



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. – ENERO-JULIO 2022

Responsable técnico del programa: Dra. Sonia Isabel Quijano Scheggia

Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán



**UNIVERSIDAD
DE COLIMA**

ÍNDICE

I. Introducción.....	10
I.1. Antecedentes	11
I.1.1 Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito (Puerto Interior).	11
I.1.2 Laguna de Cuyutlán	12
I.2. Objetivo del programa.....	13
I.2.1. General	13
I.2.2. Particular	13
II Indicadores ambientales y metas del programa.....	13
III. Descripción de trabajos-Metodología.....	14
III.1 Área de estudio.....	14
III.2 Actividades en campo.....	15
III.3. Actividades en laboratorio.....	17
IV. Resultados.....	18
IV.1 Abundancia de fitoplancton	18
IV.1.1. Valle de las Garzas y San Pedrito	18
IV.1.2. Laguna de Cuyutlán.....	19
IV.1.3. Análisis de la abundancia de fitoplancton en los doce meses de muestreo	22
IV.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos.	23
IV.2.1 Las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito.	23
IV.2.2. Laguna de Cuyutlán.....	24
IV.2.3. Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en los doce meses de muestreo	25
IV.3 Composición taxonómica de diatomeas	29
IV.3.1 Valles de las Garzas y San Pedrito.....	29
IV.3.2. Laguna de Cuyutlán.....	30
IV.4. Composición taxonómica de dinoflagelados	31
IV.4.1. Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito.....	31
IV.4.2. Laguna de Cuyutlán.....	31
IV.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados	32
IV.5.1. Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito.....	32
IV.5.2. Laguna de Cuyutlán.....	33

IV.6. Depredadores.....	34
IV.6.1. Abundancia relativa de depredadores de la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.....	34
IV.6.2.- Abundancia relativa de depredadores en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán.....	34
IV.7. Índice de Diversidad Shannon-Weaver	35
IV.8. Comparación de resultados en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.....	35
IV.8.1 Abundancia de fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022... ..	35
IV.8.2 Abundancia relativa de los principales grupos del fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022	38
IV.8.2.1 Abundancia relativa de Diatomeas.....	38
IV.8.2.2. Abundancia relativa de Dinoflagelados	39
IV.8.2.3. Abundancia relativa de Nanoflagelados	41
IV.8.2.4. Abundancia relativa de Cianobacterias	42
IV.8.2.5. Abundancia relativa de Arqueas.....	44
V. Interpretación de resultados	45
V.1. Abundancia de fitoplancton	45
V.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos	46
V.2.1- Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en doce meses de muestreo.	47
V.3. Composición taxonómica de diatomeas.....	50
V.4 Composición taxonómica de dinoflagelados	50
V.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados	51
V.6. Depredadores.....	51
V.7 Índice de Diversidad Shannon-Weaver	52
V.8. Comparación de resultados en los periodos 2019-2020 y 2021-2022	52
V.8.1 Abundancia de fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022....	52
V.8.2 Abundancia relativa de los principales grupos del fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022	52
V.8.2.1 Abundancia relativa de Diatomeas.....	52
V.8.2.2. Abundancia relativa de Dinoflagelados	53
V.8.2.3. Abundancia relativa de Nanoflagelados	54
V.8.2.4. Abundancia relativa de Cianobacterias	54
V.8.2.5. Abundancia relativa de Arqueas.....	55



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

V.8 Índice de Calidad Ambiental	56
VII. Conclusiones	56
VIII. Bibliografía	58



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.....	16
Tabla 2. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver de fitoplancton en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima.	35
Tabla 3. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver de fitoplancton en la Laguna de Cuyutlán Manzanillo, Colima.	35
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.	56

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.	14
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.	15
Figura 3. Actividades de campo para la toma de muestras de fitoplancton durante el muestreo del mes de julio 2022.....	16
Figura 4. Identificación de organismos fitoplanctónicos al microscopio invertido en el laboratorio, julio 2022.	18
Figura 5. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito, julio 2022	19
Figura 6. Abundancia fitoplanctónica cél/l en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, julio 2022.....	19
Figura 7. Precipitación registrada en el Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Manzanillo) en Manzanillo, Colima, mayo 2013- julio 2021.	20

Figura 8. Variación de la salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, agosto 2021- julio 2022...	21
Figura 9. Variación de la salinidad en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2021- julio 2022.....	22
Figura 10. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto- julio 2021 (por razones de presentación se eliminaron dos valores de las estaciones E14 y E15 del mes de octubre)	23
Figura 11. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, julio 2022.	24
Figura 12. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, julio 2022.....	24
Figura 13. Abundancia relativa de diatomeas (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.	26
Figura 14. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.	27
Figura 15. Abundancia relativa de nanoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.	28
Figura 16. Abundancia relativa de cianobacterias (%) en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.	29
Figura 17. 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, julio 2022.....	30
Figura 18. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, julio 2022.....	31

Figura 19. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de los dinoflagelados en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, julio 2022..	32
Figura 20. 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, julio 2022.....	33
Figura 21. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna Cuyutlán, julio 2022.	34
Figura 22. Mínimos máximos y promedios de abundancia fitoplanctónica por meses del año en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.....	36
Figura 23. Mínimos máximos y promedios, abundancia fitoplanctónica por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.....	36
Figura 24. Mínimos máximos y promedios de salinidad (UPS) por meses del año en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.....	37
Figura 25. Mínimos máximos y promedios de salinidad (UPS) por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.....	37
Figura 26. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de diatomeas por meses de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.	38
Figura 27. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de diatomeas por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022	39
Figura 28. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de diatomeas por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.....	39



Figura 29. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de dinoflagelados por meses de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 40

Figura 30. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de dinoflagelados por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 40

Figura 31. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de dinoflagelados por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles..... 41

Figura 32. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de nanoflagelados por meses de muestreo en las Lagunas del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022. 41

Figura 33. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de nanoflagelados por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022..... 42

Figura 34. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de nanoflagelados por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles..... 42

Figura 35. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de cianobacterias por meses de muestreo en las Lagunas del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022. 43

Figura 36. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Cianobacterias por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022..... 43

Figura 37. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Cianobacterias por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles..... 44

Figura 38. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Arqueas por meses de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022. 44



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

Figura 39. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Arqueas por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles..... 45



I. Introducción.

Los ecosistemas marinos están sujetos a una multitud de presiones humanas directas, como la sobreexplotación, la eutrofización, la contaminación y la introducción de especies (Burrows et al., 2011), incluidos los efectos de impactos globales, a saber, la acidificación de los océanos y el cambio climático. Estos factores de estrés pueden tener efectos sinérgicos en los ecosistemas marinos (Griffen, Belgrad, Cannizzo, Knotts, & Hancock, 2016) alterando su funcionamiento y capacidad para proporcionar bienes y servicios.

Los métodos tradicionales aplicados para analizar la biodiversidad marina (p. ej., identificación morfológica de especies, cultivos de laboratorio, análisis toxicológicos) se basan en la identificación morfológica y estudios de observación, que son costosos, requieren mucho tiempo y se caracterizan por un bajo potencial de ampliación para resolver el cambio. Una de las limitaciones más evidentes de los enfoques tradicionales es la identificación y cuantificación de especies raras y la capacidad de distinguir especies morfológicamente cercanas o idénticas (es decir, especies crípticas), o estadios juveniles pobremente caracterizados de especies conocidas.

Muchos informes y documentos revisan el aumento de la contaminación por nutrientes ocasionado principalmente por factores como el aumento de la población humana, el aumento de la demanda de energía, el aumento del uso de fertilizantes de nitrógeno (N) y fósforo (P) para la agricultura, los cambios en la dieta humana que conducen a una mayor producción de carne y desechos animales, y la expansión de las industrias acuícolas (P.M. Glibert et al., 2005 ; Howarth, 2008; Smil, 1999). Las fuentes de nutrientes de la tierra, el aire e incluso el agua continúan cambiando. La aceleración en el uso de fertilizantes nitrogenados, catalizada por el desarrollo de la capacidad industrial para convertir el gas N₂ del aire en fertilizante (el Proceso Haber Bosch), ha contribuido a la “revolución verde” responsable del aumento de la producción de alimentos que ha respaldado la expansión de población humana.



El éxito de las HAB radica en la intersección de las adaptaciones fisiológicas de las especies de algas nocivas o tóxicas, las condiciones ambientales y las interacciones con organismos concurrentes que alteran las condiciones abióticas y/o agregan o dispersan células, lo que a su vez promueve o inhibe su crecimiento. Es un cambio en el suministro de los nutrientes en el momento adecuado que ayuda a crear las condiciones propicias para las FAN específicas. Muchas FAN de dinoflagelados y cianobacterias parecen tener adaptaciones que les permiten explotar entornos, y potencialmente incluso volverse más tóxicos, donde los nutrientes no están en proporciones equilibradas (Redfield). Las FAN también están cambiando de manera compleja debido a las alteraciones en el clima y cambios que afectan el momento, la cantidad o las proporciones de los nutrientes. Es necesario realizar más investigación para comprender la ecología fisiológica de las FAN y otras especies concurrentes. El cambio climático y los niveles alterados de CO₂ con sus implicaciones para la productividad alterada del océano global, deberían motivar tanto nuevos modelos como investigaciones experimentales que los respalden. Con base en el conocimiento actual, las implicaciones de gestión son claras: las acciones más efectivas para reducir las HAB y sus impactos serán los esfuerzos continuos para reducir los nutrientes que ingresan a nuestra agua (Patricia M Glibert & Burford, 2017).

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) Baltierra-Rodriguez, Gluyas-Millán, and Chávez-Comparan (1983) Baltierra-Rodriguez, Gluyas-Millán, and Chávez-Comparan (1983) Baltierra-Rodriguez, Gluyas-Millán, and Chávez-Comparan (1983) 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) Quijano-Scheggia et al. (2006) Quijano-Scheggia et al. (2006) Quijano-Scheggia et al. (2006) 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 en las dos primeras semanas de julio, 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 la comunidad fitoplanctónica en el periodo agosto 2021- julio 2022, 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 en el mes de julio 2022.
- 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 en el mes de julio 2022.
- 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 julio 2022.

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), en San Pedrito y Tapeixtles (E7 a 10).

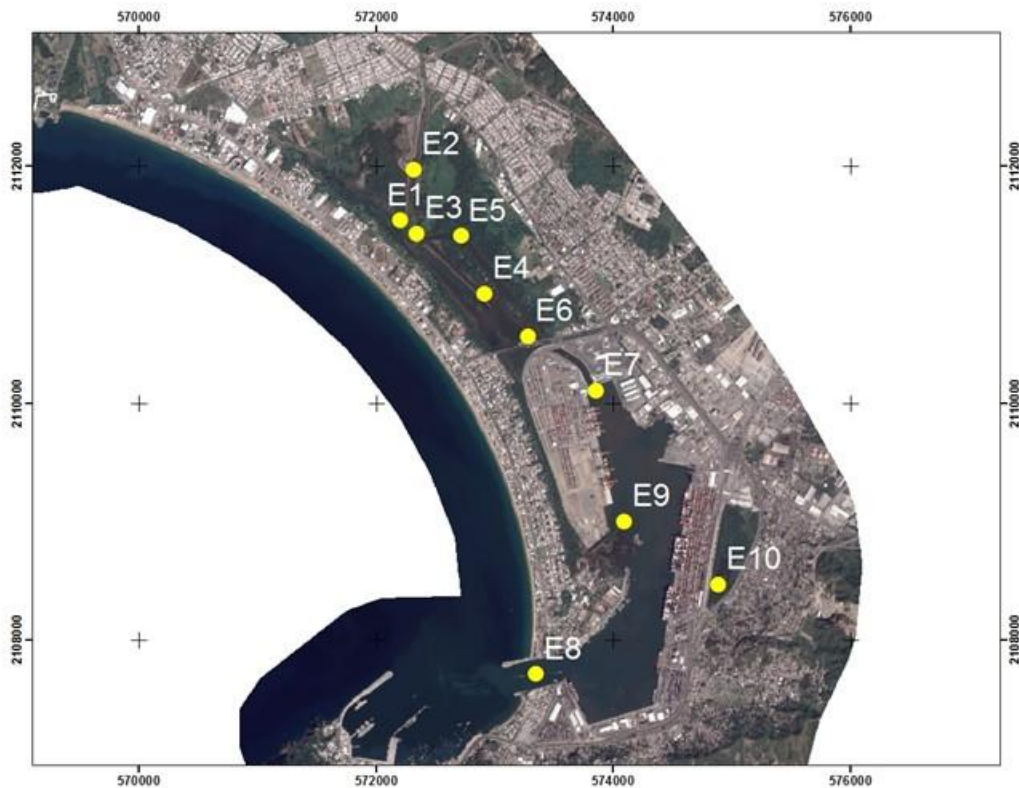


Figura 1. Ubicación de las estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

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

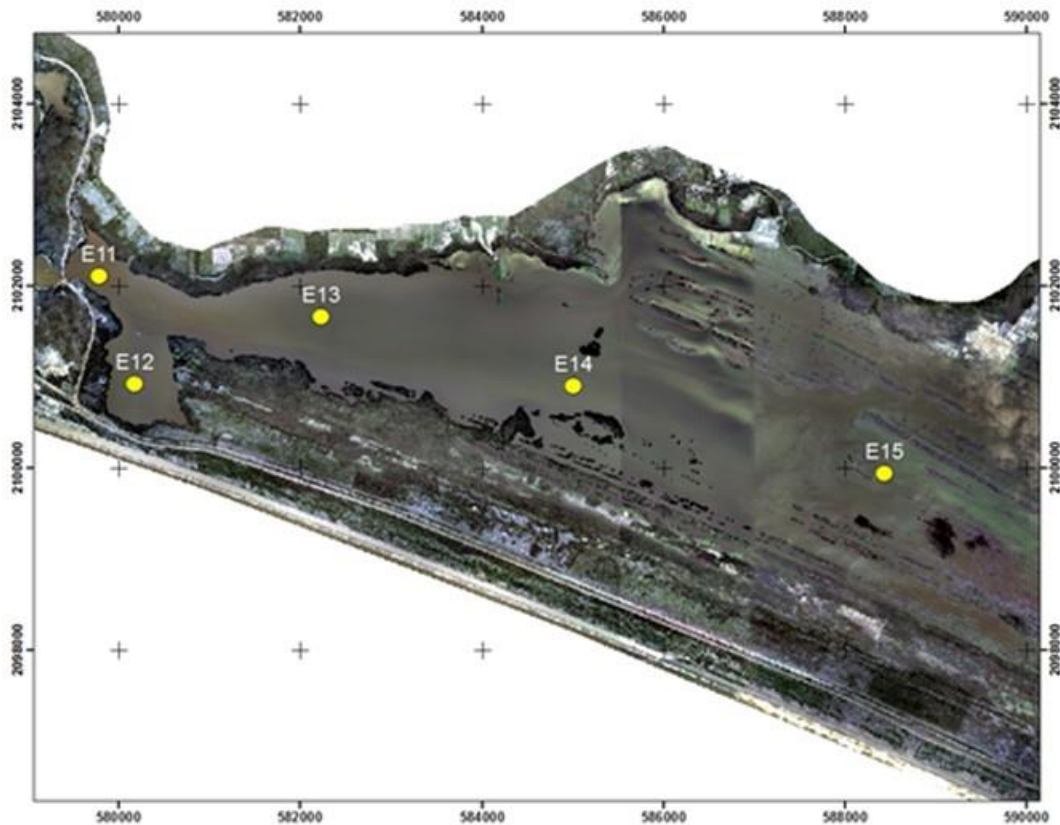


Figura 2. Ubicación de las estaciones en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.

