



**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**

**SEDIMENTOS**

**INFORME.- DICIEMBRE 2021 (AGOSTO-DICIEMBRE 2021)**

**Responsable técnico del programa: Dr. Marco Antonio Galicia Pérez**

**Coordinador técnico del proyecto: Dr. Manuel Patiño Barragán**

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
I.1. Antecedentes .....	6
I.2. Objetivo del programa. ....	8
I.2.1. Objetivo General .....	8
I.2.2. Objetivos Particulares .....	8
<b>II. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA. ....</b>	<b>9</b>
<b>III. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS-METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>9</b>
III.1 Área de estudio. ....	9
III.2 Actividades en campo .....	11
III.3. Actividades en laboratorio .....	12
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
IV.1 Metales pesados en agosto 2021. ....	18
IV.2 Metales pesados en septiembre 2021. ....	20
IV.3 Metales pesados en octubre 2021. ....	22
IV.4 Metales pesados en noviembre 2021. ....	24
IV.5 Metales pesados en diciembre 2021. ....	26
IV.6. Materia orgánica de agosto a diciembre de 2021. ....	28
IV.7. Análisis granulométrico de agosto a diciembre de 2021. ....	33
<b>V. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
V.1 Metales pesados en sedimentos.....	39
V.2 Materia orgánica en sedimentos. ....	41
V.3 Granulometría en sedimentos.....	43
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>60</b>

## INDICE FIGURAS

Figura 1. Localización de las estaciones donde se colectarán las muestras de sedimentos en las Lagunas Valle de las Garzas y San Pedrito. Imagen de satélite Pleiades de noviembre de 2019. ....	10
Figura 2. Localización de las estaciones donde se colectarán las muestras de sedimentos en la Laguna de Cuyutlán. Imagen de satélite Landsat 8 de octubre de 2020. ....	10
Figura 3. Colecta de sedimento y trabajos de la draga en la laguna del Valle de las Garzas. ....	12
Figura 4. Secado de las muestras de sedimentos a temperatura ambiente. ....	13
Figura 5. Recolección de muestra tamizada. ....	14
Figura 6. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos de la zona de estudio (agosto.2021). ....	18
Figura 7. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (agosto. 2021). ....	19
Figura 8. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en septiembre, 2021. ....	20
Figura 9. Metales pesados y otros en los sedimentos en septiembre. 2021). ....	21
Figura 10. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en octubre, 2021. ....	22
Figura 11. Metales pesados y otros en los sedimentos en octubre, 2021. ....	23
Figura 12. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en noviembre, 2021. ....	24
Figura 13. Metales pesados y otros en los sedimentos en noviembre, 2021). ....	25
Figura 14. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en diciembre, 2021). ....	26
Figura 15. Metales pesados y otros en los sedimentos en diciembre, 2021). ....	27
Figura 16. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en agosto 2021. ....	29
Figura 17. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en septiembre 2021. ...	30
Figura 18. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en octubre 2021. ....	31
Figura 19. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en noviembre 2021. ....	32
Figura 20. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en diciembre 2021. ....	33
Figura 21. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (agosto, 2021). ....	34
Figura 22. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (agosto, 2020). ....	34
Figura 23. Clasificación de sedimentos en las 15 estaciones (septiembre, 2021). ....	35
Figura 24. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (septiembre, 2021). ....	35
Figura 25. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (octubre, 2021). ....	36

Figura 26. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (octubre, 2021). .....	36
Figura 27. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (noviembre, 2021).....	37
Figura 28. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (noviembre, 2021). .	37
Figura 29. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (diciembre, 2021).....	38
Figura 30. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (dic., 2021). .....	38
Figura 31. Comportamiento del Zn en LVG en el periodo agosto diciembre del 2019 (izquierda) y agosto diciembre del 2021 (derecha).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 32. Comportamiento del Zn en LVG en el periodo agosto diciembre del 2019 (izquierda) y agosto diciembre del 2021 (derecha).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 33. Comportamiento del Zn en LVG en el periodo agosto diciembre del 2019 (izquierda) y agosto diciembre del 2021 (derecha).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas en UTM y geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Laguna de Cuyutlán. ....	11
Tabla 2. Clasificación Modificada de Wentworth. ....	15
Tabla 3. Valores de los diámetros que pertenecen a la escala Udden-2.....	17
Tabla 4. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (agosto. 2021). ....	19
Tabla 5. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (septiembre. 2021). ....	21
Tabla 6. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (oct. 2021). ....	23
Tabla 7. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (nov. 2021). ....	25
Tabla 8. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (dic. 2021). ....	27
Tabla 9. Cantidad de materia orgánica en agosto, 2021. ....	28
Tabla 10. Cantidad de materia orgánica en septiembre, 2021. ....	29
Tabla 11. Cantidad de materia orgánica en octubre, 2021. ....	30
Tabla 12. Cantidad de materia orgánica en noviembre, 2021. ....	31
Tabla 13. Cantidad de materia orgánica en diciembre, 2021. ....	32

## I. Introducción.

Los cuerpos de agua costeros, como las lagunas y estuarios, son eventos geológicos efímeros que por su naturaleza tienden al deterioro, ya que son punto de encuentro entre los sistemas continentales y marinos, en donde el primero aporta un gran depósito de sedimentos, mientras que el segundo, los distribuye de tal manera que a través del tiempo, la hidrodinámica se vuelve cada vez menos eficiente provocando con ello un proceso de deterioro o eutroficación de la calidad del agua que repercute a su vez en los ciclos biogeoquímicos del ecosistema que se ha considerado como un hábitat crítico (humedales) en donde por sus características particulares se presentan elevadas tasas productivas tanto de especies de interés ecológico como económicas-pesqueras (Lancin y Carranza, 1976).

Dentro de las lagunas costeras, existen biotopos que se clasifican como humedales costeros en los cuales se agrupan numerosas comunidades que abarcan manglares, marismas, selvas, palmares inundables y tulares, entre otros. Esta gran variedad de composiciones y estructuras forman mosaicos a lo largo de gradientes microtopográficos, donde variaciones en salinidad e inundación resultan en composiciones ecosistémicas dinámicas y distintas con una variabilidad espaciotemporal, particular y compleja.

La Laguna Valle de las Garzas, fue dividida a consecuencia de la construcción de la carretera Manzanillo-Santiago y actualmente tiene una superficie de 207.00 has, aproximadamente. Sin comunicación directa al mar, comunicada con la Laguna de San Pedrito (Puerto Interior) mediante una alcantarilla a través de los terraplenes de la carretera con medidas aproximadas de 8 metros de ancho, 1.5 de alto y 25 de largo, su vaso es utilizado en gran medida para el desalojo de aguas tratadas del área urbana y suburbana, así como de las aguas pluviales, con las consecuencias de contaminación y peligro de ser una fuente de infecciones a la población.

Por lo ya descrito, es importante el estudio y seguimiento de la disponibilidad, distribución y explotación de sus recursos; con esta finalidad se planteó este estudio, para dar seguimiento a posibles cambios en el sistema lagunar de la Laguna del Valle de las Garzas, debido a los sedimentos que provienen de la cuenca del río Punta de Agua el cual se bifurca en los canales Salagua y Valle de las Garzas.

### **I.1. Antecedentes**

El origen de la Laguna de las Garzas se remonta a la época de construcción del Nuevo Puerto de Manzanillo en la Laguna de San Pedrito y de la vialidad que lo circunda y que va hacia la colonia las Brisas y la margen Oeste de la laguna.

Antes de la construcción del puerto, la Laguna de San Pedrito se comunicaba con el mar por medio de una boca, que en ocasiones se cerraba por el efecto del oleaje y el transporte litoral, cuando la boca se encontraba abierta la influencia del agua de mar solo llegaba un poco antes de la zona Norte, pero cuando la boca se cerraba las aguas continentales se acumulaban en el vaso, inundando la zona al Norte de la vialidad actual, la cual presenta un nivel del terreno del orden de 1.2 m sobre el nivel de bajamar media inferior. Lo anterior quiere decir que solo cuando la barra se encontraba cerrada la zona de la Laguna del Valle de las Garzas se veía inundada totalmente, ya que, al no poder fluir las aguas continentales hacia el mar, se acumulaban, funcionando la barra litoral como cortina de presa.

La Laguna del Valle de las Garzas es un cuerpo de agua muy somero, formado en forma artificial por el embalsamamiento de las aguas continentales que drenan hacia el Puerto Interior.

Actualmente, el agua de mar no puede ingresar a la Laguna del Valle de las Garzas y la circulación es muy restringida ya que no está sujeta a variaciones de nivel por efecto de la marea, dándose sólo el movimiento de las aguas cuando existen volúmenes de agua de lluvia apreciables que arriban al cuerpo de agua y



son desalojados por el vertedor que se encuentra debajo de la vialidad Norte o carretera al Aeropuerto, o por el efecto de los vientos.

Como punto final hay que remarcar que a la Laguna del Valle de las Garzas llegan las aguas de la Planta de Tratamiento de Salagua, la cual no tiene la capacidad instalada para tratar todas las aguas que en un momento determinado pudieran llegar a la misma, debido a que los sistemas de aguas negras y pluviales no se encuentran separados, lo que implica que en temporada de lluvias, la planta se ve obligada a dejar pasar las aguas un poco crudas y éstas llegan a la Laguna del Valle de las Garzas en ocasiones con contaminación antropogénica. Esta laguna es la parte terminal de un área de montaña que recolecta agua de las precipitaciones pluviales, ya que a ella no llega ningún escurrimiento permanente. Esto significa que depende del temporal y de la descarga de aguas tratadas señalada para su llenado.

El asolvamiento continuo por la falta de drenaje de la laguna hacia el mar ha provocado que el fondo de la laguna sea más alto que el del Puerto Interior, creando con esto una deficiencia en el intercambio de agua marina. Esto implica que el nivel de la laguna del Valle de las Garzas este por arriba del nivel máximo de pleamar, es decir, que no es posible un aporte de agua debido a la marea al interior de la Laguna del Valle de las Garzas.

Por otra parte, de muestreos realizados en los distintos vasos lagunares del área de estudio durante el año 2020, los metales pesados en el sedimento presentaron los valores más elevados en el Valle de las Garzas con un gradiente decreciente en el PI y Vaso III de Cuyutlán. Los metales pesados más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr. En la LVG se midieron las mayores concentraciones, seguidos por la Laguna de Tapeixtles y el Puerto Interior, mientras que en el Vaso III de Laguna de Cuyutlán los menores.



## **I.2. Objetivo del programa.**

### *I.2.1. Objetivo General*

Análisis granulométrico de los sedimentos en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán 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*

- Análisis granulométrico mensual, de agosto 2021 a julio 2022, del sedimento de la Laguna del Valle de las Garzas, Laguna de San Pedrito, y Laguna de Cuyutlán como un parámetro indicativo para evaluar el avance de su recuperación ambiental, en función de las Consideraciones del Término Séptimo, Condicionante 7 inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.
- Medición mensual, de agosto 2021 a julio 2022, de metales de transición (pesados) e inorgánicos en sedimentos de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán.



