



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**

CALIDAD DEL AGUA. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

INFORME. – ENERO-JULIO 2022

Responsable técnico del programa: Dr. Aramis Olivos Ortiz

Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán



**UNIVERSIDAD
DE COLIMA**



ÍNDICE

I. Introducción.....	7
I.1. Antecedentes	8
I.2. Objetivos del programa.	13
I.2.1. Objetivo General.....	13
I.2.2. Objetivos particulares	13
II. Indicadores ambientales y metas del programa.....	14
III. Descripción de trabajos-Metodología empleada.....	14
III.1 Área de estudio.....	14
III.2 Actividades en campo	16
III.3. Actividades en laboratorio.....	20
IV. Resultados.....	23
IV.1 Parámetros Físico-Químicos del Agua Superficial.....	23
IV.1.1. Nutrientes inorgánicos disueltos:.....	23
IV.1.2. Temperatura:.....	25
IV.1.3. Salinidad:.....	26
IV.1.4. Oxígeno disuelto	27
IV.1.5. Potencial de Hidrógeno	28
IV.1.6. Dureza	29
IV.1.7. Alcalinidad	30
IV.1.8. Cloro libre residual (Cl ₂)	31
IV.1.9. Sólidos suspendidos.....	32
IV.1.10. Sólidos Sedimentables.....	33
IV.1.11. Sólidos Totales	34
IV.1.12. Material flotante y Características organolépticas	35
IV.1.13. DBO ₅	37
IV.1.14. Grasas y aceites.....	38
IV.1.15. Fenoles.....	39
IV.1.16. Sulfatos	40
IV.1.17. Nitrógeno total	41



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

IV.1.18. Fósforo total	42
IV.1.19. Metales pesados	43
IV.2 Parámetros fisicoquímicos del Agua Intersticial.....	44
V. Interpretación de resultados	48
VI. Conclusiones	66
VII. Bibliografía	71



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior (San Pedrito), Tapeixtles y Laguna de Cuyutlán.....	16
Tabla 2. Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (μM) en los distintos puntos de monitoreo.....	25
Tabla 3. Registro de presencia (P)/ausencia (A) de materia flotante en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).....	36
Tabla 4. Registro Características organolépticas en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	36
Tabla 5. Concentración metales pesados en el agua superficial de las estaciones de monitoreo establecidas en la Laguna del Valle de las Garzas (1-6), Puerto Interior (7, 8 y 9), Tap (E10) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (E11 a E15).	44
Tabla 6. Límites Máximos Permisibles para Cianuro y Metales según la NOM- 001-SEMARNAT-2021	63



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Estaciones de muestreo en las lagunas del Valle de las Garzas, Tapeixtles y Puerto Interior. b) Estaciones de muestreo en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán.	15
Figura 2. Aspecto de algunos sitios del Valle de las Garzas en el muestreo de julio de 2022.	18
Figura 3. Medición de parámetros fisicoquímicos en el agua superficial e intersticial en los distintos puntos de muestreo durante julio de 2022.	20
Figura 4. Actividades en laboratorio para determinación de parámetros bióticos y abióticos durante el mes de julio de 2022.	23
Figura 5. Temperatura en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	26
Figura 6. Salinidad (UPS) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior o San Pedrito (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	27
Figura 7. Oxígeno disuelto (mg/l) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). ...	28
Figura 8. pH en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	29
Figura 9. Dureza en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	30
Figura 10. Alcalinidad en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	31
Figura 11. Cloro libre residual (Cl ₂) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).	32
Figura 12. Sólidos suspendidos en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). ...	33



Figura 13. Sólidos Sedimentables en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). ... 34

Figura 14. Sólidos Totales en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). 35

Figura 15. Demanda bioquímica de oxígeno al 5to día (DBO₅) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy)..... 38

Figura 16. Grasas y aceites en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). ... 39

Figura 17. Fenoles en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). 40

Figura 18. Sulfatos en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). 41

Figura 19. Nitrógeno total en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). 42

Figura 20. Fosforo total en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy). 43

Figura 21. Parámetros fisicoquímicos en el agua intersticial en la LVG. Julio 2022. 45

Figura 22. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos de la zona de estudio. 46

Figura 23. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio..... 47



I. Introducción.

Una laguna costera se define como un cuerpo de agua con poca profundidad, separado del mar por una barrera y al mismo tiempo conectado con el mar por una o más entradas naturales o artificiales cuyas conexiones pueden ser momentáneas o permanentes generalmente restringidas por el intercambio mareal (Kjerve, 1994).

En estos cuerpos de agua son diversos en morfología, sedimentos, flora y fauna debido a su hidrodinámica interna y por la interacción entre ecosistemas como los manglares, arroyos de temporada y zona costera marina adyacente entre otros, por tanto al ser cuerpos transicionales reciben, acumulan e intercambian materia orgánica y nutrientes que provienen de diversas fuentes y son transportados por ríos, escorrentías y aguas subterráneas; es por ello que para conservar la biodiversidad de estos ecosistemas es fundamental el mantenimiento de la conexión natural de las fuentes de agua dulce y marina lo que implica que las lagunas costeras tienen variedad de escenarios ambientales (Herrera-Silveira, 2006).

Entre las funciones que destacan de las lagunas costeras son, servir como sitios de reproducción, alimentación, crianza y refugio de varias especies incluso migratorias, ya sea de forma temporal o permanente y exportar los excedentes de producción de materia orgánica que fertiliza el mar adyacente, lo que contribuye a la productividad y biodiversidad regional. Además, representan zonas de amortiguamiento ante fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones y tormentas, es decir, brindan múltiples servicios ambientales, lo cual ha provocado que el hombre las aproveche intensamente; lo cual se ve reflejado en contaminación y la alteración (Flores- Verdugo et al., 1992).

Las lagunas costeras son sistemas naturales formados por depresiones en la costa o zonas del relieve terrestre situadas a una altura inferior que las regiones circundantes, en las cuales sus aguas tienen una conexión permanente o temporal



con el mar mediante uno o varios canales, y siempre están protegidas de las fuerzas del mar por algún tipo de barrera que puede ser de tipo físico, principalmente de arena de origen marino, o barrera tipo hidrodinámica por la presencia de agua dulce y agua marina, la penetración de la marea y los vientos locales que les brindan características hidrodinámicas particulares. Su conformación estructural resulta de la interrelación de estos aspectos con diversos ecosistemas tales como el manglar, el río, el mar, la vegetación acuática sumergida, entre otros, que al final los hacen cuerpos costeros importantes desde el punto de vista ecológico debido a su gran capacidad productiva, originada por la contribución de varios tipos de productores primarios, la energía de mareas y circulación, la abundancia de nutrientes, y la conservación, retención y eficiencia del reciclaje de nutrientes entre hábitats bentónico, pelágico y humedales adyacentes, haciendo posible la concentración de una alta biodiversidad (Lara-Lara et al., 2008).

Por lo anterior, es importante el estudio y seguimiento de la disponibilidad, distribución y explotación de sus recursos; con esta finalidad se planteó el presente estudio, para dar seguimiento a la evolución de las Lagunas del Valle de Las Garzas, San Pedrito, y Cuyutlán, Colima. debido a las modificaciones antropogénicas que controlan el flujo y reflujo de la marea con el propósito de que medir las variaciones en los parámetros fisicoquímicos, como consecuencia de la modificación de los patrones de circulación.

I.1. Antecedentes

En 1940 la laguna de San Pedrito abarcaba una franja costera desde el barrio del mismo nombre, desde la zona del antiguo Hospital Civil (centro histórico de Manzanillo) hasta la población de Salagua. Corría de manera paralela a la costa y existía una isla con una extensión de seis hectáreas que albergaba 80 acres de palmeras y árboles frutales, y en las fechas de madurez la población acudía a



realizar sus compras. La playa que daba al mar era de características naturales y una angosta franja de arena llegaba junto al cerro en donde se localizaba el tanque de agua potable para abastecer al puerto. A la altura donde en la actualidad se encuentra el canal del puerto interior, se encontraba una isla con gran variedad de fauna debido al manglar existente que se extendía unos 100 m más allá de donde estaba la peña del Polvorín, donde iniciaban las huertas de coco, mango y ciruela. Para entrar a la isla había un pequeño terraplén bordeado de mangles y árboles frutales donde los lugareños acudían a realizar sus compras.

La construcción del Puerto Interior de Manzanillo y el proceso de urbanización seccionaron la laguna de San Pedrito en diferentes vasos, iniciando un drástico deterioro ambiental y un progresivo deterioro. Uno de esos vasos se conoce ahora como la laguna del Valle de las Garzas donde la Planta de Tratamiento de Salagua, la más importante de la ciudad de Manzanillo, vierte sus aguas antes de ser descargadas al Puerto Interior y de ahí conectar con la bahía de Manzanillo.

Los antecedentes de estudios más actuales y representativos de este cuerpo lagunar se relacionan con los muestreos realizados en los distintos vasos lagunares que concluyeron en el año 2020 como parte del seguimiento ambiental realizado por la Universidad de Colima debido a la ampliación del Puerto de Manzanillo en su zona norte, de estos monitoreos y de los monitoreos realizados entre agosto de 2021 a julio de 2022 se desprenden los siguientes antecedentes de los parámetros fisicoquímicos que se atienden en este programa.

Existe alta concentración de N, P y Si que permiten clasificar al Valle de las Garzas (VG) y Tapeixtles (Tap) como cuerpos costeros hiper-eutróficos producto de descargas antropogénicas (planta de tratamiento de Salagua y escurrimientos urbanos) o portuarias, y al Puerto Interior (PI) en su parte interna como eutrófico debido a la desde el VG que representa una fuente de estos elementos hacia la zona costera adyacente a través del canal de entrada al PI.



La temperatura presenta valores más altos en partes internas de los distintos cuerpos lagunares. En el VG relacionadas con la climatología local, baja profundidad, mayor tiempo de residencia y el casi nulo intercambio de agua con el Puerto Interior (PI), similares en Tapeixtles por el bajo intercambio con PI a través de las alcantarillas. Los valores más bajos y menos variables ocurren en el PI por su mayor profundidad con un gradiente que desciende desde su proximidad con el Valle de las Garzas (VG) hacia el canal de entrada del PI debido la mayor circulación por influencia mareal.

La salinidad es baja en el VG relacionada con las descargas de agua provenientes de la planta de tratamiento, escorrentías urbanas y aportes pluviales de temporada, así como por la reducida influencia marina a través del canal de comunicación con el PI cerca del canal de intercomunicación. Esto pone en estrés biológico a las especies vegetales y animales residentes. En Tap muestra variabilidad debido a la influencia marina a través de las alcantarillas de comunicación, descargas clandestinas o escurrimientos de temporada. En el PI los valores son similares a los marinos con valores bajos hacia la parte interna debido a los aportes desde el VG.

La conductividad y alcalinidad muestran relación positiva con la salinidad y evidencia la entrada de agua continental vía descargas de la planta de tratamiento o escorrentías urbanas o pluviales de temporada al VG o descargas clandestinas (Tap) por influencia desde el PI, en este son mayores debido a la influencia marina y su circulación interna. El pH muestra valores alrededor bajos (hasta 7.7) por la entrada de agua urbana en la parte interna del VG y en menor proporción en Tap debido a influencia del PI, éste presenta valores similares a los marinos (8.2) por su comunicación con la Bahía de Manzanillo.

El OD mantiene valores anóxicos a hipóxicos en el VG debido a su agotamiento por los aportes de material orgánico debido al descargas de agua residual de la PTAR y porque la productividad primaria que se ve frenada por la cantidad de material



suspendido que impide la fotosíntesis. En Tap la concentración es mayor pero baja, debido a presencia de material orgánico, escurrimientos o vertidos difusos clandestinos lo que pone en estrés fisiológico a los organismos, sobre todo bentónicos. En el PI los valores son más altos debido a la mayor circulación e intercambio mareal, las menores concentraciones de material orgánico y la mayor actividad fotosintética.

El Cloro libre residual, aunque no muestra altas concentraciones por su agotamiento, desprendimiento hacia a atmosfera o quelación con el material orgánico existente, es indicador de actividad antropogénica en VG o en Tap debido a escurrimientos clandestinos desde la zona urbana adyacente que en ocasiones se hacen presentes, incluso en la parte interna del PI.

Los Sólidos en todas sus formas reciben la mayor concentración de su parte Suspendida debido a la poca profundidad y resuspensión o como en el VG debido a aportes continentales en época de lluvia. En Tap y en el PI sus altos valores dejan ver una alteración en los cuerpos lagunares que llega hasta la Bahía de Manzanillo y causan problemas con la penetración de luz que se ve reflejado en la disponibilidad de OD debido a la disminución de la actividad fitoplanctónica. El Material Flotante está presente en la parte interna del VG debido a la vegetación circundante y a la basura urbana plástica que también es evidencia de la influencia antropogénica y en ocasiones se presenta en el PI y Tap.

La DBO₅ muestra los valores más altos en el VG como evidencia de actividades antrópicas que aportan material orgánico que debe ser degradado, sobre todo en época de lluvia, generando estrés biológico por consumo de OD en los distintos cuerpos lagunares monitoreados, lo que también es evidente en Tap aunque en menor intensidad y hacia el la parte interna del PI que luego disminuye hacia el canal de comunicación del PI por circulación pero es evidencia de alteraciones antrópicas.



Las G y A han mostrado valores asociados a contaminación urbana e industrial desde zonas aledañas en la VG, Tap y el PI, así mismo su presencia puede estar dada por el aporte de agua residual en el VG o en la laguna de Tapeixtles cuyo origen puede ser el lavado y arrastre de material desde los patios de contenedores aledaños o desde aportes clandestinos o escurrimientos de la zona urbana.

Los Metales pesados en la columna de agua como el CrT, y Cu muestran influencia de asentamientos urbanos en el VG, aunque la presencia de Pb, Zn, Cd en Tapeixtles evidencia influencia portuaria debido a escurrimientos difusos desde patios de contenedores o de minerales y son detectados incluso en el PI donde la actividad portuaria puede ser su principal fuente debido a que son utilizados en pinturas antiincrustantes de los buques.

Por su parte, la Laguna de Cuyutlán también ha perdido su configuración ecológica natural debido a constantes y diversas alteraciones que se han realizado en ella relacionadas con actividades antropogénicas como la pesquería y producción artesanal de sal dentro de la laguna y la generación de energía eléctrica; lo cual ha alterado su circulación interna y la profundidad en los diferentes vasos de la laguna que se han visto alterados por las aperturas y modificaciones de canales artificiales que conectan la laguna con el mar. Los resultados del monitoreo actual practicados en el vaso III de este sistema lo hacen ver como un sistema tropical costero del Pacífico mexicano con influencia de aportes continentales que en la época de lluvia o durante el estiaje por vientos locales y la influencia mareal, que hacen que en su parte más interna, debido a su escasa profundidad y al aportes de minerales y material orgánico (hojarasca) se tengan amplias variaciones y mayores concentraciones de las variables bióticas y abióticas bajo los rangos de un cuerpo de agua natural que si bien pueden ser elevados no se pueden relacionar con alteraciones antropogénicas.



I.2. Objetivos del programa.

I.2.1. Objetivo General

Medición mensual de parámetros fisicoquímicos en el agua superficial de la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Laguna de Tapeixtles como parte del programa de ejecución de compromisos de la Administración Portuaria Integral Manzanillo S.A. de C.V. (API Manzanillo), sobre medidas correctivas ordenadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en la resolución administrativa no. PFPA.5/2C.27.5/0028/17/0110, para lograr la restauración ambiental de las lagunas: Valle de las Garzas y Cuyutlán, Colima.

I.2.2. Objetivos particulares

Entre agosto de 2021 y julio de 2022, de manera mensual determinar la concentración, variabilidad y relación/efectos de:

- Nutrientes inorgánicos disueltos, DBO₅, grasas y aceites, fenoles, Nitrógeno total, Fosforo total.
- Temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, alcalinidad, dureza total.
- Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Conductividad (Sólidos disueltos), material flotante, Características organoléptica.
- Metales presentes en estado iónico (As, Cd, Cu Cr total, Hg, Ni, Pb, Zn y CN⁻).
- Temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH en agua intersticial.
- Parámetros de sedimentos: metales de transición (pesados) e inorgánicos.



II. Indicadores ambientales y metas del programa

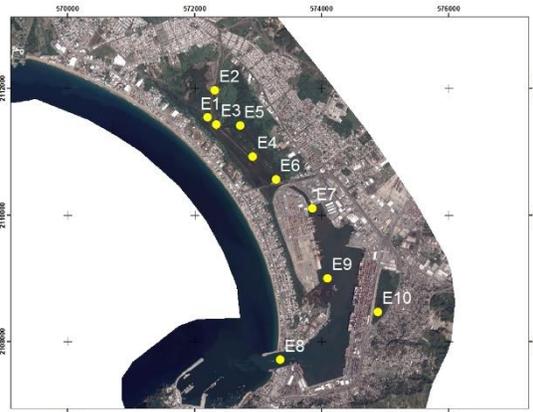
Los indicadores ambientales de este programa son los parámetros fisicoquímicos que ayuden a determinar el estado de conservación o alteración de los componentes ambientales de la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior, Laguna de Tapeixtles y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán mencionados en objetivos particulares, como parte de las medidas correctivas ordenadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en la resolución administrativa no. PFFPA.5/2C.27.5/0028/17/0110, para lograr la restauración ambiental de las Lagunas: Valle de las Garzas y Cuyutlán, Colima.

La meta del programa se relaciona con la variabilidad espacial y temporal de los parámetros antes mencionados que deben mantener rangos óptimos, mostrar ciclicidad y una amplitud propia de un cuerpo lagunar tropical que permitan demostrar que en los cuerpos lagunares mencionados se han alcanzado condiciones de equilibrio dinámico.

III. Descripción de trabajos-Metodología empleada.

III.1 Área de estudio.

Está compuesta por 3 espejos de agua localizados en el litoral del Pacífico Mexicano en el Municipio de Manzanillo, Colima. Se encuentra limitada al Poniente por la Bahía de Manzanillo y Sur por la Laguna de Cuyutlán. El muestreo se realiza en 15 puntos de agua superficial, entre las 8:00 y las 17:00 h a bordo de lanchas con motor fuera de borda en las distintas estaciones, 6 en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), 2 en el Puerto Interior (PI), 1 en la Laguna de Tapeixtles y 5 en la laguna de Cuyutlán (Cuy) en el Vaso III (Tabla 1; Figura 1a y 1b).



a)



b)

Figura 1. a) Estaciones de muestreo en las lagunas del Valle de las Garzas, Tapeixtles y Puerto Interior. b) Estaciones de muestreo en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán.