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 la primera semanas del mes de julio. 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.



Figura 3. Actividades de campo para la toma de muestras de fitoplancton durante el muestreo del mes de julio 2022.

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

Laguna de Cuytlán	Coordenadas	
	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, julio 2022.

IV. Resultados

IV.1 Abundancia de fitoplancton

IV.1.1. Valle de las Garzas y San Pedrito

La abundancia de fitoplancton en el mes de julio expresada como células/l (cél/l) en el Valle de las Garzas osciló entre el valor mínimo de 2.13×10^3 células/l en la estación E6 y un valor máximo de 1.23×10^7 células/l en la estación E3 el promedio fue de 2.08×10^4 células/l. En San Pedrito el mínimo fue de 6.21×10^3 células/l en la estación E9, el máximo de 2.53×10^4 células/l en la estación E7 y el promedio 1.64×10^4 células/l (Fig. 5).

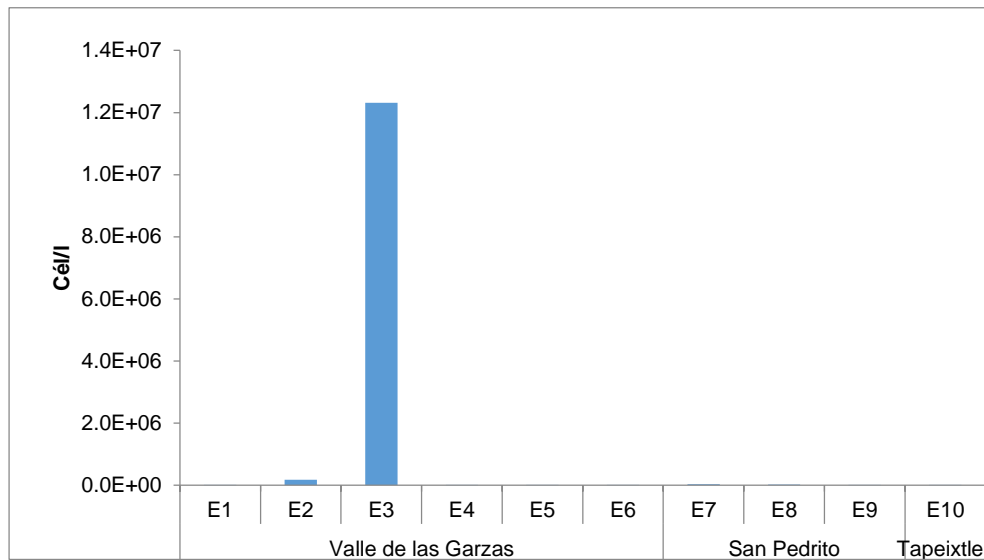


Figura 5. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito, julio 2022

IV.1.2. Laguna de Cuyutlán

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán los valores de abundancia oscilaron entre un mínimo de 2.45×10^4 cél/l en la estación E11 y un máximo de 7.1×10^4 cél/l en la estación E15 y un promedio de 5.08×10^4 cél/l (Fig. 6).

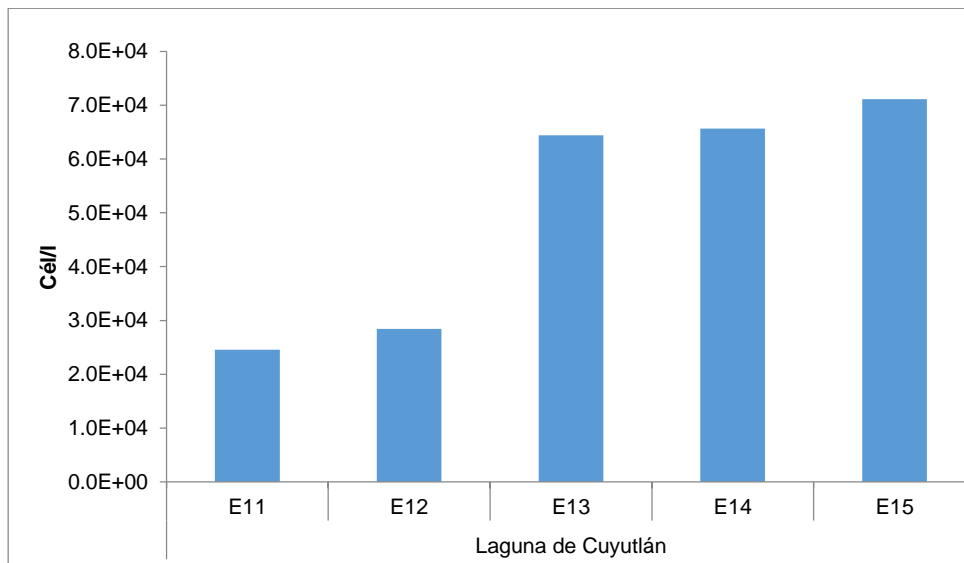


Figura 6. Abundancia fitoplanctónica cél/l en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, julio 2022

valores alto cerca de San Pedrito y bajos en las estaciones E1 y E2. En San Pedrito los valores son superiores con valores mínimos en la estación E7 y valores sobre 33 UPS de noviembre a julio. La salinidad es un factor que modula la composición taxonómica del fitoplancton presente en esta zona (Fig. 8).

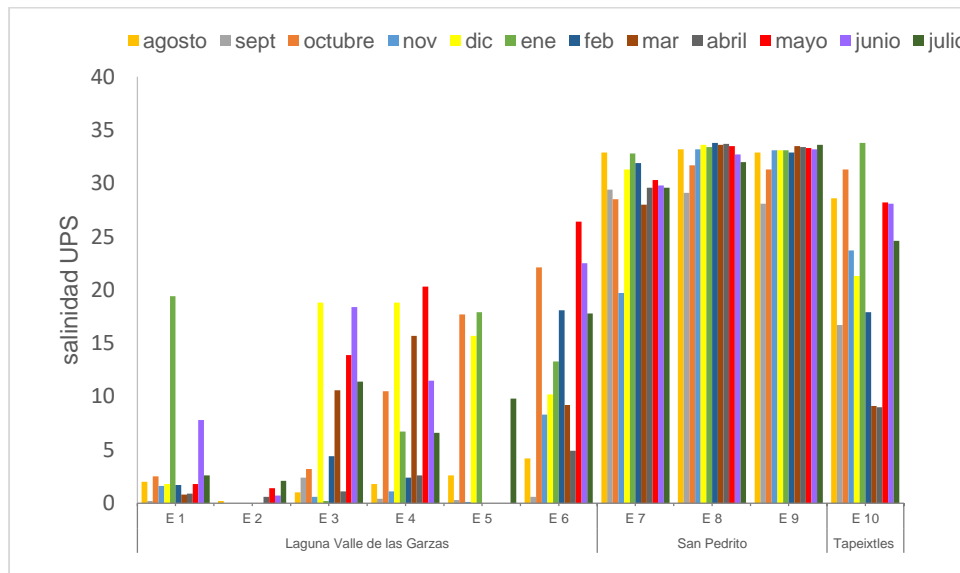


Figura 8. Variación de la salinidad registrada en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, agosto 2021- julio 2022

En la Laguna de Cuyutlán la salinidad osciló entre un valor mínimo de 29.9 UPS en la estación E15 un máximo de 33.7 UPS en la estación E12. La salinidad es menor en las estaciones más internas de la laguna debido a los aportes de agua dulce en esta época, los valores continuarán disminuyendo durante la época de lluvia (Fig. 9).

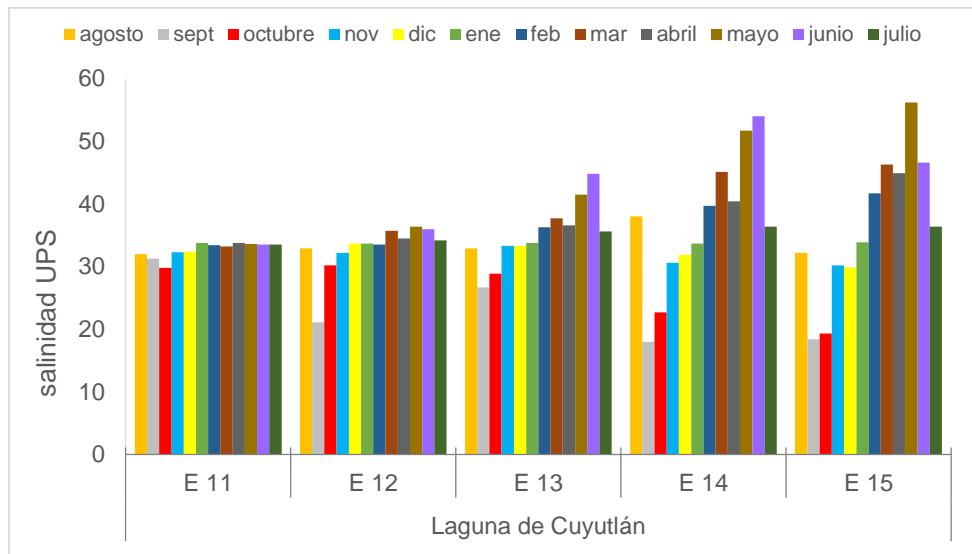


Figura 9. Variación de la salinidad en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, agosto 2021- julio 2022

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

El análisis del período muestra en los primeros muestreos (agosto y septiembre) valores inferiores con máximos de 10^5 cél/l, se presentó un incremento notable en los meses de noviembre, diciembre y enero en el número de 10^7 cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas, en febrero disminuyeron a. Las estaciones E8 de San Pedrito y Tapeixtles no se han visto afectadas por este incremento. En los meses de enero, febrero, marzo y abril en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán los valores oscilaron entre 10^4 y 10^5 cél/l. En los meses de marzo y abril en las estaciones del Valle de las Garzas aumenta el número de cél/l. En mayo y junio los valores de abundancia disminuyeron en todas las estaciones, en julio solo en la estación E3 se registran valores de 10^7 cél/l, el cambio en la salinidad afecta significativamente este valor. 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 (Fig.10).

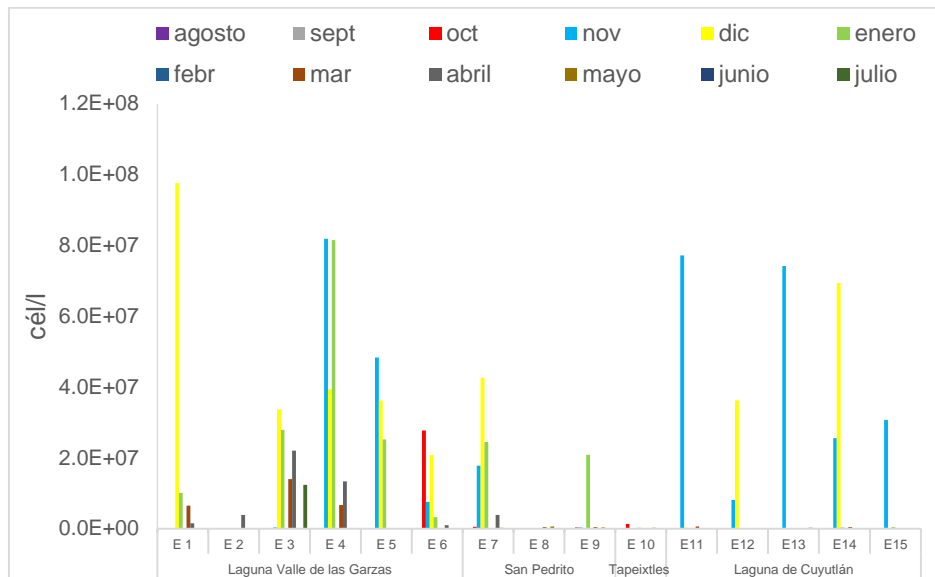


Figura 10. Abundancia fitoplanctónica cél/l en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto- julio 2021 (por razones de presentación se eliminaron dos valores de las estaciones E14 y E15 del mes de octubre)

IV.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos.

IV.2.1 Las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito.

En el mes de julio 2022 la composición taxonómica estuvo representada en cuatro estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas por el grupo de las nanoflagelados, con valores máximos de 58.4 % de la abundancia relativa en la estación E4, además se registraron en la estación E7 de San Pedrito con el 32.7 %. En la estación E3 se presentaron organismos Arqueas con el 99.8 % de la abundancia relativa. Las diatomeas fueron dominantes en las estaciones E1 y E2 y con valores sobre el 41 % en las estaciones E4, E5 y E6. Las cianobacterias solo se registraron en la estación E2 con el 35.8 %. En San Pedrito y en Tapeixtles dominaron las diatomeas con valores sobre el 67 %. Los dinoflagelados no fueron identificados en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito ni en Tapeixtles (Fig. 11).

