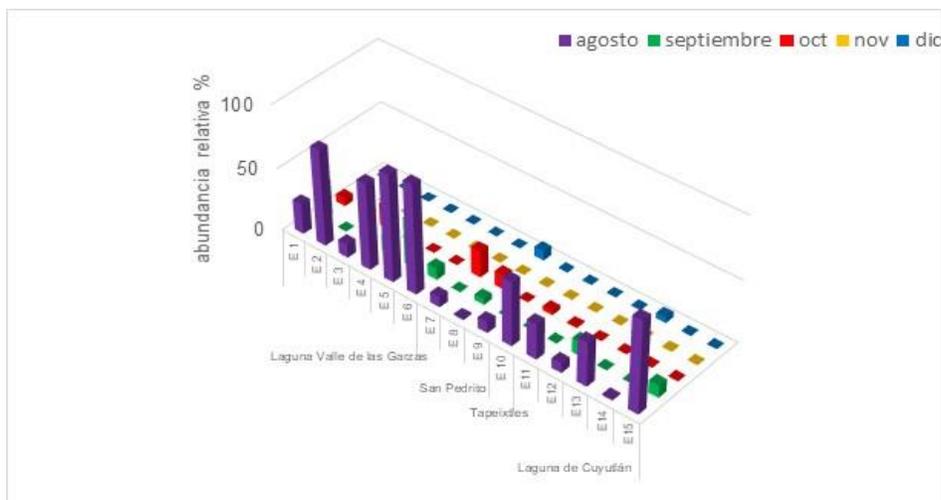


Figura 23. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.

En el periodo agosto 2019 julio 2020 en la Laguna del Valle de las Garzas los dinoflagelados estuvieron baja participación en la composición taxonómica, solo una vez representaron el mes de junio en la estación E1 constituyeron el 41 % de la abundancia relativa. En San Pedrito, Tapeixtles y Laguna de Cuyutlán en el mes de mayo de 2020 se presentaron valores altos con máximos de 85.1 % coincidiendo con una floración algal observada en estas fechas. En junio el San Pedrito se registró un máximo de 81.4 % (Figura 24).

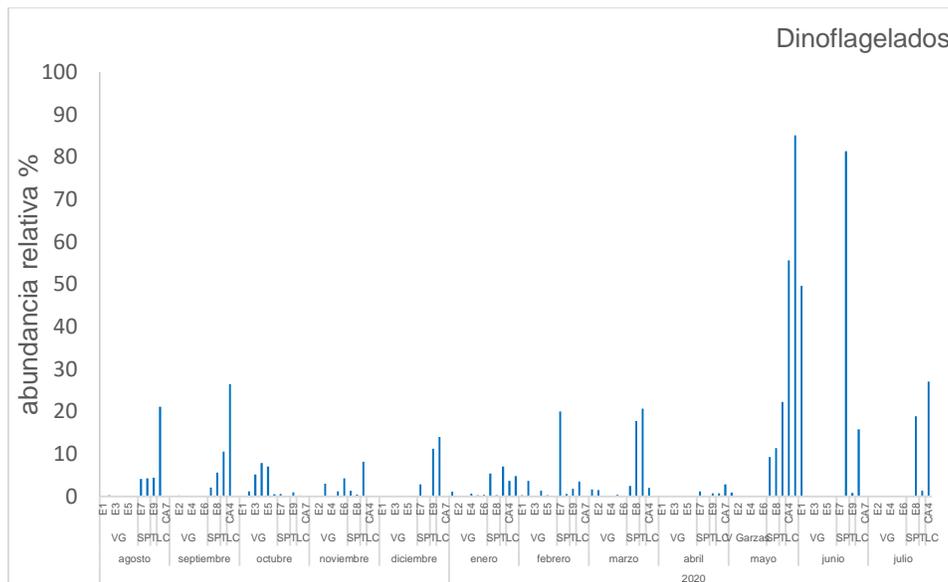


Figura 24. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019- julio 2020.

En el periodo agosto-diciembre 2021 se observó en la laguna del Valle de las Garzas el grupo de dinoflagelados en los meses de agosto y septiembre con valores altos de abundancia relativa, en octubre disminuyeron y estuvieron presentes solo en dos estaciones con abundancias inferiores a 18 %, en noviembre y diciembre no se registraron. En San Pedrito, Tapeixtles y la Laguna de Cuyutlán se registraron valores altos en el mes de agosto con máximos de 74 % en la estación E15, en septiembre y octubre su contribución fue escasa y disminuyó en noviembre y diciembre (Figura 25).

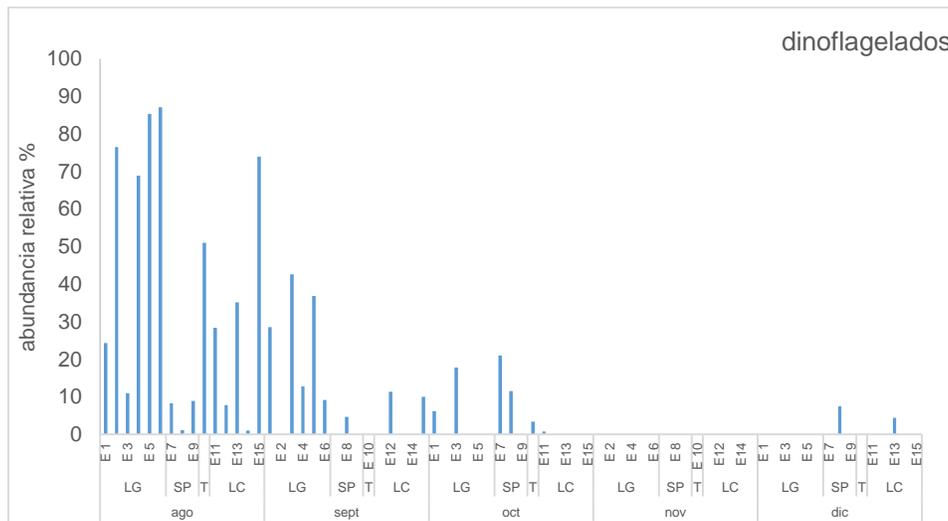


Figura 25. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.

Nanoflagelados

Los nanoflagelados se registraron puntualmente en agosto en Tapeixtles, en septiembre fueron más abundantes en las estaciones del Valle de las Garzas y en dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán, sus abundancias relativas no superaron el 20 % y disminuyeron su participación en los meses siguientes (Figura 26).