La posición de las estaciones de muestreo en cada uno de los vasos lagunares se estableció para tener representatividad de cada cuerpo en función de su morfología que se relaciona con los canales internos de circulación, batimetría, fuentes de aportes continentales, presiones antropogénicas y su tamaño. Los resultados obtenidos permitirán representar las características internas de cada vaso para hacer comparativos estadísticos internos o propios y posteriormente comparar sus resultados/tendencias con los otros vasos y poder establecer similitudes o tendencias con diferenciales estadísticas significativas o no relacionadas con las distintas presiones/actividades antrópicas o variaciones naturales que luego puedan



presentar variaciones espaciotemporales propias de la región de estudio. En base a esto y a pesar de la diferencia en el número de estaciones de monitoreo en cada vaso, se tendrá información espaciotemporal representativa de cada uno de ellos y entre los mismos, y a pesar de las peculiaridades que cada vaso, se podrán identificar la presencia o no de las modificaciones antrópicas o las variaciones naturales a las cuales se ven expuestos.

La posición geográfica de las estaciones de monitoreo de agua superficial se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior (San Pedrito), Tapeixtles y Laguna de Cuyutlán.

Área	Estación	Punto X	Punto Y
Valle de las Garzas	1	572204.0	2111542.0
Valle de las Garzas	2	572323.0	2111972.0
Valle de las Garzas	3	572347.0	2111432.0
Valle de las Garzas	4	572920.0	2110923.0
Valle de las Garzas	5	572719.0	2111409.0
Valle de las Garzas	6	573284.0	2110564.0
Puerto Interior	7	573855.9	2110106.3
Puerto Interior	8	573352.6	2107711.4
Puerto Interior	9	574096.4	2108999.0
Tapeixtles	10	574888.5	2108466.2
Laguna Cuyutlán	11	579782.0	2102111.0
Laguna Cuyutlán	12	580172.0	2100927.0
Laguna Cuyutlán	13	582223.0	2101659.0
Laguna Cuyutlán	14	585011.0	2100905.0
Laguna Cuyutlán	15	588438.8	2099941.4

III.2 Actividades en campo

Entre el 2 y 8 de julio de 2022, entre las 12:00 y las 19:00 h, las variables fisicoquímicas en agua superficial e intersticial fueron medidas in situ mediante embarcaciones con motor fuera de borda con una sonda multiparámetros YSI



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

PRO2030 con la cual se determinó la temperatura, salinidad, conductividad y el oxígeno disuelto.

Para la determinación de Cloro libre residual (Cl_2) se tomó una pequeña muestra de agua en un recipiente de vidrio que fue analizada a bordo de la embarcación utilizando un kit colorimétrico de campo (Pocket Colorimeter II) de la marca Hatch.

Así mismo se midió pH con un potenciómetro marca HACH modelo 410A, la materia flotante se determinó en campo como presencia/ausencia utilizando un marco cuadrado con luz de malla entre 2 y 3 mm según lo expuesto en la NMX-AA-006-SCFI-2010. Se tomaron muestras de agua y sedimentos para determinar en laboratorio la concentración de nutrientes, metales pesados, grasas y aceites, sólidos suspendidos totales y material flotante (Figuras 2 y 3).





Figura 2. Aspecto de algunos sitios del Valle de las Garzas en el muestreo de julio de 2022.



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE**
COORDINACIÓN GENERAL



**UNIVERSIDAD
DE COLIMA**





Figura 3. Medición de parámetros fisicoquímicos en el agua superficial e intersticial en los distintos puntos de muestreo durante julio de 2022.

III.3. Actividades en laboratorio

Los nutrientes inorgánicos disueltos se determinaron colorimétricamente utilizando un autoanizador de flujo segmentado SKALAR San Plus II con una precisión de $0.01 \mu\text{M}$, según las siguientes técnicas por Solórzano (1969), Strickland y Parsons (1972), Grasshoff et al., (1983) (Figura 4).

Para metales pesados, en botellas de plástico de 1 l limpias a un grado de ultrapureza, las muestras de grasas y aceites en botellas de vidrio de 1 l, los Sólidos Suspendidos Totales a partir de muestras de 1 l, muestras de material flotante a partir de 5 filtración de 5 l de agua obtenidas entre 10 y 20 cm de profundidad,



mediante las técnicas descritas por la APHA (1990), validadas por Normas Oficiales Mexicanas, se determinaron sus concentraciones.

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se determinaron mediante la filtración de 500 ml de agua (o hasta donde los sólidos contenidos en cada muestra lo permitieron), utilizando filtros de fibra de vidrio. El cálculo de la concentración de SST se basó en la diferencia de los sólidos retenidos en un filtro y los filtrables (disueltos) totales.

Para los Sólidos Sedimentables (SS) se siguió la metodología establecida en la norma oficial mexicana y se colocó la muestra en embudos graduados tipo Imhoff y se dejó sedimentar por una hora. Después del tiempo establecido, se registró directamente la lectura del embudo.

Los metales pesados, cianuros, DBO, Grasas y Aceites, N y P Total, Dureza, Alcalinidad fueron determinados en el Laboratorio Central de Instrumentación de la ENCB del IPN con acreditación EMA AG-063-007/10.





Figura 4. Actividades en laboratorio para determinación de parámetros bióticos y abióticos durante el mes de julio de 2022.

IV. Resultados

IV.1 Parámetros Físico-Químicos del Agua Superficial

IV.1.1. Nutrientes inorgánicos disueltos:

En el monitoreo de julio de 2022, al igual que en meses pasados las concentraciones en la superficie de la columna de agua se mantuvieron altas en las partes internas de los sistemas lagunares. En particular en el VG se relacionaron con los aportes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Salagua y de menor manera a los primeros aportes a través de Arroyo punta de Agua relacionados con descargas pluviales de inicios de temporada. Por esta razón en el VG las concentraciones puntuales más altas se registraron en sus estaciones internas debido a la escasa penetración mareal por el azolve lagunar, y luego una disminución hacia la estación próxima con el PI donde la mayor profundidad y la influencia mareal puntual generan dilución. En el PI las mayores concentraciones se localizaron en la parte interna (E7) debido a influencia desde el VG que fueron disminuyendo hacia el canal de comunicación con la Bahía de Manzanillo. En Cuyutlán se presentó un gradiente de disminución de la parte interna hacia el canal de Tepalcates en las distintas especies de N, P y Si monitoreadas. En general las concentraciones promedio y su Desviación Estándar (DE) de los distintos nutrientes para todas las estaciones del mes fueron de 68.71 ± 61.36 ; 78.65 ± 97.53 ; 39.37 ± 37.10 y 432.75 ± 146.54 μM para nitratos más nitritos, amonio, fosfatos y silicatos, respectivamente. Siendo las especies de N y P monitoreadas similares a los promedios de meses pasados.

En el VG (E1-E6) las concentraciones fueron altas en la parte interna con un gradiente de descenso hacia la intercomunicación con el PI lo cual generó amplia variación de concentraciones como se aprecia en los valores de la Desviación



Estándar (DE), siendo el amonio nuevamente la forma nitrogenada más alta y este mes destaca una concentración de fosfatos mayor al mes pasado (Tabla 2). Los amplios rangos de concentración se reflejaron en valores altos de la DE con los siguientes promedios 122.95 ± 62.41 ; 175.22 ± 82.65 ; 79.88 ± 20.31 y 576.10 ± 19.41 μM para nitratos más nitritos, amonio, fosfatos y silicatos, respectivamente. En este mes la concentración de nutrientes fue del mismo orden de magnitud al mes de junio pasado.

En el PI las concentraciones fueron menores respecto al VG, y como el mes de junio pasado las mayores se detectaron en E7 lo que indica intercambio con el VG, a partir de esta estación se nota descenso hacia el canal de comunicación con la Bahía de Manzanillo (E9), las concentraciones promedio y DE fueron 33.23 ± 21.13 ; 32.94 ± 45.35 ; 19.86 ± 14.82 y 347.99 ± 85.48 μM para nitratos más nitritos, amonio, fosfatos y silicatos respectivamente. Para Tap (E10), las concentraciones, aunque altas fueron similares a los valores detectados en E7 del VG Tabla 2.

El Vaso III de la laguna de Cuyutlán mostró un incremento hacia la parte interna lo cual generó alta variabilidad, siendo sus concentraciones menores a las detectadas en el VG, PI y Tap. Los valores promedio y su DE fueron 26.21 ± 21.40 ; 4.07 ± 2.54 ; 7.38 ± 3.55 y 313.87 ± 130.86 μM para nitratos más nitritos, amonio, fosfatos y silicatos, respectivamente (Tabla 2).



Tabla 2. Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (μM) en los distintos puntos de monitoreo.

Vaso lagunar	Estación	NO ₂ +NO ₃	NH ₄	PO ₄	SiO ₂
VG	E1	169.16	210.98	87.98	574.59
VG	E2	227.89	320.47	112.17	612.49
VG	E3	103.58	178.46	84.56	579.19
VG	E4	82.15	128.49	74.12	568.78
VG	E5	86.15	114.68	68.18	564.27
VG	E6	68.79	98.26	52.27	557.28
	Prom	122.95	175.22	79.88	576.10
	D STD	62.41	82.65	20.31	19.41
PI	E7	56.37	85.25	36.17	428.76
PI	E8	28.37	8.79	16.19	356.74
PI	E9	14.95	4.78	7.21	258.48
	Prom	33.23	32.94	19.86	347.99
	D STD	21.13	45.35	14.82	85.48
Tap	E10	62.15	9.18	14.75	421.29
Cuy	E11	9.12	1.25	4.72	168.17
Cuy	E12	10.48	1.54	4.68	210.10
Cuy	E13	15.98	5.72	5.12	312.49
Cuy	E14	36.27	4.98	10.18	389.14
Cuy	E15	59.18	6.87	12.18	489.47
Cuy	Prom	26.21	4.07	7.38	313.87
Cuy	D STD	21.40	2.54	3.55	130.86

IV.1.2. Temperatura:

La temperatura superficial del agua en las distintas estaciones de la zona de estudio osciló entre 28.6 °C en E2 a 31.3 °C en E5 del VG. Su promedio mensual general fue 30.0 ± 1.0 °C, similar al mes de junio pasado, con los valores puntuales más altos en zonas internas y someras.

El VG registró un promedio de 30.1 ± 1.1 °C, una mínima de 28.6 °C en E2 y máxima de 31.3 °C en la E5, con un patrón de incremento de la parte interna hacia su boca (E6). En el área del PI la temperatura permaneció constante hacia la conexión con la Bahía de Manzanillo siendo menor en la parte de comunicación con la Bahía (E9) pasando de 28.7 °C a 28.8 en E7. En Tap (E10) se determinó una temperatura de 31.0 °C (Figura 5). En Cuy se registró una temperatura superficial promedio de 30.4



± 1.0 °C, con una mínima de 29.5 °C en E11 y una máxima de 30.8 °C en E14 (Figura 5), valores ligeramente menores al mes de junio pasado.

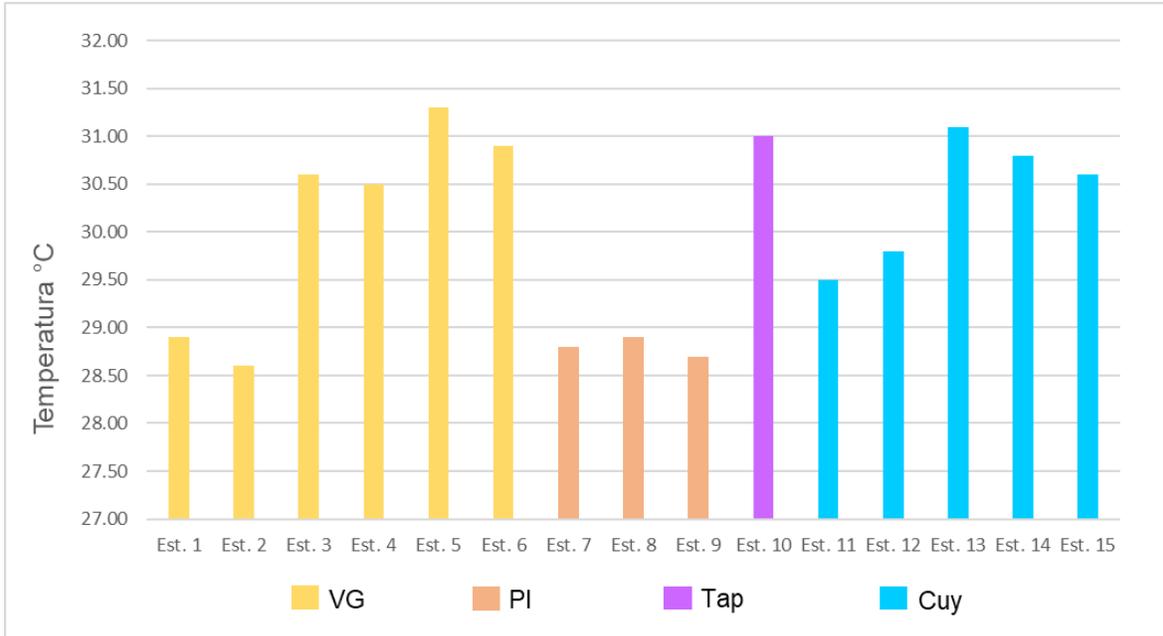


Figura 5. Temperatura en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.3. Salinidad:

La salinidad (UPS) superficial durante julio en las distintas estaciones de muestreo presentó una media de 23.1 ± 13.2 , con valores que oscilaron entre 2.1 UPS en E2 del VG hasta 33.6 en E15 de Cuy, valor promedio menor al mes de junio pasado.

En el VG la salinidad osciló entre 2.1 y 11.4 entre E2 y E3 respectivamente con una media de 8.4 ± 5.9 sin una distribución espacial definida. En el PI excepto en la parte más interna fueron parecidas a las marinas con valores entre 29.6 UPS en E7 y 33.6 UPS en E9. En Tap (E10) se registró un valor de 24.6, mientras que en Cuy se registró una salinidad superficial promedio de 35.2 ± 1.3 UPS, con una mínima de



33.5 en E11 y una máxima de 33.6 UPS en E15 con una tendencia de homogeneidad hacia la parte interna (Figura 6).

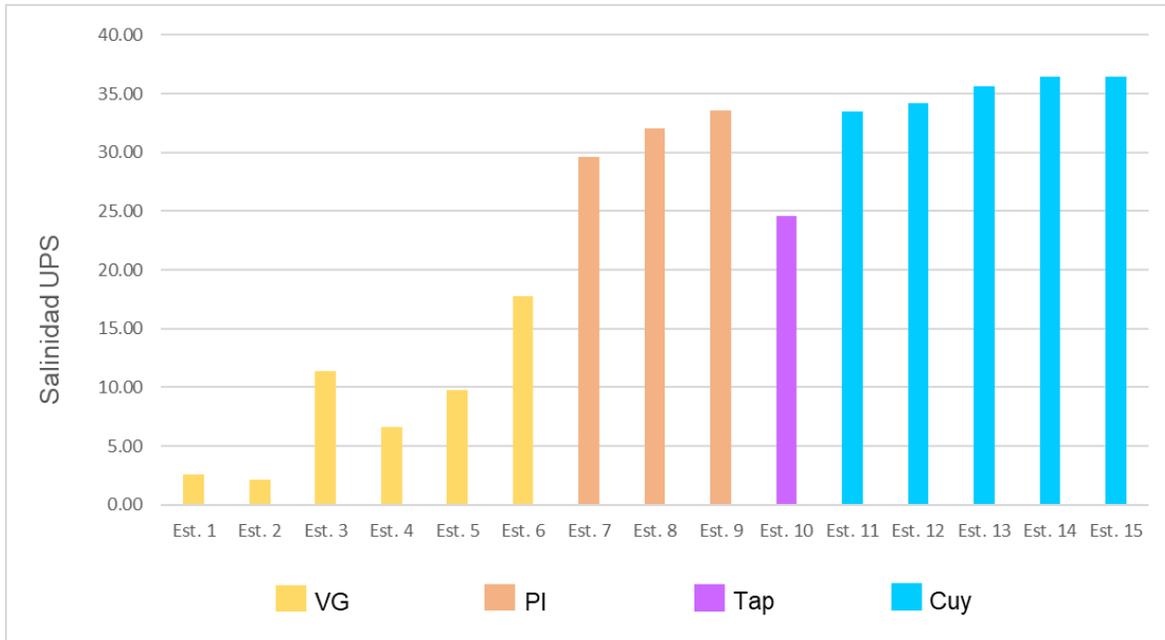


Figura 6. Salinidad (UPS) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior o San Pedrito (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.4. Oxígeno disuelto

En julio de 2022 entre las distintas estaciones de monitoreo se observó una concentración de OD entre 0.35 y 6.3 mg/l entre E2 del VG y E15 en Cuy respectivamente. La concentración promedio fue 3.7 ± 2.2 mg/l, valores ligeramente menores al mes de junio pasado.

Para el VG la concentración media de OD fue 1.2 ± 0.8 mg/l, con un mínimo de 0.35 mg/l en E2 y 2.6 mg/l en E6, especialmente se observó un ligero incremento hacia la zona de intercambio con el PI al igual que en el mes de junio pasado. En el PI las estaciones 7 a 9 presentaron concentraciones de 4.7 y 6.0 mg/l respectivamente. En E10 (Tap) la concentración de OD fue de 5.4 mg/l mientras que en Cuy las



concentraciones oscilaron entre 4.5 mg/l en E11 y 6.3 mg/l en E15, con una concentración promedio de 5.2 ± 0.8 mg/l con un marcado aumento hacia la parte interna (Figura 7) y concentraciones similares al mes pasado.