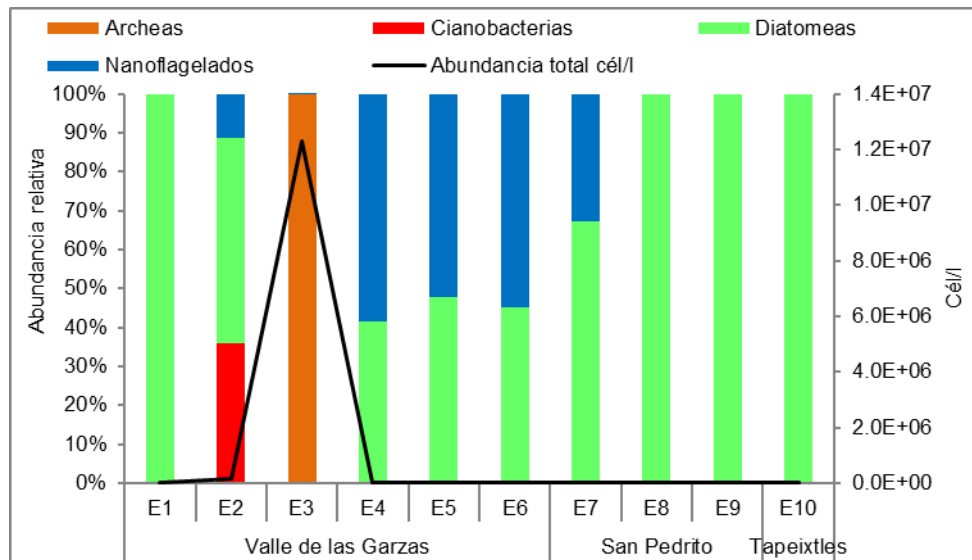


Figura 11. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, julio 2022.

IV.2.2. Laguna de Cuyutlán

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán dominaron las diatomeas en todas las estaciones con valores superiores al 80 % de la abundancia relativa, los dinoflagelados estuvieron presentes en cuatro estaciones con valores máximos de 7.6 % en E12. Los nanoflagelados se registraron en tres estaciones E11, E14 y E15 con valores máximos en E14 de 16.6 % (Fig. 12).

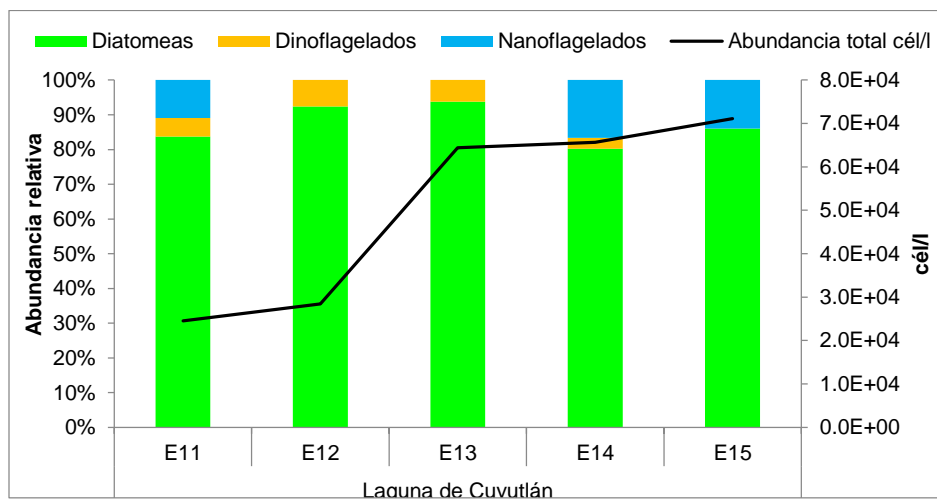


Figura 12. Abundancia total y Abundancia relativa por grandes grupos, en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, julio 2022.



IV.2.3. Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en los doce meses de muestreo

Abundancia relativa de diatomeas

En el mes de julio de 2022 las diatomeas estuvieron presentes en cinco estaciones en el Valle de las Garzas, y fueron dominantes en San Pedrito y en Tapeixtles. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán continuaron siendo el principal grupo identificado. En los meses de agosto, septiembre y octubre las diatomeas estuvieron bien representadas en la mayoría de las estaciones, tanto en el Valle de las Garzas, San Pedrito y en la Laguna de Cuyutlán. En noviembre y diciembre 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 enero de 2022 no se registraron en la Laguna del Valle de las Garzas, solo en la estación E8 de San Pedrito y en Tapeixtles. En febrero y marzo fueron abundantes en la estación E6 del Valle de las Garzas, en San Pedrito estuvieron bien representadas. En el mes de abril las diatomeas no fueron identificadas en el Valle de las Garzas, ni en la estación E7 de San Pedrito, si constituyeron el 100 % de la abundancia relativa en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito, en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán presentaron altas abundancias relativas en este mes. En San Pedrito en la estación E8 se mantuvieron como grupo mayoritario a través de los doce meses. En Tapeixtles fueron abundantes y siempre se presentaron en la composición taxonómica. En mayo de 2022 las diatomeas presentaron bajas abundancias en el Valle de las Garzas, fueron abundantes en San Pedrito y en Tapeixtles. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán continuaron presentando altas abundancias relativas. En el mes de junio las diatomeas presentaron bajas abundancias en el Valle de las Garzas, fueron dominantes en San Pedrito y en Tapeixtles (Fig. 13).

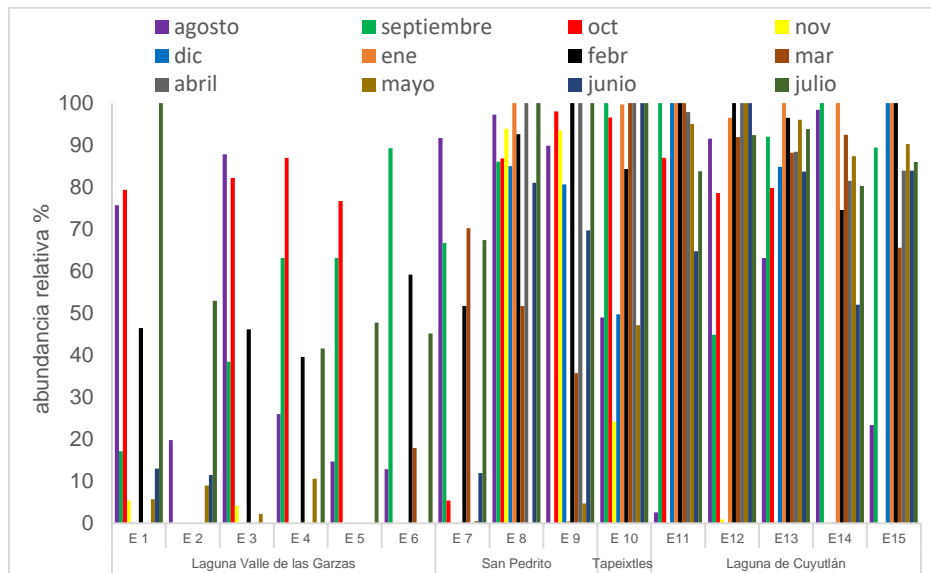


Figura 13. Abundancia relativa de diatomeas (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.

Dinoflagelados

En julio los dinoflagelados no se registraron en las estaciones en el Valle de las Garzas, San Pedrito ni en Tapeixtles. En la Laguna de Cuyutlán se observaron en cuatro estaciones. El análisis de los doce meses muestra que este grupo estuvo bien representado en el mes de agosto en todas las estaciones de muestreo disminuyendo su participación en los siguientes meses, ocasionalmente se observaron en algunas estaciones sin llegar a ser dominantes. En marzo estuvieron ausentes en el Valle de las Garzas, se identificaron en San Pedrito y la Laguna de Cuyutlán con abundancias relativas altas sin llegar a ser dominantes. En abril los dinoflagelados estuvieron ausentes en el Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y se registraron con bajas abundancia en tres estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En mayo los dinoflagelados estuvieron ausentes en el Valle de las Garzas, fueron dominantes en San Pedrito y Tapeixtles y se registraron con bajas abundancia en tres estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En junio los dinoflagelados estuvieron presentes con bajas abundancias en la mayoría de las estaciones en el Valle de las Garzas y en San Pedrito, ausentes en Tapeixtles. En la Laguna de Cuyutlán se registraron en cuatro estaciones (Fig. 14).

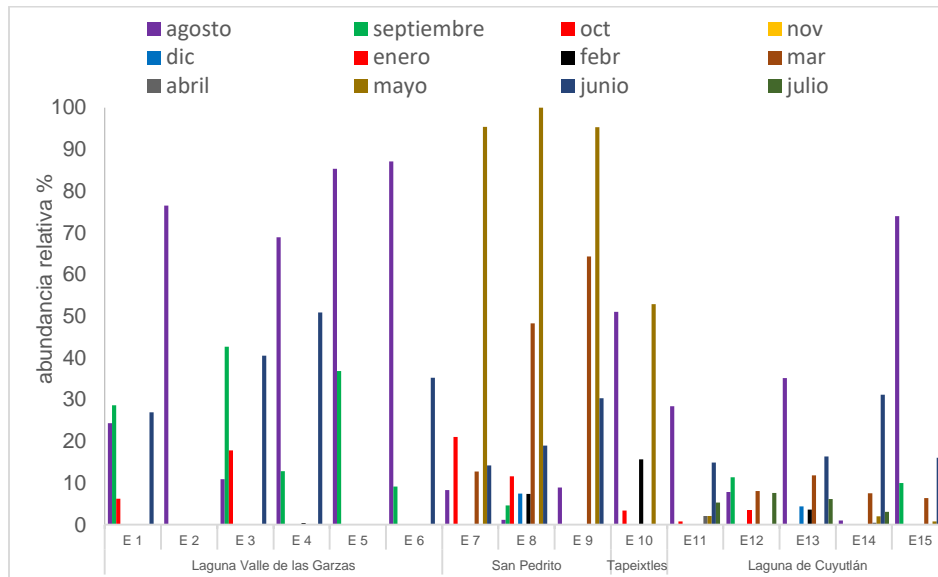


Figura 14. Abundancia relativa de dinoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.

Nanoflagelados

Los nanoflagelados en el mes de julio fueron dominantes en tres estaciones de la Laguna del Valle, además se registraron en la estación E2 y en la estación E7 de San Pedrito, en la Laguna de Cuyutlán presentaron bajas abundancias en tres estaciones. En agosto presentaron bajas abundancias en tres aumentando su participación en septiembre en las estaciones del Valle de las Garzas y en dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En noviembre disminuyeron su participación en toda la zona de muestreo, en diciembre se registraron en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito, en Tapeixtles y en una estación en Cuyutlán. En enero 2022 estuvieron prácticamente ausentes. En febrero fueron abundantes en la Laguna del Valle de las Garzas, la estación E7 de San Pedrito y en la Laguna de Cuyutlán. En marzo solo se registraron en la estación E7 de San Pedrito y E15 de la Laguna de Cuyutlán. En abril solo se registraron en la estación E7 de San Pedrito y en las estaciones E13, E14 y E15 de la Laguna de Cuyutlán. Los nanoflagelados en mayo fueron dominantes en la estación E6 de la Laguna del Valle con menor abundancia en la estación E7 de San Pedrito, en la Laguna de Cuyutlán presentaron bajas abundancias en cuatro estaciones. Los nanoflagelados en junio estuvieron bien

representados en todas las estaciones de la Laguna del Valle y en la estación E7 de San Pedrito, en la Laguna de Cuyutlán presentaron bajas abundancias en dos estaciones (Fig. 15).

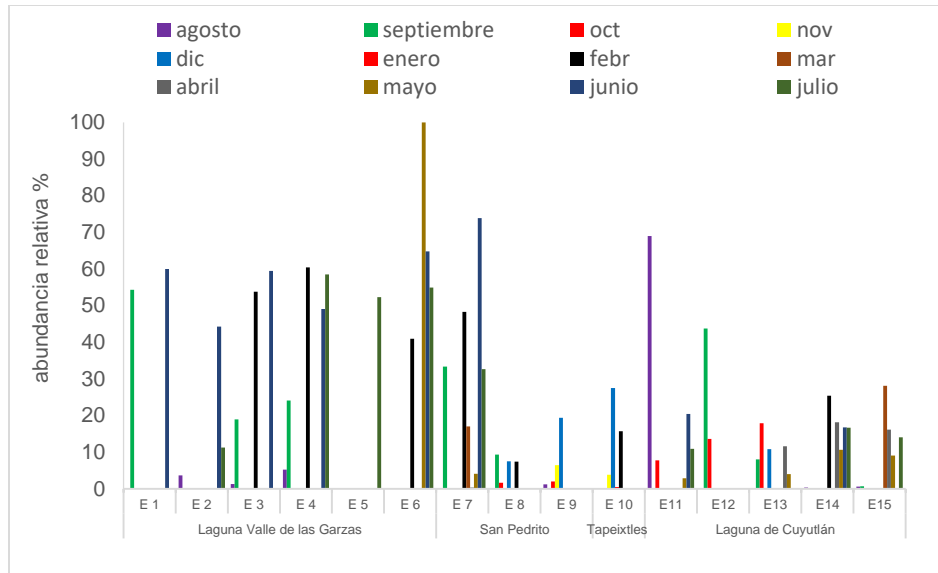


Figura 15. Abundancia relativa de nanoflagelados (%) en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.

Cianobacterias

En el mes de julio las cianobacterias solo se observaron en la estación E2 de la Laguna del Valle de la Garzas, no fueron observadas en San Pedrito ni en la Laguna de Cuyutlán. En los meses de agosto y septiembre no fueron registradas, 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 de LVG, estación E7 de San Pedrito y dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En el mes de enero estuvieron presentes en todas las estaciones del Valle de las Garzas y en la estación E7 y E9 de San Pedrito. En febrero solo estuvieron presentes en la estación E1 del Valle de las Garzas. En el mes de marzo se registraron con bajas abundancias en todas las

estaciones de LVG y solo fueron dominantes en la estación E6. En el mes de abril las cianobacterias estuvieron presentes con bajas abundancias en todas las estaciones de la Laguna del Valle de la Garzas. En mayo las cianobacterias dominaron en cuatro estaciones de la Laguna del Valle de la Garzas, no fueron observadas en San Pedrito ni en la Laguna de Cuyutlán. En el mes de junio solo se observaron en la estación E2 de la Laguna del Valle de la Garzas, no fueron observadas en San Pedrito, ni en la Laguna de Cuyutlán (Fig. 16).