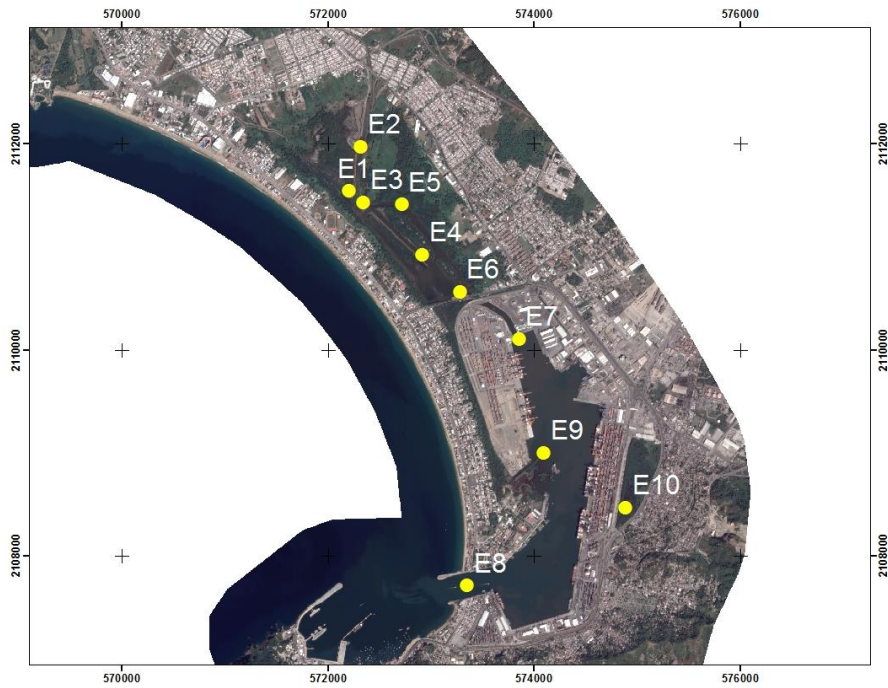
## II. Indicadores ambientales y metas del programa.

Los sedimentos forman parte de los factores abióticos y representan un indicador para el diagnóstico integral de la tendencia ambiental y que definirá las acciones de ajuste que resulten pertinentes con el propósito de mejorar el proceso de la restauración ambiental. La meta del programa se relaciona con la variabilidad espacial y temporal de los parámetros abióticos que deben mantener rangos óptimos, mostrar ciclicidad y una amplitud propia de un cuerpo lagunar tropical que permitan demostrar que derivado de la apertura del canal de comunicación entre el Puerto Interior de San Pedrito y la laguna del Valle de las Garzas, se han alcanzado condiciones de equilibrio dinámico. Asimismo, contribuir, con el análisis de sedimento, en la evaluación de la reforestación en los Vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán. Laguna de Cuyutlán.

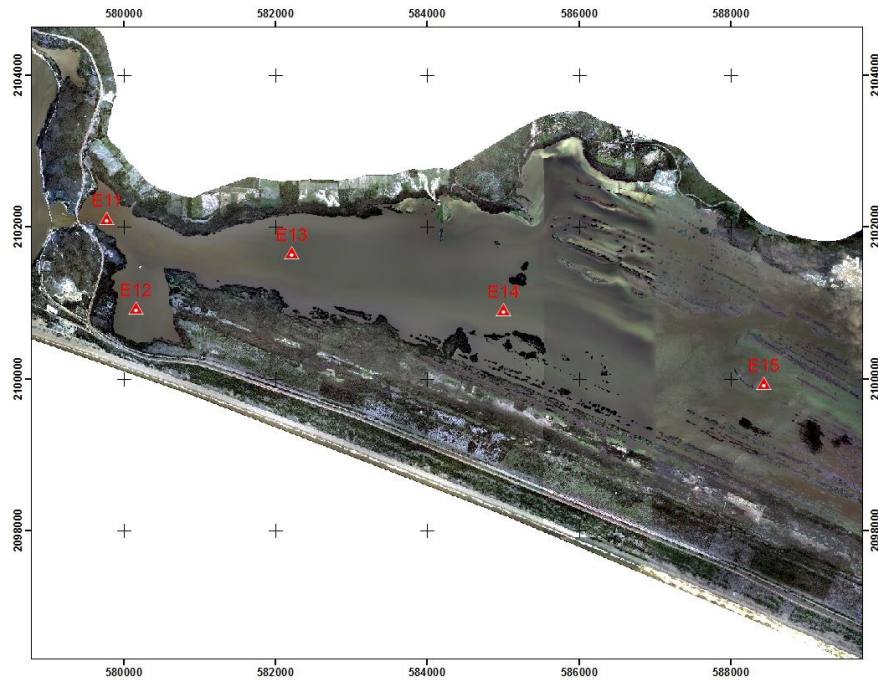
## III. Descripción de trabajos-Metodología empleada.

### III.1 Área de estudio.

La Laguna Valle de las Garzas, se localiza al Norte del Puerto Interior de Manzanillo, se encuentra entre las coordenadas 19° 5' 12.31" y 19° 6' 14.80" Latitud Norte y 104° 18' 5.06" y 104°18'57.24" Longitud Oeste aproximadamente. Esta Laguna colinda al Norte con la comunidad de Salagua, al Este con la comunidad del Valle de las Garzas, al Oeste con la carretera costera Manzanillo-Cihuatlán y al Sur con el Puerto Interior de San Pedrito. La Laguna de Cuyutlán se encuentra en la costa del Pacífico mexicano, en el estado de Colima, se ubica entre los municipios de Manzanillo y Armería y la separa del océano una barra de arena, limita al Oeste, con la Bahía de Manzanillo y al Este con el poblado de Cuyutlán. El muestreo se realizó en 15 estaciones el 6 y 7 de noviembre de 2021 a bordo de una lancha con motor eléctrico fuera de borda (**Figuras 1 y 2; Tabla 1**).



**Figura 1. Localización de las estaciones donde se colectarán las muestras de sedimentos en las Lagunas Valle de las Garzas y San Pedrito. Imagen de satélite Pleiades de noviembre de 2019. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.**



**Figura 2. Localización de las estaciones donde se colectarán las muestras de sedimentos en la Laguna de Cuyutlán. Imagen de satélite Landsat 8 de octubre de 2020. Además, se incluye el Anexo MAPAS DWG, AVES, FQ y MANGLE donde se presentan planos en formato DWG.**

**Tabla 1. Coordenadas en UTM y geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Laguna de Cuyutlán.**

Área	Punto	UTM_X	UTM_Y	Latitud N	Longitud O
LVG	E1	572204.00	2111542.00	19° 5' 44.00"	104° 18' 48.94"
LVG	E2	572323.00	2111972.00	19° 5' 57.97"	104° 18' 44.81"
LVG	E3	572347.00	2111432.00	19° 5' 40.40"	104° 18' 44.07"
LVG	E4	572920.00	2110923.00	19° 5' 23.77"	104° 18' 24.53"
LVG	E5	572719.00	2111409.00	19° 5' 39.61"	104° 18' 31.34"
LVG	E6	573284.00	2110564.00	19° 5' 12.04"	104° 18' 12.12"
PI	E7	573855.94	2110106.32	19° 4'57.07"	104°17'52.64"
PI	E8	573352.58	2107711.36	19° 3'39.22"	104°18'10.18"
PI	E9	574096.40	2108999.00	19° 4'21.02"	104°17'44.55"
Tapeixtles	E10	574888.51	2108466.16	19° 4'3.58"	104°17'17.52"
LC	E11	579782.00	2102111.00	19°00'36.17"	104°14'31.01"
LC	E12	580172.00	2100927.00	18°59'57.59"	104°14'17.85"
LC	E13	582223.00	2101659.00	19°00'21.12"	104°13'07.59"
LC	E14	585011.00	2100905.00	18°59'56.18"	104°11'32.35"
LC	E15	588438.84	2099941.37	18°59'24.29"	104°09'35.30"

### III.2 Actividades en campo

Los muestreos de sedimentos y metales pesados, se realizaron de agosto a diciembre de 2021, en las 15 estaciones ubicadas en la zona de estudio. Se empleó una lancha con motor fuera de borda, para primero localizar y posicionar el punto de muestreo con un GPS Marca Garmin H72, en este caso se utilizó una ecosonda marca Speedtech para medir la profundidad, después se realizó la colecta del sedimento con una draga tipo Van-Veen, posteriormente se colocaron en bolsas etiquetadas. Estos pasos se repitieron en cada una de las estaciones de muestreo de sedimentos (**Figura 3**).



**Figura 3. Colecta de sedimento y trabajos de la draga en la laguna del Valle de las Garzas.**

### **III.3. Actividades en laboratorio**

Para la determinación de metales pesados en los sedimentos, las muestras se colectaron en botellas de plástico de 1 litro limpias a un grado de ultra pureza. Los metales pesados, fueron determinados en el Laboratorio Central de Instrumentación de la ENCB del IPN con acreditación EMA AG-063-007/10.

Respecto a las muestras de sedimentos, se trasladaron al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Colima con el fin de realizar el análisis granulométrico y de pipeta.

Para el desarrollo de las técnicas correspondientes a este análisis fue necesario eliminar el exceso de agua de las muestras se colocaron en charolas de aluminio y posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente **(Figura 4)**.



**Figura 4. Secado de las muestras de sedimentos a temperatura ambiente.**

Una vez colectadas las muestras de sedimento, primero se procedió a calcular la materia orgánica, se realizó la selección de 15 vasos de precipitado los cuales se lavaron con agua y jabón y por último se enjuagaron con agua destilada para eliminar todo tipo de contaminación. Inmediatamente, se colocaron en el horno durante un periodo de 24 horas. Al día siguiente se pusieron en los desecadores durante 4 h para evitar la humedad. Después de 4 h se pesaron en la balanza analítica y se seleccionó una porción de 100 g o 50 g, según la cantidad de sedimento disponible.

Una vez teniendo el peso del vaso y la muestra se les agregó agua destilada hasta 200 ml y se agitó durante un periodo de 15 min. Posteriormente, se drenó cada una de las muestras quitando la mayor cantidad de agua posible sin extraer sedimento. Después, se sacaron de los desecadores y a cada vaso de precipitado se le agregó 30 ml de peróxido de hidrógeno al 10% y se dejó reposar para que empezara a realizar la reacción de eliminación de la materia orgánica. A los dos días siguientes se extrajo el agua destilada y se colocaron en el horno durante 24 horas. Al día siguiente se colocaron en el desecador durante 4 horas. Después, se pesaron y se obtuvo el peso del vaso más la muestra. La diferencia de este peso con el peso inicial es la materia orgánica.

Después de haber calculado la materia orgánica, se procedió a realizar el análisis granulométrico. Se observó que el material era sedimento fino por lo cual se decidió utilizar los tamices con malla #40, #60, #100, #200 y #230; que en número Phi equivale a: 1.25, 2, 2.75, 3.75 y 4, respectivamente. Se colocaron los tamices en la tamizadora durante un periodo de 15 min, una vez ya tamizado se empezó a pesar lo retenido en los tamices. Al retirar los tamices, se colocó hojas blancas sobre la mesa y se volteó cada tamiz para extraer la muestra retenida en la malla. Se utilizó una brocha para que no quede nada de muestra. Una vez retirada la muestra del tamiz se pesó en la báscula analítica para conocer el peso del material retenido, este paso se realizó en todas las mallas (**Figura 5**).



**Figura 5. Recolección de muestra tamizada.**

Por último, se hizo la suma de los pesos retenidos sacando el peso total de la muestra que fue colocada. Para la clasificación textural de los sedimentos se utilizó la propuesta por Shepard (1954), con los límites para la arena, limo y arcilla basados en la escala modificada de Wentworth (1922) (citados por Gutiérrez, 1987) (**Tabla 2**). Después del análisis granulométrico se observó que todas cayeron en clasificación de arena mediana, después en arenas finas y el porcentaje mayor en limos- arcillas. Al ver que las muestras estaban compuestas mayormente de sedimento muy finos se procedió al análisis del pipeteo.