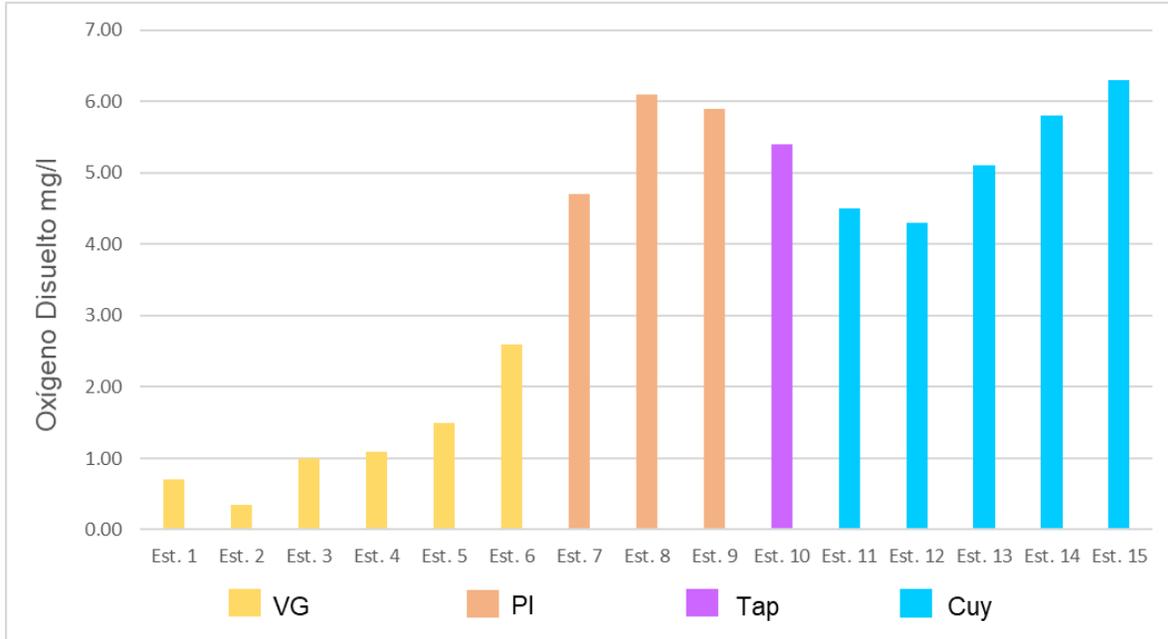


Figura 7. Oxígeno disuelto (mg/l) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.5. Potencial de Hidrógeno

El pH promedio en las distintas estaciones de monitoreo en julio fue 7.9 ± 0.5 , con el mínimo de 7.34 en E1 del VG y el máximo en 8.78 en E15 de Cuy. Este mes las concentraciones fueron ligeramente mayores y al mes de junio pasado.

En el VG se determinó un pH promedio de 7.4 ± 0.1 , con valores entre 7.34 (E1) a 7.49 (E6); con un ligero incremento hacia la comunicación con el PI. En el PI se registraron valores homogéneos respecto al VG entre 8.02 (E7) a 8.15 en E8 entre 8.02 ± 0.1 . En Tap se determinó un pH de 7.9. Por su parte, en la laguna de Cuyutlán



se presentó un promedio de 8.4 ± 0.3 con variaciones de 8.12 en E11 a 8.78 en E15, se observó un incremento hacia la parte interna (Figura 8).

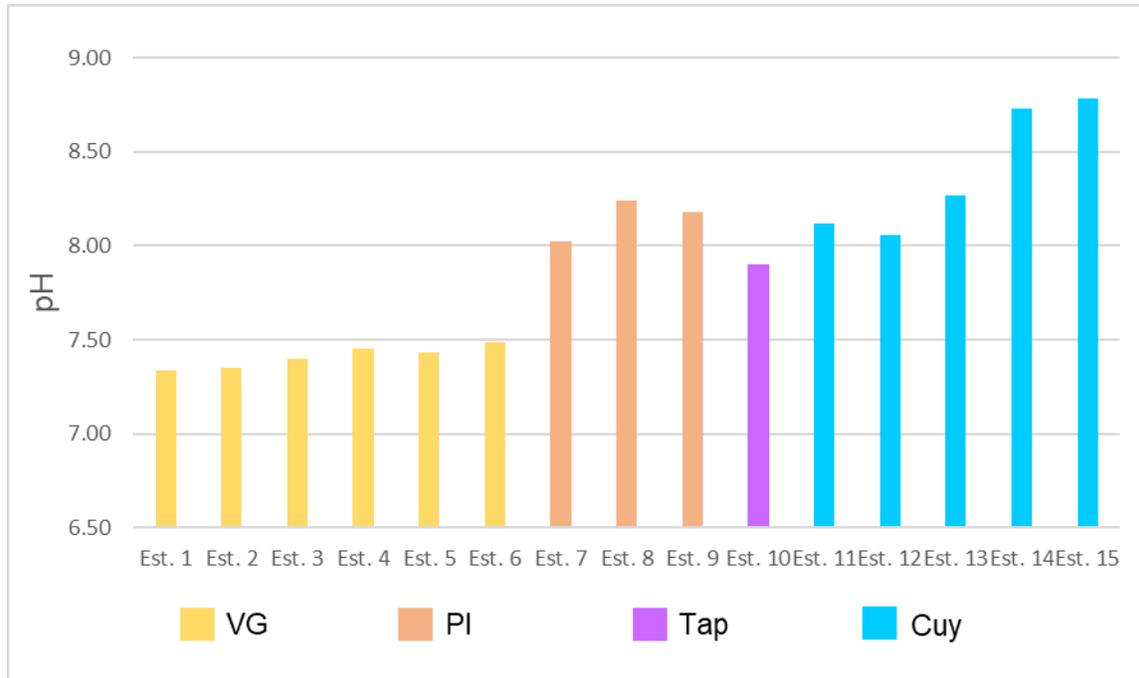


Figura 8. pH en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.6. Dureza

Durante julio de 2022 el promedio de las distintas estaciones de monitoreo fue 323.43 ± 16.89 mg/l con un mínimo de 300.5 mg/l en E6 del VG y máximo de 345.2 en E13 del Cuy. Su concentración presentó un incremento hacia la parte interna de Cuyutlán.

En el VG se presentó un promedio de 306.93 ± 5.4 mg/l con una concentración que decreció de E1 315.5 mg/l a la comunicación con el PI (E6) donde se detectó 300.5 mg/l. En el PI se registraron valores que incrementaron de su parte interna (E7) con 317.6 mg/l a 324.7 en E9. En Tap (E10) se determinó un valor de 330.8 mg/l; mientras que en Cuy se presentó un incremento en su parte intermedia, pasando



de 333.9 mg/l en E11 a 350.5 mg/l en E13 y luego un descenso a 341.7mg/l E15, con un promedio de 343.26 ± 6.11 mg/l (Figura 9), concentraciones similares al mes pasado.

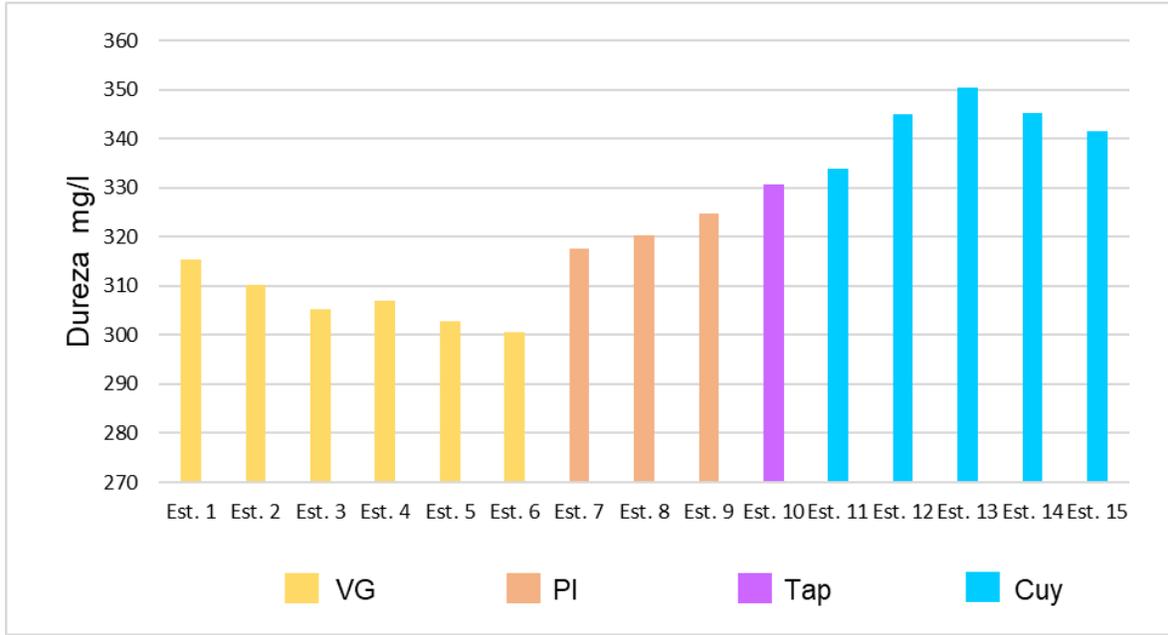


Figura 9. Dureza en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.7. Alcalinidad

En julio el promedio general fue 296.04 ± 64.36 mg/l con los mínimos de 180.0 mg/l varias estaciones y el máximo de 380.6 en E1 del VG. Este mes la concentración media fue similar al mes de junio pasado.

En el VG se presentaron los valores máximos del muestreo con un promedio de 314.68 ± 72.99 , valores con un descenso hacia la parte media (180.4 mg/l E3) a la boca (308.1 mg/l E6). En el PI se registraron valores entre 179.7 mg/l (E8) y 316.3 mg/l (E9) lo que generó un promedio de 266.13 ± 75.18 mg/l y valores altos en la parte interna como el mes pasado. En Tap (E10) el valor fue de 317.0 mg/l y para



Cuy se presentó un promedio de 287.42 ± 60.12 oscilando entre 180.3 en E12 a 320.5 mg/l E15 parte interna, con valores similares al mes de junio pasado (Figura 10).

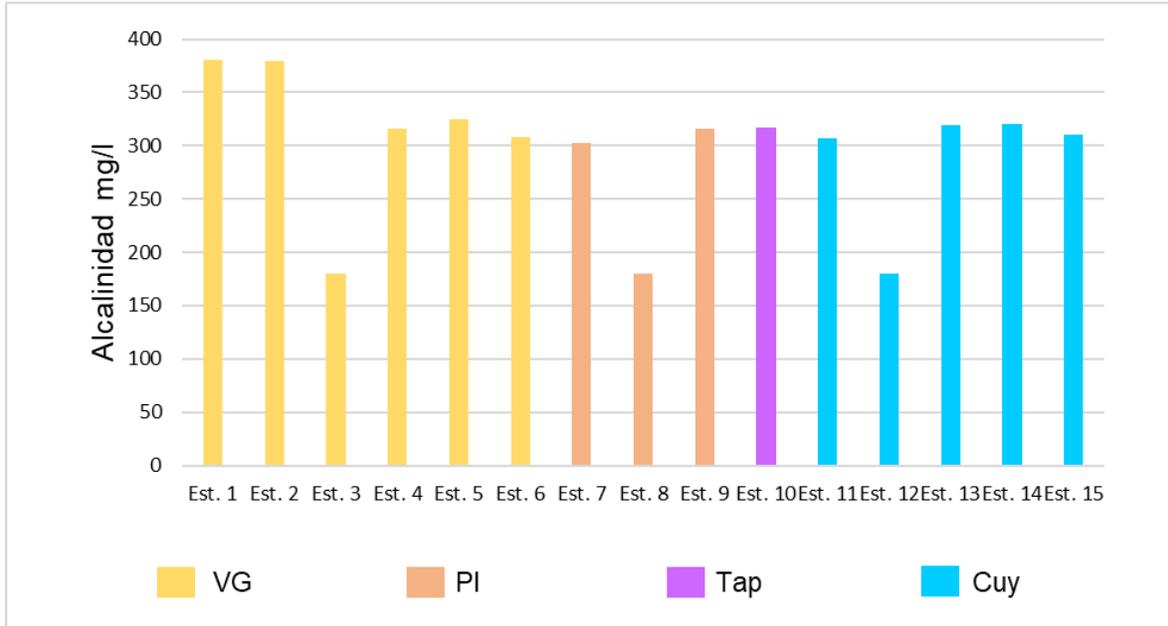


Figura 10. Alcalinidad en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.8. Cloro libre residual (Cl₂)

La concentración media de Cl₂ en las distintas estaciones de monitoreo fue 0.13 ± 0.08 mg/l, más baja en comparación a junio pasado, los valores máximos se registraron en el VG (E2) con 0.28 mg/l mientras que la menor se registró en el mismo VG (E6) con 0.03 mg/l, PI intermedios y Cuy con valores que incrementan hacia la parte interna.

En el VG las concentraciones de Cl₂ en el VG oscilaron entre 0.03 mg/l (E6) y 0.28 mg/l en E2, con un valor promedio de 0.11 ± 0.11 mg/l. Para el PI se detectó el valor mayor en E8 de 0.15 mg/l y el menor en E7 de 0.1 con un promedio de 0.12 ± 0.03



mg/l. En Tap (E10) la concentración fue de 018 mg/l. Mientras que en la laguna de Cuyutlán el mínimo fue 0.11 en E11 a 0.21mg/l en E15, con un promedio de 0.14 ± 0.06 mg/l (Figura 11).

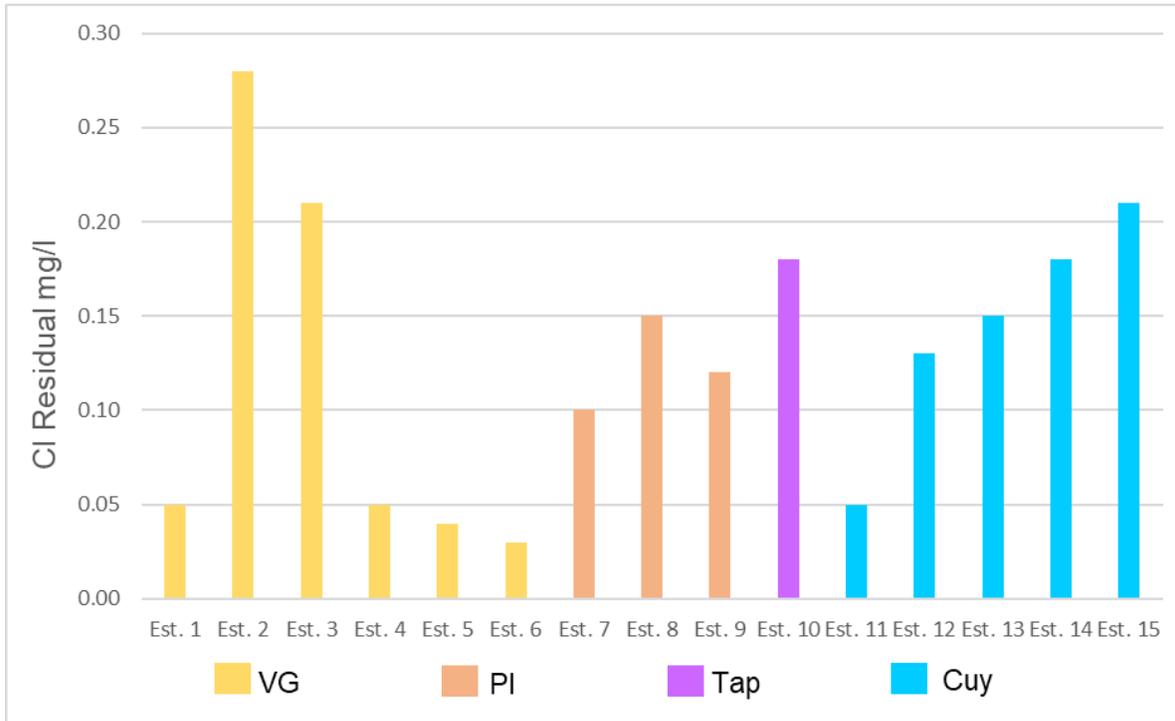


Figura 11. Cloro libre residual (Cl_2) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.9. Sólidos suspendidos

El promedio general de julio fue de $30,003.82 \pm 18,374.68$ mg/l con los valores mínimos en E1 del VG (3,386.60 mg/l), con el máximo en E15 de 53,442.6 de Cuy. Valores altos significativamente mayores al mes de junio pasado.

En el VG al igual que en junio pasado se registró el promedio más bajo con una media de $10,906.5 \pm 7,423.0$ mg/l, con valores entre 3,386.6 en E1 a 22,723.9 mg/l en E6 con claro incremento hacia la conexión con el PI. En el PI se registraron los valores entre 25,250.8 mg/l (E7) a 35,774.9 mg/l (E9) con un promedio de 31,396.91



± 5,480.28. En Tap el valor registrado fue de 38,621.3 mg/l. En Cuyutlán se presentaron los máximos este mes con un gradiente de incremento hacia la parte interna con valores en E11 de 44,373.9 mg/l a 53,442.6 mg/l (E15) con un promedio de 50,361.25 +/- 3,562.92 mg/l (Figura 12), valores mayores a los de junio pasado.