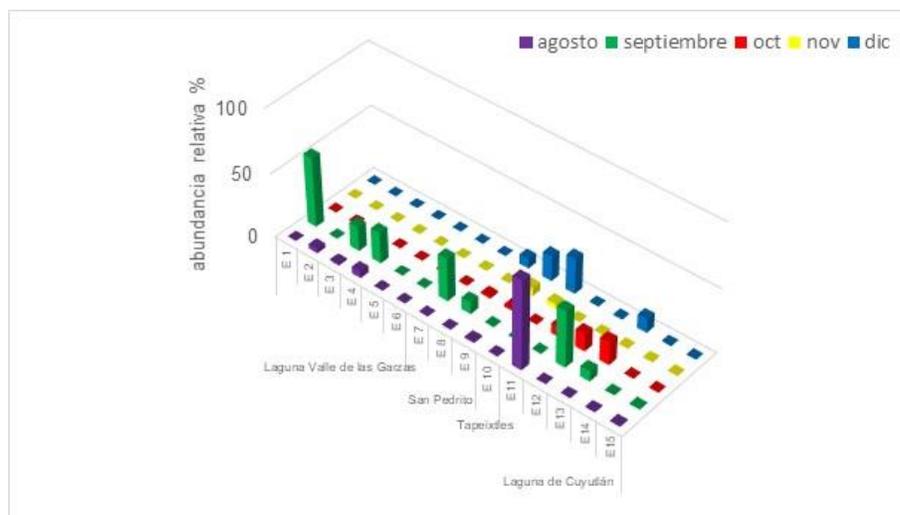


Figura 26. Abundancia relativa de nanoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.

En el periodo agosto 2019 julio 2020 en la Laguna del Valle de las Garzas se presentó alta abundancia relativa de nanoflagelados con valores de hasta el 100 % en los meses de noviembre, abril, mayo y junio. En las estaciones de San Pedrito, Tapeixtles, y la laguna de Cuyutlán sus abundancias fueron bajas en este periodo de muestreo (Figura 27).

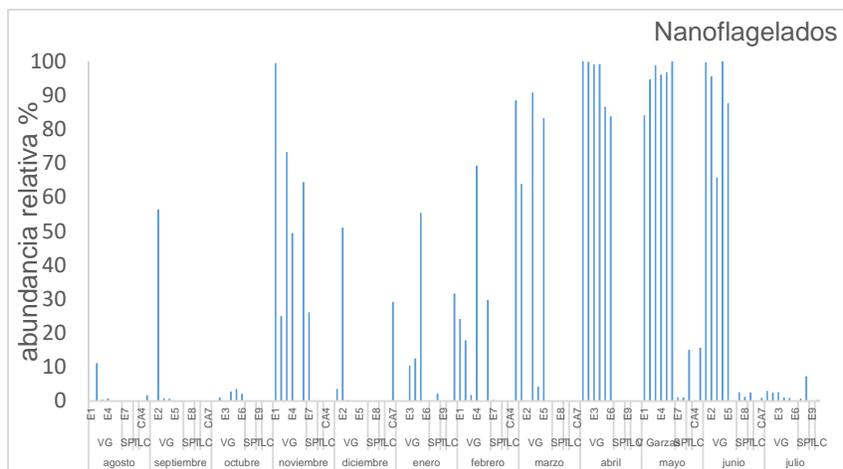


Figura 27. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2019- julio 2020.

En el periodo agosto diciembre 2021 los nanoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas se registraron en tres estaciones en el mes de septiembre con máximos de 54.3 %, en los otros meses estuvieron ausentes o poco representados. En San Pedrito presentaron abundancias relativas altas en septiembre y diciembre con valores máximos de 33.3 % en septiembre. En Tapeixtles solo en diciembre fueron significantes con el 27.4 % de la abundancia relativa. En la Laguna de Cuyutlán alcanzaron el máximo en el mes de agosto en la estación E11 de 69 % de la abundancia relativa, en los meses siguientes presentaron valores inferiores (Figura 28).

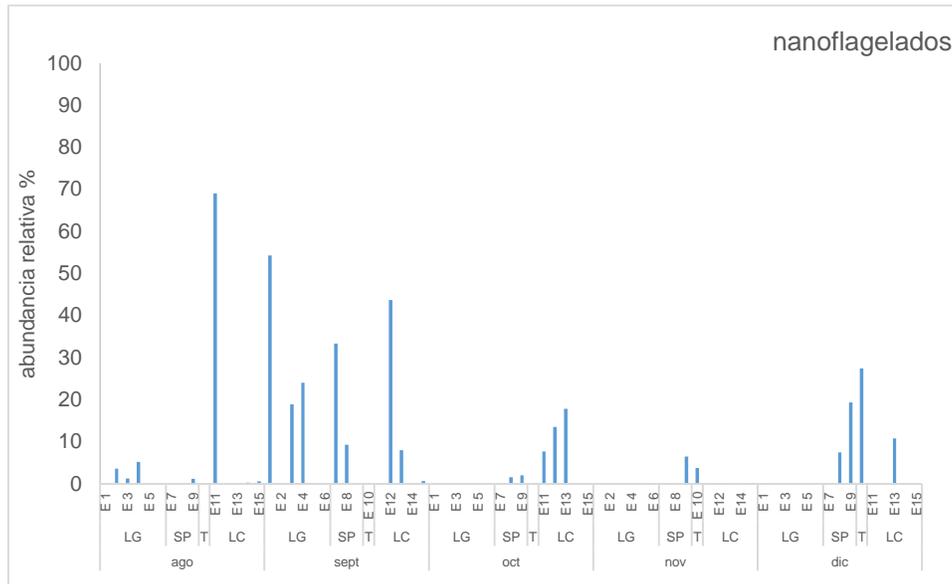


Figura 28. Abundancia relativa de nanoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.

Cianobacterias

Las cianobacterias no fueron registradas en los meses de agosto y septiembre, en octubre fueron dominantes en las estaciones E6 de la LVG y E7 de San Pedrito, además de las estaciones E14 y E15 de la Laguna de Cuyutlán, en noviembre dominaron en la mayoría de las estaciones con altas abundancias relativas, solo en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito presentaron bajos valores. En diciembre su participación fue menor siendo dominantes solo en las estaciones del LVG, estación E7 de San Pedrito y dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán (Figura 29)

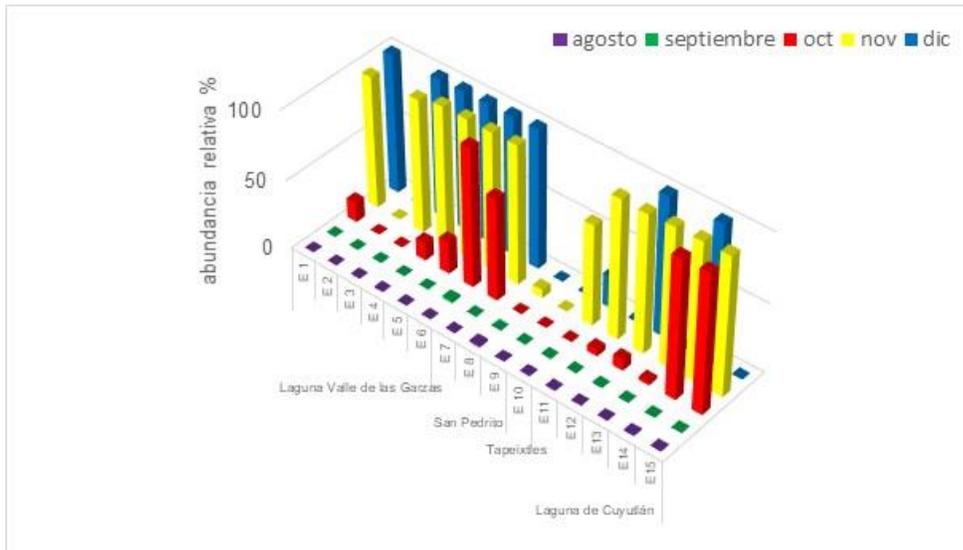


Figura 29. Abundancia relativa de cianobacterias (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.