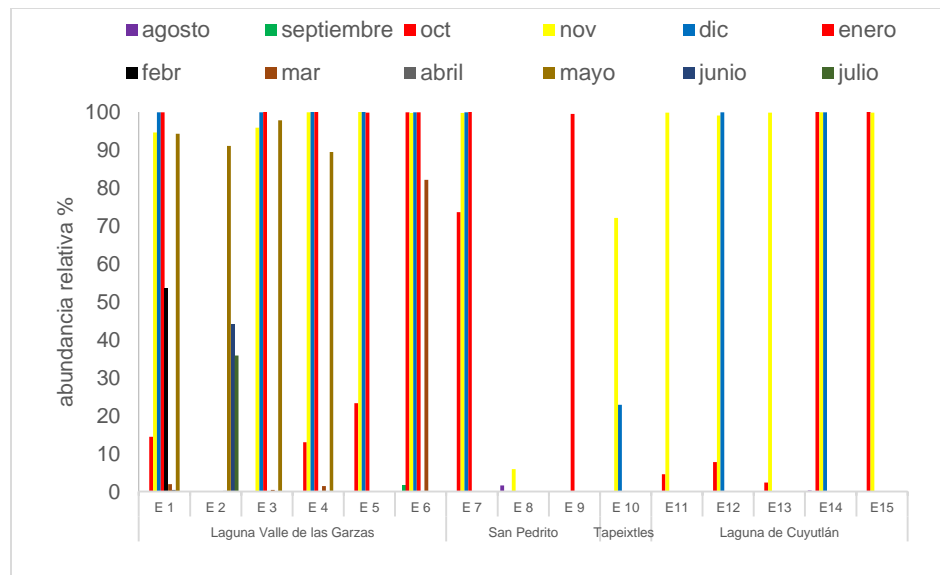


Figura 16. Abundancia relativa de cianobacterias (%) en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, agosto 2021- julio 2022.

IV.3 Composición taxonómica de diatomeas

IV.3.1 Valles de las Garzas y San Pedrito.

En el mes de julio las diatomeas registraron máximos de abundancia en la estación E2 de la Laguna del Valle de las Garzas con 8.88×10^4 cél/l. *Nitzschia* sp se presentó en todas las estaciones del Valle de las Garzas y San Pedrito con valores de 100 % en la estación E1 del Valle y valores sobre el 15 % en las otras estaciones, no se registró en Tapeixtles. *Thalassiosira* sp fue dominante en las estaciones E3, E4, E5 y E6 del Valle con valores máximos de 81.1 % en E6, además se registró en la estación E7 de San Pedrito con 48.5% y Tapeixtles con 24.2 %. *Achnanthes* sp se presentó puntualmente en la estación E2 con el 36 % de la abundancia relativa.

Chaetoceros pseudocurvisetus, *Leptocylindrus danicus* y *Guinardia* sp solo se registraron en la estación E9 de San Pedrito con valores de 26.4 %, 13 % y 25.1 %, respectivamente. El género *Pseudo-nitzschia* se registró en la estación E9 de San Pedrito y en Tapeixtles con el 15.5 % y 32.2 % respectivamente. *Cylindrotheca closterium*, *Entomoneis alata* y *Navicula yarrensis* se presentaron en las estaciones E8 y en Tapeixtles con valores máximos de 27.8 % en E8 y 20.8 % en Tapeixtles y 20.5 % en E8, respectivamente. El grupo *Pleurosigma/Gyrosigma* se identificó solo en la estación E8 y en Tapeixtles con el 23.4 % (Fig. 17).

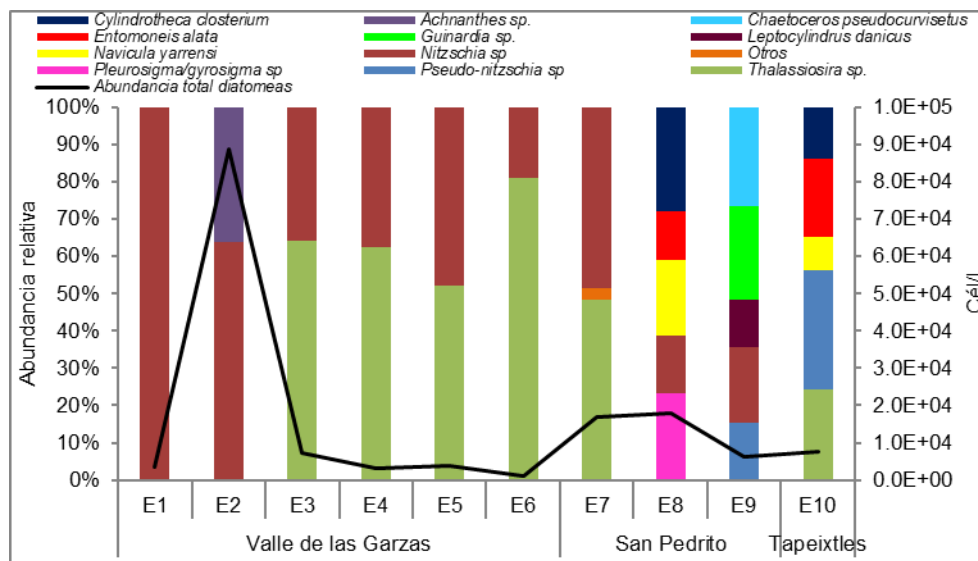


Figura 17. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, Manzanillo, Colima, julio 2022.

IV.3.2. Laguna de Cuyutlán

En el mes de julio la mayor abundancia de diatomeas se registró en la estación E15 con 6.12×10^4 cél/l. *Coscinodiscus* sp se presentó en todas las estaciones con abundancias altas y máximos de 50% en la estación E12. *Navicula yarrensis* fue observada igualmente en todas las estaciones con menores abundancias relativas con máximos de 20.7 % en E12. El grupo *Pleurosigma/Gyrosigma* se observó en cuatro estaciones con valores altos y máximos de 53.9 % en la estación E13. *Nitzschia* sp se registró en dos estaciones con máximos de 13.3 % en E15. El

género *Pseudo-nitzschia* solo se registró en E11 con el 20.4 % de la abundancia relativa (Fig. 18).

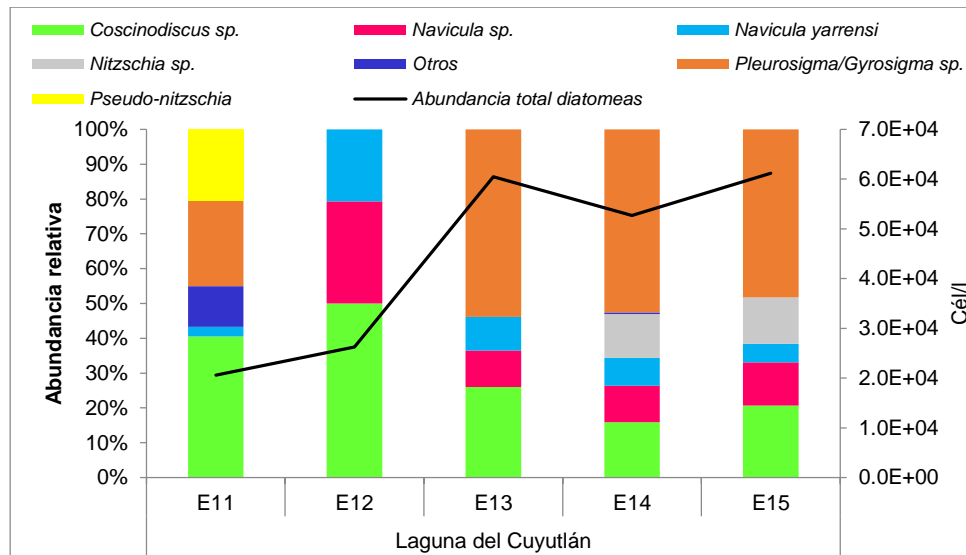


Figura 18. Abundancia total y relativa de organismos pertenecientes al grupo de las diatomeas en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, julio 2022.

IV.4. Composición taxonómica de dinoflagelados

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

Los dinoflagelados en el mes de julio no fueron registrados en el Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

IV.4.2. Laguna de Cuyutlán

Los dinoflagelados se registraron en cuatro estaciones con máximos en la estación E13 de 3.98×10^3 cél/l. *Gyrodinium sp* fue dominante en todas las estaciones. El grupo Dinoflagelado NI > 30 μ m se presentó en la estación E12 con el 33.3 % de la abundancia relativa (Fig.19).

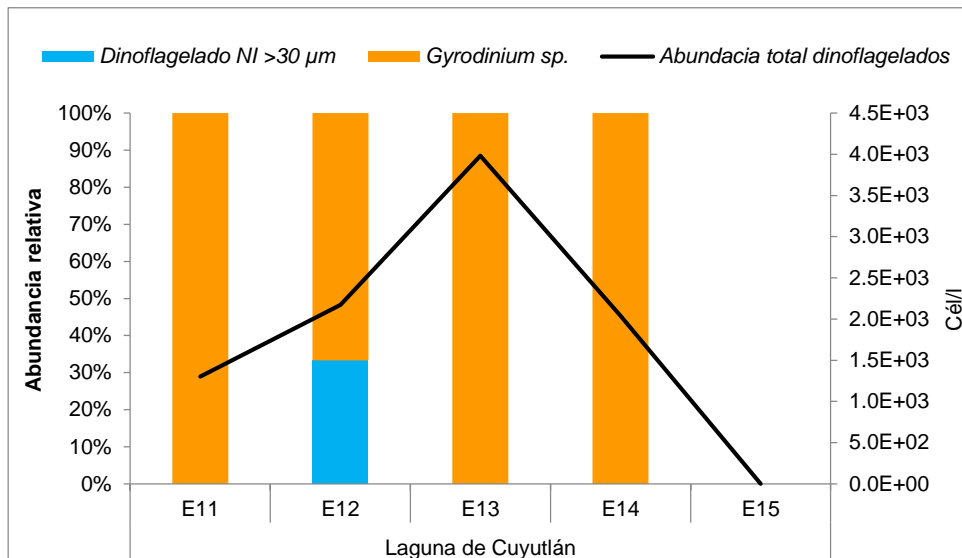


Figura 19. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de los dinoflagelados en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, julio 2022.

IV.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados

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

En el mes de julio el grupo cianobacterias/nanoflagelados presentaron la mayor abundancia en la estación E2 con 7.89×10^4 cél/l. Los nanoflagelados *Pyramimonas* sp estuvieron presentes en todas las estaciones E3, E4, E5 y E6 del Valle y en la estación E7 de San Pedrito y fueron dominantes solo en E3 constituyen el 36.8 % de la abundancia relativa. El grupo Nanoflagelados NI 2-20 µm se identificó solo en la estación E2 con el 23.9 %. Las cianobacterias con *Phormidium* sp y filamentos de cianobacterias solo se registraron en la estación E2 con el 15 % y el 12.1 %, respectivamente. *Trichodesmium* sp y Filamentos gruesos de cianobacterias se presentaron solamente en E2 con el 28.1 % y el 20.9 %. En las estaciones E8 y E9 de San Pedrito y Tapeixtles no fueron registrados (Fig. 20).

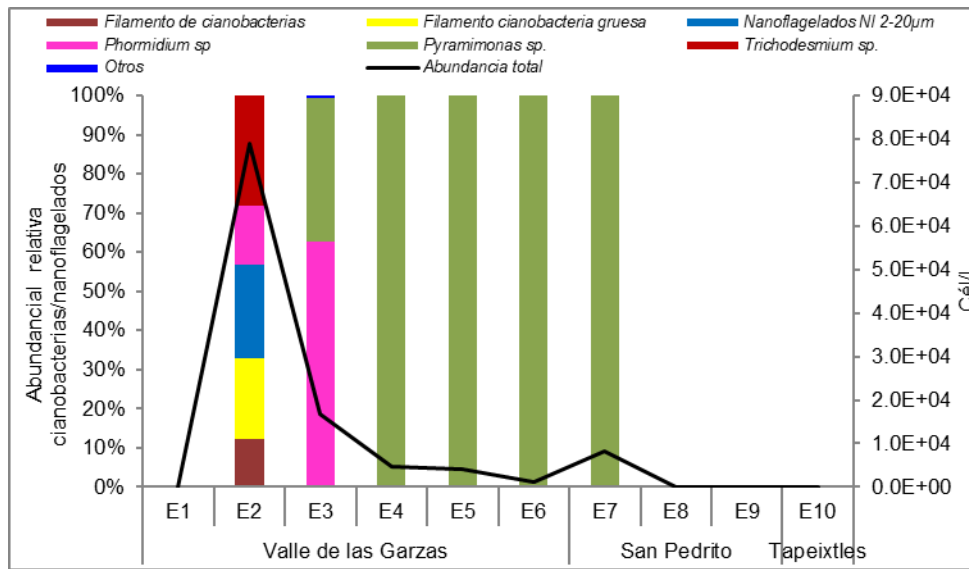


Figura 20. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles, julio 2022.

IV.5.2. Laguna de Cuyutlán

En el mes de julio en la Laguna de Cuyutlán solo se registró el grupo de los nanoflagelados en dos estaciones con una abundancia máxima de 1.09×10^4 cél/l la estación E14. El grupo Nanoflagelados NI 2-20 µm fue el único identificado constituyendo el 100 % de la abundancia relativa en las estaciones E11 E14 y E15. Las cianobacterias estuvieron ausentes en la composición taxonómica el fitoplancton en este mes (Fig. 21).

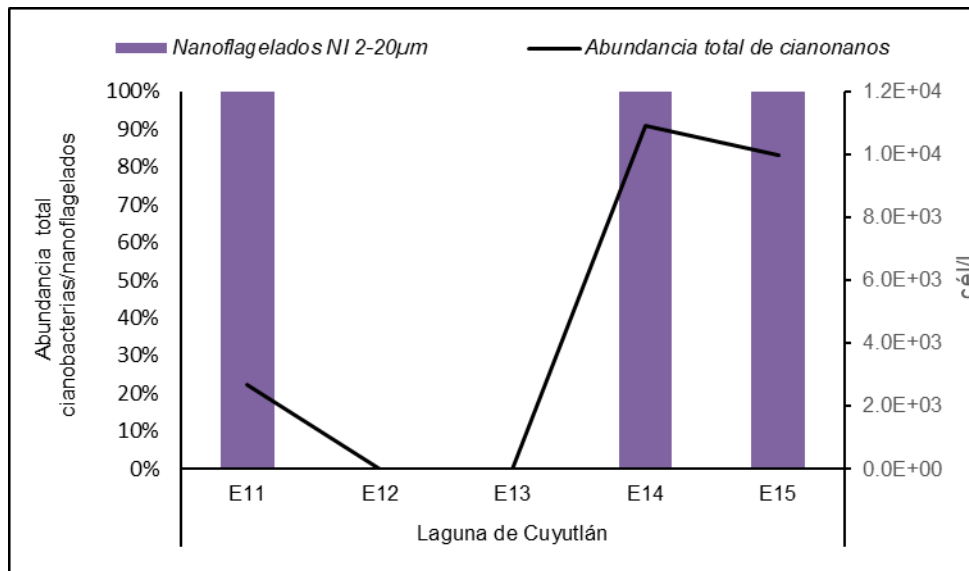


Figura 21. Abundancia relativa y abundancia total de organismos pertenecientes grupo de las cianobacterias y los nanoflagelados en la Laguna Cuyutlán, julio 2022.