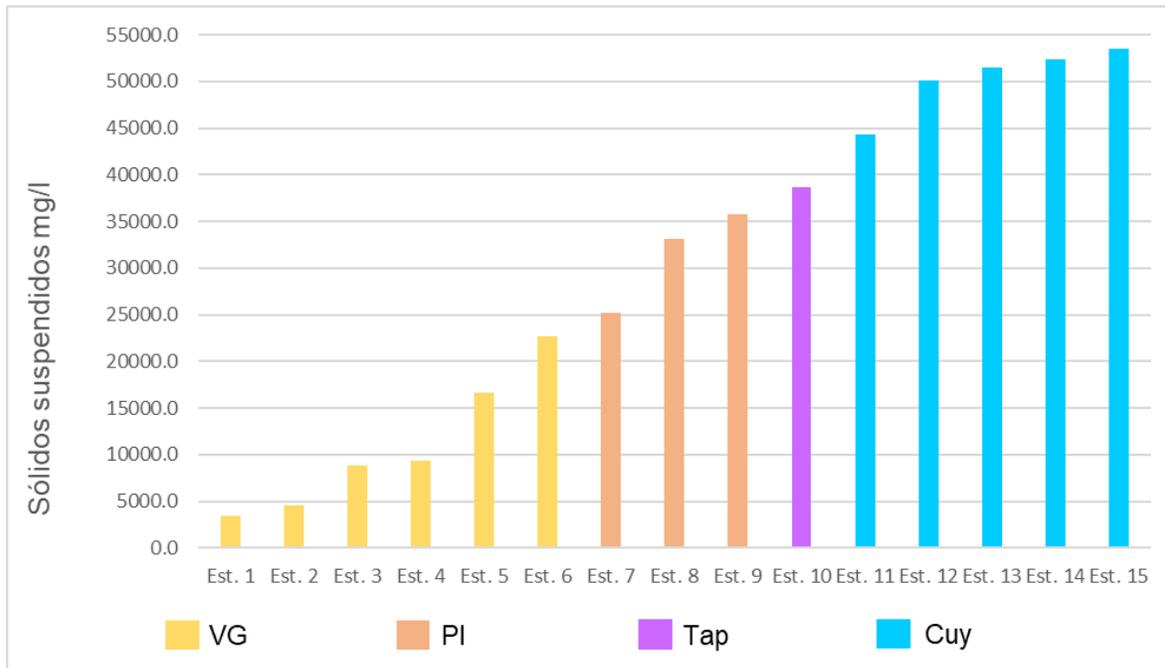


Figura 12. Sólidos suspendidos en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.10. Sólidos Sedimentables

La concentración promedio de todas las estaciones fue 25.43 ± 18.88 mg/l, concentraciones similares a las registradas al mes de junio pasado. Los valores máximos se registraron en el VG en su parte interna (47.89 mg/l E1) y los mínimos en Cuy con 1.54 mg/l (E12).

La concentración promedio en el VG fue de 44.17 ± 2.69 mg/l con el valor mínimo de 41.38 mg/l en E6 y el máximo de 47.89 mg/l en la parte interna (E1). En el PI se registró el valor máximo 36.27 mg/l en E7 con un gradiente negativo hacia el canal



de entrada con 19.89 mg/l en E9. En Tap E10 la concentración fue de 11.94 mg/l. En Cuyutlán se determinaron los valores mínimos con una tendencia de decremento de la boca hacia la parte interna pasando de 7.10 en E11 a 5.54 mg/l en E15, con un promedio de 3.32 ± 2.35 (Figura 13).

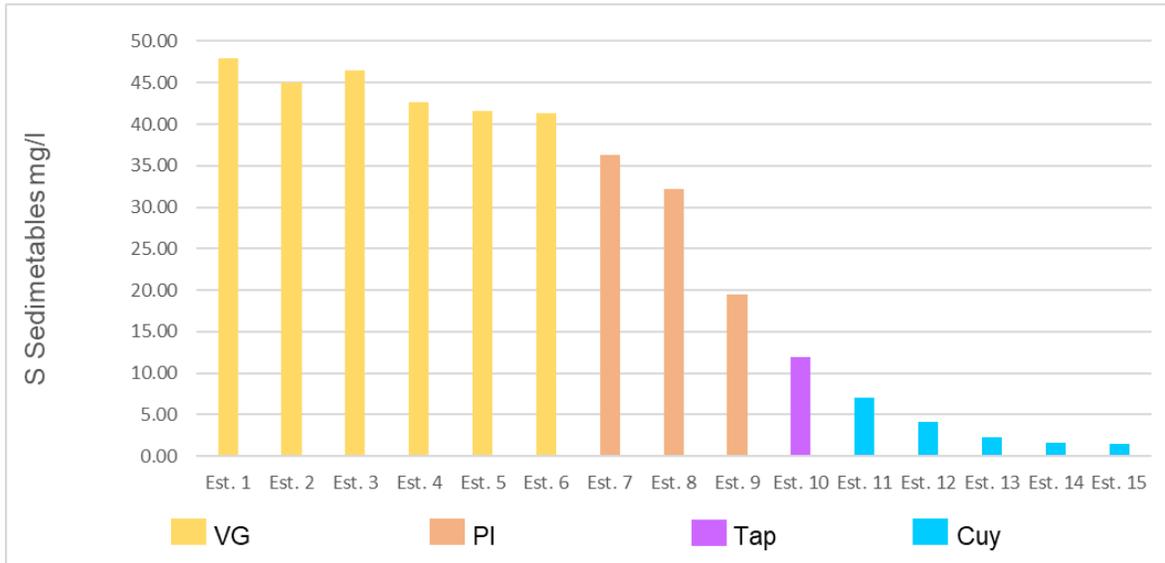


Figura 13. Sólidos Sedimentables en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.11. Sólidos Totales

Al igual que es meses pasados su concentración estuvo marcada por las partículas suspendidas o disueltas, con valores similares respecto al mismo mes de junio pasado, con un promedio general de $30,030.79 \pm 18,356.52$ mg/l, con valores entre 3,336.17.1 mg/l en E1 del VG a 53,445.82 mg/l en E15 de Cuy.

En el VG su concentración media fue la más baja con $10,952.03 \pm 7,420.48$ mg/l, con un ligero incremento de la parte interna (E1) 3,36.1 mg/l hacia la conexión con el PI donde se registró el valor de 16,625.41 mg/l (E6). En el PI su concentración osciló entre 25,288.77 mg/l en E7 a 35,795.95 mg/l en E9. Por su parte en Tap se presentó una concentración de 38,634.92 mg/l mientras que en Cuy los valores



máximos incrementaron hacia la parte interna, pasando de E11 con 44,382.69 mg/l a E15 con 53,445.82 mg/l, con un valor promedio de 50,366.23 mg/l \pm 3,560.52 (Figura 14).

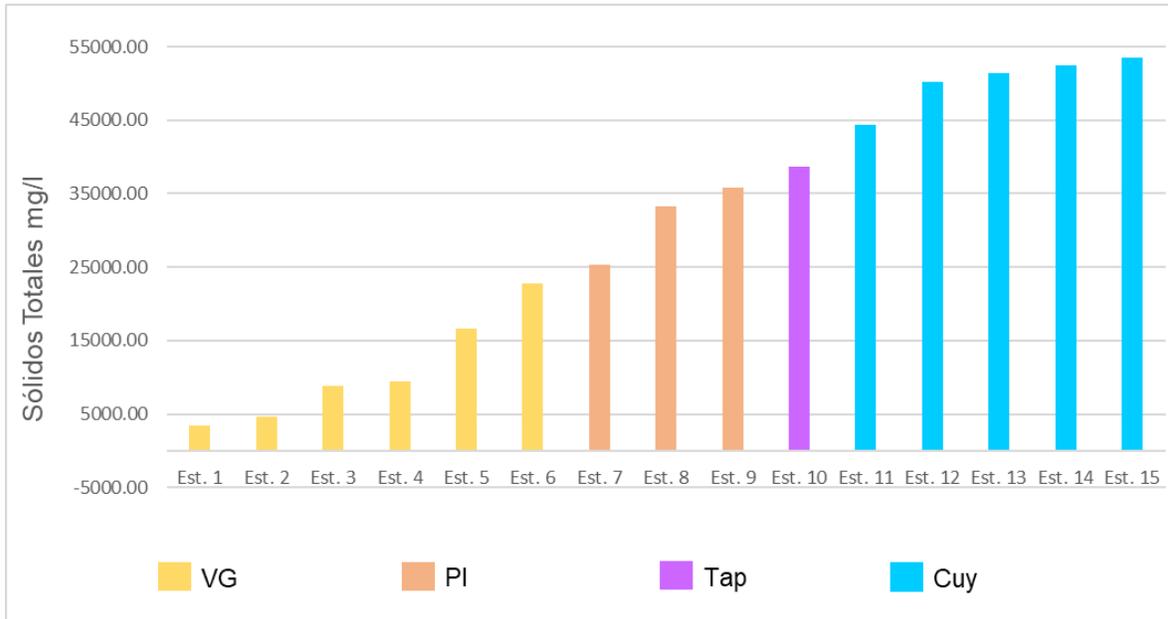


Figura 14. Sólidos Totales en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.12. Material flotante y Características organolépticas

En julio la presencia de materia flotante se detectó en 10 de las 15 estaciones de monitoreo (66.63 % las estaciones monitoreadas), lo cual fue similar que el mes de junio pasado. En las distintas estaciones del VG y Tap se presentó material que consistió en basura plástica, restos de madera, hojarasca y flóculos suspendidos. En el PI este mes se detectó material flotante en la superficie del espejo de agua en su parte interna (E7), mientras que en Cuy el material encontrado correspondió a restos de hojarasca flotantes en las estaciones internas (E14 y E15) (Tabla 3).

Respecto a las Características organolépticas, en el VG se presentó la mayor turbidez y olores oscuros combinados con turbidez de material inorgánico



suspendido como en el mes anterior con alto contenido de material orgánico e inorgánico suspendido (coloidal o disuelto), olor o azufre y a metano sobre todo en su parte interna donde su salinidad es naturaleza limnica, con presencia de espuma relacionada con aportes de detergente y degradación de material orgánico como en estaciones medias E4 y E5. En el PI se notó cierta turbidez sobre todo en su parte interna y media producto de material inorgánico suspendido con ausencia de olor fétido. En Tap o E10 se presentó elevada cantidad de material inorgánico suspendido con olor a material orgánico en degradación. En Cuyutlán el agua fue netamente marina, sin olores y con turbidez que incrementó de E14 a E15 donde fue mayor la presencia de hojarasca y material inorgánico suspendidos con cierto olor a metano (Tabla 4).

Tabla 3. Registro de presencia (P)/ausencia (A) de materia flotante en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

Estación	Materia flotante (P/A)	Cuerpo de agua
1	P	VG
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	A	PI
9	A	
10	P	Tap
11	A	Cuy
12	A	
13	A	
14	P	
15	P	

Tabla 4. Registro Características organolépticas en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

Estación	Cuerpo lagunar	Características organolépticas
1	VG	Dulce, oscura, olor azufre y metano, basura flotando, color negruzco
2		Dulce, oscura, olor azufre y metano, basura flotando, color negruzco
3		Salobre, olor metano-ac sulfhídrico, espuma, hojarasca y basura, color verde



4		Dulce, olor metano-ac sulfhídrico, espuma, hojarasca y basura, color verde
5		Dulce, olor metano-ac sulfhídrico, espuma, hojarasca y basura, color café
6		Salobre, oscura verdosa, olor a metano, MO flotante, color café intenso
7	PI	Salada, turbidez alta, color café, ligera espuma
8		Salada, turbidez baja, color café
9		Salada, ligera turbidez, color café
10	Tap	Poca profundidad, turbia oscura, olor a metano, plásticos y hojarasca
11	Cuy	Salada, turbidez alta, verdosa
12		Salada, turbidez alta, verdosa
13		Salada, turbia verdosa, sin olor, espuma
14		Salada, turbia, verde-cafesosa, sin olor, espuma, hojarasca
15		Salada, turbia, verde-cafesosa, olor metano, hojarasca

IV.1.13. DBO₅

En julio la concentración media de DBO₅ fue de 515.14 ± 308.05 mg/l, con los valores máximos en VG (en E2 de 1,093.22 mg/l) y los menores en la parte interna de Cuy con 163.08 mg/l (E15). Esta variable en este mes fue mayor al mes de junio pasado.

En el VG la concentración de DBO₅ fue mayor en la parte interna (E2) descendiendo hacia la zona que comunica con el PI (E6) con valores de 1,093.22 mg/l a 294.40 mg/l respectivamente, con un promedio de 627.22 ± 306.55. En el PI se detectaron las mayores demandas en la parte media (E8 997.7 mg/l) con un decremento hacia E9 con 830.28 mg/l en el valor más bajo en su estación interna (E7) con 302.61 mg/l, con un promedio de 710.2 ± 362.77 mg/l. En Tap la concentración fue de 600.76 mg/l mayor a lo registrado el mes de junio pasado. En Cuy se registró variación de 398.33 mg/l en E11 a 63.08 mg/l en E15 con un promedio de 246.48 ± 97.06 mg/l (Figura 15), valores altos en el orden de magnitud al mes de junio pasado.

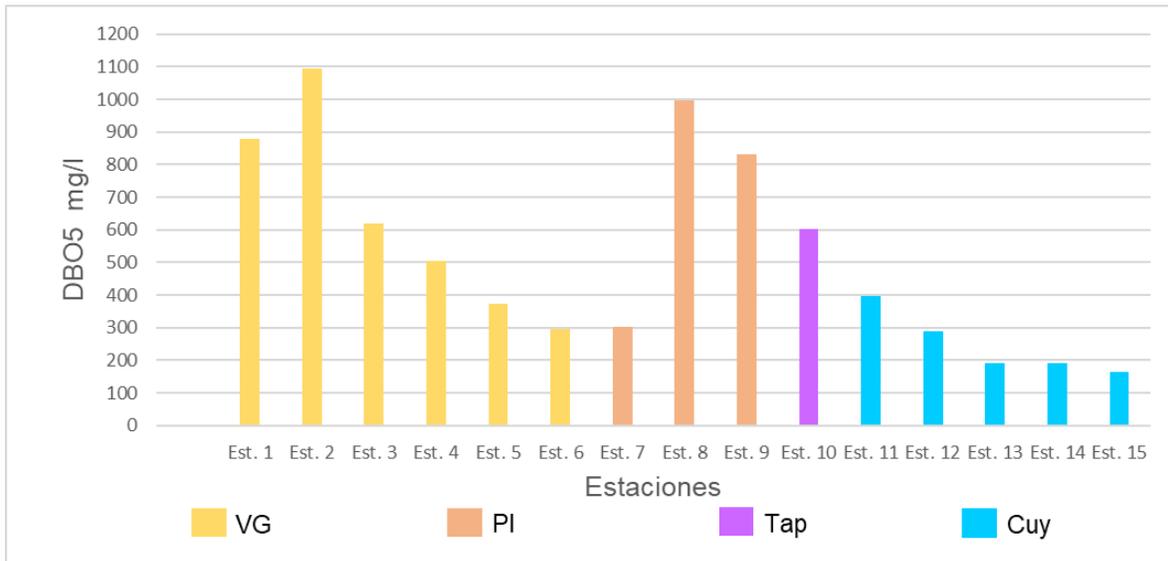


Figura 15. Demanda bioquímica de oxígeno al 5to día (DBO₅) en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.14. Grasas y aceites

La concentración promedio general fue de 36.39 ± 9.63 mg/l, con la mayor variabilidad en el VG con el máximo en E1 de 58.29 mg/l y el mínimo en la parte interna de Cuy con 24.84 mg/l en E15. Este mes sus concentraciones en el mismo orden de magnitud al mes de junio pasado.

En el VG hubo un descenso de su parte interna hacia la comunicación con el PI, con valores de 58.29 mg/l en E1 a 36.41 en E6 con un valor medio de 45.36 ± 9.1 mg/l. En el PI se registraron valores altos de 35.89 mg/l en E1 a 32.93 mg/l en E9 lo que arrojó un promedio de 34.38 ± 4.48 . En Tap la concentración fue de 29.34 mg/l y para Cuy la concentración mostró un descenso hacia la parte interna pasando de 31.39 mg/l en E12 a 24.84 mg/l en E15 con un promedio de 28.23 ± 2.71 mg/l (Figura 16) siendo las concentraciones similares a las del mes pasado.

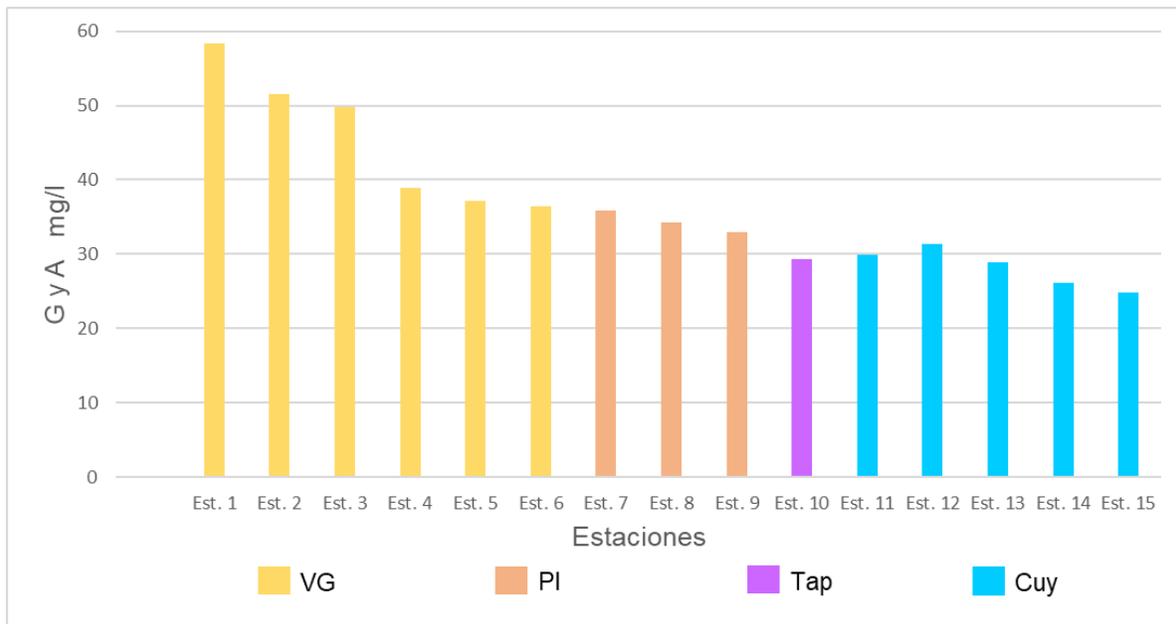


Figura 16. Grasas y aceites en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.15. Fenoles

En julio de 2022 el promedio general fue de 0.19 ± 0.23 mg/l, con los valores máximos detectados en la parte interna del VG de 0.73 mg/l (E1) y los menores indetectables en Cuyutlán y Tap, valores similares a los detectados a los del mes de junio pasado.

Para el VG las concentraciones aumentaron de la parte interna hacia la parte baja de 0.73 mg/l en E1 a 0.027 mg/l en E6 con un valor promedio de 0.42 ± 0.17 mg/l. En el PI se presentaron las concentraciones entre 0.2 mg/l en E7 a 0.02 mg/l en E9. En Tap y en el resto de estaciones de Cuyutlán las concentraciones fueron indetectables (Figura 17), con lo cual no se reporta valor medio ni variabilidad como ya ha ocurrido en meses pasados para este parámetro.