El análisis del periodo agosto 2019- julio 2020 mostró dominancia de este grupo en el mes de agosto y septiembre en la laguna del Valle de las Garzas y la estación E7 de San Pedrito con valores máximos del 99.9 %. En octubre, noviembre y diciembre su participación fue menor. En San Pedrito y Tapeixtles solo en diciembre se reportaron valores del 25.1 %. En la Laguna de Cuyutlán puntualmente son abundantes en el mes de marzo con el 30.7 % (Figura 30).

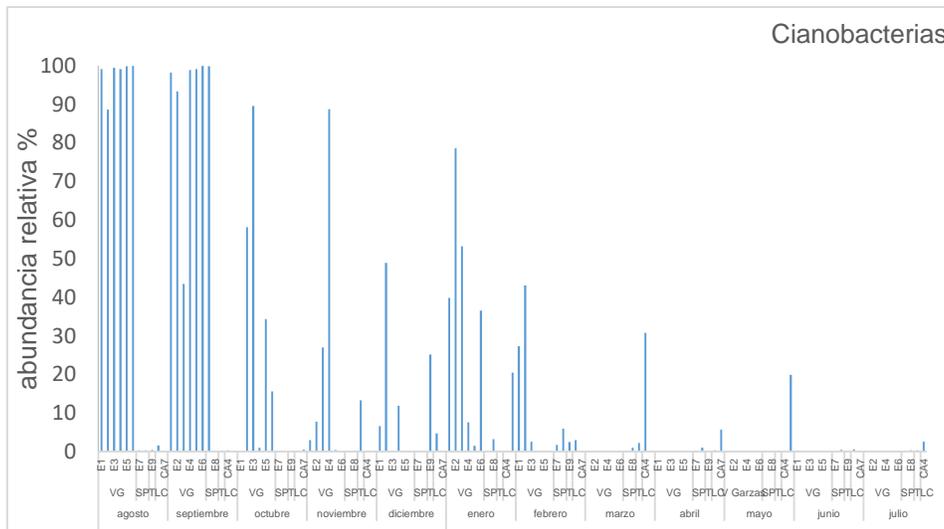


Figura 30. Abundancia relativa de cianobacterias (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.

En el periodo agosto-diciembre 2021 las cianobacterias estuvieron ausentes en agosto y septiembre, fueron abundantes en noviembre y diciembre en todas las estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas y en la estación E7 de San Pedrito, en octubre solo en E6 y E7. En la Laguna de Cuyutlán fueron dominantes en octubre en las estaciones E14 y E15, en noviembre en todas las estaciones y en diciembre solo en las estaciones E12 y E14. En Tapeixtles se registraron solo en noviembre con valores máximos de 72.1 % (Figura 31).

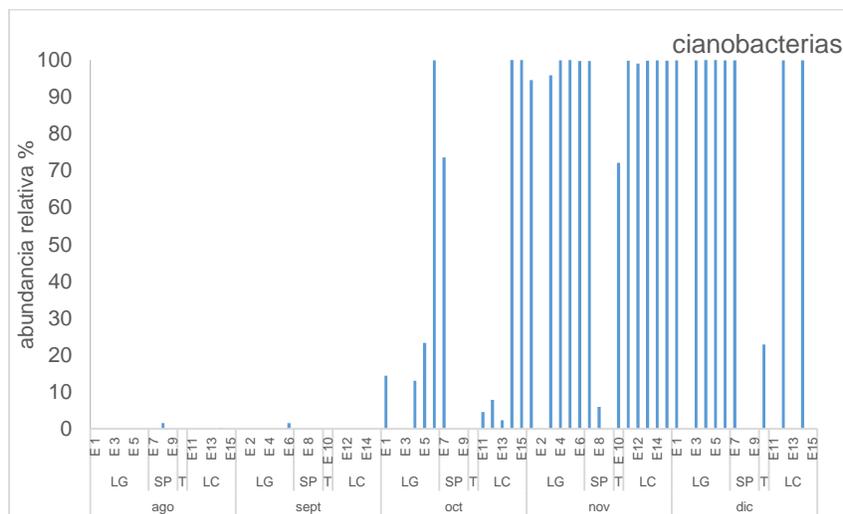


Figura 31. Abundancia relativa de cianobacterias (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto-diciembre 2021.

En el periodo agosto 2019 julio 2020 se presentó dominancia en la laguna del Valle de las Garzas en el mes de julio del grupo a Arquea que no se han vuelto a detectar, se anexa la gráfica como punto de referencia (Figura 32).

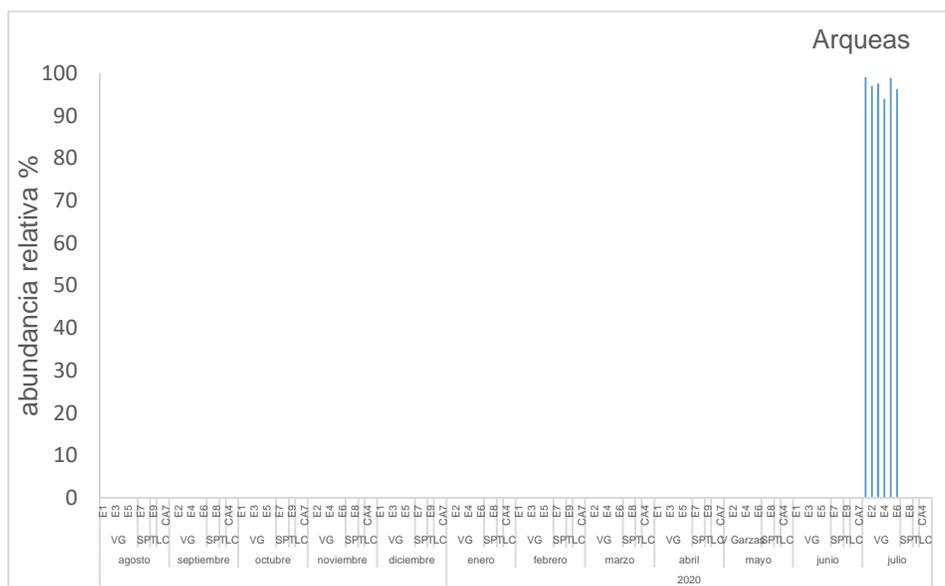


Figura 32. Abundancia relativa de cianobacterias (%) registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto diciembre 2021.