**Tabla 2. Clasificación Modificada de Wentworth.**

	U. Wentworth (mm)	2 (mm)	4 (mm)	phi	tamiz
Bloque	1024,0000			-10,00	
	256,0000			-8,00	
Gujarro	128,0000			-7,00	
<b>G</b>	64,0000			-6,00	
<b>R</b>	32,0000			-5,00	
<b>A</b>	16,0000			-4,00	
<b>V</b>	8,0000			-3,00	4
<b>A</b>	4,0000	4,00000	4,00000	-2,00	5
Sábulo o Gránulo		2,83000	2,83000	-1,75	6
		2,00000	2,00000	-1,50	7
	2,0000	2,00000	2,00000	-1,25	8
		1,68000	1,68000	-1,00	10
		1,41000	1,41000	-0,75	12
Muy gruesa		1,41000	1,41000	-0,50	14
	1,0000	1,00000	1,00000	-0,25	16
		0,84000	0,84000	0,00	18
		0,70700	0,70700	0,25	20
<b>A</b>		0,59500	0,59500	0,50	25
<b>R</b>	0,5000	0,50000	0,50000	0,75	30
<b>E</b>		0,42000	0,42000	1,00	35
<b>N</b>		0,35400	0,35400	1,25	40
<b>A</b>		0,29700	0,29700	1,50	45
	0,2500	0,25000	0,25000	1,75	50
		0,21000	0,21000	2,00	60
Fina		0,17700	0,17700	2,25	70
		0,14900	0,14900	2,50	80
	0,1250	0,12500	0,12500	2,75	100
		0,10500	0,10500	3,00	120
Muy fina		0,08800	0,08800	3,25	140
		0,07400	0,07400	3,50	170
	0,0625	0,06200	0,06200	3,75	200
		0,05300	0,05300	4,00	230
		0,04400	0,04400	4,25	
		0,03700	0,03700	4,50	
	0,0313	0,03120	0,03120	4,75	
		0,02650	0,02650	5,00	
<b>L</b>		0,02200	0,02200	5,25	
<b>I</b>		0,01890	0,01890	5,50	
<b>M</b>	0,0156	0,01560	0,01560	5,75	
<b>O</b>		0,01330	0,01330	6,00	
		0,01100	0,01100	6,25	
		0,00940	0,00940	6,50	
	0,0078	0,00780	0,00780	6,75	
		0,00660	0,00660	7,00	
		0,00550	0,00550	7,25	
Muy fino		0,00470	0,00470	7,50	
	0,0039	0,00390	0,00390	7,75	
		0,00330	0,00330	8,00	
<b>A</b>		0,00276	0,00276	8,25	
<b>R</b>		0,00232	0,00232	8,50	
<b>C</b>	0,0020	0,00195	0,00195	8,75	
<b>I</b>		0,00184	0,00184	9,00	
<b>L</b>		0,00138	0,00138	9,25	
<b>L</b>		0,00116	0,00116	9,50	
<b>A</b>	0,0010	0,00098	0,00098	9,75	
		0,00082	0,00082	10,00	
		0,00069	0,00069	10,25	
				10,50	

## Método del pipeteo

Los diversos métodos se basan en la velocidad de asentamiento de las partículas en medio acuoso (ley de Stokes), considerando a éstas como esferas perfectas. Los principales métodos utilizados para el análisis son los siguientes: Pipeteo, sedígrafo, densimétrico y balanza de sedimentación. Cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas sobre los otros, principalmente en tiempo de trabajo y precisión de los resultados. Aquí se describe el método de pipeteo (Krumbein, W. y F. Pettijohn, 1938), que es uno de los más ampliamente aceptados. Una vez que el material de tamaño inferior a 62  $\mu\text{m}$  ha sido recolectado en un recipiente apropiado (probeta de 1000 ml) se procede a la dispersión del mismo. Esto se realiza para evitar que las partículas estén unidas unas con otras.



La dispersión se hace añadiendo un electrolito (peptizante) en volumen y concentración conocidos. Son varios los métodos de dispersión, basados en distintos electrolitos. Los más comunes son los que se realizan con hexametáfosfato de sodio (solución Calgón). Se prepara con 40 g de hexametáfosfato de Na en 1 litro de agua destilada. Para la dispersión, se colocó en vaso de precipitado la muestra a usar con aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> de agua destilada; luego se agregó 25 ml de solución Calgón y se dejó reposar 24 horas agitando periódicamente. Una vez finalizada la dispersión, el sedimento se encuentra en condiciones de ser analizado mediante el método de la prueba de pipeta. Este método consiste en tomar sucesivamente una cantidad fija de suspensión por medio de una pipeta graduada y a una profundidad "h" determinada para cada extracción, al cabo de un tiempo t. Las partículas extraídas tendrán una velocidad de caída inferior o igual a h/t. El volumen del pipeteo (10 ml) debe ser despreciable con relación al volumen total, para evitar la mezcla con otros tamaños de partículas. Los tiempos y las profundidades de extracción corresponden a valores experimentales de la ley de Stokes. La **Tabla 3** indica los principales valores (los diámetros pertenecen a la escala Udden-2 (Krumbein y Pettijohn, 1938).

Se agitó la suspensión entre 1 a 2 min con agitador mecánico. Se tuvo cuidado de no producir proyecciones del líquido y material fuera de la probeta. En el preciso momento en que finalizó la agitación, la suspensión comenzó a sedimentar y se puso en marcha el cronómetro. Después se introdujo la pipeta con su extremo tapado hasta la profundidad indicada, unos 10" antes de la extracción. Esto se realizó para evitar disturbar la suspensión en el momento de la extracción. Se realizó la extracción de 10 ml en el tiempo determinado y a la profundidad requerida. Posteriormente, se vertió el contenido de cada pipeteada en los recipientes utilizados (cajas petri), ya previamente limpio, tarado y rotulado. Los recipientes se colocaron en el horno a temperatura no mayor de 40-60°C (a > de 100°C se afectan a los minerales de arcillas). Una vez secas, las cajas Petri fueron



depositadas en un desecador hasta peso constante, para evitar la hidratación de las muestras.

**Tabla 3. Valores de los diámetros que pertenecen a la escala Udden-2.**

Phi	Mm	μm	Clasificación	h (cm)	hr	min	s
4	0.063	63	Limo grueso	20			58
4.5	-----	-----		20		1	56
5	0.0312	31.2	Limo medio	10		1	56
5.5	-----	-----		10		3	52
6	0.0156	15.6	Limo fino	10		7	42
6.5	-----	-----		10		15	
7	0.0078	7.8	Limo muy fino	10		31	
7.5	-----	-----		10	1	1	
8	0.0039	3.9	Arcilla	10	2	3	
8.5	-----	-----		10	4	5	
9	0.00195	1.95		10	8	10	
9.5	-----	-----		10	16	21	
10	0.00098	0.98		10	32	42	
10.5	-----	-----		5	32	42	
11	0.00049	0.49		5	64	25	

Para calcular el peso del material correspondiente a cada intervalo se procedió de la siguiente forma:

Se tomó el peso de la muestra descontando el peso de la cápsula. A este peso se le restó el peso del Calgón:

1000 ml de agua ----- 40 g de Calgón

25 ml de agua ----- 1 g

500 ml de dispersión ----- 1 g de calgón

10 ml de dispersión ----- 0,02 g

Por lo tanto:

Peso del material = peso de material de cápsula - 0,02 g (en 10 ml), para obtener la cantidad de material de cada tamaño en los 500 ml.

Los pesos obtenidos corresponden a los tamaños determinados para cada tiempo de extracción.

## IV. Resultados

### IV.1 Metales pesados en agosto 2021.

Respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron S, Cu, Fe, P, y Al, los de menor concentración fueron Li, y B (**Figuras 6 y 7**). En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni 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 después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito), incluyendo la Laguna de Tapeixtles. Aunque el Cd, Zn y Ni, subieron de las estaciones E14 y E15 del Vaso III de la Laguna de Cuytlán, en donde de manera general, se registraron los valores más bajos. (**Tabla 4**).

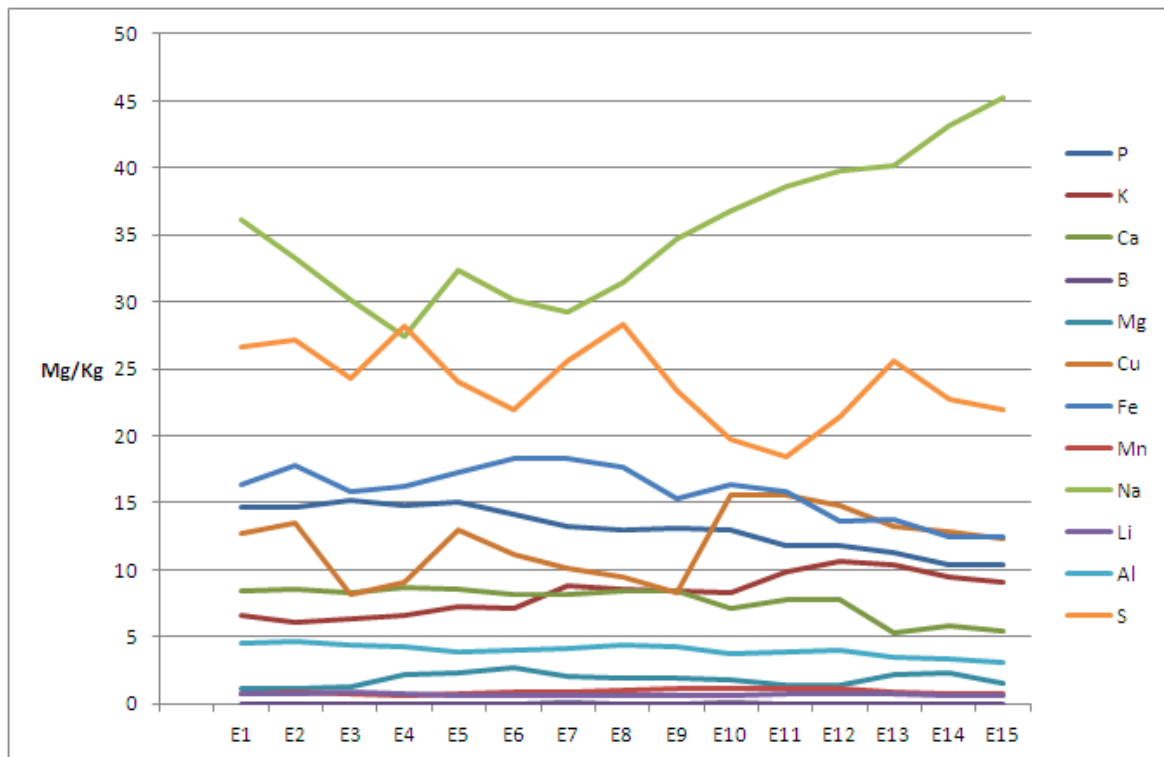


Figura 6. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos de la zona de estudio (agosto.2021).

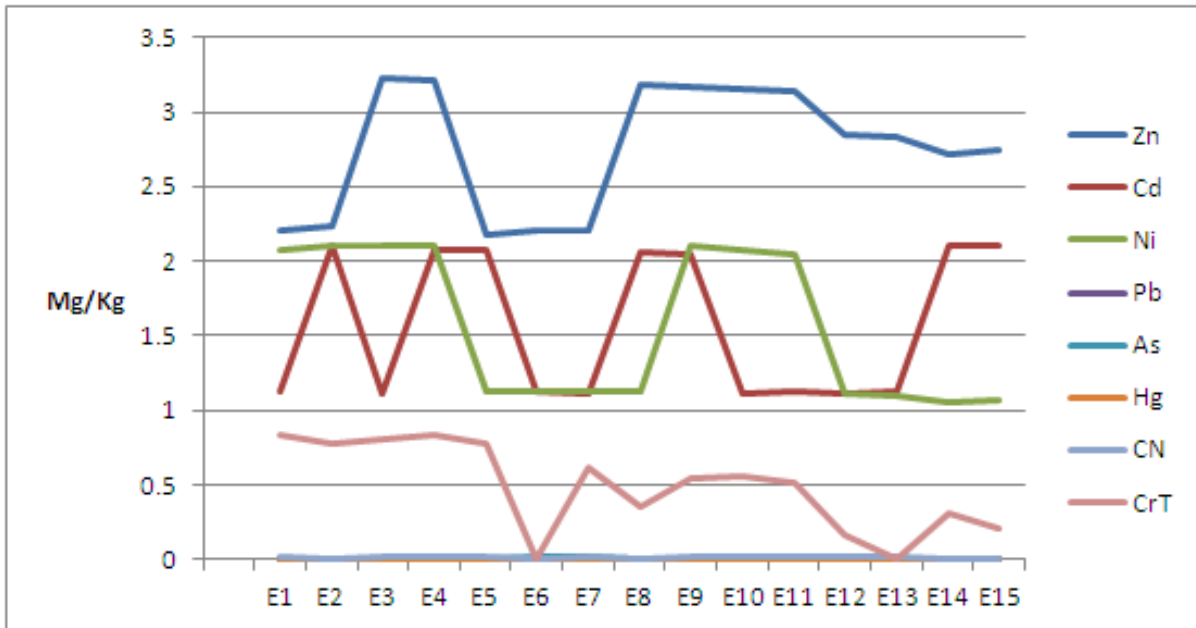


Figura 7. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (agosto. 2021).