IV.6. Depredadores

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

En el mes de julio se identificaron en el Valle de las Garza huevos de organismos diferentes en las estaciones E2, además de Hongos en las estaciones E1 y E4. En San Pedrito y Tapeixtles no se registraron depredadores.

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

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán en julio se registraron rotíferos en las estaciones E14 y E15, Ciliados > 30 µm en la estación E12 y E13 y Copépodos en las estaciones E11, E12 y E15.

IV.7. Índice de Diversidad Shannon-Weaver

El Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el mes de julio 2022 osciló entre un valor mínimo de 0.04 en las estaciones E1 de la Laguna del Valle de las Garzas y un máximo de 1.57 en las estaciones E8 de 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.

JULIO 2022									
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
0.04	1.87	1.29	0.09	1.02	0.91	1.18	1.57	1.53	1.53

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán el Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el mes de julio 2022 osciló entre un valor mínimo de 1.31 en la estación E13 y un valor máximo de 1.87 en E11 (Tabla 3).

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

Julio 2022				
E11	E12	E13	E14	E15
1.87	1.36	1.31	1.70	1.65

IV.8. Comparación de resultados en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

IV.8.I Abundancia de fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

Se realizó la comparación entre los periodos 2019-2020 y 2021-2022. La abundancia fitoplanctónica considerando los meses del año presentó valores máximos en el mes de julio de 2020 de 9.22×10^8 cél/l, se registraron además valores altos en los meses de agosto y septiembre de 2019 con valores de 10^8 cél/l. En el periodo 2021-2022 los valores máximos se registraron en el mes de diciembre de 9.76×10^7 cél/l, ambos valores en la Laguna del Valle de las Garzas (Fig. 22).

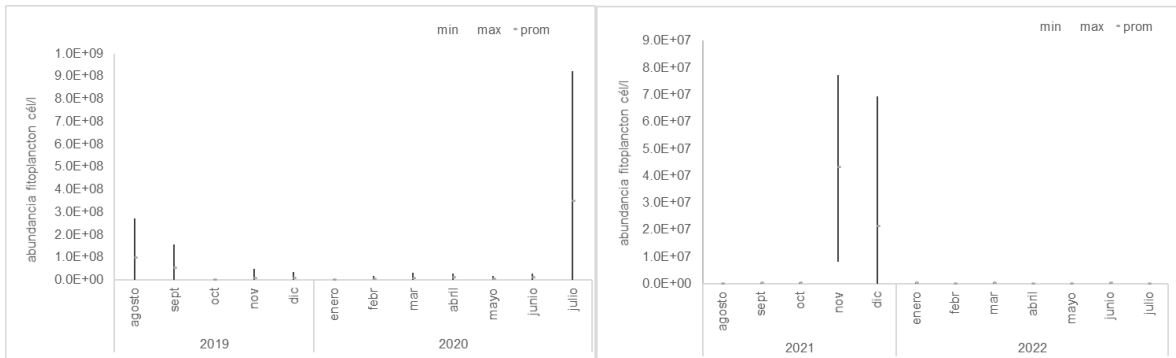


Figura 22. Mínimos máximos y promedios de abundancia fitoplanctónica por meses del año en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

Considerando las estaciones en ambos periodos la abundancia fitoplanctónica fue superior en la Laguna del Valle de las Garzas con máximo en la estación E1 en el primer periodo con valores de 10^8 cél/l, en el segundo fue inferior con máximos en la misma estación E1, pero con valores de 10^7 cél/l (Fig. 23).

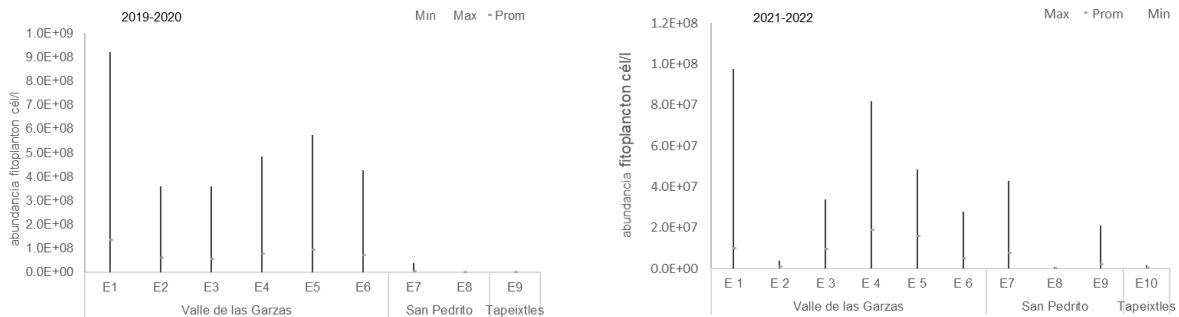


Figura 23. Mínimos máximos y promedios, abundancia fitoplanctónica por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

El análisis de la salinidad durante los dos periodos de muestreos considerando los meses del año muestra en el primer periodo menores variaciones en los meses de octubre y diciembre de 2019 y en enero de 2020. En el segundo periodo las variaciones son amplias en todas las estaciones (Fig. 24).

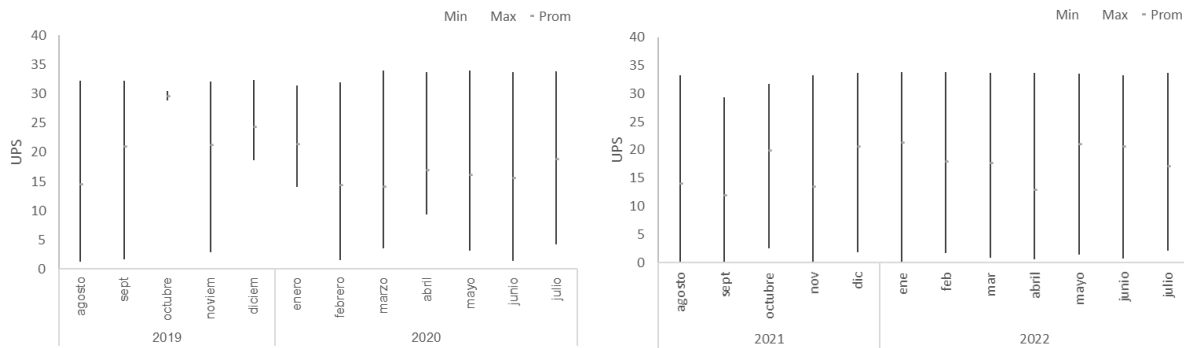


Figura 24. Mínimos máximos y promedios de salinidad (UPS) por meses del año en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

La salinidad por estaciones en ambos periodos muestra en el periodo 2019-2020 valores muy variables en las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas con mínimos de 2 UPS en el mes de febrero de 2020 y máximos de 29.6 UPS en octubre de 2019. En San Pedrito se mantuvo sobre 24 UPS y en Tapeixtles con variaciones amplias entre 10.8 y 24.2 UPS. En el segundo periodo se registraron valores mínimos en la estación E5 de 0.1 UPS en el mes de noviembre de 2021 y máximos de 26.4 UPS en mayo en la estación E6. En San Pedrito los valores se mantuvieron sobre 19.7UPS. En Tapeixtles oscilaron entre 9 UPS en abril del 2022 y 33.8 UPS en enero 2022 (Fig. 25).

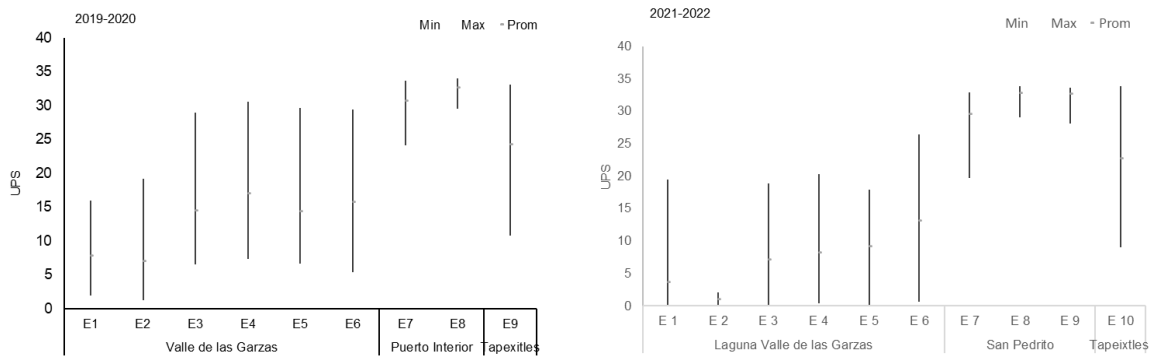


Figura 25. Mínimos máximos y promedios de salinidad (UPS) por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

IV.8.2 Abundancia relativa de los principales grupos del fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

IV.8.2.1 Abundancia relativa de Diatomeas

La abundancia relativa de diatomeas considerando los meses del año en el primer periodo en la Laguna del Valle de las Garzas presentó valores altos en los meses de octubre de 2019 a marzo de 2020, de abril a julio de 2019 los valores promedios son inferiores a 11 %. En el segundo periodo los valores de abundancia relativa de diatomeas son altos de agosto a octubre de 2021 en febrero y julio de 2022 (Fig. 26).

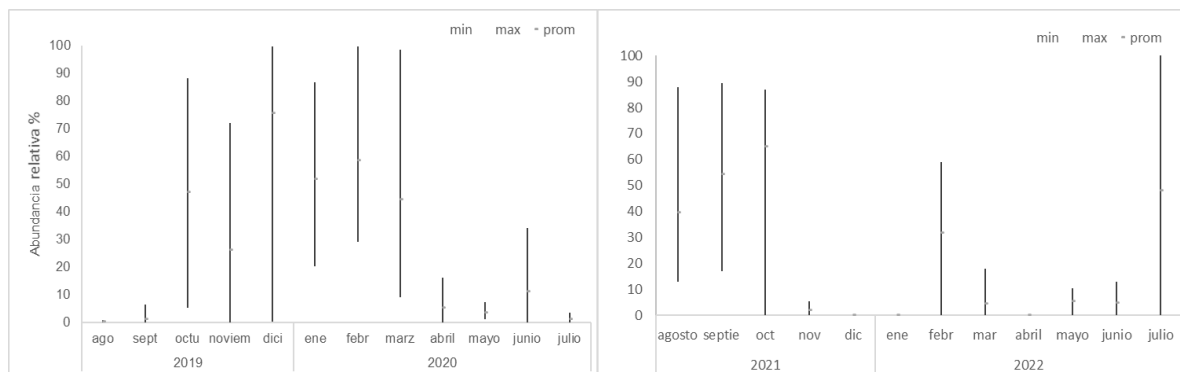


Figura 26. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de diatomeas por meses de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.

Realizando el análisis de los dos periodos considerando solo las estaciones de San Pedrito y Tapeixtles se observa en el primer periodo dominancia de diatomeas durante todo el periodo 2019-2020, solo en agosto y septiembre se presentaron valores bajos en la estación E7 de San Pedrito. En el segundo periodo se observaron valores bajos en la estación E7 sin embargo, el promedio de abundancia relativa se encuentra sobre el 50% (Fig. 27).

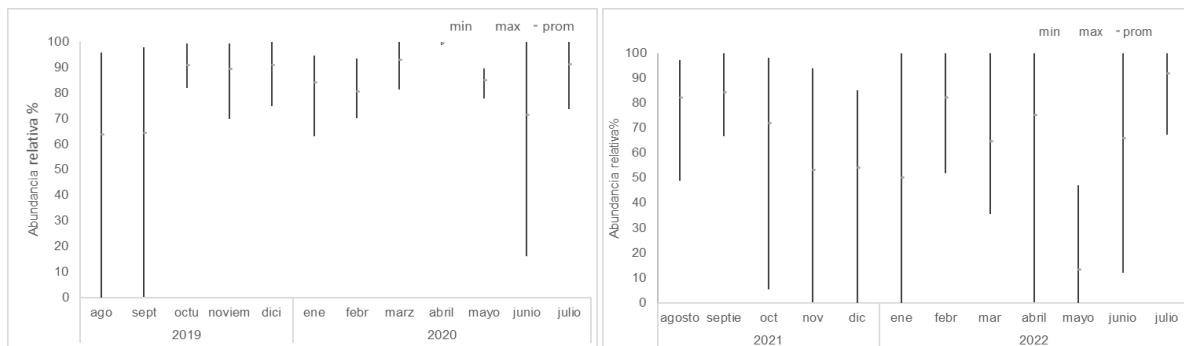


Figura 27. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de diatomeas por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

Considerando las estaciones de muestreos en los dos periodos, en 2019-2020 las diatomeas no presentaron valores dominantes en las estaciones del Valle de las Garzas con valores promedios máximos de 34.7 % en la estación E5. En las estaciones de San Pedrito y Tapeixtles las diatomeas fueron dominantes con valores sobre el 72 % en la estación E7 (Fig. 28).

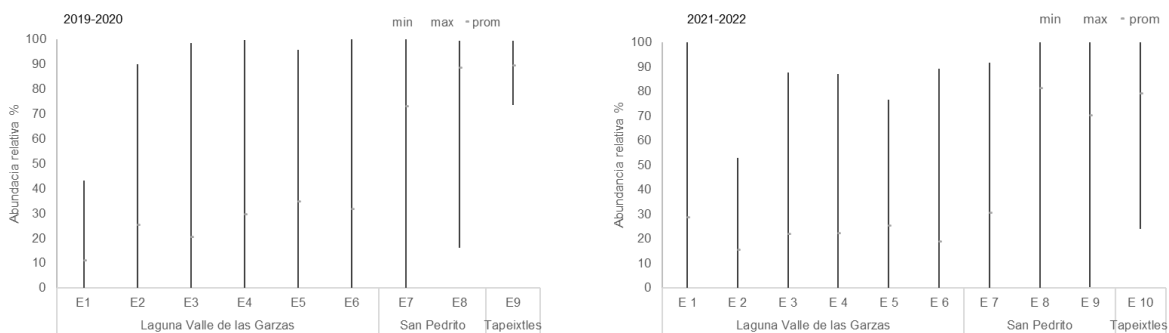


Figura 28. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de diatomeas por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

IV.8.2.2. Abundancia relativa de Dinoflagelados

El análisis de la abundancia relativa de dinoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas durante los dos periodos considerando los meses del año mostró en el primer periodo valores altos en junio de 2020, en el segundo periodo presentó

valores altos en agosto disminuyendo en septiembre y octubre de 2021, reaparecen solo en el mes de junio de 2022 (Fig. 29).