IV.3 Composición taxonómica de diatomeas

IV.3.1 Valles de las Garzas y San Pedrito.

En el mes de diciembre las diatomeas presentaron un máximo de abundancia en la estación E1 del Valle de las Garzas con 1.03×10^5 cél/l. *Nitzschia* sp fue dominante en las estaciones E1, E3, E4 y E5 del Valle con máximos de 100 % en E4, en San Pedrito y en Tapeixtles presentó valores inferiores al 16 %. *Thalassiosira* sp se registró en la estación E6 del Valle, en las tres estaciones de San Pedrito y en Tapeixtles con valores máximos de 94.8 % en E7 de la abundancia relativa. *Skeletonema costatum* solo fue observado en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito con el 67.8 % y el 56.1 % de la abundancia relativa respectivamente. El grupo *Navicula* se registró puntualmente en la estación E5 del Valle con el 27.8 % de la abundancia relativa. El grupo *Pleurosigma/Gyrosigma* se presentó en tres estaciones del Valle y en Tapeixtles con valores máximos de 12.3 % en la estación E1. *Mastogloia* sp fue observada tres estaciones del Valle con valores máximos de 3.2 % en la estación E3 y en Tapeixtles 12.3 % de la abundancia relativa (Figura 33).

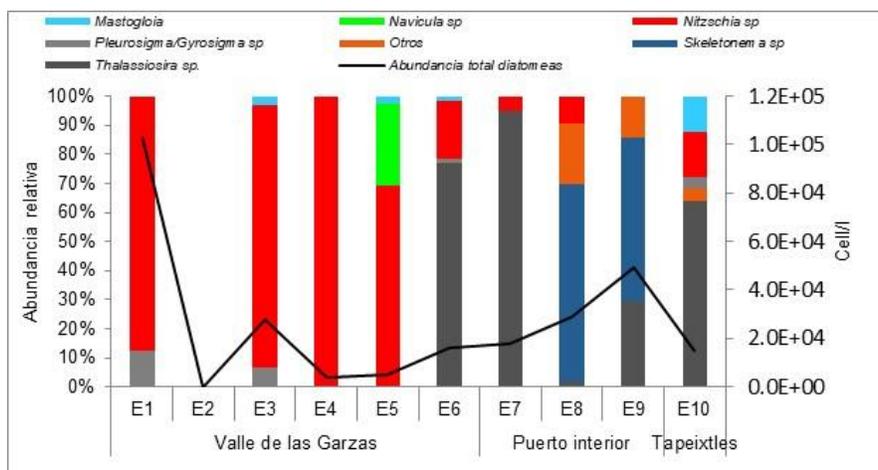


Figura 33. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.

IV.3.2. Laguna de Cuyutlán

En el mes de diciembre la mayor abundancia de diatomeas se registró en la estación E11 con 3.23×10^5 cél/l. *Coscinodiscus* sp se presentó en las estaciones E12, E13 y E14 con máximos de 78.2 % en E14. El grupo *Navicula* sp fue observado en todas las estaciones con máximos de 38.2 % en E15. *Skeletonema costatum* se registró en E11 y E13 con el 50.1% y 54.1 % de la abundancia relativa respectivamente. *Thalassiosira* sp fue observada E12 y E15 con 27.5 % y el 6.9 %, respectivamente. *Nitzschia* sp se registró puntualmente en E11 con el 23.5 %. *Cylindrotheca closterium* fue observado en E11 y E13 con máximo de 16.8 % en E11. *Cyclotella atomus* estuvo presente solo en la estación E15 con el 54.9 %. El género *Pseudonitzschia* se registró en E11 y E13 con máximos de 10.3 % en E13 (Figura 34).

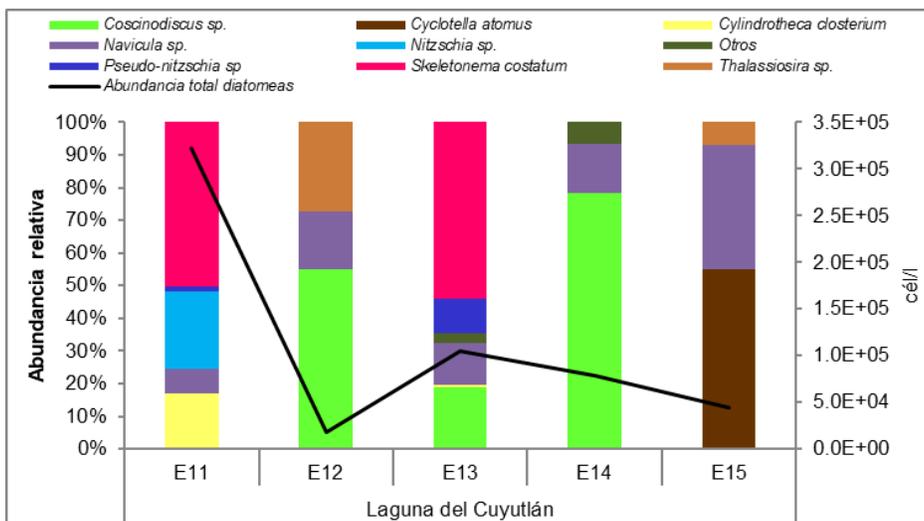


Figura 34. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, diciembre 2021.

IV.4. Composición taxonómica de dinoflagelados

IV.4.1. Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.

En diciembre los dinoflagelados se registraron solo en la estación E8 de San Pedrito con un valor de 2.35×10^3 células/l. Se observan solo dos componentes el grupo Dinoflagelados NI > 30 μm que constituye el 83.71 % y *Prorocentrum sp* el 14.29 % de la abundancia relativa (Figura 35).

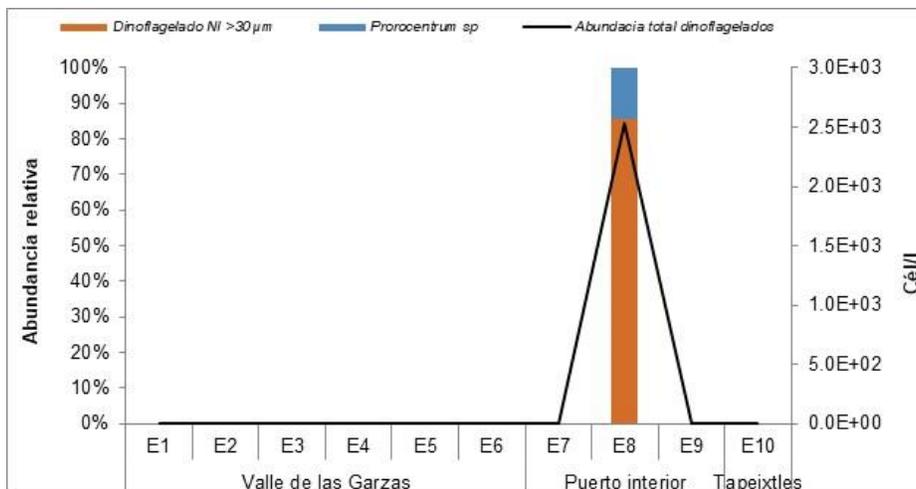


Figura 35. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de los dinoflagelados en la en la Laguna de del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, diciembre 2021.