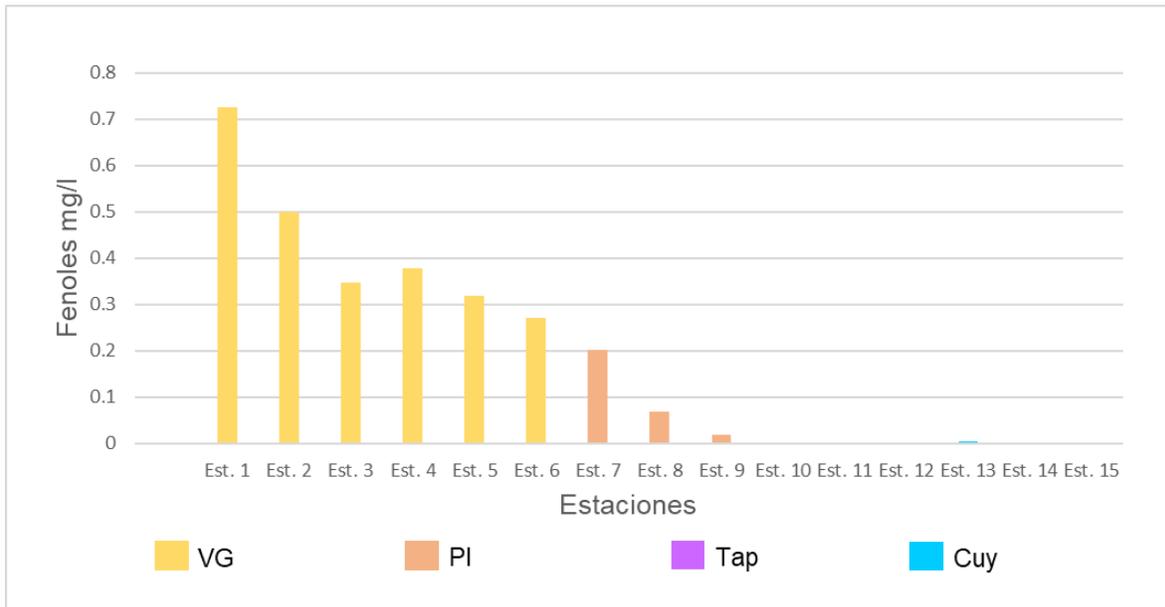


Figura 17. Fenoles en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.16. Sulfatos

La concentración promedio general fue menor a lo detectado en el mes de junio pasado con promedio de 1.73 ± 1.39 mg/l con los valores más altos registrados en el VG con 4.61 (E1) y los menores en Cuy con 0.37 mg/l en E15.

En el VG las concentraciones descendieron de la zona interna, a la de mayor influencia marina, pasando de 4.61 mg/l (E1) a 2.44 mg/l (E6), en este sistema la concentración media fue de 3.22 ± 0.91 mg/l. En el PI la concentración más alta se detectó en E7 con 1.83 mg/l con un claro descenso hacia E9 con 0.78 mg/l con un promedio de 1.41 ± 0.56 mg/l. En Tap la concentración detectada fue de 0.83 mg/l menor a la del mes de junio pasado. En Cuy se notó un descenso hacia la parte interna de 0.70 mg/l en E11 a 0.37 mg/l en E15 con un promedio de 0.49 ± 0.13 mg/l (Figura 18), similares a las del mes de junio pasado.

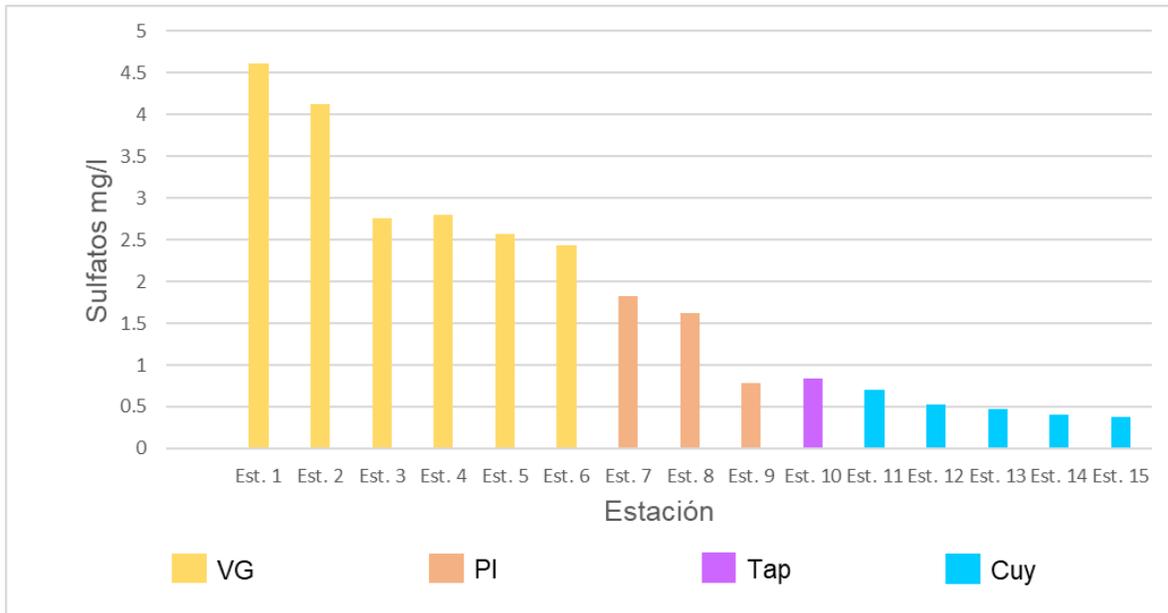


Figura 18. Sulfatos en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtlés (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.17. Nitrógeno total

El promedio general fue de 25.8 ± 14.69 mg/l, con una marcada variabilidad en los distintos vasos lagunares, con el mínimo en Cuyutlán de 3.7 mg/l en E12 y el máximo en E5 del VG con 50.9 mg/l.

En el VG se pasó de los 50.9 (E3) a los 23.4 mg/l (E4), con un promedio de 38.73 ± 11.20 mg/l. En el PI se notó un descenso de E7 que está próxima al VG a E9 al pasar de 30.0 a 1.0 mg/l (E9) sin un patrón espacial bien definido. Para Tap (E10) la concentración fue de 31.7 mg/l mientras que en las estaciones de Cuy se presentó la menor concentración con un aumento hacia la parte interna pasando de 8.6 mg/l en E11 a 20.9 mg/l en E15 con un promedio de 11.23 ± 7.86 mg/l (Figura 19), valores similares a los del mes de junio pasado.

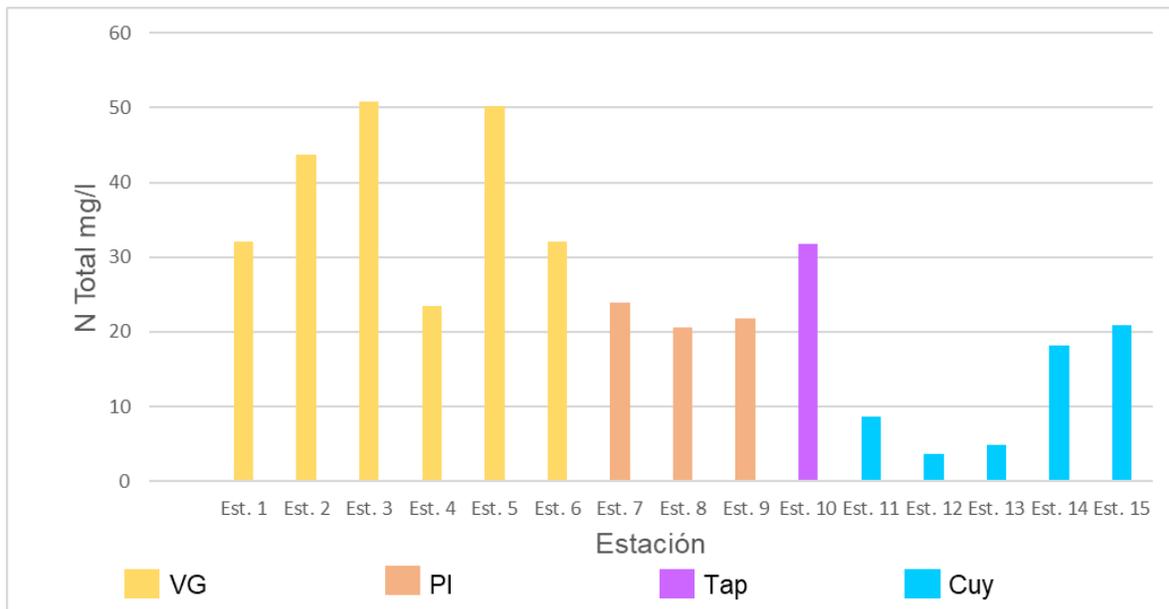


Figura 19. Nitrógeno total en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.18. Fósforo total

Las menores concentraciones se presentaron en Cuyutlán de 1.37 mg/l con el máximo en el VG E1 de 29.42 mg/l, con un promedio general de 8.93 ± 8.07 mg/l, valores similares en el orden de magnitud a los registrados al mes de junio pasado.

El VG mostró un decremento de la parte interna hacia la comunicación con el PI con un valor de 29.42 mg/l (E1) a 6.97 mg/l, con un promedio de 16.12 ± 8.42 mg/l que es similar a lo detectado en el mes pasado. En el PI se observó una concentración que descendió de E7 cercana al VG hacia el canal de comunicación (E9) pasando de 7.83 mg/l a 4.76 mg/l. En Tap se determinó una concentración de 6.9 mg/l similar al mes pasado, mientras en el Cuy se detectó un descenso hacia la parte interna pasando de 3.18 mg/l en E11 a 1.49 mg/l en E15, con un promedio de 2.51 ± 0.99 mg/l (Figura 20), valores similares a los del mes de junio pasado.

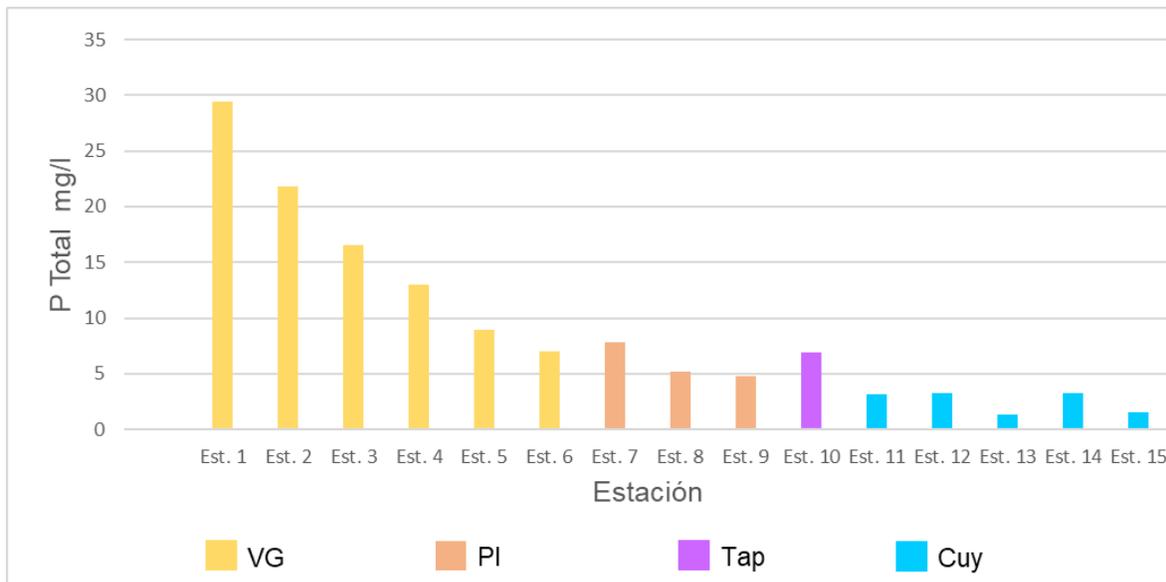


Figura 20. Fosforo total en la Laguna del Valle de las Garzas (VG), Puerto Interior (PI), Laguna Tapeixtles (Tap) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (Cuy).

IV.1.19. Metales pesados

La concentración de Cianuro (CN) y metales pesados en la columna de agua superficial fue similar a lo detectado en mes de junio pasado en especial las concentraciones de CN, Cu, Cd, CrT y Ni (Tabla 5).

En el VG las concentraciones fueron las mayores sobre todo para Cu, CrT, Ni y Zn por influencia de la PTAR. En Tap (E10) la concentración de los distintos metales fue similar a los registros del VG y a lo del mes de junio pasado. Por su parte en el Pi los valores fueron similares al VG pero en el caso del Cd fue mayor su concentración en la parte media para luego mostrar valores bajos hacia la comunicación con la Bahía de Manzanillo. En Cuy la concentración de los metales fue baja o incluso No Detectable mientras que para el CN en todas las estaciones fue constante (0.0003 mg/l). El promedio general de en todas las estaciones para estos iones fue de 0.0059 +/- .0085 mg/l para CN; 0.44 +/- .26 mg/l para Cu; 0.03 +/- 0.02 mg/l para Cr Total; 0.05 +/- .07 mg/l para Cd; 0.0002 +/- 0.0002 mg/l para Hg;



0.25 +/- 0.12 mg/l para Ni; 0.0015 +/- 0.0017 mg/l para Pb; 0.31 +/- .09 mg/l para Zn y 0.0017 +/- 0.0007 mg/l para As (Tabla 5), valores similares a los detectados en junio pasado.

Tabla 5. Concentración metales pesados en el agua superficial de las estaciones de monitoreo establecidas en la Laguna del Valle de las Garzas (1-6), Puerto Interior (7, 8 y 9), Tap (E10) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán (E11 a E15).

Estación	CN mg/l	Cu mg/l	Cr Tot mg/l	Cd mg/l	Hg mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l	As mg/l
Est. 1	0.0252	0.71	0.08	0.05	0.0005	0.440	0.0047	0.40	0.0030
Est. 2	0.0223	0.63	0.07	0.04	0.00	0.425	0.00	0.36	0.00
Est. 3	0.0156	0.59	0.04	0.30	0.0002	0.415	0.0038	0.43	0.0023
Est. 4	0.0101	0.54	0.04	0.03	0.0005	0.374	0.0032	0.34	0.0022
Est. 5	0.0035	0.53	0.04	0.03	0.0002	0.358	0.0025	0.32	0.0018
Est. 6	0.0050	0.45	0.03	0.04	0.0003	0.281	0.0018	0.33	0.0019
Prom	0.0136	0.57	0.05	0.08	0.00	0.38	0.00	0.36	0.00
DST	0.0090	0.09	0.02	0.11	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00
Est. 7	0.0032	0.42	0.03	0.04	0.0001	0.236	0.0011	0.26	0.0017
Est. 8	0.0014	0.82	0.03	0.04	0.0000	0.288	0.0004	0.38	0.0015
Est. 9	0.0008	0.59	0.03	0.03	0.0000	0.230	0.0003	0.40	0.0012
Prom	0.0018	0.61	0.03	0.04	0.00	0.25	0.0006	0.35	0.00
DST	0.0012	0.20	0.00	0.01	0.00	0.03	0.0004	0.08	0.00
Est. 10	0.0003	0.50	0.03	0.03	0.0000	0.160	0.0003	0.36	0.0011
Est. 11	0.0003	0.51	0.02	0.03	0.0000	0.169	0.0000	0.20	0.0011
Est. 12	0.0003	0.27	0.02	0.02	0.0000	0.165	0.0000	0.21	0.0012
Est. 13	0.0003	0.00	0.01	0.02	0.0000	0.134	0.0000	0.24	0.0011
Est. 14	0.0003	0.00	0.01	0.02	0.0000	0.087	0.0000	0.18	0.0013
Est. 15	0.0003	0.00	0.01	0.02	0.0000	0.087	0.0000	0.18	0.0012
Prom	0.0003	0.1560	0.0157	0.0219	0.0000	0.1284	0.0000	0.2025	0.0012
DST	0.0000	0.2288	0.0044	0.0028	0.0000	0.0401	0.0000	0.0258	0.0001

IV.2 Parámetros fisicoquímicos del Agua Intersticial

En el agua intersticial de LVG el oxígeno fue bajo de manera generalizada con un promedio de 1.53 mg/l, la salinidad y conductividad fueron bajas y presentaron un gradiente de incremento de E1 a E6 (estación con influencia marina), con excepción de E4 donde se presentó un decremento, mientras que el pH presentó variaciones con un ligero incremento hacia la influencia marina (Figura 21), con valores entre 2.0 y 15.7 UPS; 5.28 y 33.41 mS/cm; 30.5 y 32.3 °C; 0.7 y 3.3 mg/l; 7.36 y 7.63, para salinidad, conductividad, temperatura, Oxígeno disuelto, y pH, respectivamente.

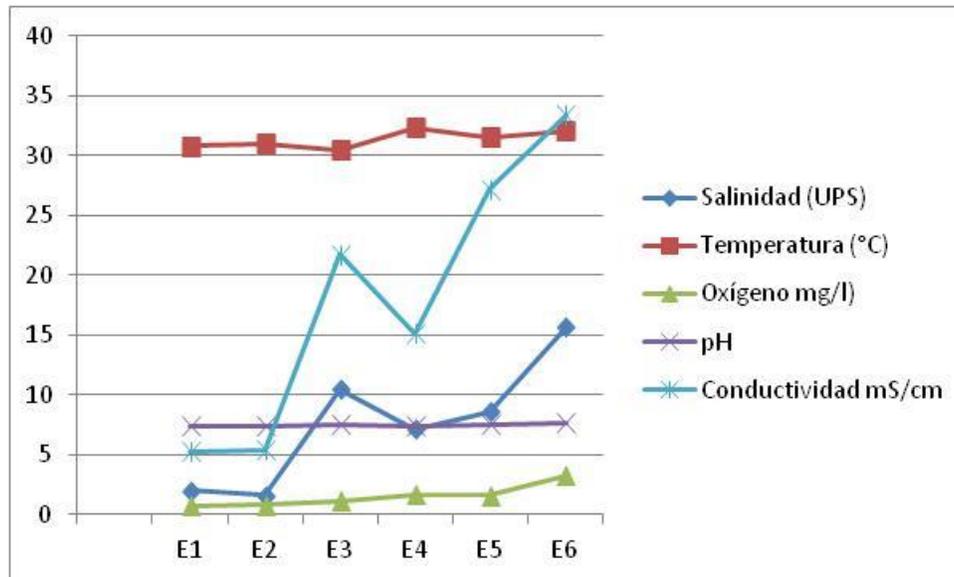


Figura 21. Parámetros fisicoquímicos en el agua intersticial en la LVG. Julio 2022.