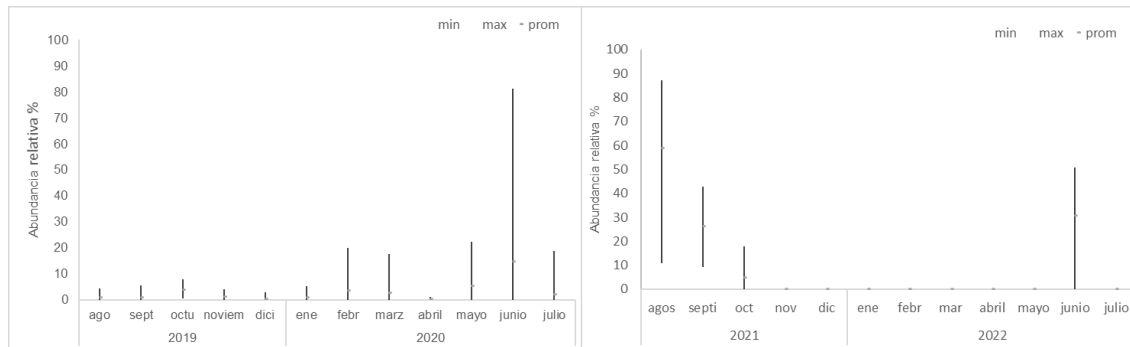


Figura 29. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de dinoflagelados por meses de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

Analizando ambos periodos en San Pedrito y Tapeixtles se observaron valores bajos de abundancia relativa en 2019 con máximos en 2020 en el mes de junio y valores promedios de 11.1 % y máximos de 81 % en la estación E8 de San Pedrito. En el segundo periodo los valores máximos se registraron en el mes de mayo de 2020 con 100 % de la abundancia relativa en la estación E8 (Fig. 30).

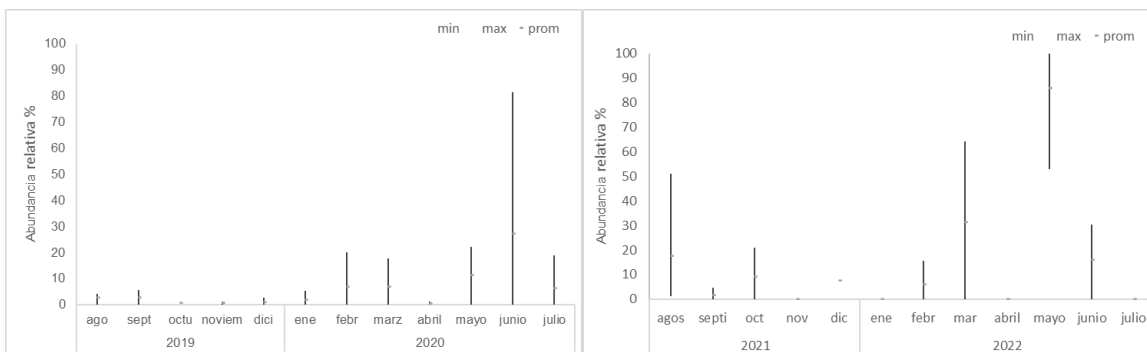


Figura 30. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de dinoflagelados por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

Realizando el análisis considerando las estaciones de muestreos en ambos periodos se observó abundancia relativa alta de dinoflagelados en la estación E8 y Tapeixtles en el primer periodo y superior en todas las estaciones en el segundo periodo (Fig. 31).

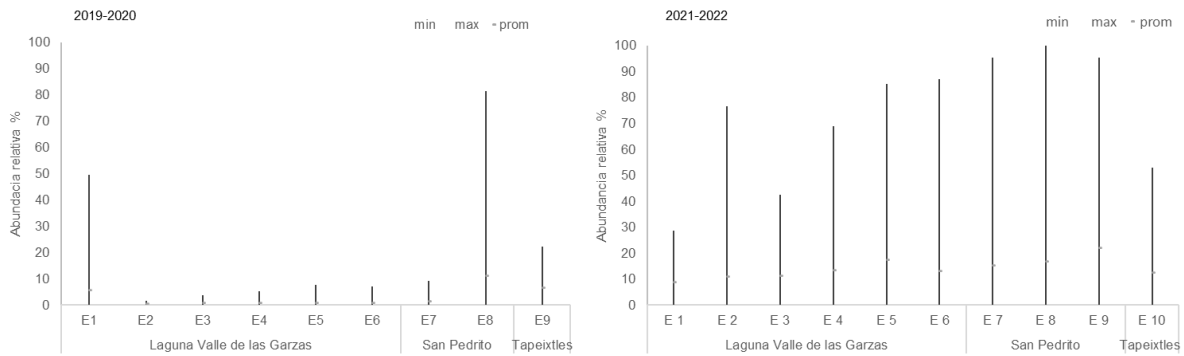


Figura 31. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de dinoflagelados por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

IV.8.2.3. Abundancia relativa de Nanoflagelados

El análisis de los nanoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas durante el primer periodo de muestreo indicó dominancia en los meses de agosto y septiembre de 2019 con valores promedios sobre el 88 % de la abundancia relativa, en los meses siguientes no se presentan valores altos con máximos promedios de 45.9 % en octubre. En el segundo periodo se observó dominancia de este grupo solo en el mes de junio de 2021, se presentaron con bajas abundancias en 4 meses del periodo (Fig. 32).

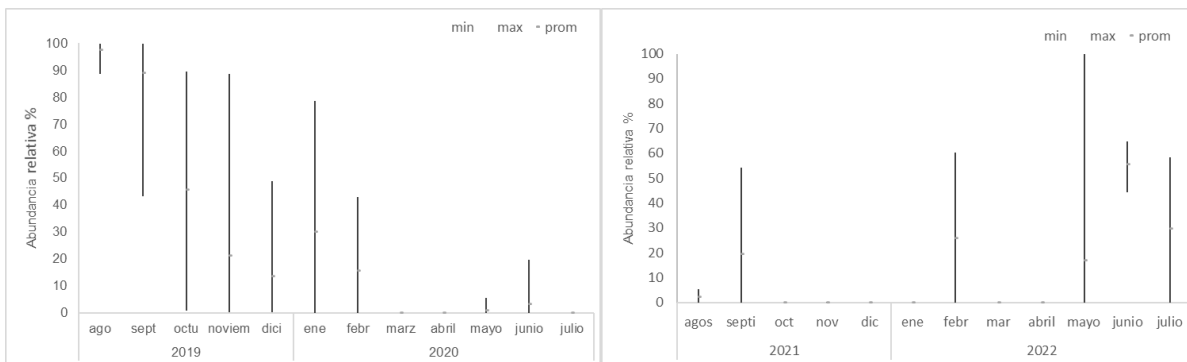


Figura 32. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de nanoflagelados por meses de muestreo en las Lagunas del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.

Considerando los meses en San Pedrito y Tapeixtles se observó en 2019 valores altos en los meses de agosto y septiembre de 2019 sin ser este grupo dominante, los valores promedios máximos fueron de 45.2 % en agosto. En el segundo periodo

los valores promedios fueron bajos con máximos de 18.5 % en el mes de junio (Fig. 33).

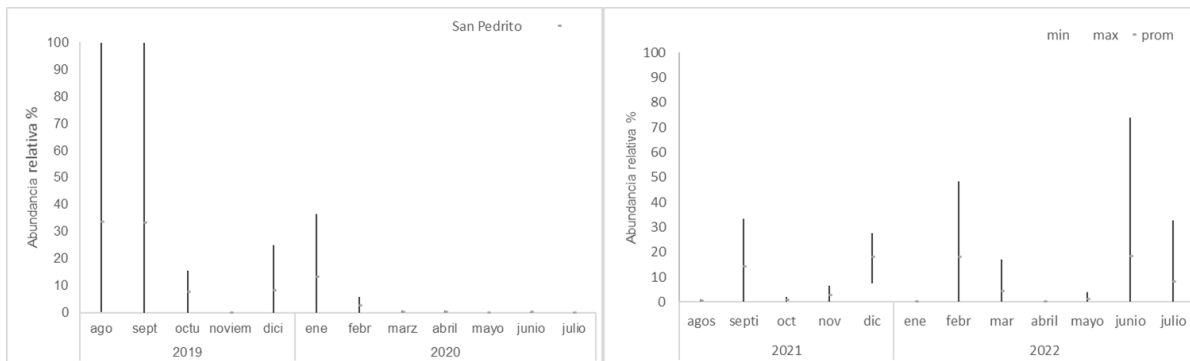


Figura 33. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de nanoflagelados por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.

Al considerar ambos periodos por estaciones se observa en el primer periodo valores promedios altos en la Laguna del Valle de las Garzas con valores sobre el 31 % de la abundancia relativa. En el segundo periodo los nanoflagelados se determinaron menos representados con valores promedios máximos de 26.1 % en el mes de junio (Fig.34).

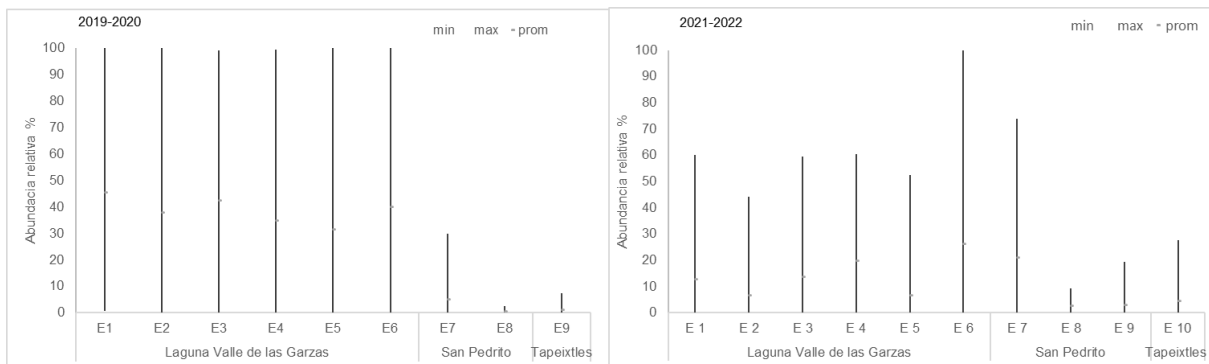


Figura 34. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de nanoflagelados por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

IV.8.2.4. Abundancia relativa de Cianobacterias

Las cianobacterias fueron abundantes en la Laguna del Valle de las Garzas en el primer periodo analizado durante los meses de agosto y septiembre de 2019 declinando de octubre a febrero de 2020 con valores promedios máximos de

abundancia relativa en agosto de 97.5 %. En el segundo periodo fueron observadas en la mayoría de los meses, pero fueron dominantes en noviembre y diciembre de 2021 y en enero y marzo 2022 con valores promedios máximos de 99.9 % en enero de 2022 (Fig. 35).

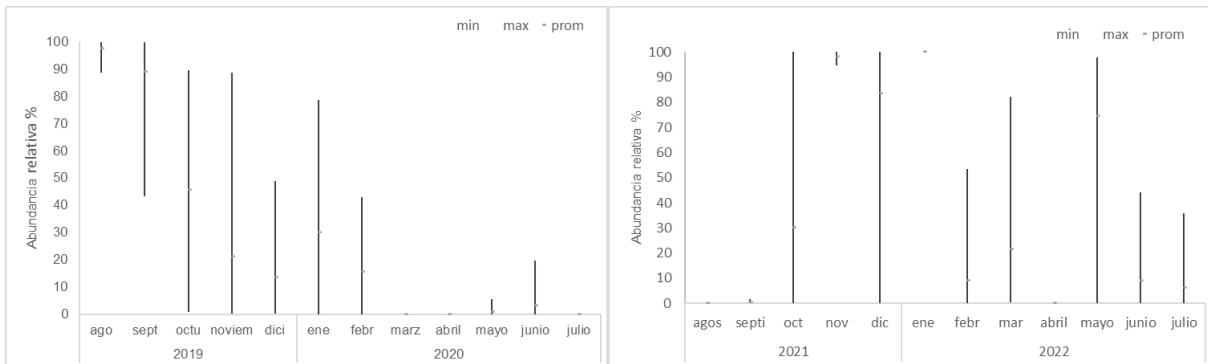


Figura 35. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de cianobacterias por meses de muestreo en las Lagunas del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.

El análisis de los dos periodos en San Pedrito y Tapeixtles muestra en el primer periodo valores promedios del 33 % de la abundancia relativa en los meses de agosto y septiembre de 2019 no registrándose valores significativos en el resto del periodo. En el segundo periodo presentaron abundancias relativas altas en los meses de noviembre y diciembre de 2021 y enero de 2022 con valores promedios máximos de 49.9 % en enero (Fig.36).

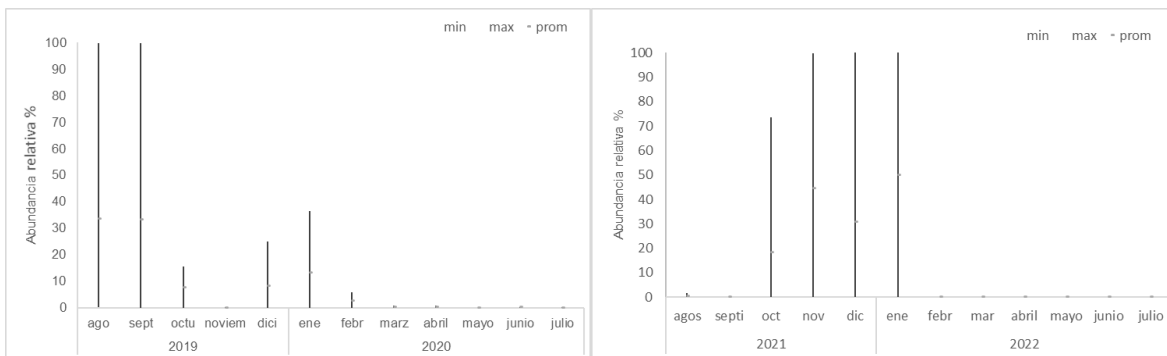


Figura 36. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Cianobacterias por meses de muestreo en San Pedrito y Tapeixtles en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.