Tabla 4. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (agosto. 2021).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	2.3	4,52	7,12
2	0,24	0,57	7.60
3	1.2	1,80	7,13
4	1,8	3,40	7,15
5	2,7	5,44	6,99
6	4,2	9,27	7,14
7	32,9	55,7	7,93
8	33,2	56,2	8.3
9	34,8	59,2	7,62
10	28,5	51,4	7,03
11	33.1	57,9	8,21
12	32,7	59,4	7,98
13	33.0	60,8	7,98
14	39.0	60.0	8,19
15	33,8	59,5	8,77

## IV.2 Metales pesados en septiembre 2021.

Respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Ca, P, K, Na, S y Cu, los de menor concentración fueron Li, y B (**Figuras 8 y 9**). En el Valle de las Garzas se midieron los valores más bajos, mientras que, en San pedrito, Tapeixtles y Cuyutlán los más elevados.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Cd, Ni, Zn, y Cr, en la LVG se midieron las mayores concentraciones, excepto para Cd que en los tres cuerpos lagunares fue elevado, fluctuando entre 2.5 y 3.5 mg/kg. El Zn fue elevado en las estaciones E13, E14 y E15 del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, en donde de manera general, se registraron los valores más bajos (**Tabla 5**).

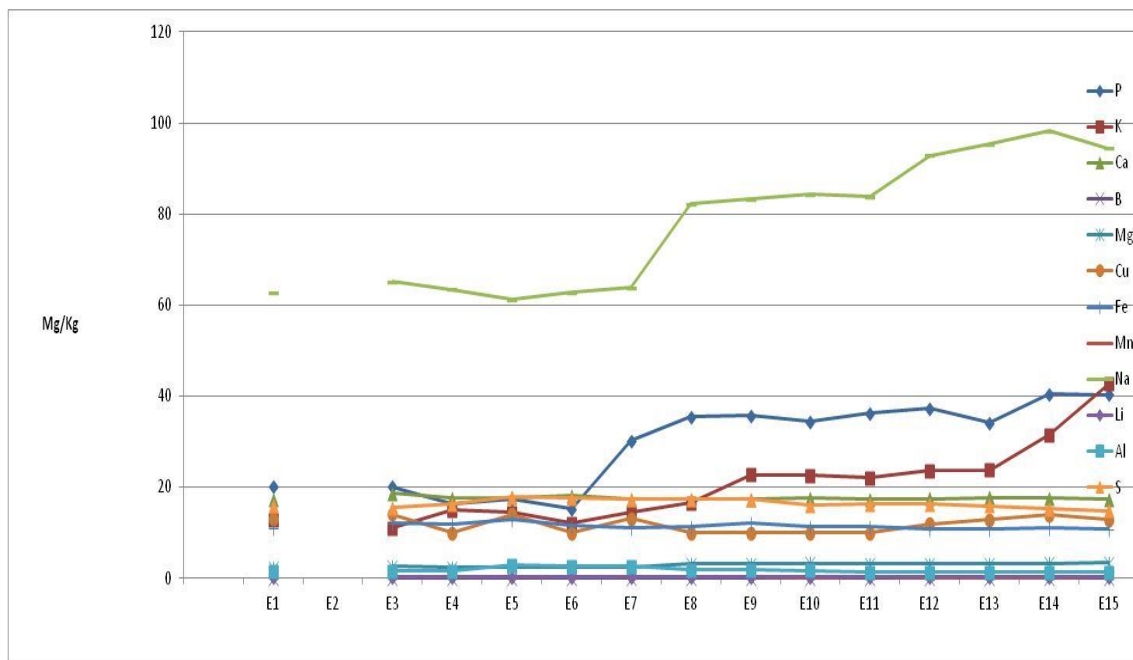


Figura 8. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en septiembre, 2021.

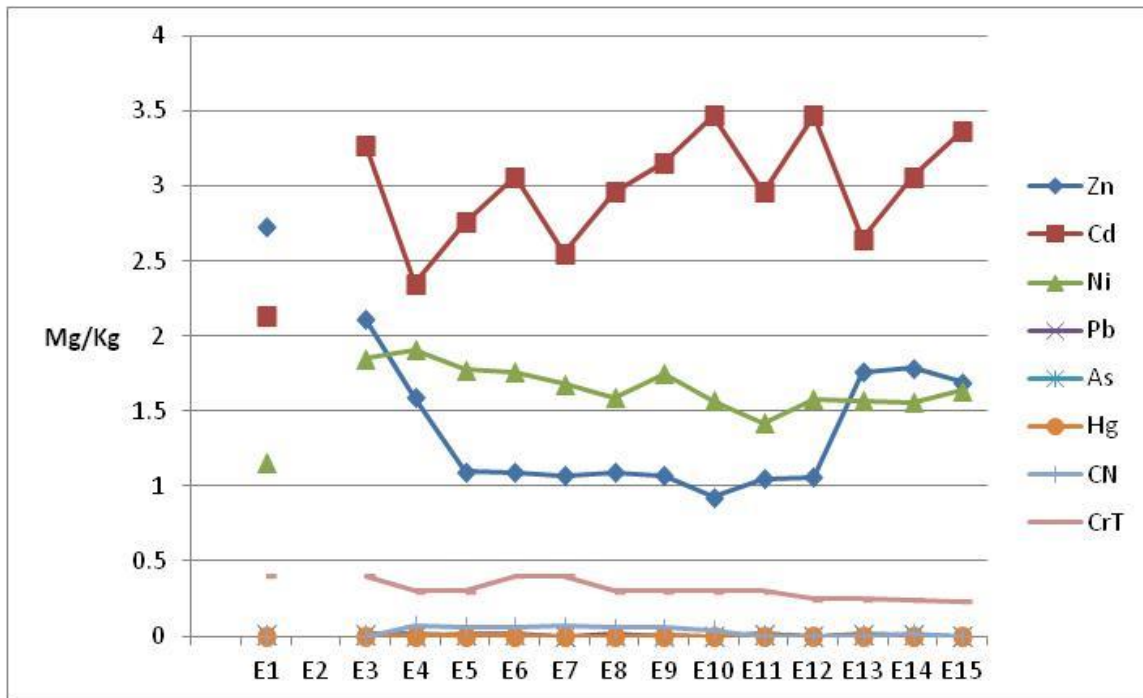


Figura 9. Metales pesados y otros en los sedimentos en septiembre. 2021).

Tabla 5. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (septiembre. 2021).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	0,2	0,3774	7,8
2			
3	2,5	4,95	7,24
4	0,3	0,662	7,15
5	0,8	1,52	6,57
6	0,2	0,491	6,78
7	0,4	0,680	7,94
8	0,7	1,308	6,72
9	29,4	50,1	7,54
10	30,1	51,6	7,95
11	29,3	50,21	7,81
12	18,9	30,90	7,92
13	32,4	53,4	8,00
14	21,1	39,15	8,30
15	24,7	45,6	7,81

### IV.3 Metales pesados en octubre 2021.

Respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Na, P, S y Al, y el Cu (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), los de menor concentración fueron Li, y B. 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 10 y 11**).

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni 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 después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito), incluyendo la Laguna de Tapeixtles. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos. La salinidad, conductividad y el pH de los sedimentos en los tres vasos lagunares estuvo determinada por la salinidad del agua superficial (**Tabla 6**).

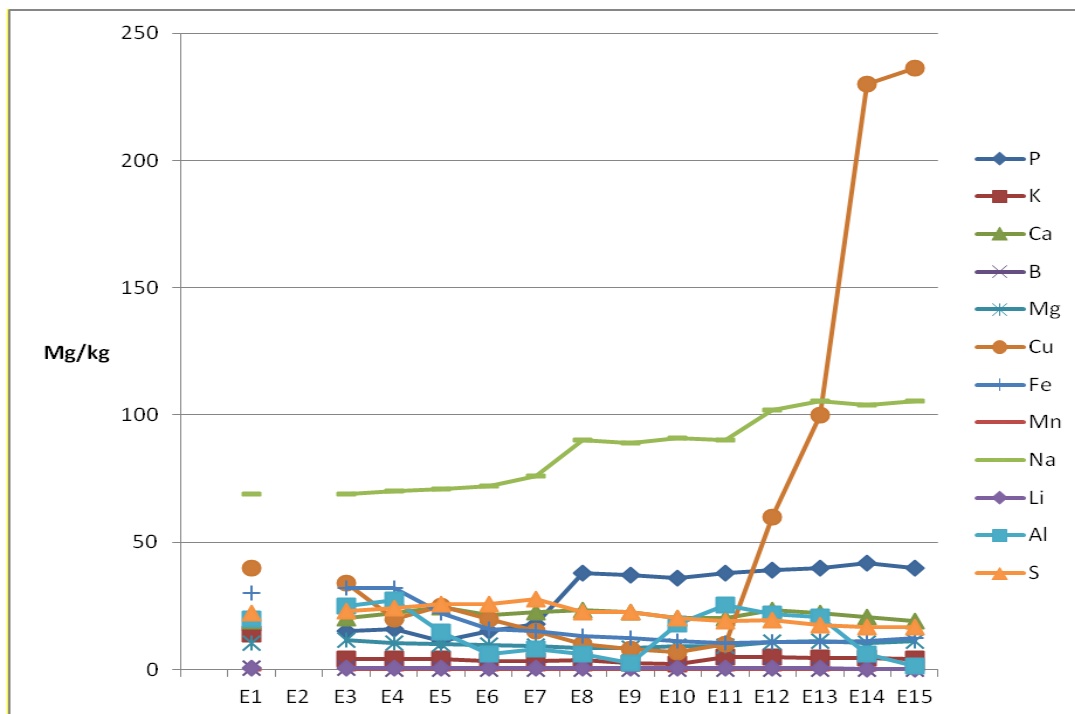


Figura 10. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en octubre, 2021.