IV.4.2. Laguna de Cuyutlán

Los dinoflagelados fueron observados solo en la estación E13 del Vaso III de la laguna de Cuyutlán abundancia de 5.42×10^3 cél/l, el único grupo presente fue el de Dinoflagelados NI < 30 μ m con el 100 % de la abundancia relativa (Figura 36).

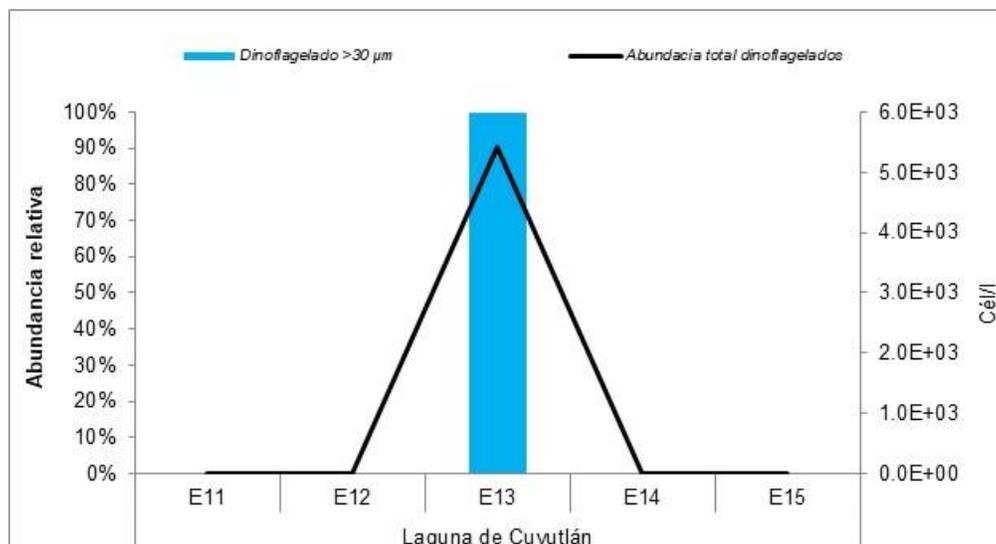


Figura 36. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de los dinoflagelados en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, diciembre 2021.

IV.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados

IV.5.1. Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.

Las cianobacterias NI >2 y < 20 μ m fueron dominantes en todas las estaciones del Valle de las Garzas y en la estación E7 de San Pedrito con valores máximos de 9.75×10^7 cél/l en E1 y valores sobre el 99.4 % de la abundancia relativa. *Phormidium* sp se registró con bajas abundancias en las estaciones del Valle de las Garzas con máximos de 0.4 % en E3, además se presentó en Tapeixtles con el 45.5 % de la abundancia relativa. El grupo de los nanoflagelados estuvo bien representado en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito con el 100 % de la abundancia relativa, en Tapeixtles constituyó el 54.5 % (Figura 37).

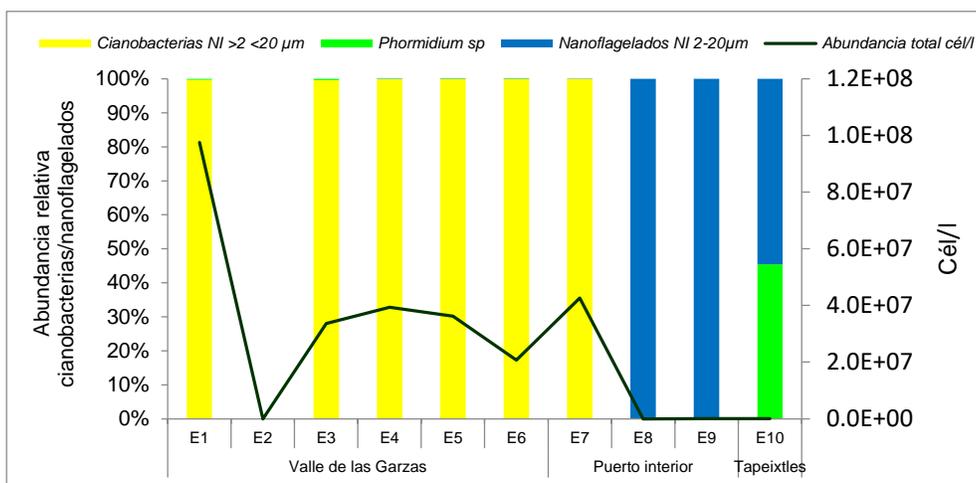


Figura 37. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, diciembre 2021.

IV.5.2. Laguna de Cuyutlán

En la laguna de Cuyutlán en el mes de diciembre la mayor abundancia de estos dos grupos se presentó en la estación E14 con un valor máximos de 6.93×10^7 células/l. Las Cianobacterias NI > 2 < 20 μm fueron dominantes en las estaciones E12 y E14 con valores de abundancia relativa del 100 %. El grupo Nanoflagelados 2-20 μm constituyó el 100 % en la estación E13 (Figura 38).

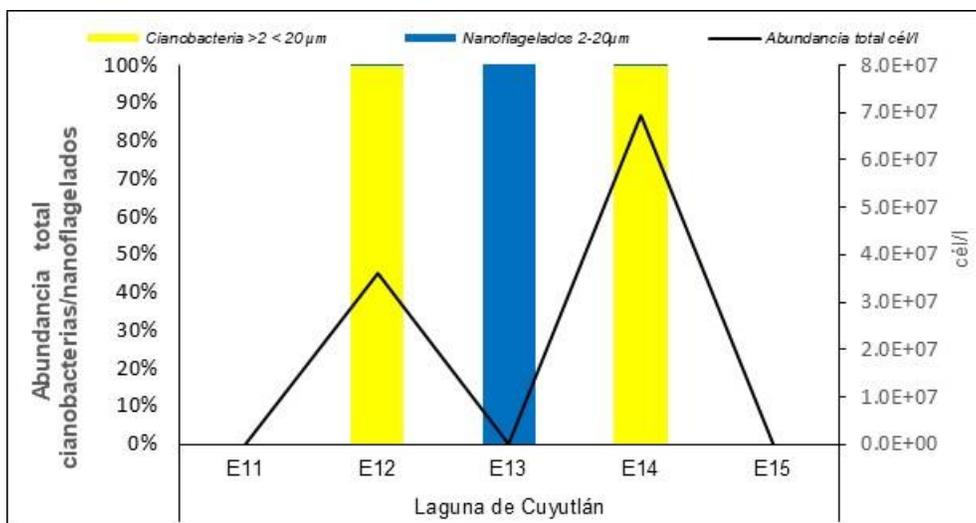


Figura 38. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna Cuyutlán, diciembre 2021.