Respecto a los metales alcalinos las concentraciones fueron bajas respecto a la norma y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Na (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), K, Ca y P, los de menor concentración fueron Li, y S. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y Vaso III de Cuyutlán (Figuras 22 y 23).

En relación a los metales pesados las concentraciones fueron bajas respecto a la norma, los más elevados fueron el Cd, Zn, y Cr, en la LVG se midieron las mayores concentraciones mientras que en la interacción de la laguna con el agua marina (E6) bajaron, para subir (Zn) después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito). En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos.

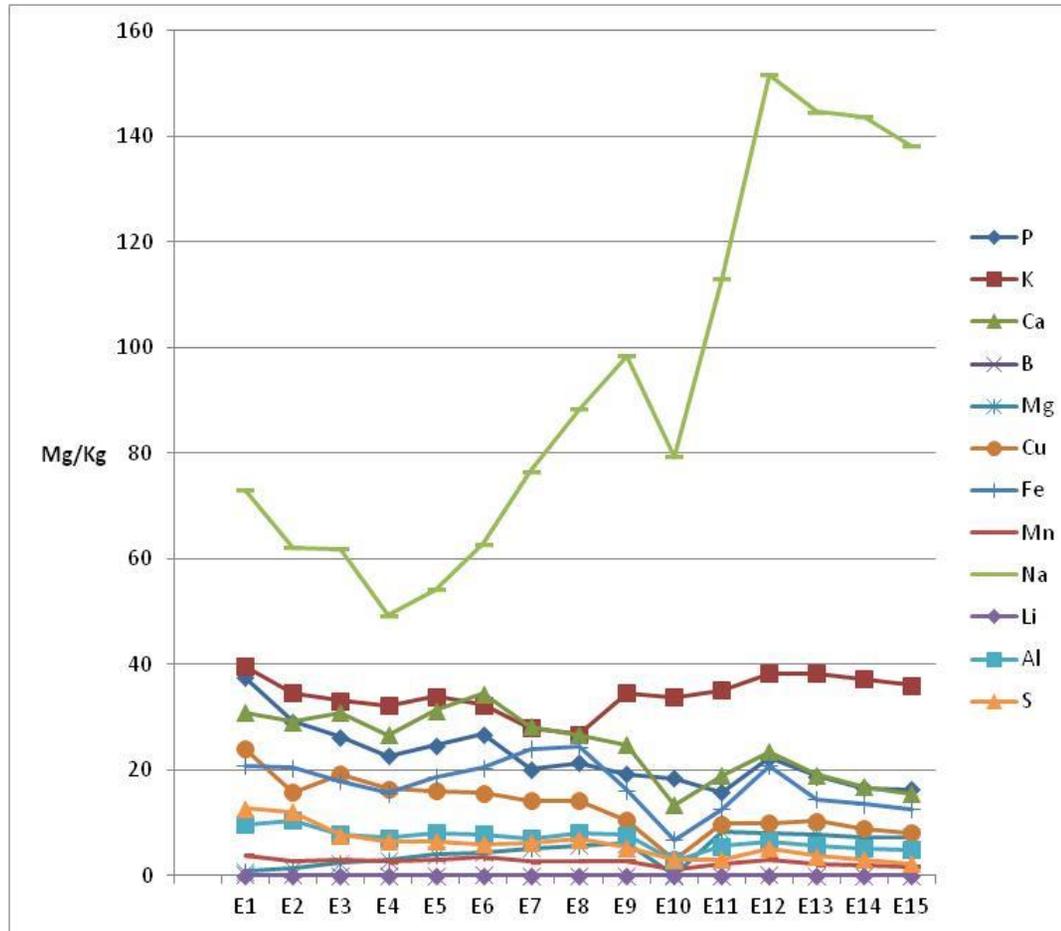


Figura 22. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos de la zona de estudio.

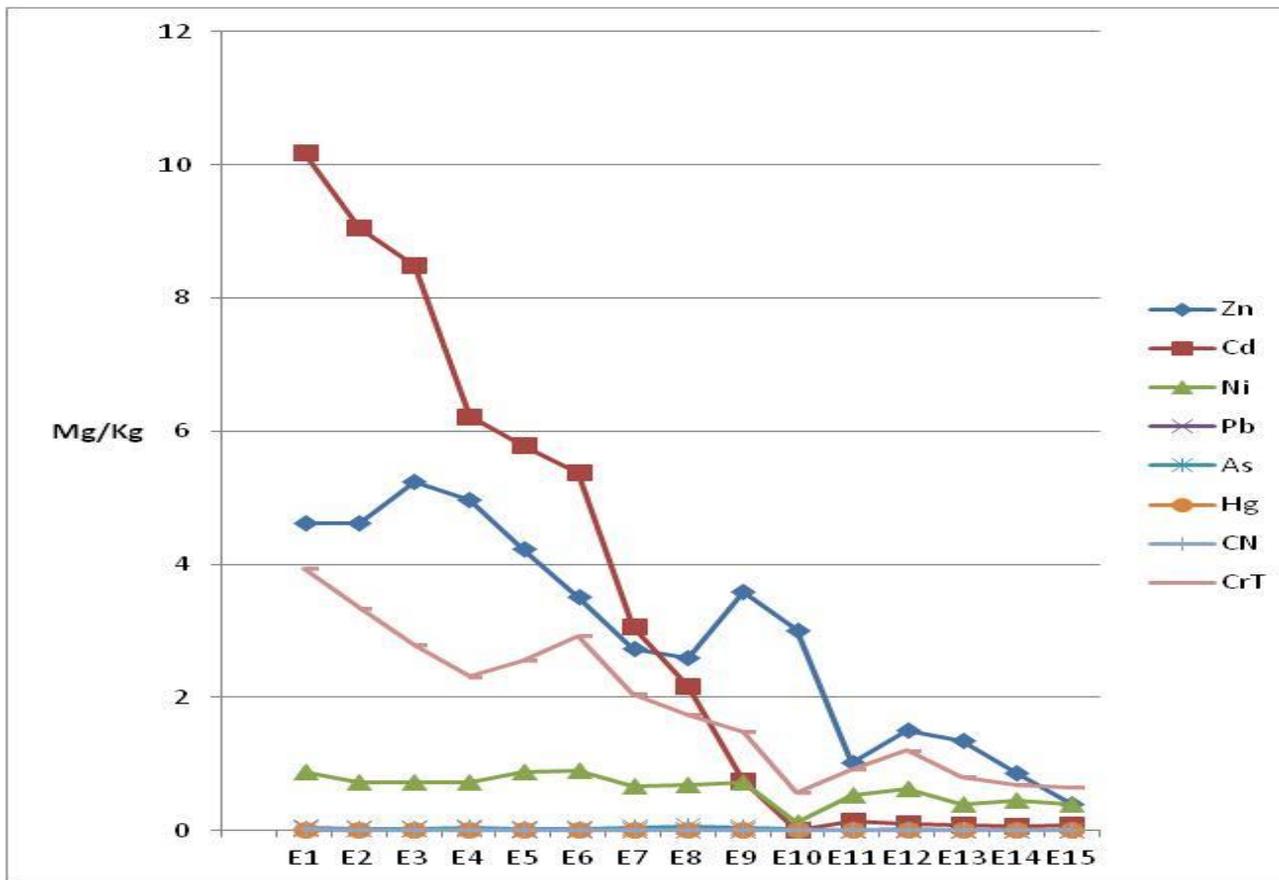


Figura 23. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio



V. Interpretación de resultados

Como último mes de monitoreo del periodo 2021-2022, la interpretación de resultados abarca la tendencia anual de su variabilidad, mientras que el comparativo con el año 2019-2020 se presenta en la sección de tendencia ambiental.

Para julio de 2022 como en los meses pasados de este monitoreo las concentraciones de N y P inorgánico disuelto en las estaciones del VG mostraron las variaciones más altas y la mayor disponibilidad con un gradiente general de descenso desde la parte interna (E1) hacia la E6 que es la zona próxima al PI donde ocurre una influencia marina local. Esto se relaciona con la descarga de agua residual desde la planta de tratamiento agua residual (PTAR) de Salagua que ocurre hacia la E2 cuya carga de material orgánico es degradada por el proceso de remineralización y se liberan estos componentes a la columna de agua, que luego por la dilución de la influencia de agua marina a través de la alcantarilla desde PI su concentración disminuye. El aporte de agua continuo desde la PTAR en este mes como en todo el año mantuvo el espejo de agua al interno de este sistema lagunar y lo vuelve mayoritariamente en una fosa de oxidación de características límnicas, y por la concentración de material orgánico se vuelve anóxico-hipóxico ya que la actividad bacteriana agota el Oxígeno disuelto y genera incluso putrefacción con la generación de metano y ácido sulfhídrico que es detectado organolépticamente en este vaso, ya que la penetración de agua marina desde el PI es reducida lo cual genera poco intercambio, mayor tiempo de residencia y menor dilución de estas descargas. Esto genera mayor liberación de N y que la mayor concentración de las especies nitrogenadas sea el amonio (NH_4^+) como evidencia de aportes antropogénicos en un medio reductor. La concentración de ortofosfatos también es elevada debido a la descarga y degradación de jabones y detergentes presentes en el agua residual lo cual es otro indicativo de influencia antropogénica desde la PTAR y las altas concentraciones de N y P en su zona interior con un patrón de dilución



hacia su boca como ocurre en otros sistemas costeros (López-Ortega et al., 2012). Las concentraciones de silicatos detectadas en la parte interna del VG, se relacionan con la resuspensión de sedimentos que en meses pasados de influencia pluvial como en el actual, fueron depositados y acumulados desde la cuenca alta del Arroyo Punta de Agua, material que luego es distribuido en todo el vaso lagunar debido a los aportes de la PTAR y se relaciona con altas concentraciones de material disuelto inorgánico (limos, arcillas, fangos), lo cual es otro indicio de la influencia humana desde la cuenca alta de que azolva a esta laguna.

En el PI la concentración de estos elementos fue menor respecto VG pero similar a la de Tap con un gradiente que disminuye de la parte interna (E7) hacia el canal de comunicación del PI por efecto de la influencia mareal que genera un patrón de circulación interna y dilución. Sin embargo, las altas concentraciones de N, P y Si son indicativos de influencia antrópica desde el VG que puede estar llegando hasta la bahía de Manzanillo. En Tap (E10) en comparación al VG se presentaron menores concentraciones de nutrientes, pero sus valores evidencian ingreso de agua residual por posibles descargas difusas desde asentamientos urbanos o los escurrimientos industriales/portuarios aledaños o por la remineralización de material orgánico que se deposita en su interior debido a la hojarasca que se acumula por la vegetación local (Herrera-Silveira & Morales-Ojeda, 2009)

En Cuyutlán sus concentraciones fueron significativamente distintas al resto de los vasos monitoreados pero se registró un incremento desde el Canal de Tepalcates hacia su parte interna, pero las concentraciones de este vaso aunque elevadas caen en un rango de un sistema lagunar tropical, con mayores valores en su interior debido a procesos de remineralización de material orgánico natural (hojarasca) y resuspensión de sedimentos por influencia mareal o vientos locales como se ha reportado en otros sistemas del Pacífico tropical, sin influencia de alguna actividad antrópica (López-Ortega et al., 2012). La concentración de estos nutrientes, aunque



no se considere en el cumplimiento de una norma ambiental mexicana para este tipo de ambientes, deja ver que la disponibilidad de estos nutrientes hace evidente que los distintos cuerpos monitoreados son ambientes bajo distintas presiones antrópicas o naturales y por tanto su estado coloca al VG y TAP como cuerpos hipereutróficos, al PI como un ambiente eutrófico y a Cuy como un cuerpo de meso a oligotrófico de acuerdo con (Nixon, 1995), con un rango de concentraciones similar a los meses anteriores.

La temperatura en julio fue similar al mes anterior en función de la época del año o influencia ambiental de verano, aunque también influenciada por la topografía que influye en el tiempo de retención y la hora de monitoreo que se tradujo en una alta variabilidad debido a la baja profundidad en las distintas estaciones de monitoreo y el escaso recambio en zonas internas que generan un incremento de temperatura por irradiación solar lo cual fue más acusado en el VG donde se detectó un ligero descenso hacia las estaciones con mayor profundidad y comunicación con el PI y por tanto de influencia mareal (E6). En el PI se presentaron valores más homogéneos con una ligera tendencia espacial de descenso hacia la boca del PI en relación a la circulación interna debido la mezcla o influencia mareal. En Tap su valor fue similar a los detectado en E6 del VG y mayor a los valores del PI lo que es una evidencia de su aislamiento o menor influencia mareal debido al reducido intercambio mareal desde el PI como ocurre en le VG. En Cuy se presentó un gradiente positivo hacia la parte intermedia (de E11 a E13) en función a la limitada penetración mareal y decremento de profundidad que hacen que aumente el tiempo de residencia y con ello el incremento de sus valores que son típicos a los de un sistema tropical por reflujo interno desde áreas internas. Los registros en las distintas estaciones muestran diferencias entre los vasos o cuerpos lagunares monitoreados, y aunque sus valores están dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la NOM- 001-SEMARNAT-2021 (35 °C en zonas marítimas mexicanas) y de los rangos de este mismo sistema lagunar en años pasados



(Juárez, 2013), como en el caso del VG y Tap reflejan la influencia debida a acciones ingenieriles principalmente que alteran su circulación interna y pone de manifiesto la influencia antrópica en los distintos ambientes.

La salinidad en el mes que se informa, como en los meses pasados, deja ver que el VG presenta los menores valores debido a los aportes desde la PTAR y las bajas profundidades en su parte interna que dejan ver que la penetración mareal a través de la alcantarilla de comunicación con el PI es limitada y su influencia llega solo hasta la parte media debido a la topografía y a la mezcla de ambos tipos de agua. En el PI los valores de salinidad fueron similares a los del medio marino, con un incremento de la parte interna hacia el canal de entrada de este sistema lo que se relaciona con la circulación interna inducida por la acción mareal, donde los valores más bajos ocurren hacia E7 por influencia de las descargas desde el VG hacia E8 donde la influencia del agua marina es directa debido al proceso de mezcla desde la Bahía de Manzanillo a través del canal de ingreso al PI. En Tap se registró un valor similar a E6 del VG nuevamente como evidencia de la limitada penetración de agua marina a través de la alcantarilla del PI. En Cuy se registraron valores constantes propios de un sistema costero con comunicación marina debido a la penetración mareal sin que se noten escurrimientos continentales pues la época de lluvia apenas inicia en la zona. Los valores detectados durante julio mostraron variaciones entre los distintos vasos monitoreados siendo el VG y Tap los de mayor diferencia, y aunque las amplitudes registradas en las distintas estaciones monitoreadas pueden darse en sistemas tropicales costeros similares durante un ciclo diario, estas ocurren de manera cíclica (Contreras-Espinoza et al., 2005), sin embargo en el VG y Tap esto no ocurre, lo que evidencia influencia antrópica constante por descargas de agua residual directa o difusa que pueden generar estrés fisiológico salino para la flora y fauna residente, pues en la actualidad sus valores son similares a los limnicos y no marinos como debiera estar ocurriendo como en otros sistemas lagunares del Pacífico tropical (Gutiérrez-Mendieta et al.,



2006). Aunque esta variable no es te considerara en la Norma Ambiental deja ver alteraciones en el funcionamiento natural de los sistemas monitoreados.

Los valores de OD en las estaciones del VG mostraron los valores más bajos como en meses pasados debido la descarga de agua desde la PTAR y la limitada influencia mareal que no genera una aeración por la mezcla de agua y la atmósfera, los elevados solidos suspendidos que limitan la actividad primaria y generación de OD; lo que también evidencia la poca penetración de agua marina hacia la parte interna de este vaso y se traduce en una alta demanda de OD debido a que los requerimientos bacterianos para degradar el material orgánico proveniente de actividades antropogénicas que lo consumen y terminan generando zonas hipóxicas donde bacterias anaerobias hacen la degradación generando gases como el metano o ácido sulfhídrico con los aromas característicos de la putrefacción anaerobia. En el PI se registraron valores más altos respecto al VG con una ligera variación entre E7 y E9 debido a la influencia de agua por los aportes de material orgánico del VG hacia el PI (E7) y la circulación interna que se genera por la mezcla a través del canal de comunicación con la Bahía de Manzanillo (E8). En Tap la concentración también fue mayor al VG lo que se relaciona con la mezcla promovida por la limitada penetración mareal y el consecuente proceso de aireación y la menor carga orgánica, pero hay evidencia de entrada de este material que está siendo degradado consumiendo OD. En Cuy los valores fueron los más altos como en meses anteriores lo que es evidencia de la mayor influencia marina que genera mezcla y mayor disponibilidad de OD hacia el interior para luego en E15 registrarse un ligero decremento relacionado con la carga de material orgánico y menor recambio en su interior como sucede es sistemas lagunares de características naturales donde la actividad bacteriana está presente. Nuevamente las amplias variaciones detectadas en los distintos vasos, sobre todo en el VG muestran evidencia de que como en meses anteriores este es un sistema alterado cuya baja disponibilidad sostenida puede generar alteraciones ecológicas debido a estrés



fisiológico al no ocurrir las variaciones naturales de un ciclo diurno (Falkowski & Raven, 1997). Aunque para sistemas de este tipo tampoco exista un señalamiento ambiental aplicable es notoria la alteración antrópica en el VG y Tap principalmente con consecuencias ecológicas como las ya descritas.