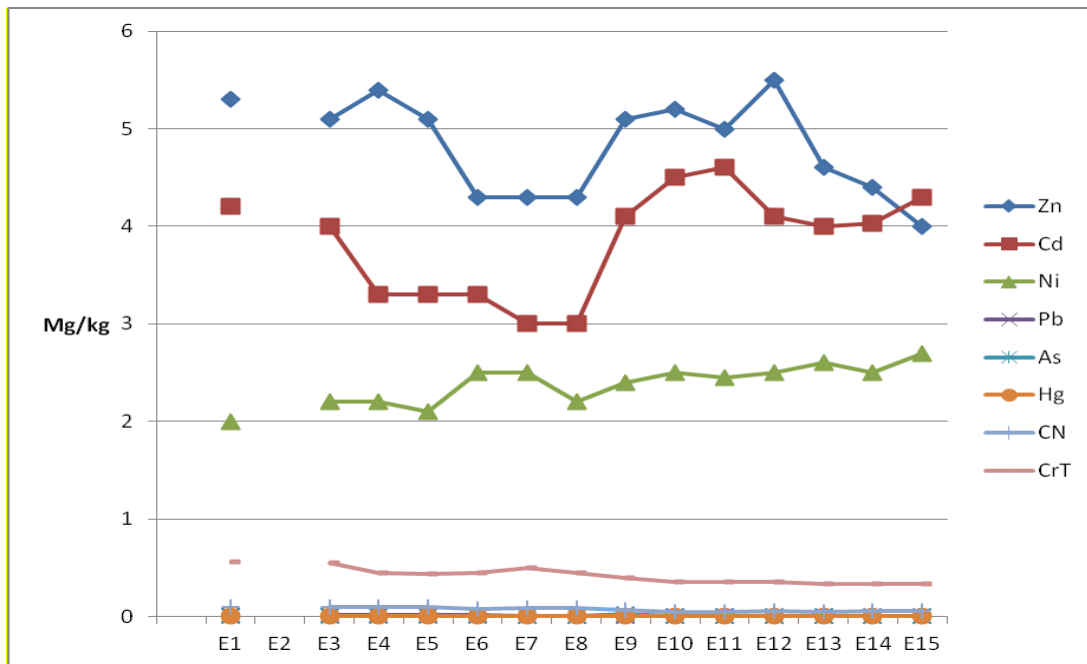


Figura 11. Metales pesados y otros en los sedimentos en octubre, 2021.

Tabla 6. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (oct. 2021).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	2.8	6.2	8.9
2			
3	3.5	5.9	7.2
4	11.1	22.4	7.03
5	19.3	34.6	7.10
6	25.7	37.9	8,1
7	29.8	52.1	8.15
8	32.6	54.9	8.20
9	30.1	50.8	8.05
10	32.4	54.2	8.15
11	30.1	50.9	8,14
12	31.6	53.2	8.28
13	29.3	51.9	8.27
14	23.9	44.3	8.28
15	19.5	35.4	8.21

#### IV.4 Metales pesados en noviembre 2021.

Respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Na, Ca, P, Al, y el Cu (que presentó valores muy elevados en el Vaso III (E14 y E15), los de menor concentración fueron Li, y B. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y de nuevo elevados en el Vaso III de Cuyutlán sobre todo Cu, Na, y P (**Figuras 12 y 13**).

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, el Hg y los Cn fueron los más bajos, en la LVG se midieron las mayores concentraciones mientras que en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito) E9 y E10 Laguna de Tapeixtles bajaron. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos, excepto para el Cd, Ni, y Zn que registraron valores muy elevados. (**Tabla 7**).

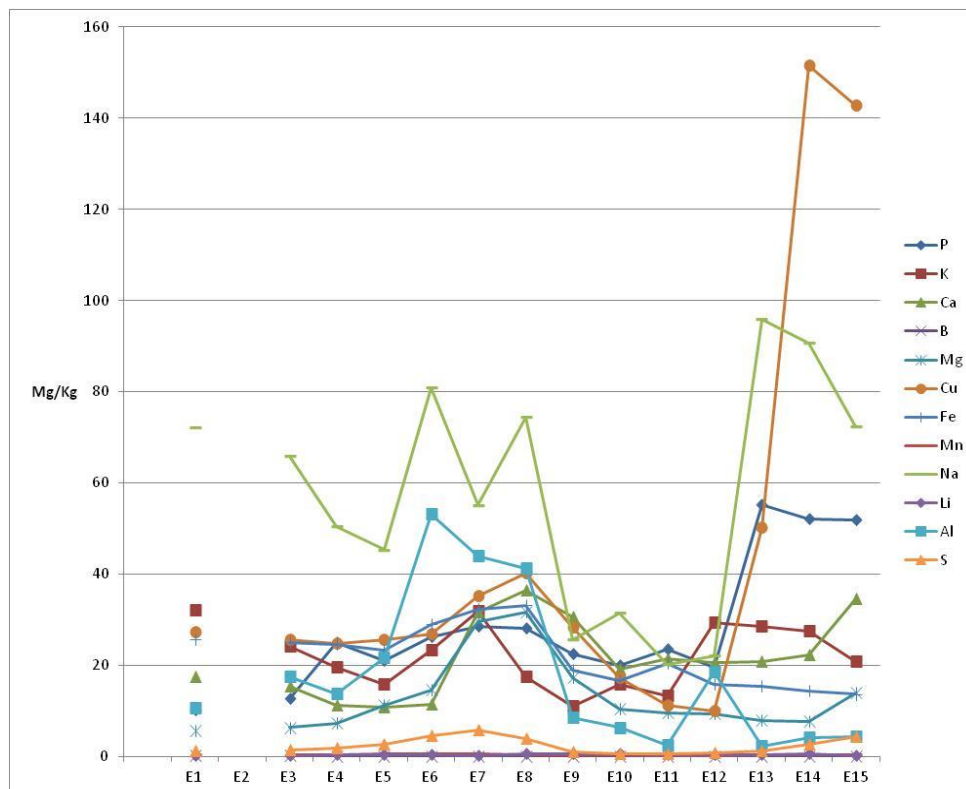
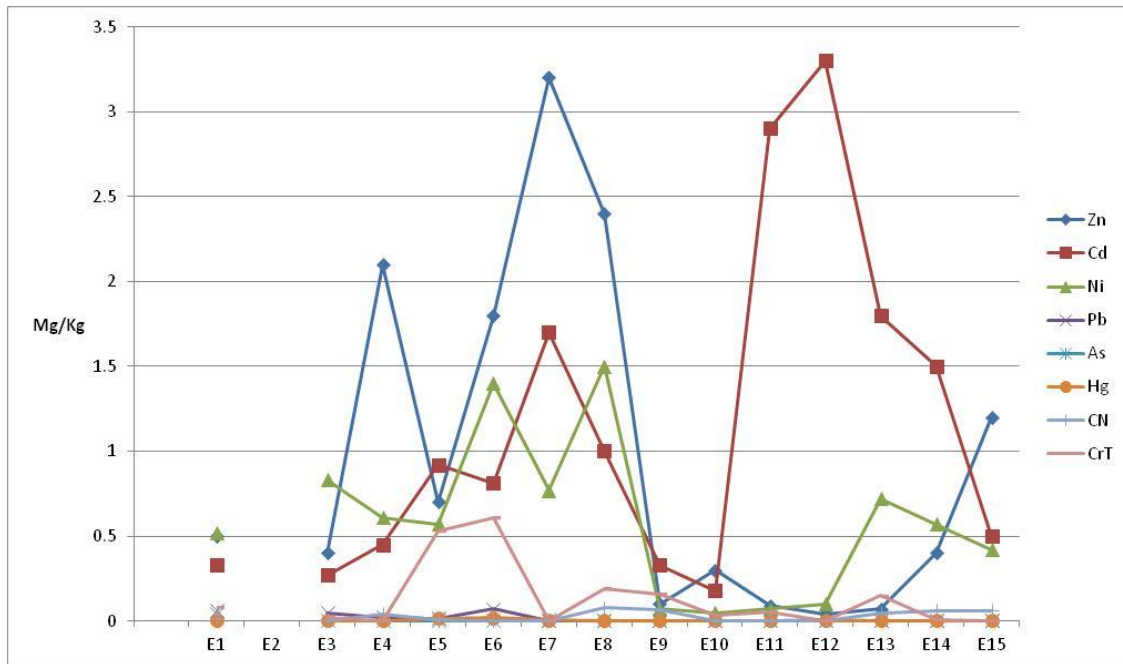


Figura 12. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en noviembre, 2021.





**Figura 13. Metales pesados y otros en los sedimentos en noviembre, 2021).**

**Tabla 7. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (nov. 2021).**

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	2,7	4,612	7,44
2			
3	2,7	5,37	7,05
4	1,7	3,409	7,42
5	8,1	15,88	7,38
6	10,1	19,08	6,72
7	20,3	31,5	8,4
8	34,4	56,7	8,3
9	32,1	54,2	8,1
10	24,6	43,7	8,0
11	33,4	57,1	8,3
12	33,4	59,6	8,4
13	35,3	60,2	8,2
14	31,4	55,3	8,0
15	30,0	52,1	7,8

#### IV.5 Metales pesados en diciembre 2021.

Respecto a metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Na, P, Fe, y el Cu. El Na presentó un gradiente positivo, San Pedrito (P. I.) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán, de manera contraria, el P, Fe, K, P y Cu, presentaron un gradiente decreciente con los valores más bajos en Cuyutlán, los de menor concentración fueron Li, y B. 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 14 y 15**).

En relación a metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni 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 después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito) y bajar de nuevo en la Laguna de Cuyutlán, excepto el Zn, que presentó valores variables. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos. (**Tabla 8**).

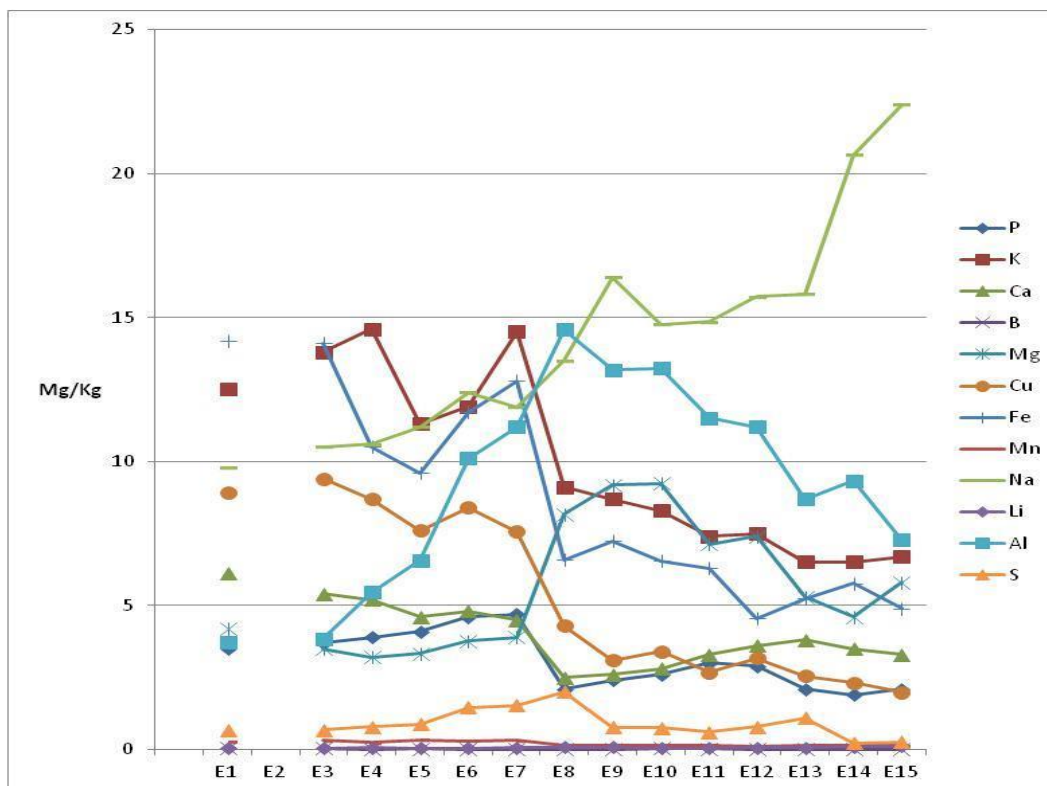


Figura 14. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos en diciembre, 2021).