IV.6. Depredadores

IV.6.1.- Abundancia relativa de depredadores de la laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles

En este mes de diciembre igual que en noviembre la presencia de hongos fue observada solo en la estación E1 del Valle de las Garzas, no pueden ser considerados depredadores, pero se incluyen en este punto por ser degradadores de materia orgánica. Además, se registró el grupo como Ciliados < 30 µm en la estación E6 y copépodos en la estación E8.

IV.6.2.- Abundancia relativa de depredadores en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán

En el mes de diciembre solo se registraron depredadores en la estación E14 en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán constituido por Depredador NI.

IV.7. Índice de Diversidad Shannon-Weaver

El Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el mes de diciembre 2021 osciló entre un valor mínimo de 5.35×10^{-3} en la estación E7 y un máximo de 1.59 en las estaciones E9 y E10, ambos en San Pedrito (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver de fitoplancton en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima.

Diciembre 2021									
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
0.04	0.00	4.81E-02	9.64E-03	7.65E-03	9.11E-03	5.35E-03	1.55	1.59	1.59

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán el Índice de Diversidad en el mes de diciembre 2021 osciló entre un valor mínimo de 0.006 en la estación E12 y un valor máximo de 1.25 en E12 (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver de fitoplancton en la Laguna de Cuyutlán Manzanillo, Colima.

Diciembre 2021				
E11	E12	E13	E14	E15
1.25	0.006	1.62	0.01	0.88

V. Interpretación de resultados

V.1. Abundancia de fitoplancton

En el mes de diciembre de 2021 los valores de abundancia fueron altos de 10^7 cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas, en una estación de San Pedrito y en dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán. Estos altos valores se deben a la presencia de cianobacterias con dimensiones inferiores a las 5 μm , este grupo ve favorecido su desarrollo por las condiciones presentes, en el caso de la LVG la salinidad aun es baja, aunque superior a meses anteriores, sin embargo, para que se produzca el cambio en la composición taxonómica del fitoplancton debe transcurrir mayor tiempo. En el caso de la Laguna de Cuyutlán la salinidad ya es superior a 29.9 UPS, se observa una disminución de la abundancia expresada como cél/l, solo en dos estaciones es superior a 10^7 cél/l, en los meses siguientes con escasas lluvias y debido a lo somero de la zona se incrementará la salinidad y disminuirá la abundancia del fitoplancton.

El análisis de la abundancia durante los cinco meses agosto diciembre 2021 de muestreo muestra el aumento del número de organismos comenzando en el mes de octubre en una estación en la LVG y en dos en la Laguna de Cuyutlán, en los meses de noviembre y diciembre, los valores son elevados en ambas lagunas. Los aportes de agua dulce contribuyen a fertilizar las lagunas aumentando la abundancia de fitoplancton.

En el periodo agosto 2019 julio 2020 los valores máximos se registraron en la estación E1 del Valle de las Garzas con valores inferiores en San Pedrito, Tapeixtles y la Laguna de Cuyutlán.



V.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos

La composición taxonómica en el mes de diciembre de 2021 estuvo dominada por el grupo de las cianobacterias en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas y la estación E7 de San Pedrito, la contribución de las diatomeas, dinoflagelados y nanoflagelados es insignificante. En las estaciones E8 y E9 de San Pedrito dominaron las diatomeas y en Tapeixtles se observaron a las diatomeas, los nanoflagelados y la cianobacterias. Los dinoflagelados estuvieron prácticamente ausentes en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, solo se registran en la estación E8. Se puede concluir que la influencia marina en San Pedrito y Tapeixtles promueve una mejor mezcla de la columna de agua con salinidades superiores y una dilución de los nutrientes que permiten que otros grupos fuera de las cianobacterias se encuentren mejor representados.

En diciembre en la Laguna de Cuyutlán dominaron las diatomeas en las estaciones E11, E13 y E15, las cianobacterias en las estaciones E12 y E14, los dinoflagelados y los nanoflagelados se registraron solo en la estación E13. Se observa un cambio en la composición taxonómica, es posible que en los siguientes meses las cianobacterias se encuentren totalmente desplazadas y sustituidas por grupos como diatomeas y dinoflagelados.

V.2.1 Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en el periodo agosto 2019 julio 2020.

Diatomeas

En los meses de agosto, septiembre y octubre las diatomeas se determinaron bien representadas en la mayoría de las estaciones, en noviembre se observó un cambio con una disminución de este grupo en las estaciones del Valle de las Garzas y en la Laguna de Cuyutlán. En San Pedrito en las estaciones E8 y E9 se mantuvieron como grupo mayoritario a través de los cinco meses. En Tapeixtles se observa un patrón semejante a San Pedrito.



La abundancia relativa de diatomeas en el periodo agosto 2019 julio 2020 indica dominancia de este grupo en los meses fríos del año, correspondientes a diciembre 2019 a marzo de 2020 en el Valle de las Garzas. En Tapeixtles se encuentran presentes durante todo el año y en la Laguna de Cuyutlán dominan y solo son reemplazados por los dinoflagelados en mayo 2020 durante un florecimiento algal de dinoflagelados. En el periodo agosto diciembre de 2021 las diatomeas son abundantes en los meses de agosto y septiembre en la laguna del Valle de las Garzas y en Cuyutlán, en octubre disminuyó su participación desapareciendo en noviembre, solo en Cuyutlán están presentes en dos estaciones. En San Pedrito y Tapeixtles se encuentran presentes en todo el periodo.

Dinoflagelados

Los dinoflagelados fueron abundantes en agosto en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y la Laguna de Cuyutlán disminuyendo su participación en los siguientes meses, ocasionalmente se observaron en algunas estaciones sin llegar a ser dominantes, es un grupo que debiera estar bien representado, pero por las condiciones de la zona no se está desarrollando adecuadamente.

En el periodo agosto 2019 julio 2020 se registra un Florecimiento Algal Nocivo (FAN) en el mes de mayo en la Laguna de Cuyutlán ocasionado por dinoflagelados.

En el periodo agosto diciembre 2021 fueron abundantes en el mes de agosto en todas las estaciones de muestreo disminuyendo su participación en octubre. En la Laguna del Valle de las Garzas no se registraron en noviembre y diciembre. En San Pedrito, Tapeixtles y Laguna de Cuyutlán fueron observados solo puntualmente en algunas estaciones. Los dinoflagelados son componentes comunes del fitoplancton con organismos tanto autótrofos como heterótrofos, su ausencia muestra que la composición taxonómica se encuentra alterada por cambios en las condiciones habituales del medio, ocasionada por influencia de origen antropogénico, es decir, aumento en la carga de nutrientes.