El análisis por estaciones de muestreo en ambos periodos muestra que las Cianobacterias estuvieron presentes durante el primer periodo en todas las

estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas con valores promedios máximos de 28 % en las estaciones E1, E2 y E3, en San Pedrito fueron abundantes en E7 no así en E8 y E9. En el segundo periodo los valores promedios máximos de abundancia relativa oscilan entre 30 % y 40 %, se registran en San Pedrito en la estación E7 y en Tapeixtles en E8 su participación fue mínima (Fig. 37).

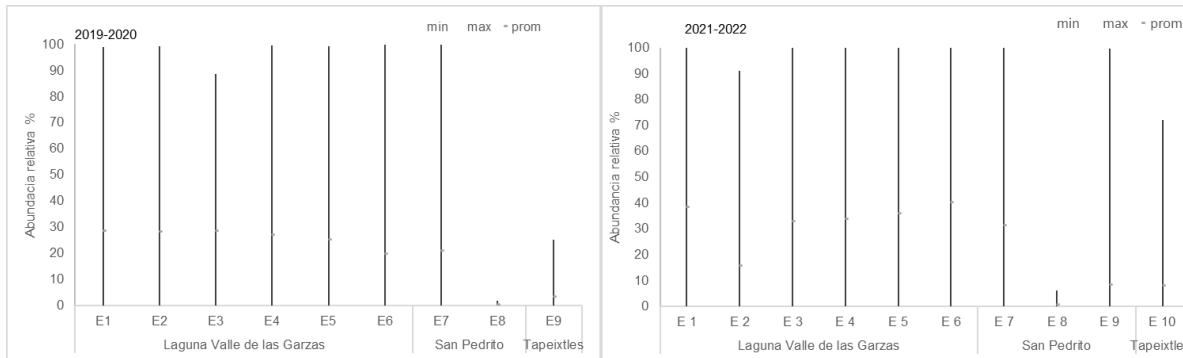


Figura 37. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Cianobacterias por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

IV.8.2.5. Abundancia relativa de Arqueas

El grupo de las Arqueas fue detectado en ambos periodos en la Laguna del Valle de las Garzas. En el primer periodo se observó dominando en el mes julio con valores de abundancia relativa superiores al 94 %. En el segundo periodo se registró en los meses de marzo y abril con valores altos de abundancia relativa. Estos organismos no fueron registrados en San Pedrito, no se presentan las gráficas de esta zona (Fig. 38).

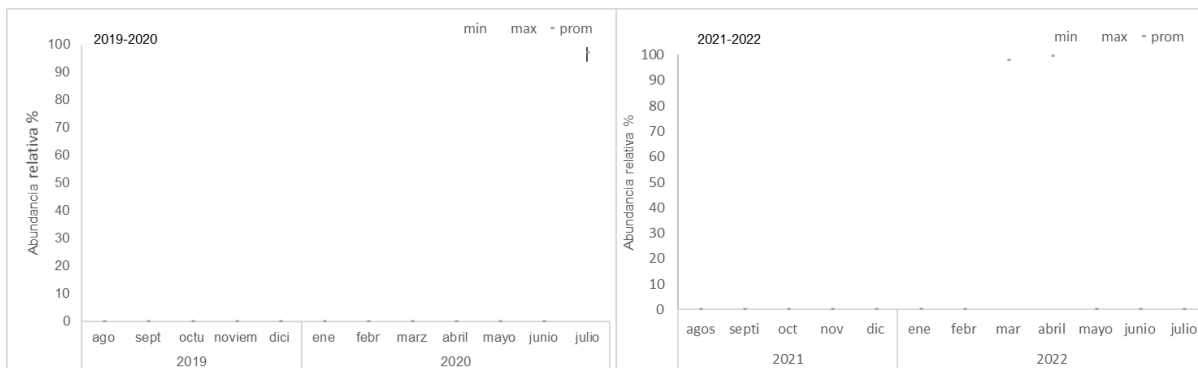


Figura 38. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Arqueas por meses de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas en los periodos 2019-2020 y 2021-2022.

Considerando la presencia de Arqueas por estaciones de muestreo en el primer periodo se registraron en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, no se registran en San Pedrito ni en Tapeixtles. En el segundo periodo se presentan en todas las estaciones, la estación E5 no fue muestreada y por eso no aparece en la gráfica (Fig. 39).

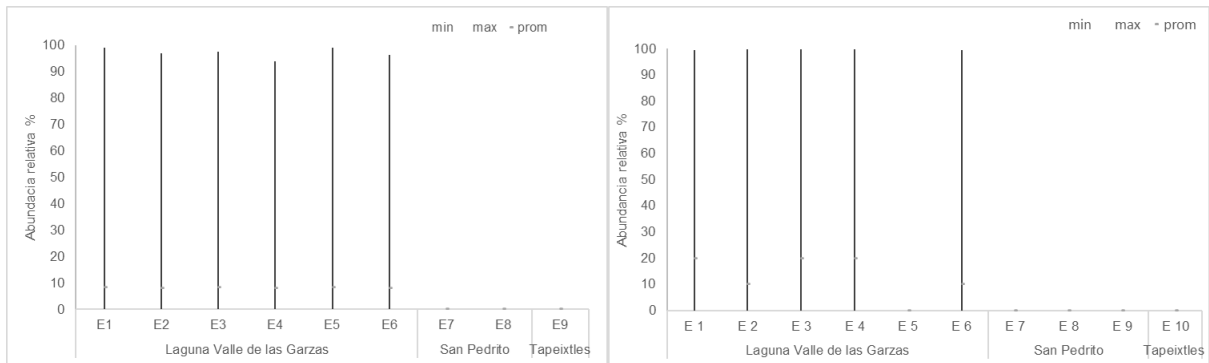


Figura 39. Mínimos máximos y promedios de abundancia relativa de Arqueas por estaciones de muestreo en los periodos 2019-2020 y 2021-2022 en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.

V. Interpretación de resultados

V.1. Abundancia de fitoplancton

En el mes de julio de 2022 los valores de abundancia fueron bajos en la Laguna del Valle de las Garzas a valores promedios de 10^4 cél/l, sin embargo, en la estación E3 las condiciones con salinidad de 11.4 UPS fueron adecuadas para el desarrollo de Arqueas registrándose alto número de organismos de 10^7 cél/l en esta estación. En LVG, la salinidad disminuyó a valores sobre 6.6 UPS en las estaciones E4 a E6, el cambio de la salinidad propició la dominancia de Nanoflagelados en estas estaciones.

En San Pedrito y en Tapeixtles se registran valores promedios de 10^4 cél/l, se mantienen valores de salinidad sobre 29 UPS. En la Laguna de Cuyutlán se presentan valores promedios de 10^5 cél/l, la salinidad disminuyó por los aportes pluviales a con valores de 36.4 UPS en la estación E14 y E15, es probable que con las lluvias estos valores vuelvan a declinar.



El análisis de la abundancia durante los doce meses de muestreo indica valores bajos en agosto y septiembre y un aumento del número de organismos en el mes de octubre en una estación en la LVG y en dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán, en los meses de noviembre y diciembre los valores fueron elevados en la mayoría de las estaciones. En enero continuaron valores elevados en la Laguna del Valle de las Garzas y en febrero disminuyeron en ambas Lagunas. En marzo aumentó el número de organismos en el Valle por la presencia de Arqueas y continua alto en el mes de abril no así en San Pedrito y Tapeixtles. En las estaciones de San Pedrito y Laguna de Cuyutlán aumentaron en marzo por las corrientes de aguas más frías que aportan nutrientes a la zona. En abril se observó una disminución de la abundancia en la Laguna de Cuyutlán. En mayo y junio los valores de abundancia disminuyeron en todas las estaciones, el cambio en la salinidad afecta significativamente este valor. En el mes de julio los valores fueron bajos en la Laguna del Valle de las Garzas, solo en la estación E3 se registran valores altos por la presencia de Arqueas en la zona.

V.2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos

La composición taxonómica en el mes de julio 2022 estuvo representada en cuatro estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas por el grupo de las nanoflagelados y en la estación E7 de San Pedrito. En la estación E3 dominaron los organismos Arqueas. Las diatomeas fueron dominantes en las estaciones E1 y E2 y con valores menores en las estaciones E4, E5 y E6. Las cianobacterias solo se registraron en la estación E2. En San Pedrito y en Tapeixtles dominaron las diatomeas. Los dinoflagelados no fueron identificados en las estaciones del Valle de las Garzas, San Pedrito ni en Tapeixtles.

En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán dominaron las diatomeas en todas las estaciones, los dinoflagelados estuvieron presentes en cuatro estaciones y los nanoflagelados se registraron en tres estaciones.



V.2.1- Análisis de la abundancia relativa por grandes grupos en doce meses de muestreo.

Diatomeas

En el mes de julio de 2022 las diatomeas estuvieron presentes en cinco estaciones en el Valle de las Garzas, y fueron dominantes en San Pedrito y en Tapeixtles. En el vaso III de la Laguna de Cuyutlán continúan siendo el principal grupo identificado. En los meses de agosto, septiembre y octubre las diatomeas se estuvieron bien representadas en la mayoría de las estaciones, tanto en el Valle de las Garzas, San Pedrito y en la Laguna de Cuyutlán. En noviembre y diciembre 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 enero de 2022 no se registraron en la Laguna del Valle de las Garzas, solo en la estación E8 de San Pedrito y en Tapeixtles. En febrero y marzo fueron abundantes en la estación E6 del Valle de las Garzas, en San Pedrito estuvieron representadas. En el mes de abril las diatomeas no fueron identificadas en el Valle de las Garzas, ni en la estación E7 de San Pedrito, si fueron dominantes en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito y en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán. En San Pedrito en la estación E8 se mantuvieron como grupo mayoritario a través de los doce meses. En Tapeixtles fueron abundantes y siempre se presentaron en la composición taxonómica. En mayo las diatomeas presentaron bajas abundancias en el Valle de las Garzas, en San Pedrito y en Tapeixtles fueron abundantes. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán continúan presentando altas abundancias relativas. En el mes de junio las diatomeas presentaron bajas abundancias en el Valle de las Garzas, en San Pedrito y en Tapeixtles fueron dominantes. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, continuaron abundantes.

Dinoflagelados

En julio los dinoflagelados no se registraron en las estaciones en el Valle de las Garzas, San Pedrito ni en Tapeixtles. En la Laguna de Cuyutlán se observaron en cuatro estaciones. El análisis de los doce meses muestra que este grupo estuvo bien representado en el mes de agosto en todas las estaciones de muestreo



disminuyendo su participación en los siguientes meses, ocasionalmente se observaron en algunas estaciones sin llegar a ser dominantes. En marzo estuvieron ausentes en el Valle de las Garzas, se identificaron en San Pedrito y la Laguna de Cuyutlán con abundancias relativas altas sin llegar a ser dominantes. En abril los dinoflagelados estuvieron ausentes en el Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles y se registran con bajas abundancia en tres estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En mayo los dinoflagelados estuvieron ausentes en el Valle de las Garzas, fueron dominantes en San Pedrito y Tapeixtles y se registraron con bajas abundancia en tres estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En junio los dinoflagelados estuvieron presentes con bajas abundancia en la mayoría de las estaciones en el Valle de las Garzas y en San Pedrito, ausentes en Tapeixtles. En la Laguna de Cuyutlán se registran en cuatro estaciones.

Nanoflagelados

Los nanoflagelados en el mes de julio fueron dominantes en tres estaciones de la Laguna del Valle, además se registraron en las estaciones E2 y en la estación E7 de San Pedrito, en la Laguna de Cuyutlán presentaron bajas abundancias en tres estaciones. En agosto presentaron bajas abundancias en tres estaciones aumentando su participación en septiembre en las estaciones del Valle de las Garzas y en dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En noviembre disminuyeron su participación en toda la zona de muestreo, en diciembre se registraron en las estaciones E8 y E9 de San Pedrito, en Tapeixtles y en una estación en Cuyutlán. En enero 2022 estuvieron prácticamente ausentes. En febrero fueron abundantes en la Laguna del Valle de las Garzas, la estación E7 de San Pedrito y en la Laguna de Cuyutlán. En marzo solo se registraron en la estación E7 de San Pedrito y E15 de la Laguna de Cuyutlán. En abril solo se registraron en la estación E7 de San Pedrito y en las estaciones E13, E14 y E15 de la Laguna de Cuyutlán. Los nanoflagelados en mayo fueron dominantes en la estación E6 de la Laguna del Valle con menor abundancia en la estación E7 de San Pedrito, en la Laguna de Cuyutlán



presentaron bajas abundancias en cuatro estaciones. Los nanoflagelados en junio estuvieron bien representados en todas las estaciones de la Laguna del Valle y en la estación E7 de San Pedrito, en la Laguna de Cuyutlán presentaron bajas abundancias en dos estaciones.

Cianobacterias

En el mes de julio las cianobacterias solo se observaron en la estación E2 de la Laguna del Valle de la Garzas, no fueron observadas en San Pedrito ni en la Laguna de Cuyutlán. En los meses de agosto y septiembre no fueron registradas, en octubre fueron dominantes en las estaciones E6 de la Laguna del Valle de las Garzas 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 valores bajos. En diciembre su participación fue menor, siendo dominantes solo en las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, estación E7 de San Pedrito y dos estaciones de la Laguna de Cuyutlán. En el mes de enero estuvieron presentes en todas las estaciones del Valle de las Garzas y en la estación E7 y E9 de San Pedrito. En febrero solo estuvieron presentes en la estación E1 del Valle de las Garzas. En el mes de marzo se registraron con bajas abundancias en todas las estaciones de la Laguna del Valle y solo fueron dominantes en la estación E6. En el mes de abril las cianobacterias estuvieron presentes con bajas abundancias en todas las estaciones de la Laguna del Valle de la Garzas. En mayo las cianobacterias dominaron en cuatro estaciones de la Laguna del Valle de la Garzas, no fueron observadas en San Pedrito ni en la Laguna de Cuyutlán. En el mes de junio solo se observaron en la estación E2 de la Laguna del Valle de la Garzas, no fueron observadas en San Pedrito ni en Laguna de Cuyutlán.