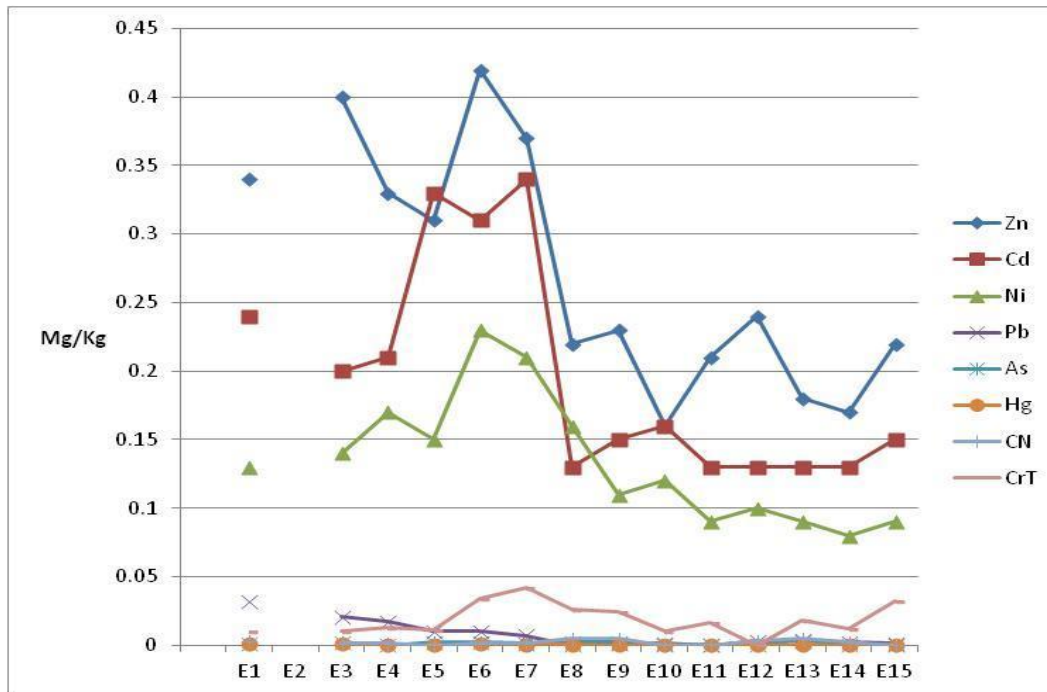


Figura 15. Metales pesados y otros en los sedimentos en diciembre, 2021).

Tabla 8. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuytlán, (dic. 2021).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	2,0	4,313	6,9
2			
3	5,1	10,38	7,58
4	5,3	13,59	7,23
5	2,9	6,03	7,85
6	6,9	13,03	8,75
7	15.4	25.92	7.88
8	12.4	20.35	8.12
9	32.3	49.71	8.19
10	34.9	58.0	8.16
11	34.3	56.8	8.40
12	22.5	37.46	7.60
13	33.6	57.80	8.22
14	34.8	58.41	8.18
15	32.5	57.9	8.00

#### IV.6. Materia orgánica de agosto a diciembre de 2021.

Para la determinación de materia orgánica fue registrado el peso inicial de cada una de las muestras (100 o 50 g según la cantidad de sedimento disponible) y posteriormente fueron colocadas en vasos de precipitado previamente lavados con agua, jabón y enjuagados con agua destilada, con la finalidad de eliminar todo tipo de contaminación. De la **Tabla 9** a la **13** se muestran los cálculos que se obtuvieron para determinar la materia orgánica y de la **Figura 16** a la **20** se muestra la cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones obtenidas de agosto a diciembre de 2021. De la E1 a la E6 corresponde a la Laguna del Valle, de la E7 a la E10 al Puerto Interior y Laguna San Pedrito y de la E11 a la E15 a la Laguna de Cuyutlán. De septiembre a diciembre en la E2 no fue posible obtener la muestra, debido al proceso de azolvamiento y la lancha no pudo pasar al sitio de muestreo.

**Tabla 9. Cantidad de materia orgánica en agosto, 2021.**

Estaciones	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Total MO (g)	Total MO (%)
E1	73.31	65.717	7.59	7.59
E2	72.040	65.405	6.63	6.63
E3	100.002	90.233	9.77	9.77
E4	50.003	40.602	9.40	16.80
E5	100.003	88.719	11.28	11.28
E6	100.007	91.195	8.81	8.81
E7	50.006	46.139	03.87	07.73
E8	100.003	98.528	01.47	01.47
E9	98.730	88.660	10.07	10.07
E10	82.913	77.776	5.14	5.14
E11	100.004	90.295	9.71	9.71
E12	100.004	86.552	13.45	13.45
E13	100.004	84.382	15.62	15.62
E14	100.004	85.901	14.10	14.10
E15	100.005	85.638	14.37	14.37

## Materia orgánica (g)

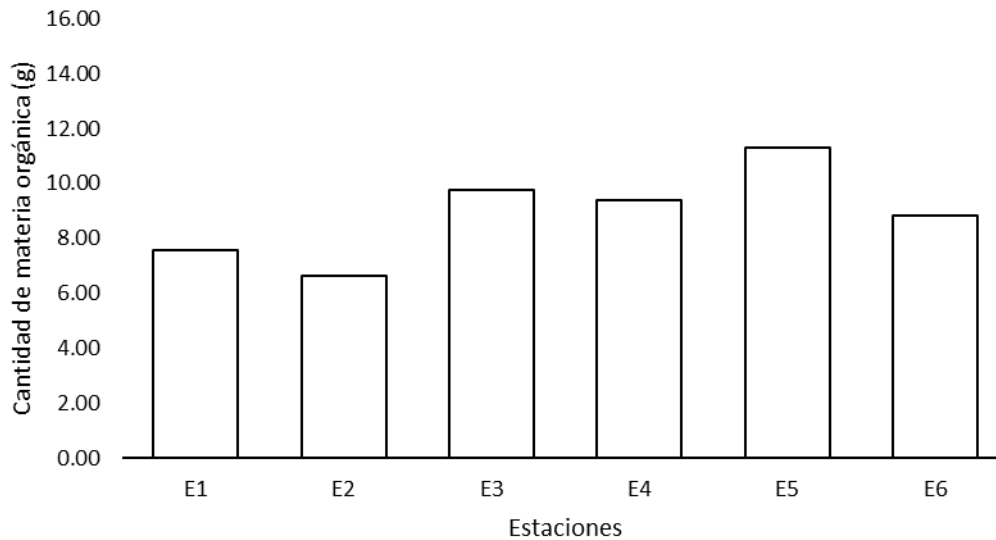


Figura 16. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en agosto 2021.

Tabla 10. Cantidad de materia orgánica en septiembre, 2021.

Estaciones	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Total MO (g)	Total MO (%)
E1	50.0004	49.4203	0.58	1.16
E2				
E3	100.0011	98.0598	1.94	1.94
E4	100.0046	97.7556	2.25	2.25
E5	100.0038	96.2979	3.71	3.71
E6	100.0049	98.9036	1.10	1.10
E7	50.0015	46.9960	3.01	6.01
E8	50.0046	49.4956	0.51	1.02
E9	50.0039	46.4304	3.57	3.57
E10	50.0021	46.3242	3.68	3.68
E11	100.0097	94.4456	5.56	5.56
E12	50.0008	88.8831	6.19	12.39
E13	100.0057	93.3481	6.66	6.66
E14	50.0015	45.1098	4.89	9.78
E15	50.0020	42.3399	7.66	15.32

## Materia orgánica (g)

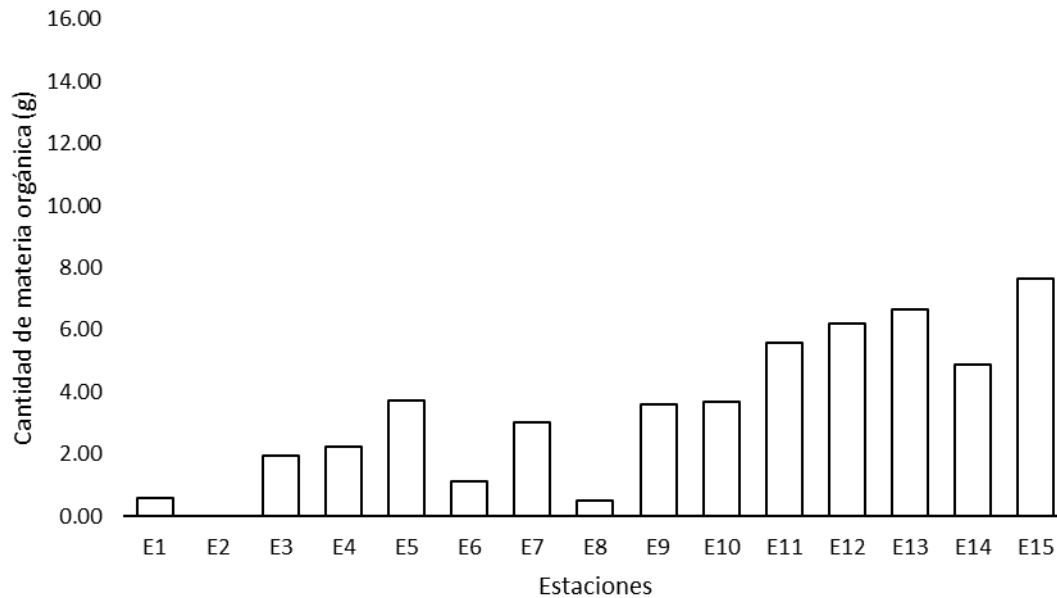


Figura 17. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en septiembre 2021.

Tabla 11. Cantidad de materia orgánica en octubre, 2021.

Estaciones	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Total MO (g)	Total MO (%)
E1	100.0008	89.9942	10.01	10.01
E2				
E3	100.0022	65.4862	34.52	34.52
E4	100.0080	86.9055	13.10	13.10
E5	50.0066	42.2542	7.75	15.50
E6	100.0047	83.6708	16.33	16.33
E7	50.0006	43.9951	6.01	12.01
E8	100.0011	98.3793	1.62	1.62
E9	100.0029	96.6649	3.34	3.34
E10	100.0073	96.4688	3.54	3.54
E11	50.0046	46.7469	3.26	6.51
E12	50.0035	44.9530	3.62	7.23
E13	50.0029	46.1420	3.86	7.72
E14	50.0019	43.9427	6.06	12.12
E15	25.0049	23.7142	1.29	5.16

### Materia orgánica (g)

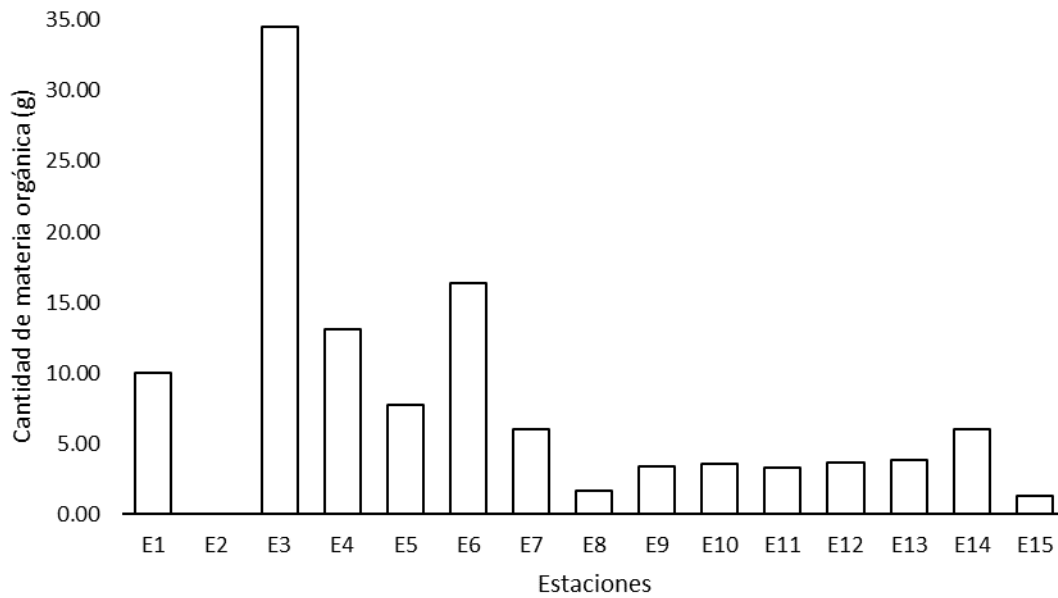


Figura 18. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en octubre 2021.