En julio el pH el VG mostró valores más bajos con un ligero aumento hacia la comunicación con el PI lo que se relaciona con los aportes de la PTAR debido al material disuelto principalmente en un ambiente dulceacuícola en su parte interna (E1-E3) donde también ocurre una resuspensión de material previamente sedimentado proveniente de las (arenas, limos, arcillas) de la cuenca de alta que son arrastradas y luego son removidas, por otra parte, hacia E6 se registran valores más altos relacionados con penetración de agua de ambiente marino. En el PI excepto de E7 que recibe descargas desde el CG sus valores fueron similares correspondientes a los oceánicos lo que evidencia el efecto amortiguador por la presencia mayoritaria de agua marina en este vaso debido a la influencia mareal. En Tap (E10) se registró un valor intermedio entre VG y PI como evidencia de mezcla entre de la influencia agua residual difusa y el poco intercambio marino a través de la alcantarilla con el PI. En Cuyutlán se presentaron valores similares a los marinos entre E11 y E13 con un aumento hacia la parte interna debido al efecto de las mayores concentraciones de minerales disueltos y hojarasca en degradación en su interior que son resuspendidos desde la parte interna por la limitadas circulación interna como sucede en este tipo de ambientes lagunares (Libes, 1992). Aunque sus valores caen en los rangos del LMP de la NOM- 001-SEMARNAT-2021 (6-9 en zonas marítimas mexicanas), sus variaciones evidencias alteraciones antrópicas principalmente en VG y Tap así como en la parte interna del PI. Se ven diferencias entre los distintos vasos debido a las distintas presiones antropogénicas como en el caso del VG y Tap respecto a Cuy que pueden poner a estos vasos en estrés ecológico al verse alterados distintos parámetros que condicionan el



desarrollo biótico desde niveles tróficos (primarios hasta superiores) en los distintos ambientes monitoreados debido a una condición que es casi constante.

La Dureza del agua en el VG se relacionó con el pH por la presencia dulceacuícola hacia su parte interna debido a las descargas de la PTAR y sólidos suspendidos con un ligero decremento hacia E6 por la mayor aunque limitada influencia marina desde el PI y mayor concentración de carbonatos. En el PI los valores más altos y constantes son evidencia de un ambiente marino desde pese a la influencia de descargas del VG en E7 respecto a las otras estaciones que reciben entrada de agua marina de manera directa (E8 y E9). En Tap se registró un valor ligeramente mayor al VG lo que indica una limitada influencia de agua marina y la presencia de entradas de agua difusa desde zona urbana aledaña y escurrimientos de los patios de servicio del PI. Las estaciones de Cuy en este mes como en meses pasados dejan ver un gradiente de valores netamente marinos a otros con características de mezcla de aguas ricas en haluros desde la parte interna que pueden estar debidas a los arrastres de sedimentos desde la parte interna con posible influencia por la actividad salinera que generan amplitudes en los valores lo que se hace más evidente entre E13 y E15 (Herrera-Romero et al., 2019). La Alcalinidad como en meses anteriores se relacionó de manera positiva con el pH y la dureza debido a las reacciones de neutralización entre los iones carbonatados principalmente de agua salada y las reacciones de hidrólisis que ocurren en el medio acuoso dulce al momento de mezclarse sus minerales disueltos y el material orgánico suspendido que genera ácido carbónico y fosfórico (Mora-Alvarado, 2009). Estas variables también se ven relacionadas con la cantidad de sólidos disueltos o suspendidos ya que esto habla de la cantidad de minerales presentes que han sido hidrolizados y aportan componentes al medio acuoso. De esta manera en el VG su variabilidad está en función de la entrada de agua residual de características límnicas en la parte interna del VG y su mezcla y contacto con agua marina hacia E6 debido a la influencia de agua marina desde el PI lo cual hace que sus valores sean más altos



en la parte interna y se note un gradiente disminución hacia la E6. En este sentido en Tap resulta con un valor altos similar al VG y las partes internas del PI donde se notaron las aguas más turbias como sucedido el mes de junio pasado. Por su parte en Cuy se presentaron valores homogéneos excepto en E12 debido a los arrastres de haluros antes mencionados y el intercambio mareal por el canal de Tepalcates (E11) donde los carbonatos pudieron ser mayores debido a la influencia de agua marina y su mezcla en la parte interna lagunar en función de pequeños escurrimientos provenientes de la actividad salinera. Para estos parámetros, aunque no exista un señalamiento ambiental aplicable, sus valores dejan ver afectaciones relacionadas con actividades antrópicas que se han mantenido durante los meses de este monitoreo que se acentúan con la época de lluvia en la región.

El Cloro libre residual durante julio presentó las concentraciones más altas y la mayor variabilidad en el VG, el máximo de este mes se relaciona con la descarga de agua desde la PTAR cuya influencia se detecta hasta E3 donde luego baja debido al factor de dilución por penetración limitada de agua marina desde el PI. En el PI se detectó su presencia a baja concentración con un valor alto en E8 en relación con el patrón de circulación interna y alguna descarga puntual industrial. En Tap (E10) se detectó una concentración similar a la parte media del VG debido a los aportes difusos de agua residual desde zonas aledañas como ya se ha mencionado. En Cuy se detectaron valores bajos con un ligero incremento del canal de Tepalcates hacia la parte interna debido al efecto de baja mar lo que puede estar relacionado con la mayor concentración de haluros debido al efecto de evaporación o desecación en la parte interna (Vargas-González et al., 2014) lo cual se hace más evidente con los primeros escurrimientos en época de lluvia y decrece en temporada de estiaje. Si bien la presencia de este parámetro, como en meses anteriores es baja y no existe un señalamiento ambiental aplicable, se puede considerar que las concentraciones no son nocivas a la biota, sin embargo, es un indicador de



actividades antropogénicas y ocurrir bioacumulación y transformación que puede llegar a afectar a los organismos y la biodiversidad del VG y Tap principalmente (Villanueva, 2001).

En julio la concentración de sólidos en todas sus formas (suspendidos, disueltos y totales) estuvo principalmente influenciada por la alta disponibilidad del material disuelto o suspendido como en los cuatro meses pasados, aunque con concentración debido a los primeros escurrimientos pluviales de temporada y la resuspensión desde el sedimento por el viento, marea o acción mecánica que generó que el material fino permaneciera en la columna de agua provocando altos valores. En el VG los valores de SS aumentaron hacia E6 debido a su resuspensión por la mezcla con influencia marina. En el PI los SS incrementaron porque al mezclarse con agua de mar permanecen en forma coloidal disuelta además de que pueden existir aportes de actividad industrial mineral en el puerto lo que se relacionó con la alta turbidez en la parte media que se detectó hacia el canal de entrada como en meses pasados. En Tap (E10) evidencian la comunicación con agua marina pero también los aportes de distintos materiales por escurrimientos o aportes eólicos desde los patios de contenedores contiguos. En Cuy se presentó un incremento hacia las estaciones internas debido al material inorgánico suspendido proveniente de parte interna de la actividad salinera o por influencia pluvial que se puede presentar en este tipo de sistemas tropicales (Gonenc & Wolflin, 2004). Estas variaciones generaron que la concentración de Sólidos Suspendidos Totales este mes fueran superiores a lo estipulado en la NOM- 001-SEMARNAT-2021 (24 mg/l en zonas marítimas mexicanas) en los distintos sistemas lagunares debido a factores antrópicos como en el VG y naturales como en Cuy debido material inorgánico y orgánico es descomposición (material húmico-flóculos) y elevada productividad primaria.



El material flotante como en meses anteriores estuvo presente en todas las estaciones del VG y se relaciona con la cantidad de desechos provenientes de la PTAR como consecuencia de los aportes antrópicos, el procesos de floculación de material orgánico/inorgánico por lo cual la coloración fue oscura con presencia de espumas y material coloidal en su arte interna, y en su parte intermedia y baja se relacionó con material orgánico de la periferia como ramas, hojarasca flotante, restos o fragmentos de plásticos de tamaño mediano relacionados con arrastres eólicos urbanos como en el caso de Tap (Alongi, 1998). En Cuy en sus estaciones internas el material presente fue orgánico relacionado con hojarasca y restos arbustivos de un sistema tropical sin presencia de basura antrópica. Respecto a las características organolépticas estas se relacionaron con la carga de material orgánico de origen residual para el caso del VG cuya influencia se diluye hacia el PI pues se detectaron menos restos de materiales, lo que evidencia la influencia antropogénica desde el VG hacia la parte interna del PI que luego deja de ser percibida por efecto de dilución hacia el canal de comunicación con la Bahía de Manzanillo. En Tap se mantuvo, como en meses pasados la presencia del material orgánico como hojarasca, restos de ramas debido a la proximidad de vegetación y resuspensión por mezcla y basura plástica, y aunque se detectó aroma a material orgánico residual fue menor que en el VG. En Cuy los olores a agua residual estuvieron ausentes, hacia la zona interna (E13 a E15) se determinó turbidez relacionada con resuspensión de material sedimentado desde partes internas y algunos restos de material orgánico de hojarasca de las zonas adyacentes debido a la influencia mareal lo cual se intensifica en época de lluvias. Aunque la presencia de material flotante de origen humano, así como características organolépticas ya no se consideran en la NOM- 001-SEMARNAT-2021, su determinación es evidencia de actividad antropogénica en el VG y Tap principalmente.

La DBO₅ durante julio como en meses anteriores presentó concentraciones más altas en la parte interna del VG por el aporte de material orgánico desde la PTAR y



la acumulación en la parte interna hasta su comunicación con el PI por la escasa circulación interna, que luego por resuspensión por viento o acción mareal debe ser degradado y genera consumo de OD que genera en E6 se presenten valores más bajos. En el PI como en meses pasados se genera un valor alto en su parte media por la circulación y acumulación interna, así como por posibles aportes industriales de material que permanece suspendido y debe ser degradado, con descenso hacia su boca por efecto de dilución marina lo que pone de manifiesto los aportes continentales desde la parte interna que pueden llegar hasta a la bahía de Manzanillo. En Tap se determinó una concentración similar al VG que evidencia entrada de agua residual o material proveniente del PI o desde los asentamientos urbanos aledaños que llegan de manera difusa hasta este cuerpo lagunar. En Cuytlán este mes como en los anteriores se presentaron valores relativamente altos que se relacionan con el material orgánico coloidal suspendido proveniente desde la parte interna como ocurre en otros sistemas naturales costeros lo que se relacionan con el material autóctono que entra en degradación principalmente depositado en el sedimento (Gutiérrez-Mendieta et al., 2006). Este mes se sobrepasaron los LMP de la NOM- 001-SEMARNAT-2021 (100 mg/l en zonas marítimas mexicanas) en todas las estaciones incluso en Cuy, pero como se ha explicado por condiciones distintas ya que, en el VG, PI y Tap se relaciona a presiones antrópicas, lo que debe ser considerado pues de manera prolongada puede generar alteraciones ecológicas en estos vasos lagunares; mientras que en Cuytlán por material orgánico en degradación desde su parte interna.

En julio las G y A presentaron valores significativamente altos como en los tres meses anteriores. En el VG y en el PI se registraron los valores más altos en su parte interna como producto de las descargas de la PTAR con un ligero decremento hacia su comunicación con el PI debido a la resuspensión desde el material depositado en sedimentos debido a su acumulación, depositación y posterior remoción desde los sedimentos por el por el proceso de mezcla ya descritos. En el



PI como en meses pasados se detectaron valores altos en sus parte interna y media con un decaimiento hacia el canal de comunicación con la bahía de Manzanillo que pudo estar relacionado con escurrimientos o actividad industrial portuaria. En Tap el valor fue ligeramente menor a lo registrado en las estaciones del VG relacionado con los aportes o escurrimientos difusos desde las áreas urbanas o portuaria/industriales o el arrastre pluvial que al llegar a este sistema pueden ser canalizadas hacia PI a través de alcantarillas. En Cuy se volvió a registrar un patrón de dilución hacia su parte interna pero su presencia puede ser indicativa de la liberación de grasas orgánicas del material orgánico que es acumulado en su interior y sale por efecto del reflujo de la marea. Su presencia en el VG, Tap y parte interna del PI es indicativa de actividades urbanas y portuarias que pueden impedir funciones de difusión de OD a través de la capa de límite de estancamiento entre la atmósfera y la columna de agua lo que puede afectar procesos ecológicos que generen condiciones de estrés fisiológico para la biota presente al verse conjugados con otros efectos antes descritos (Rodríguez-Heredia y Santana-Gómez, 2017). Las G y A como en meses pasados, presentaron valores altos superiores al LMP de la NOM- 001-SEMARNAT-2021 para promedio diario en zonas marítimas mexicanas (18 mg/l) en las estaciones del VG, PI y Tap debido principalmente a distintas presiones antrópicas, caso contrario a lo que sucede en Cuyutlán.

Los fenoles, al igual que en meses pasados presentaron concentraciones bajas incluso insignificantes (0.02 mg/l) o no detectadas, con los valores más altos en la en el VG por depositación y luego puestas en suspensión por mezcla mareal, cuya presencia puede estar relacionada con actividades antropogénicas por residuos de la degradación-transformación textil o plásticos o por consumo/desecho de fármacos de la población a través de la PTAR. En este mes solo fueron detectados aunque de manera baja en las estaciones internas del PI debido a la influencia de sus descargas desde le VG mientras que en Tap se pueden relacionar con la dinámica-acumulación debido a los aportes de actividades urbanas y portuarias



desde los patios de contenedores que luego pueden salir hacia la zona costera adyacente y ser una fuente de contaminación pasiva para la bahía de Manzanillo como ha sido señalado en otros ambientes costeros (Yen et al., 2002). Su baja o nula detección en estaciones de Cuyutlán puede estar relacionada con la influencia mareal hacia el interior del sistema debido a factores de circulación costera que acarrearán este tipo de sustancia hacia su interior y por la ausencia de actividades antrópicas en su interior. Aunque su concentración no es considerada en la NOM-001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas, su presencia es evidencia de actividades humanas que pueden llegar a ser acumulativas y sinérgicas.

En julio la concentración de sulfatos fue similar a meses anteriores. En el VG se presentó el mismo patrón que otros parámetros, mayor concentración en la parte interna que disminuye hacia la comunicación con el PI (E6) por influencia del material orgánico desde la PTAR, luego hacia la parte intermedia donde hay mayor remoción su concentración aumenta debido a depositación, acumulación y resuspensión por mezcla mareal, en este vaso su concentración fue significativamente mayor respecto a Cuy lo que se relaciona con ambientes acuícolas alterados por aportes urbanos que vuelven al sistema hipóxico y como agente oxidante del material orgánico es utilizada esta especie debido al agotamiento previo del OD por la respiración bacteriana ante el exceso de material orgánico que es aportado desde la PTAR, lo cual genera que bacterias liberen ácido sulfhídrico y se genera el olor a huevo podrido característico en este sistema lagunar, de manera paralela a la liberación de metano por putrefacción (Robinson, 1996). Como en meses anteriores en la parte interna del PI se registraron valores altos de este parámetro debido a la influencia desde el VG que pudo generar acumulación de material suspendido ya descrita que se mantuvo hasta la parte media debido a aportes difusos o circulación interna que este mes pudieron provenir de la actividad Portuaria. En Tap este mes como en anteriores su concentración fue menor al VG pero su concentración es evidencia de baja disponibilidad de OD sin



que llegara a ambientes anóxicos estresantes pero su presencia puede ser nocivo para este vaso lagunar. Por su parte en Cuy como en en meses pasados se detectaron las menores concentraciones relacionadas un ambiente den condiciones naturales donde el aporte de material orgánico se relaciona con restos vegetales sin que estos lleguen a agotar al OD debido a su mayor circulación en comparación al VG y Tap. Este parámetro, aunque no se considerada en la NOM- 001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas, deja ver que sus concentraciones son persistentes a lo largo de los muestreos como evidencia influencia de actividades antrópicas que deben ser consideradas.

El N y P Total son indicadores de descargas de aguas residuales por su presencia en el material orgánico, jabones y detergentes en desechos urbanos e industriales. Durante los distintos meses en la parte interna del VG se presentaron valores altos debido a las descargas de la PTAR lo que se percibió hasta el PI en su estación más interna (E7), en ambos casos sus elevadas concentraciones pueden estar ligadas a descargas controladas, clandestinas o difusas de origen urbano e industrial hacia cuerpos de agua costeros. Durante julio de 2022 ambos componentes mostraron valores altos en la parte interna del VG hasta la parte media (E3), luego por mezcla sus concentraciones descienden por el agua marina que penetra desde el PI (E6), donde el material es resuspendido y esto genera incremento en su concentración de N y coloca a este cuerpo lagunar como uno hipereutrófico como en meses pasados. Para ambos elementos en la parte interna del PI (E7) se ve la influencia del VG y se mantienen concentraciones altas hasta E9 lo cual en evidencia de la influencia antrópica de estos nutrientes hacia la Bahía de Manzanillo. Respecto al N en este mes las estaciones del VG y Tap presentaron valores por arriba del LMP de la NOM- 001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas (30 mg/l). Por su parte el P_{Tot} mostró las concentraciones más altas en el VG que fueron decreciendo hacia el PI y Tap. Este mes solo entre E1 y E2 se excedió el LMP de la NOM- 001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas



(18 mg/l) lo que se relacionó con los aportes difusos antes descritos provenientes de descargas de la PTAR aunque en otras estaciones sus valores son evidencia de aportes urbanos e industriales aledaños a VG, PI y Tap como ha sido descrito en otros ambientes similares impactados por actividades humanas (Contreras-Espinosa et al., 2005). En el resto de los ambientes si bien no se rebasan los límites permitidos por ambos elementos según la normativa, su presencia se asocia a influencia desde ambientes antropizados que pueden poner en estrés biológico al VG y al PI, lo cual se extiende hasta Tap debido a su proximidad con patios de contenedores desde el PI y las zona urbana aledaña a través de descargas difusas lo cual no ocurre en Cuy debido a que es un sistema de características naturales con mejores características internas de circulación que permiten un recambio de agua más rápido y con ello mejores condiciones fisicoquímicas.