V.3. Composición taxonómica de diatomeas

En el mes de julio las diatomeas presentaron máximos de abundancia en la estación E2 de la Laguna del Valle de las Garzas. *Nitzschia* sp se registró en todas las estaciones del Valle de las Garzas y San Pedrito, no se registró en Tapeixtles, especie tolerante al estrés. *Thalassiosira* sp fue dominante en las estaciones E3, E4, E5 y E6 del Valle, además se registró en la estación E7 de San Pedrito y Tapeixtles, incluye organismos de característicos de zonas costeras. *Achnanthes* sp se presentó puntualmente en la estación E2, son organismos de hábitos bentónicos. *Chaetoceros pseudocurvisetus*, *Leptocylindrus danicus* y *Guinardia* sp solo se registraron en la estación E9 de San Pedrito los tres organismos son característicos de lagunas y aguas costeras. El género *Pseudo-nitzschia* se registró en la estación E9 de San Pedrito y en Tapeixtles, este género incluye especies tóxicas capaces de generar florecimientos algales. *Cylindrotheca closterium*, *Entomoneis alata* y *Navicula yarrensii* se presentaron en las estaciones E8 y en Tapeixtles, las tres especies son características de lagunas costeras y hábitos bentónicos. El grupo *Pleurosigma/Gyrosigma* se identificó solo en la estación E8 y en Tapeixtles, son organismos bentónicos.

En el mes de julio la mayor abundancia de diatomeas en la Laguna de Cuyutlán se registró en la estación E15. *Coscinodiscus* sp se presentó en todas las estaciones con abundancias altas, organismo frecuente en lagunas costeras. *Navicula yarrensii* fue observada igualmente en todas las estaciones, organismos de hábitos bentónicos. El grupo *Pleurosigma/Gyrosigma* se observó en cuatro estaciones con valores altos igualmente incluye organismos de hábitos bentónicos. *Nitzschia* sp se registró en dos estaciones. El género *Pseudo-nitzschia* solo se registró en E11 incluye especies potencialmente tóxicas.

V.4 Composición taxonómica de dinoflagelados

Los dinoflagelados en el mes de julio no fueron registrados en el Valle de las Garzas, San Pedrito y Tapeixtles.



En la Laguna de Cuyutlán los dinoflagelados se registraron en cuatro estaciones con máximos en la estación E13. *Gyrodinium* sp fue dominante en todas las estaciones. El grupo Dinoflagelado NI > 30 µm se presentó en la estación E12.

V.5. Composición taxonómica de cianobacterias y nanoflagelados

En el mes de julio el grupo cianobacterias/nanoflagelados presentaron la mayor abundancia en la estación E2. Los nanoflagelados *Pyramimonas* sp estuvieron presentes en todas las estaciones E3, E4, E5 y E6 del Valle y en la estación E7 de San Pedrito y fueron dominantes solo en E3 no. El grupo Nanoflagelados NI 2-20 µm se identificó solo en la estación. Las cianobacterias con *Phormidium* sp y filamentos de cianobacterias solo se registraron en la estación E2. *Trichodesmium* sp y Filamentos gruesos de cianobacterias se presentaron solamente en E2, en esta estación la salinidad favorece la presencia de cianobacterias. En las estaciones E8 y E9 de San Pedrito y Tapeixtles no fueron registrados.

En el mes de julio en la Laguna de Cuyutlán solo se registró el grupo de los nanoflagelados en dos estaciones. El grupo Nanoflagelados NI 2-20 µm fue el único identificado en las estaciones E11 E14 y E15. Las cianobacterias estuvieron ausentes en la composición taxonómica el fitoplancton en este mes.

V.6. Depredadores

En el mes de julio se identificaron en el Valle de las Garza a huevos de organismos no identificados en las estaciones E2, además de Hongos en las estaciones E1 y E4. En San Pedrito y Tapeixtles no se registraron depredadores. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán en julio se registraron rotíferos en las estaciones E14 y E15, Ciliados > 30 µm en la estación E12 y E13 y Copépodos en las estaciones E11, E12 y E15.

V.7 Índice de Diversidad Shannon-Weaver

El Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el mes de julio de 2022 fue inferior a 1 en tres estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, se observó dominancia del grupo de los nanoflagelados afectando negativamente al índice. En San Pedrito, Tapeixtles y en la Laguna de Cuyutlán los valores fueron superiores a 1, indicando buenas condiciones.

V.8. Comparación de resultados en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

V.8.1 Abundancia de fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

En el primer periodo se alcanzaron valores máximos en el mes de julio de 2020, en estas fechas se detectó por primera vez en la Laguna del Valle de las Garzas la presencia del grupo Arqueas, organismos de pequeño tamaño ($\approx 2\mu\text{m}$) que se desarrollan en condiciones anóxicas, esto ocasiona que el número de organismos aumente. En el segundo periodo los valores máximos se registraron en los meses de noviembre y diciembre, en esta ocasión fueron las Cianobacterias las que se desarrollaron favorecidas por las condiciones de baja salinidad en la Laguna del Valle de las Garzas. El análisis de la salinidad en ambos periodos muestra mayores variaciones en el segundo periodo principalmente en la Laguna del Valle de las Garzas. En San Pedrito las variaciones fueron menores manteniéndose valores sobre 19 UPS, en Tapeixtles las variaciones fueron mayores, pero presentó salvo ocasiones características mayor salinidad.

V.8.2 Abundancia relativa de los principales grupos del fitoplancton en los periodos 2019-2020 y 2021-2022

V.8.2.1 Abundancia relativa de Diatomeas

En el primer periodo de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas presentó valores altos en los meses de octubre de 2019 a marzo de 2020, coincidiendo con valores de salinidad altos, de abril a julio de 2019 los valores disminuyeron

igualmente la salinidad baja favoreciendo otros grupos del fitoplancton. En el segundo periodo los valores de abundancia relativa de diatomeas son altos de agosto a octubre de 2021, sin embargo, en este periodo los valores de salinidad son menores, posiblemente aun dominaba la composición taxonómica de los meses anteriores al inicio de los muestreos en este segundo periodo. En febrero y julio de 2022 se registró mayor abundancia de las diatomeas, las condiciones de salinidad aumentan en algunas estaciones.

V.8.2.2. Abundancia relativa de Dinoflagelados

El análisis de la abundancia relativa de dinoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas durante los dos periodos considerando los meses del año presentó en el primer periodo valores altos en junio de 2020, en general este grupo se encontró poco representado en este periodo. En el segundo periodo presentó valores altos en agosto, disminuyendo en septiembre y octubre de 2021, reaparecen solo en el mes de junio de 2022, existe diferencia entre ambos periodos en el segundo este grupo aparece ocasionalmente en la composición taxonómica, posiblemente la salinidad más baja registrada afecte su desarrollo.

Analizando ambos periodos en San Pedrito y Tapeixtles se observan valores bajos de abundancia relativa en 2019 con máximos en 2020 en el mes de junio, en este mes se registró un florecimiento algal del dinoflagelado *Prorocentrum micans*, no se reportaron casos mortales de peces o aves. En el segundo periodo los valores máximos se registraron en el mes de mayo de 2020, en este mes se presentó el florecimiento algal *Prorocentrum* sp que afectó las estaciones de San Pedrito y Tapeixtles, no se registraron casos mortales.

Realizando el análisis considerando las estaciones de muestreos en ambos periodos se observó abundancia relativa alta de dinoflagelados en la estación E8 y Tapeixtles en el primer periodo y superior en todas las estaciones en el segundo periodo. En general los Dinoflagelados se determinaron mejor representados en San Pedrito y Tapeixtles que en la Laguna del Valle de las Garzas.

V.8.2.3. Abundancia relativa de Nanoflagelados

El análisis de los nanoflagelados en la Laguna del Valle de las Garzas durante el primer periodo de muestro indica dominancia en los meses de agosto y septiembre de 2019 disminuyendo en los meses siguientes. En el segundo periodo se observó dominancia de este grupo solo en el mes de junio de 2021. Considerando los meses en San Pedrito y Tapeixtles se observó en 2019 valores altos en los meses de agosto y septiembre de 2019 sin ser este grupo dominante. En el segundo periodo los valores promedios fueron bajos. Al considerar ambos periodos por estaciones se observan en el primer periodo valores promedios altos en la Laguna del Valle de las Garzas. En el segundo periodo los nanoflagelados se encuentran menos representados.

Este grupo se ve favorecido por condiciones de baja salinidad, altas temperaturas, altos nutrientes y baja hidrodinámica de la zona estando por esto mejor representados en la Laguna del Valle de las Garzas.

V.8.2.4. Abundancia relativa de Cianobacterias

Las cianobacterias fueron abundantes en la Laguna del Valle de las Garzas en el primer periodo analizado durante los meses de agosto y septiembre de 2019 declinando de octubre a febrero de 2020. En el segundo periodo fueron observadas en la mayoría de los meses, pero fueron dominantes en noviembre y diciembre de 2021 y en enero y marzo 2022.

El análisis de los dos periodos en San Pedrito y Tapeixtles indica en el primer periodo valores bajos de abundancia relativa en los meses de agosto y septiembre de 2019 no registrándose valores significativos en el resto del periodo. En el segundo periodo presentaron abundancias relativas significativas en los meses de noviembre y diciembre de 2021 y enero de 2022.

El análisis por estaciones de muestreo en ambos periodos indica que las Cianobacterias estuvieron presentes durante el primer periodo en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas. En San Pedrito fueron abundantes



en E7, no así en E8 y E9. En el segundo periodo los valores promedios máximos de abundancia relativa son bajos, se registraron en San Pedrito en la estación E7 y en Tapeixtles, en E8 su participación fue mínima.

El grupo de las Cianobacterias se desarrolla con condiciones de alta temperatura, baja salinidad, baja hidrodinámica y abundancia de nutrientes, estas condiciones se presentan en la Laguna del Valle cuando el ingreso de agua marina es bajo y los aportes pluviales son altos.

V.8.2.5. Abundancia relativa de Arqueas

El grupo de las Arqueas fue detectado en ambos periodos dominando en la Laguna del Valle de las Garzas. En el primer periodo se observó dominando en el mes julio. En el segundo periodo se registró en los meses de marzo y abril con valores altos de abundancia relativa. Como estos organismos no fueron registrados en San Pedrito no se presentan las gráficas de esta zona.

Considerando la presencia de Arqueas por estaciones de muestreo en el primer periodo se registraron en todas las estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, igualmente en el segundo periodo se presentan en todas las estaciones muestreadas, la estación E5 no fue posible tomar muestra hecho por el cual no aparece en la gráfica. Las Arqueas no se registran en San Pedrito ni en Tapeixtles en ambos periodos de muestreo.

Las Arqueas son organismos que se desarrollan con concentraciones de oxígeno bajas o anóxicas, alta concentración de nutrientes, alta irradiación solar y alta concentración de materia orgánica. Estas condiciones se han generado en la Laguna del Valle de las Garzas en el año 2020 antes de comenzar la época de lluvias con salinidades promedio de 9 UPS, este grupo es indicador de condiciones ambientales extremas. En el segundo periodo se presentaron en los meses de abril y mayo de 2022, igualmente la temporada de lluvia no había comenzado la salinidad promedio en la Laguna es semejante generándose las condiciones para el desarrollo de este grupo.



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 julio 2022 se considera Regular la calidad ambiental de la Laguna del Valle de las Garzas. En de San Pedrito, Tapeixtles y en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán como Bueno.

VII. Conclusiones

- En julio de 2022 se registraron valores promedios de 10^4 cél/l de abundancia fitoplanctónica en la Laguna del Valle de las Garzas, las condiciones de baja salinidad, alta temperatura, baja concentración de oxígeno disuelto, alta concentración de nutrientes y materia orgánica propiciaron el desarrollo de los Nanoflagelados en la mayoría de las estaciones.
- En la estación E3 con salinidad 11.4 UPS se observó la presencia de Arqueas con abundancias de 10^7 cél/l.
- En San Pedrito y Tapeixtles se registraron valores promedios de 10^4 cél/l, dominando el grupo taxonómica de las diatomeas.
- En la Laguna de Cuyutlán la abundancia registró valores de 10^5 cél/l, dominaron las diatomeas favorecidas por la influencia marina de las corrientes y alto contenido de nutrientes.
- En el mes de julio de 2022 en la Laguna del Valle de las Garzas en la estación E2 con baja salinidad se presentaron cianobacterias, sin embargo, dominaron las diatomeas, el cambio en la composición taxonómica fue propiciado por las condiciones de esta estación.



- En el mes de julio en la Laguna de Cuyutlán dominaron las diatomeas en todas las estaciones. Los dinoflagelados estuvieron presentes en cuatro estaciones con bajas abundancias. Los nanoflagelados se registraron en tres estaciones.
- El Índice de Diversidad en el mes julio fue inferior a 1 en cuatro estaciones de la Laguna del Valle de las Garzas, en estas estaciones se observó dominancia de diatomeas nanoflagelados afectando negativamente al índice.
- En Pedrito y en la Laguna de Cuyutlán el índice fue superior a 1 en todas las estaciones.



VIII. Bibliografía

- Baltierra-Rodríguez, 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.
- Burrows, M. T., Schoeman, D. S., Buckley, L. B., Moore, P., Poloczanska, E. S., Brander, K. M., . . . Halpern, B. S. (2011). The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science*, 334(6056), 652-655.
- 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, P. M., & Burford, M. A. (2017). Globally changing nutrient loads and harmful algal blooms: Recent advances, new paradigms, and continuing challenges. *Oceanography*, 30(1), 58-69.
- Glibert, P. M., Seitzinger, S., Heil, C. A., Burkholder, J. M., Parrow, M. W., Codispoti, L. A., & Kelly, V.-. (2005). The role of eutrophication in the global proliferation of harmful algal blooms. *Oceanography*, 18(2), 198-209.
- Griffen, B. D., Belgrad, B. A., Cannizzo, Z. J., Knotts, E. R., & Hancock, E. R. (2016). Rethinking our approach to multiple stressor studies in marine environments. *Marine Ecology Progress Series*, 543, 273-281.
- Howarth, R. W. (2008). Coastal nitrogen pollution: a review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*, 8(1), 14-20.
- 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.
- Smil, V. (1999). Detonator of the population explosion. *Nature*, 400(6743), 415-415.



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

Utermöhl, H. (1931). Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons.

Verh. int. Ver. Limnol, 5, 567-595.

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.