Tabla 12. Cantidad de materia orgánica en noviembre, 2021.

Estaciones	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Total MO (g)	Total MO (%)
E1	50.00	48.914	1.09	2.17
E2				
E3	50.00	47.568	2.43	4.87
E4	50.07	47.370	2.63	5.26
E5	50.03	46.076	3.92	7.85
E6	50.11	48.496	1.51	3.01
E7	50.01	45.780	4.22	8.44
E8	100.15	97.642	2.36	2.36
E9	50.22	46.657	3.35	6.69
E10	50.00	47.728	2.27	4.54
E11	50.00	46.007	3.99	7.99
E12	50.00	44.725	5.28	10.56
E13	50.00	47.942	2.06	4.12
E14	50.00	46.978	3.02	6.05
E15	50.00	46.225	3.78	7.56

## Materia orgánica (g)

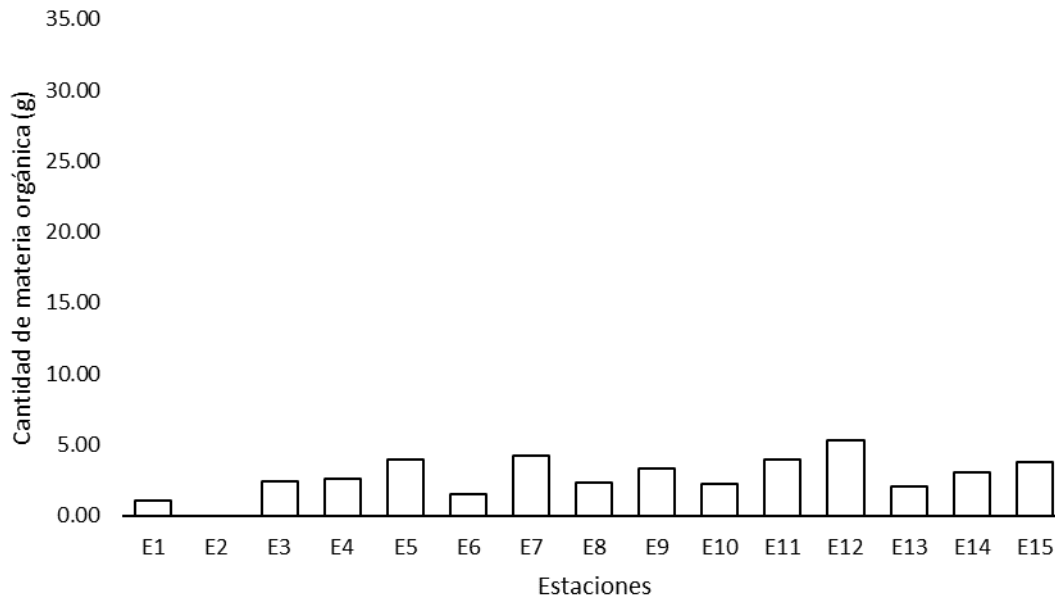


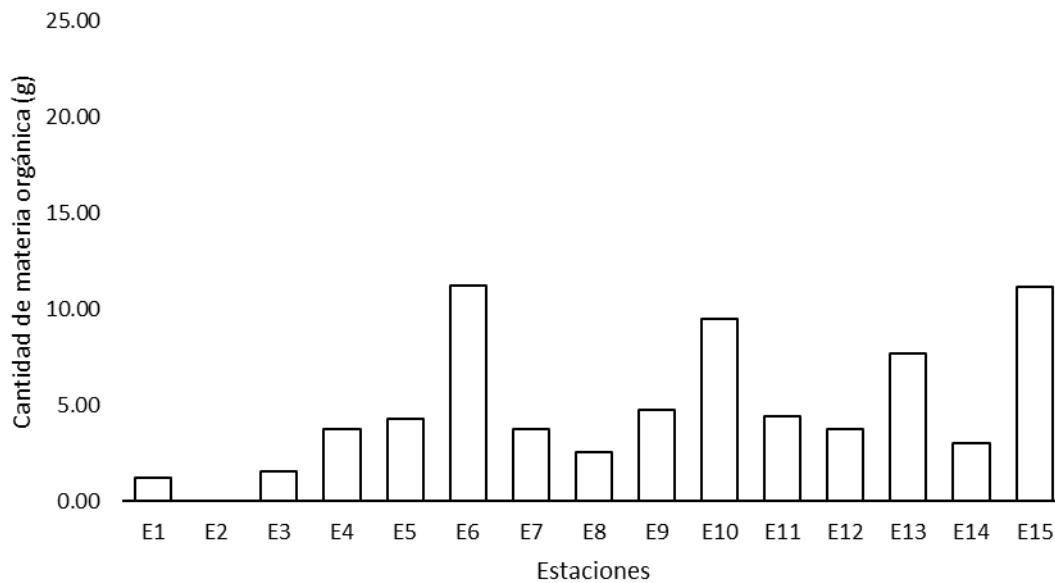
Figura 19. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en noviembre 2021.

Tabla 13. Cantidad de materia orgánica en diciembre, 2021.

Estaciones	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Total MO (g)	Total MO (%)
E1	50.00	48.81	1.20	2.40
E2				
E3	50.00	48.43	1.58	3.15
E4	50.00	46.23	3.76	7.52
E5	50.00	45.71	4.29	8.57
E6	50.00	38.74	11.25	22.51
E7	50.00	46.26	3.74	7.48
E8	50.00	47.43	2.56	5.13
E9	50.00	45.23	4.77	4.77
E10	50.00	40.50	9.50	9.50
E11	50.00	45.59	4.41	8.83
E12	50.00	46.25	3.75	7.50
E13	50.00	42.29	7.71	15.41
E14	50.00	42.33	3.02	6.05
E15	50.00	38.84	11.16	22.31



## Materia orgánica (g)



**Figura 20. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones en diciembre 2021.**

### **IV.7. Análisis granulométrico de agosto a diciembre de 2021.**

Se muestran los resultados obtenidos en el análisis granulométrico de arenas y sedimentos finos por pipeteo de los 15 sitios de la zona de estudio de agosto a diciembre 2021 (**Figuras 21 a la 30**).

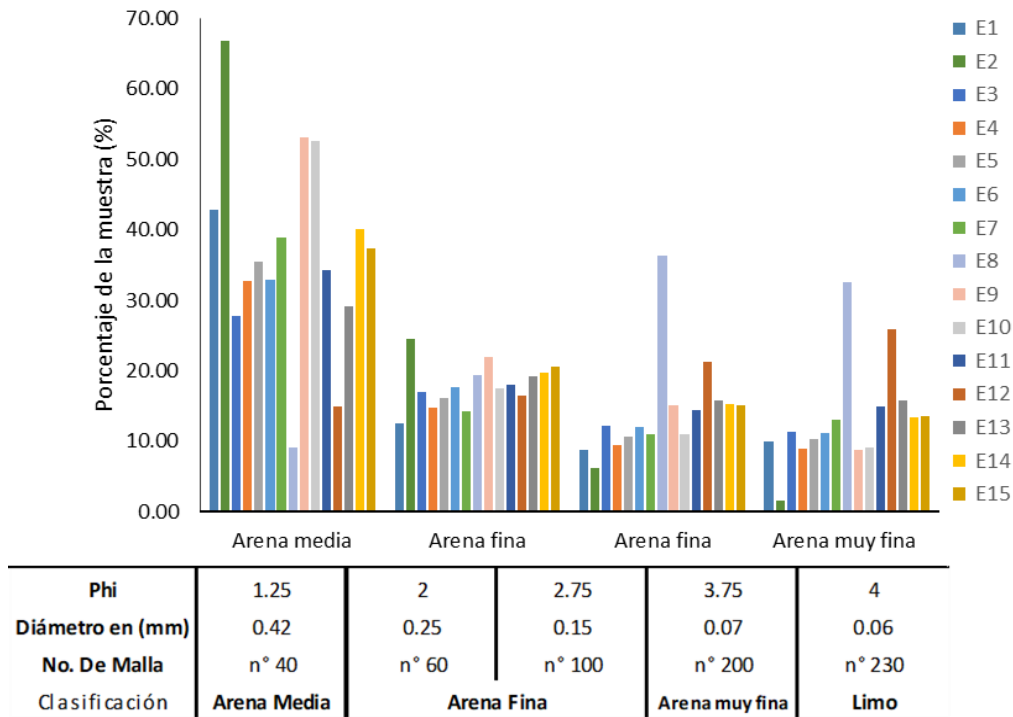


Figura 21. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (agosto, 2021).

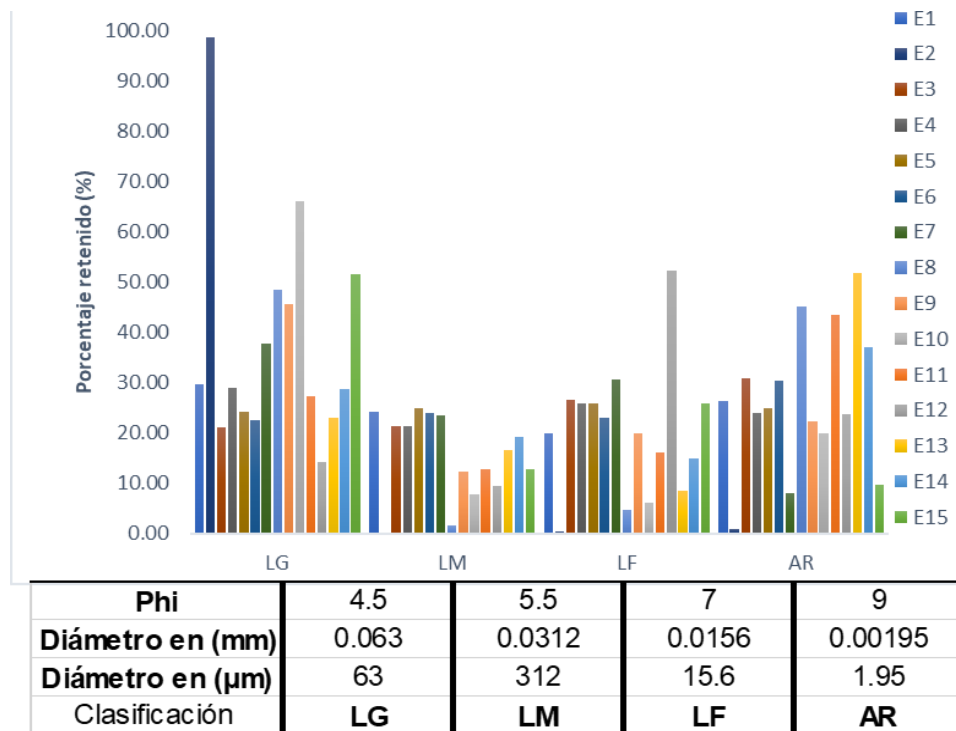


Figura 22. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (agosto, 2020).