Nanoflagelados

Los nanoflagelados se registraron puntualmente en agosto en Tapeixtles, en septiembre fueron más abundantes en las estaciones del Valle de las Garzas y en dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán, en octubre se observaron con bajas abundancias relativas en la Laguna de Cuyutlán. En noviembre se registran en Tapeixtles y en una estación de San Pedrito y en diciembre en Tapeixtles, San Pedrito y una estación de la Laguna de Cuyutlán.

El análisis del periodo agosto 2019 julio 2020 en la laguna del Valle de las Garzas se presenta alta abundancia relativa de nanoflagelados en los meses de noviembre de 2019, abril, mayo y junio de 2020. En las estaciones de San Pedrito, Tapeixtles la Laguna de Cuyutlán sus abundancias fueron bajas en el periodo de muestreo.

En el periodo agosto diciembre 2021 los nanoflagelados se registraron en tres estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas máximos en el mes de septiembre, en los otros meses estuvieron ausentes o poco representados. En San Pedrito presentaron abundancias relativas alta en septiembre y diciembre. En Tapeixtles solo en diciembre presentaron valores altos de abundancia relativa. En la Laguna de Cuyutlán alcanzaron el máximo en el mes de agosto, en los meses siguientes presentaron valores inferiores.

Cianobacterias

Las cianobacterias no fueron registradas en los meses de agosto y septiembre, en estos meses aun no afecta la baja de salinidad a la zona y se presentan otros grupos como dominantes en estos meses. En octubre fueron dominantes en las estaciones E6 de la LVG, E7 de San Pedrito, además de las estaciones E14 y E15 de la Laguna de Cuyutlán, en este mes la salinidad promueve su crecimiento. En noviembre dominaron en la mayoría de las estaciones de la LVG y laguna de Cuyutlán con altas abundancias relativas, solo en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito

presentaron bajos valores. En diciembre su participación fue menor, siendo dominantes solo en las estaciones del LVG, estación E7 de San Pedrito y dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán.

El análisis del periodo agosto 2019- julio 2020 muestra dominancia de este grupo en el mes de agosto y septiembre en la Laguna del Valle de las Garzas y la estación E7 de San Pedrito disminuyendo su participación en octubre, noviembre y diciembre. En San Pedrito y Tapeixtles solo se observan en diciembre. En la Laguna de Cuyutlán fueron abundantes puntualmente en el mes de marzo.

En el periodo agosto-diciembre 2021 las cianobacterias estuvieron ausentes en agosto y septiembre, fueron abundantes en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas y en la estación E7 de San Pedrito en noviembre y diciembre, en octubre solo en E6 y E7. En la laguna de Cuyutlán fueron dominantes en octubre en las estaciones E14 y E15, en noviembre en todas las estaciones y en diciembre solo en las estaciones E12 y E14. En Tapeixtles se registraron solo en noviembre. Este grupo se ve favorecido por los altos nutrientes, baja hidrodinámica de la zona, altas temperaturas y salinidad relativamente baja para la zona. En época de secas no se ha detectado en San Pedrito ni en la laguna de Cuyutlán.

Arqueas

En el periodo agosto 2019 julio 2020 se presentó dominancia en la Laguna del Valle de las Garzas en el mes de julio del grupo a Arquea. Estos organismos solo se desarrollan en condiciones anóxicas indicando condiciones desfavorables del medio. En el periodo agosto diciembre 2021 no se detectaron estos organismos.

V.3. Composición taxonómica de diatomeas

En el mes de diciembre las diatomeas presentaron máximo de abundancia en la estación E1 del Valle de las Garzas con 1.03×10^5 cél/l. *Nitzschia* sp fue dominante en las estaciones E1, E3, E4 y E5 del Valle de las Garzas, en San Pedrito, en Tapeixtles y en la estación E11 de la laguna de Cuyutlán, especie tolerante a los cambios en salinidad y condiciones de estrés. *Thalassiosira* sp se registró en la



estación E6 del Valle, en las tres estaciones de San Pedrito, en Tapeixtles y en las estaciones E12 y E15 de la laguna de Cuyutlán, incluye especies de aguas costeras. *Skeletonema costatum* solo fue observado en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito y en las estaciones E11 y E13 de la laguna de Cuyutlán especie característica de aguas costeras y lagunas, indica la intrusión de agua salina en la zona. El grupo *Navicula* se registró puntualmente en la estación E5 del Valle de las Garzas y en todas las estaciones de la laguna de Cuyutlán, incluye organismos de hábitos bentónicos que son arrastrados a la columna de agua por la hidrodinámica de la zona. El grupo *Pleurosigma/Gyrosigma* estuvo poco representado solo en tres estaciones del Valle de las Garzas, incluye igualmente organismos de hábitos bentónicos. *Mastogloia* sp fue observada tres estaciones del Valle y en Tapeixtles especies tolerantes al estrés. *Cylindrotheca closterium* fue observado en E11 y E13 de la laguna de Cuyutlán especie tolerante al estrés. *Cyclotella atomus* estuvo presente solo en la estación E15, especie que se desarrolla en zona de altos fosfatos indicando contaminación por arrastres de zonas aledañas (Kipp, McCarthy, & Fusaro, 2019). El género *Pseudo-nitzschia* se registró en E11 y E13 este género incluye organismos potencialmente tóxicos, común en aguas costeras capaz de formar floraciones algales nocivas.

V.4 Composición taxonómica de dinoflagelados

En diciembre los dinoflagelados se registraron solo en la estación E8 de San Pedrito y en estación E13 del Vaso III de la laguna de Cuyutlán. Se observaron solo dos componentes el grupo Dinoflagelados NI presente en ambas estaciones y *Prorocentrum* sp solo en E8 de San Pedrito.

V.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados

Las cianobacterias NI >2 y < 20 μm fueron dominantes en todas las estaciones del Valle de las Garzas, en la estación E7 de San Pedrito y en las estaciones E12 y E14 de la Laguna de Cuyutlán, estos organismos presentan dimensiones que

imposibilitan su identificación al microscopio óptico, este grupo ha sido dominante en ocasiones anteriores. *Phormidium* sp se registró con bajas abundancias en las estaciones del Valles de las Garzas y Tapeixtles especie presente tolerante a salinidades medias. El grupo de los nanoflagelados estuvo bien representado en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito, en Tapeixtles y en la estación E13 de la laguna de Cuyutlán, incluye organismos generalmente de agua dulce y salobre.

V.6. Depredadores

En el presente mes de diciembre igual que en noviembre la presencia de hongos fue observada solo en la estación E1 del Valle de las Garzas, pueden ser considerados indicadores de contaminación. Además, se registró el grupo como Ciliados < 30 μm en la estación E6, copépodos en la estación E8 y en la estación E14 predador NI, la baja abundancia de depredadores indica condiciones no aptas.