En julio los iones inorgánicos disueltos dejan ver que, en el caso del CN, aunque su concentración es baja en el VG, su presencia se puede relacionar con la actividad de minería en la cuenca alta del Arroyo Punta de Agua lo que pudo impactar el PI a través del alado continental y la comunicación entre el VG y el PI, además que en este se puede asociar al material suspendido que pudo provenir de los patios de minerales adyacentes. En Cuyutlán su concentración fue baja o indetectable como en otros meses lo que deja ver que no es un cuerpo antropizado. Respecto a la concentración de metales pesados presentes en la columna de agua, aunque baja, en este mes como los anteriores deja ver al VG, Tap y al PI como los cuerpos de agua donde ocurren las mayores concentraciones y las variaciones más amplias debido a la influencia urbana e industrial que en ellos o alrededor de ellos se desarrollan. Otra posibilidad de las bajas concentraciones es se relacione al efecto de quelación o “secuestro” por adsorción que se genera por la presencia del material orgánico coloidal presente o disponible en la columna de agua como limos y arcillas (Carpenter et al., 1998). Cabe destacar que aunque las concentraciones de metales detectadas son bajas su presencia puede ser reflejo de las actividades urbanas e



industriales que a través del agua residual sobre el VG o aportes eólicos como en el caso del CrT, Ni y Cu se pueden relacionar por la entrada de material mineral proveniente de la cuenca alta o desde los patios o áreas de servicio de minerales del PI además del desgaste industrial derivado del movimiento de maquinaria o pinturas antiincrustantes que se refleja en la presencia de Zn, Cd o Cu en el caso del PI. También es importante mencionar que la dinámica interna y efecto de dilución puede influir en las bajas concentraciones detectadas en el PI y que por el intercambio mareal pueden llegar a la zona costera adyacente. En Tap aunque con menor concentración su presencia se puede relacionar con la proximidad de patios de contenedores y escurrimientos difusos incluso de la zona urbana aledaña, traduciéndose en indicadores de contaminación antrópica que puede bioacumularse y generar efectos ecomórficos en plantas u organismos marinos (Bejarano-Ramírez et al. 2017). Por último, este tipo de iones contaminantes mostró las menores concentraciones cercanas al límite de detección o por debajo de este en la laguna de Cuyutlán lo que pone de manifiesto que es un cuerpo de características naturales significativamente diferente a los otros que conforman este seguimiento ambiental debido a su menor alteración antrópica y mayor dinámica interna promovida por una mayor circulación interna. Este mes no se registró una concentración superior a lo permitido NOM- 001-SEMARNAT-2021 (Tabla 6), pero las bajas concentraciones en todos los meses de monitoreo son un indicador de contaminación por actividad antrópica que puede bioacumularse y generar efectos ecomórficos en plantas u organismos marinos lo que debe ser considerado

Tabla 6. Límites Máximos Permisibles para Cianuro y Metales según la NOM- 001-SEMARNAT-2021

Parámetro mg/l	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Arsénico	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4
Cadmio	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4



Parámetro mg/l	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Cianuro	1	2	3	1	1,5	2	2	2,50	3
Cobre	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Cromo	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	1	1,25	1,5
Mercurio	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0,01	0,01	0,015	0,02
Níquel	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Plomo	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
Zinc	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Parámetros medidos de manera total	P.M: Promedio Mensual P.D: Promedio Diario V.I: Valor Instantáneo								

En relación al agua intersticial en relación con los parámetros fisicoquímicos, se considera que en el agua intersticial de los manglares del Pacífico en general:

- i) se presentan variaciones en los parámetros fisicoquímicos entre la marea baja y alta, según la estación de muestreo y de acuerdo con la influencia del mar o de las descargas de agua dulce y que
- ii) la salinidad puede variar en algunos casos desde 2 UPS hasta 30 UPS o más, alcanzando valores promedios de 9 UPS y 26,2 UPS (Guevara-Mancera y Pinto-Nolla, 1998; Sánchez-Páez, 1998),
- iii) que los sedimentos en sistemas de manglar son generalmente anóxicos en la capa muy próxima a la superficie, debido al consumo del oxígeno por la oxidación microbiana de la materia orgánica y a la pobre difusión del oxígeno



en el perfil sedimentario pues en estos sedimentos anóxicos, es donde la actividad microbiana tiende a degradar materiales de alto peso molecular, produciendo ácidos orgánicos que disminuyen el pH del agua de poro (Malcolm et al., 1998).

- iv) las raíces de los mangles se encuentran parcialmente sumergidas en el sustrato, siendo la parcial aérea que sobresale, la encargada de captar parte del oxígeno que necesitan para poder vivir. Tienen además estructuras en las hojas llamadas hidátodos por las que pueden expulsar el exceso de sal, la cual es la parte final del proceso en el que las raíces captan los nutrientes del agua de mar, en donde la sal circula por el interior de la planta hasta llegar a las hojas, para ser expulsada y acumularse en su superficie. Cuando la cantidad de sal es muy elevada las hojas se caen, el aspecto de las hojas también tiende a ser xerófilo, esto significa que pueden determinar el control en la transpiración.
- v) en este sentido, el exceso de sales que se puede acumular en la base del mangle también es controlado por la frecuencia y extensión de la marea. Por lo tanto, en costas húmedas el estrés osmótico en el ecosistema de manglar está en función de las mareas y precipitaciones o escurrimientos que condicionan la concentración de nutrientes y la variación de los factores fisicoquímicos en el agua intersticial.

Bajo estos argumentos, los parámetros físico-químicos medidos en agua intersticial en la Laguna del Valle de las Garzas, a pesar de la significativa afectación antropogénica y del comportamiento climático, como un factor integrado en la dinámica lagunar, presentaron valores de salinidad a los cuales las especies de mangle presentes en el área de estudio están adaptadas y no existe impedimento para su conservación, así como para su desarrollo en el rango medido (0.2 y 15.7 UPS) con valores de oxígeno disuelto entre 0.7 y 3.3 mg/l.



En los sedimentos, las concentraciones de metales alcalinos fueron bajas respecto a la norma (NOM 001 SEMARNAT 2021), los más elevados fueron Na (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), K, Ca y P, los de menor concentración fueron Li, y S. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y Vaso III de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, las concentraciones fueron bajas respecto a la norma (NOM 001 SEMARNAT 2021), los más elevados fueron el Cd, Zn, y Cr, en la LVG se midieron las mayores concentraciones mientras que en la interacción de la laguna con el agua marina (E6) bajaron, para subir (Zn) después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito). En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos

Las concentraciones elevadas evidencian la influencia antrópica a través del agua residual vertida al VG, PI (San Pedrito) y Tapeixtles, las escorrentías urbanas por lluvia y las actividades industriales del puerto, así como algunas relacionadas, por ejemplo, el almacenamiento de minerales.

VI. Conclusiones

Durante el monitoreo entre los meses de agosto de 2021 a julio de 2022 en las distintas estaciones del seguimiento ambiental se concluye que:

- Existe elevada concentración de N, P y Si que clasifican al Valle de las Garzas (VG) y a Tapeixtles (Tap) como cuerpos hipereutróficos. El Puerto Interior (PI) como eutrófico-mesotrófico por la influencia de las descargas antropogénicas que llegan desde el VG o TAP, que disminuyen hasta su canal de entrada debido al efecto de dilución por intercambio mareal. Cuyutlán



(Cuy) se mantiene como un cuerpo costero tropical de meso a oligotrófico como producto de la influencia mareal y aportes naturales internos.

- La temperatura en el VG presentó valores amplios relacionados con la climatología local, menor profundidad, mayor tiempo de residencia y bajo intercambio de agua debido a la poca penetración marina, lo cual también se presenta en Tap en menor intensidad, mientras que en el PI los valores presentan un gradiente de descenso hacia el canal de entrada debido al intercambio mareal y el efecto de dilución. En Cuy sigue dominando un gradiente de incremento hacia la parte interna derivado de la influencia mareal, aportes internos y menor recambio en su parte interna.
- La salinidad en el VG es baja propia de un sistema límnico, por la reducida influencia marina a través del canal de comunicación con el PI, lo cual genera estrés biológico a las especies residentes. Tap muestra variabilidad debido a la influencia marina a través de la alcantarilla de comunicación y muestra influencia de aportes rivereños urbanos que son mayores en época pluvial. En el PI los valores son similares a los marinos con disminución gradual hacia la parte interna debido a influencia de los aportes desde el VG. En Cuy los valores muestran un gradiente que aumenta hacia el interior debido a la influencia interna lagunar con una marcada temporalidad por la hora de muestreo, baja circulación y mayor evaporación.
- La variabilidad del pH se relaciona con el aporte de agua continental en la parte interna del VG de características distintas a las naturales y en menor proporción en Tap debido a influencia del PI con valores similares a los marinos en su parte baja por su comunicación con la Bahía de Manzanillo. En Cuy debido a sus condiciones naturales y mayor influencia mareal los valores son homogéneos similares a los marinos que vuelven variantes hacia la época de lluvia.



- La alcalinidad y dureza del agua muestran relación positiva con la salinidad y el pH por la entrada de agua continental en el VG; arrastres continentales como en el caso de (Tap) cuya influencia desde estos dos cuerpos se nota en la parte interna y media del PI. En Cuy se presentan valores normales con variaciones debidas a aportes internos derivados del intercambio mareal y de la actividad salinera.
- El Cl₂ libre residual, aunque no muestra altas concentraciones es indicativo de contaminación antropogénica sobre todo en el VG y PI, en Cuy los niveles casi indetectables se relacionan con la baja influencia antropogénica en la zona.
- Los Sólidos en sus distintas formas presentaron alta variabilidad influenciados por la fracción Suspendida lo que es indicativo de alteración urbana derivada de depositaciones previas de material sedimentable desde la cuenca alta y se llega ver reflejado en el pH y Alcalinidad lo cual en distintas épocas del año afecta a Tap y a la estación más interna del PI. Para Cuy se relacionan con condiciones normales de un cuerpo costero con influencia de lavado continental por influencia mareal desde la parte interna.
- El Material flotante y Características organolépticas en el VG se relacionan con influencia antropogénica. Esto mismo se aprecia en Tap y afecta a la estación más interna del PI por descargas desde el VG. En Cuy su presencia es la correspondiente a la de un sistema natural con influencias locales promovidas por la circulación y el material orgánico circundante (hojarasca).
- La DBO₅ muestra valores que son evidencia de actividades antrópicas por exceso de material orgánico que debe ser degradado, generando estrés biológico por consumo de OD que es mayor en el VG y en menor grado en el PI y Tap. En Cuy lo valores bajos se corresponden a los de un cuerpo



tropical natural, pero en algunos meses la materia orgánica y la productividad primaria generan valores altos que en días posteriores vuelven a la normalidad como parte de una ciclicidad natural.

- Las GyA mostraron valores asociados a contaminación urbana e industrial desde zonas aledañas en el VG y el Tap. En Cuy su concentración corresponde a un cuerpo lagunar natural por degradación que alcanza valores altos alterados relacionados con la degradación de hojarasca.
- Los Fenoles, Sulfatos, N y P Total evidencian que desde la parte interna del VG que existe una elevada cantidad de material orgánico debido al funcionamiento como fosa de oxidación; en el PI disminuyen hacia el canal de navegación debido a la influencia mareal. Tap presentó altos valores y Cuy presenta concentraciones que no indican alteración antrópica.
- Los iones metálicos fueron bajos en general, con lo valores más altos en el VG por influencia antrópica y en el caso de CrT, CN y As debido influencia humana y acumulación en sedimentos al interior del VG. Sus bajas concentraciones pueden ser producto de quelación con el material orgánico e inorgánico suspendido, detectados incluso en el PI y Tap. En Cuy sus concentraciones corresponden a las de un cuerpo natural o estuvieron en el límite de detección.
- Del comparativo entre 2019-2020 y 2021-2022 se observa que los vasos lagunares del Valle de la Garzas, Tapeixtles y el Puerto Interior en su parte interna se encuentran alterados sin una tendencia espacial o temporal definida que pueda significar una mejoría ambiental lo que se acentúa en la época de lluvia entre agosto y octubre. Por su parte la zona monitoreada del vaso III de Cuyutlán presenta características naturales con variaciones



debido a influencia mareal, escurrimientos pluviales de temporada y alta productividad de MO que debe ser degradada.

En relación con los parámetros fisicoquímicos determinados en el agua intersticial:

- Los parámetros fisicoquímicos en el agua intersticial presentaron un comportamiento similar al agua superficial, el oxígeno fue bajo de manera generalizada (promedio de 2.17 mg/l), la salinidad y conductividad fueron bajas y presentaron un gradiente de incremento de E3 a E6, estación con influencia marina y el pH presentó variaciones sin un patrón definido
- En general, en el área de estudio no existe impedimento para la conservación del mangle, así como para su desarrollo en el rango medido (0.2 y 18.7 UPS) con promedio de oxígeno de 2.17 mg/l.

Con relación a la presencia de metales en los sedimentos:

- En los periodos enero julio de los años 2020 y 2022, los metales pesados con mayor concentración en los sedimentos fueron el Zn, Cr y Cd que presentaron los valores más elevados en el mes de marzo del 2020, mientras que en el 2022 en el mes de mayo, en ambos periodos, en el estiaje, sin embargo, en el 2019 y 2021 presentaron los valores más elevados en los periodos de lluvias. Las concentraciones fueron bajas respecto a la norma.



VII. Bibliografía

- Alongi, D. M. (1998). Coastal Ecosystem Processes. CRC Press, Boca raton, Florida, USA, 419 pp.
- American Public Health Association (APHA). (1990). Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th edn., Washington, DC, 1942 pp.
- Bejarano-Ramírez, Jose M. Jurado, R. Muñiz-Valencia, Á. Alcazar, Silvia G. Ceballos-Magaña, A. Olivos-Ortiz & O. Rangel. (2017). Comparative study of As, Cd, Cu, Cr, Mg, Ni, Pb and Zn concentrations between sediment and water from estuary and port. International Journal of Environmental Science and Techonology. Elsevier. DOI 10.1007/s13762-016-1235-5
- Carpenter, S., N. F. Chair, D. L. Caraco, Correll, R. W. Howarth, A.N. Sharpley y V.H. Smith. (1998). Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. Issues in Ecology. 3:1-12.
- Contreras-Espinosa, F., Rivera-Guzmán, N. E. y Segura-Aguilar, R. (2005). Nutrientes y productividad primaria fitoplanctónica en una laguna costera tropical intermitente (La Marcha, Ver.) del Golfo de México. Hidrobiológica, 15(3), 299-310.
- Falkowski G. Paul and Raven A. Jhon. 1997. Aquatic Photosynthesis. Black Well Science. 1ra Ed. USA. pp 375.
- Flores-Verdugo F.J., C. Agraz-Hernández, D. Benítez-Prado. (2007). Ecosistemas F. Flores-Verdugo, F. Gonzalez-Farias, D.S. Zamorano, P. Ramirez-Garcia. (1996). 17 Mangrove Ecosystems of the Pacific Coast of Mexico: Distribution, Structure, Litterfall, and Detritus Dynamics. Phusyological Ecology 269-288.
- Gonenc, I. E. y Wolflin, J. P. (2004). Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development: CRC Press.



- Grasshoff K. M. Ehrhardt y K. Kremling. (1983). *Methods of Seawater Analysis*. 2 ed. Verlag Chemie. Germany. 419 pp.
- Gutiérrez Mendieta, F. J., Varona-Cordero, F. y Contreras Espinosa, F. (2006). Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 16(2), 137-146.
- Herrera-Romero J.A., Bojórquez-Serrano J.I. Can-Chulim A., Madueño-Molina A., García-Paredes J.D. (2019). Salinidad y propiedades de suelos de las barras costeras en marismas nacionales de México. *Revista Biociencias*. e412 <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e412>
- Herrera-Silveira J.A. (2006). Lagunas costeras de Yucatán (SE. México): investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos*, 12(2): 94-108.
- Herrera-Silveira, J. A. & Morales-Ojeda, S. M. (2009). Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin* 59:72-86.
- Juárez, H. 2013. Variabilidad de los parámetros físico-químicos antes y después de la Terminal de Gas Natural Licuado Manzanillo. Tesis Maestro en Gestión de Auditorías. IPN en vinculación con FUNIBER. México, D. F., 73 p.
- Kjerfve, B. (1994) Coastal Lagoons. In: Kjerfve, B., Ed., *Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Oceanographic Series, Amsterdam, 1-8.
- Lara-Lara, J.R., Arreola Lizárraga J.A.; Calderón Aguilera, L.E; Camacho Ibar, V.F.; de la Lanza Espino, G.; Escofet Giansone, A.; Espejel Carbajal, M.A.; Guzmán Arroyo, M.; Ladah, L.B.; López Hernández, M.; Meling López, E.A.; Moreno Casasola Barceló, P.; Reyes Bonilla, H.; Ríos Jara, E.; Zertuche González. J.A. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en *Capital*



natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 109-134.

Libes, S. M. (1992). An introduction to marine Biogeochemistry. John Wiley & Sons. 734 Pp.

López-Ortega M, Pulido-Flores G, Serrano-Solís A, Gaytán-Oyarzún JC, Monks-Sheets WS, López-Jiménez MA. (2012). Evaluación estacional de las variables fisicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola 12 (3): 713-719.

Mora-Alvarado. D. (2009). Agua. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. 316 99. ISBN. 978-9968-31-736-8

Nixon, S. W. (1995). Coastal marine eutrophication a: definition, social causes, and future concerns, *Ophelia*, 41,199-220.

Robinson, B. (1996). Discrimination of sulfur sources in pristine and polluted New Zealand fiver catchments using stable isotopes, 305-319.

Rodríguez-Heredia D. y Santana-Gómez M.A. (2017). Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la Bahía de Santiago de Cuba. *Revista de Tecnología Química*. 37(2): 48-57.

Solorzano L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the phenol hipoclorite method. *Limnology and Oceanography*. 14(5). pp: 799-801.

Strickland J.D. and T.R. Parsons. (1972). A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*. pp: 184.

Vargas-González, H.H., Arreola-Lizárraga, J.A., Mendoza-Salgado, R.A, Méndez-Rodríguez, L.C., Lechuga-Devéze, C., Padilla-Arredondo, G., y Córdoba-Matson, V. (2014). Effects of sewage discharge on trophic state and water



MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS
Y MARINA
MERCANTE
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD
DE COLIMA

quality in a coastal ecosystem of the Gulf of California. The Scientific World Journal, DOI:10.1155/2014/618054.

Villanueva C, Kogevinas M, Grimalt J. (2001). Cloración del agua de bebida en España y cáncer de vejiga. Gaceta Sanitaria. 15(1):48-53.

Yen J., K. Lin and Y. Wang. (2002). Acute Lethal Toxicity of Environmental Pollutants of Aquatic Organisms. Ecotoxicology and Environmental Safety 52, 113-116.