V.7 Índice de Diversidad Shannon-Weaver

El Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el mes diciembre de 2021 fue inferior a 1 en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, la estación E7 de San Pedrito y en las estaciones E12 y E14 de la Laguna de Cuyutlán, en estas estaciones se observó dominancia de cianobacterias con valores superiores a 10^7 cél/l afectando negativamente al índice. La estación E15 de la laguna de Cuyutlán es la excepción no hay dominancia de cianobacterias, pero si baja diversidad de diatomeas.

V.8 Índice de Calidad Ambiental

Tabla 4. Categorías establecidas para determinar la calidad ambiental de la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán

Categoría ambiental Fitoplancton				
Aspecto	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Abundancia cél/l	$>10^5$	$<10^5 > 10^4$	$<10^4 > 10^3$	$<10^3 > 10^2$



Índice de diversidad	> 1.5	<1.5 >1	<1 > 0.5	>0.5
-----------------------------	-----------------	----------------------	-----------------------	----------------

De acuerdo con las categorías ambientales establecidas en la Tabla 4 en el mes de diciembre de 2021 se considera la calidad ambiental de la Laguna del Valle de las Garzas, las estaciones E7 y E8 de San Pedrito y el Vaso III de la laguna de Cuyutlán como Regular, las estaciones E8 y E 9 de San Pedrito y Tapeixtles como Bueno.

VII. Conclusiones

- En diciembre de 2021 se registraron valores máximos de 10^7 cél/l de abundancia fitoplanctónica en la Laguna del Valle de las Garzas y en la Laguna de Cuyutlán.
- En la Laguna de Cuyutlán a pesar del aumento de los valores de salinidad solo en dos estaciones aún se registra valores máximos de 10^7 cél/l indicando una baja hidrodinámica en la zona.
- El análisis de la abundancia en cél/l en el periodo agosto diciembre 2021 es baja en agosto, septiembre y octubre, en noviembre y diciembre aumentó en la Laguna del Valle de las Garzas y Cuyutlán.



- En el periodo agosto 2019-julio de 2020 se midieron valores altos de abundancia de fitoplancton en las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas con valores máximos en la estación E1. En San Pedrito, Tapeixtles y el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, los valores son inferiores.
- La composición taxonómica en el mes de diciembre de 2021 estuvo dominada por el grupo de las cianobacterias en la Laguna del Valle de las Garzas, la estación E7 de San Pedrito y en dos las estaciones de la laguna de Cuyutlán con valores de 10^7 cél/l afectando negativamente el índice de diversidad. En San Pedrito en las estaciones E8 y E9 dominaron las diatomeas. En Tapeixtles se observó diversidad de grupos fitoplanctónicos.
- El análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en el periodo agosto diciembre 2021 muestra en general una evolución de estar dominada por diatomeas en los primeros muestreos a dominancia de cianobacterias en noviembre y diciembre en las estaciones de la laguna del Valle de las Garzas y Cuyutlán.
- Los dinoflagelados se determinaron poco representados en todas las estaciones en el periodo agosto diciembre 2021.
- En el periodo agosto 2019 julio 2020 se registró un Florecimiento Algal Nocivo (FAN) en el mes de mayo en la Laguna de Cuyutlán.
- En el periodo agosto 2019 julio 2020 en la Laguna del Valle de las Garzas los dinoflagelados tuvieron baja participación en la composición taxonómica. En San Pedrito, Tapeixtles y la Laguna de Cuyutlán en el mes de mayo de 2020 se coincidió con una floración algal observada en estas fechas. En junio en San Pedrito se registró un máximo de 81.4 %.
- Las cianobacterias no fueron registradas en los meses de agosto y septiembre de 2021, en octubre fueron dominantes en las estaciones E6 de la LVG, E7 de San Pedrito, además de las estaciones E14 y E15 de la Laguna de Cuyutlán. En noviembre dominaron en la mayoría de las estaciones de la LVG y laguna de Cuyutlán con altas abundancias relativas. En diciembre su participación fue



menor siendo dominantes solo en las estaciones del LVG, estación E7 de San Pedrito y dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán.

- El análisis del periodo agosto 2019- julio 2020 muestra dominancia de este grupo en el mes de agosto y septiembre en la laguna del Valle de las Garzas y la estación E7 de San Pedrito disminuyendo su participación en octubre, noviembre y diciembre. En San Pedrito y Tapeixtles solo se observan en diciembre. En la laguna de Cuyutlán son abundantes puntualmente en el mes de marzo.
- Los hongos se registraron solo en la estación E1 del Valle de las Garzas, son organismos descomponedores de materia orgánica.
- El Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el mes diciembre de 2021 fue inferior a 1 en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, la estación E7 de San Pedrito y en las estaciones E12 y E14 de la laguna de Cuyutlán, en estas estaciones se observó dominancia de cianobacterias con valores superiores a 10^7 cél/l afectando negativamente al índice.

VIII. Bibliografía

- Baltierra-Rodriguez, J., Gluyas-Millán, G., & Chávez-Comparan, J. (1983). La Marea Roja De Abril De 1982 En La Laguna De Cuyutlán Colima, México. *Ciencias Marinas*, 9(1), 35-39.
- Contreras Espinosa, F. (1993). *Ecosistemas costeros mexicanos*. México, DF.
- García Rojas, J. L., González Esquivel, L. A., Pérez García, I., & Avila Colin, M. (2010). *Programa de monitoreo de las condiciones ambientales en la laguna de Valle de las Garzas y Laguna San Pedrito, Manzanillo, Colima*. Retrieved from
- Glibert PM, Seitzinger S, Heil CA et al (2005) The role of eutrophication in the global proliferation of harmful algal blooms: new perspectives and new approaches. *Oceanography* 18(2):198–209



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

- Glibert PM, Seitzinger S, Heil CA et al (2005) The role of eutrophication in the global proliferation of harmful algal blooms: new perspectives and new approaches. *Oceanography* 18(2):198–209
- Quijano-Scheggia, S., Jiménez Quiroz, M. C., Olivos Ortiz, A., Galicia Pérez, M. A., Gaviño Rodríguez, J. H., & Meyer Willerer, A. O. (2006). Cambios en la comunidad de diatomeas de la laguna de Cuyutlán (Colima, México), resultantes de la apertura de un canal de comunicación con el océano Pacífico. In M. C. y. E. E. B. Jiménez Quiroz (Ed.), *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán* (Vol. 1, pp. 335-356). Jalisco: SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca.
- Velasco Hernández, E., Zizumbo, L., Arriaga Álvarez, E., & Quintanilla Montoya, A. L. (2014). Transformación Ambiental de la Cabecera Municipal de Manzanillo, Colima, debido a la ampliación del Puerto.