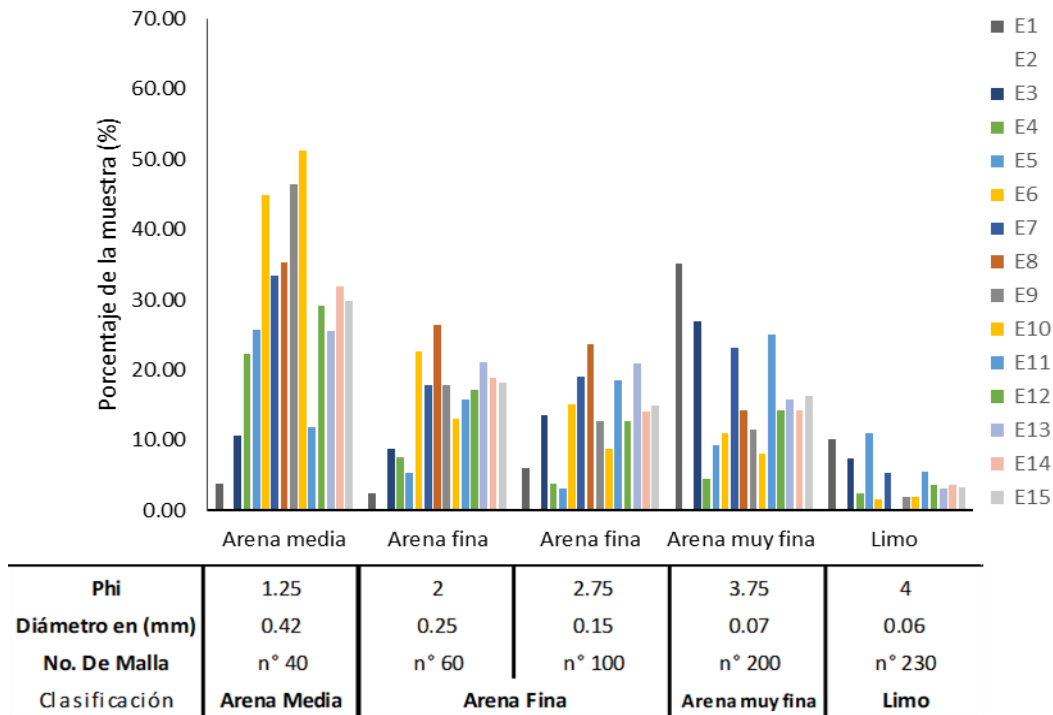


Figura 23. Clasificación de sedimentos en las 15 estaciones (septiembre, 2021).

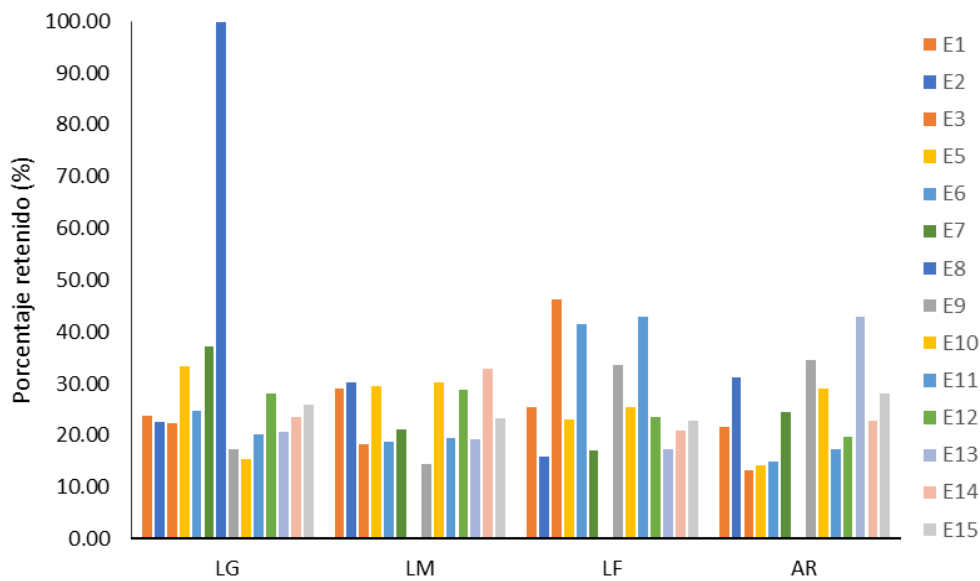
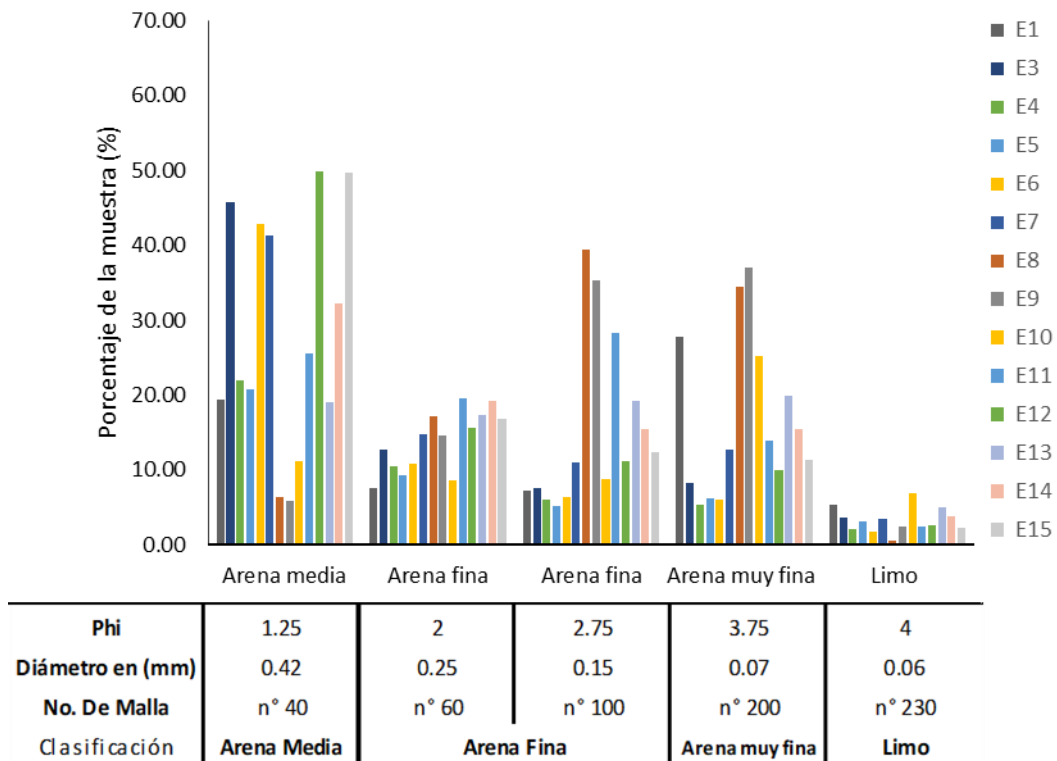
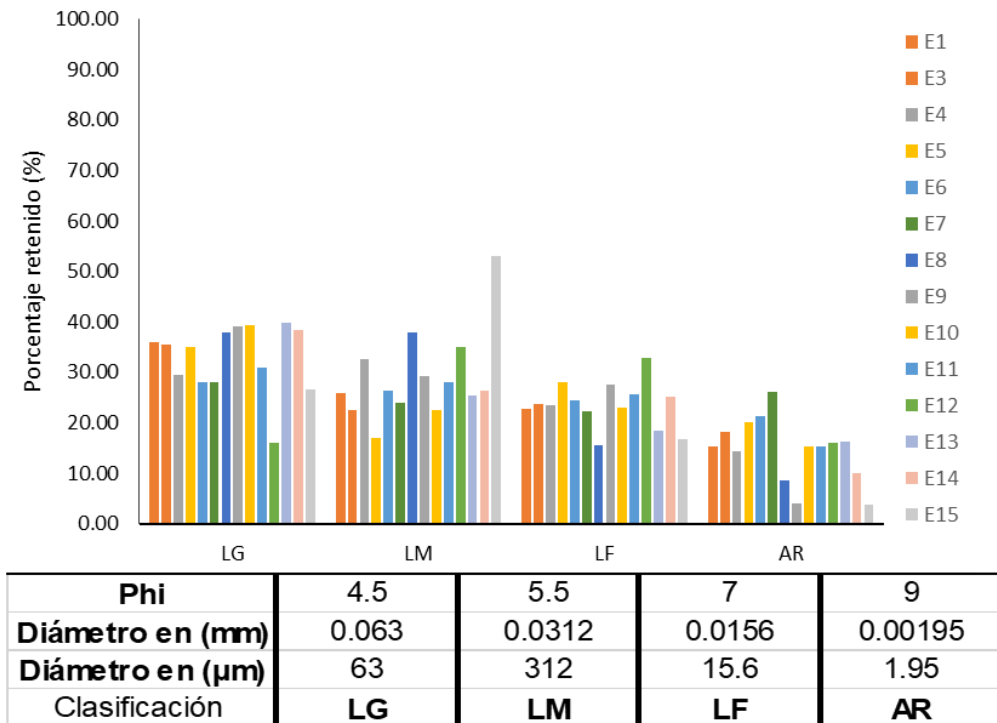


Figura 24. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (septiembre, 2021).



**Figura 25. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (octubre, 2021).**



**Figura 26. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (octubre, 2021).**

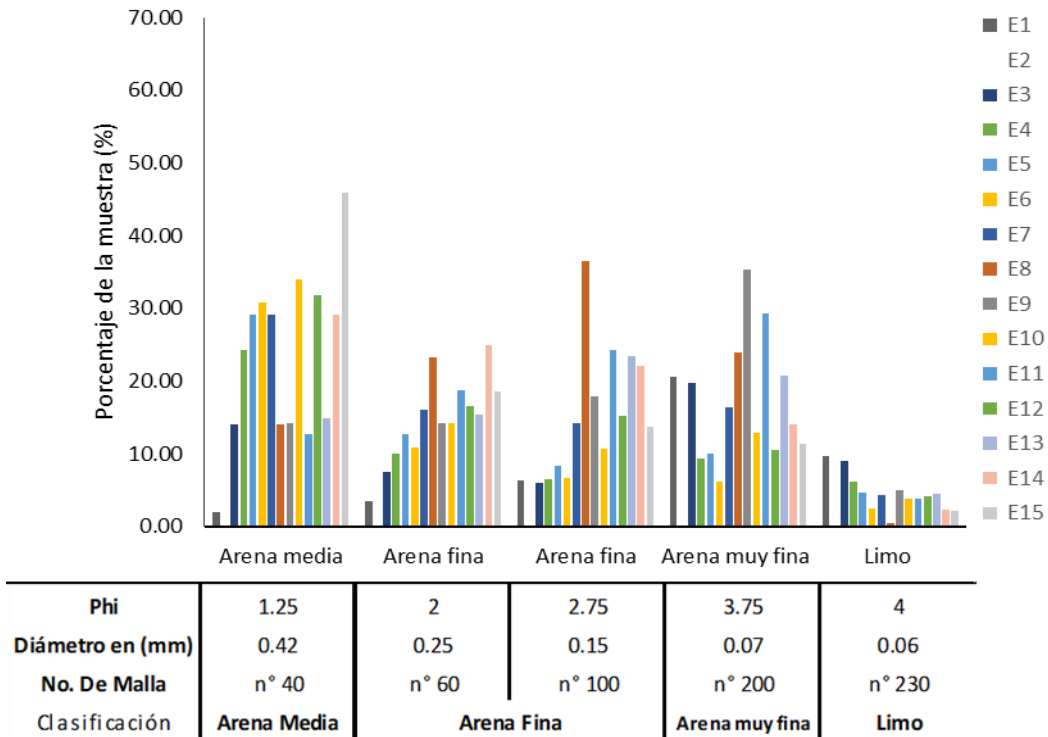


Figura 27. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (noviembre, 2021).

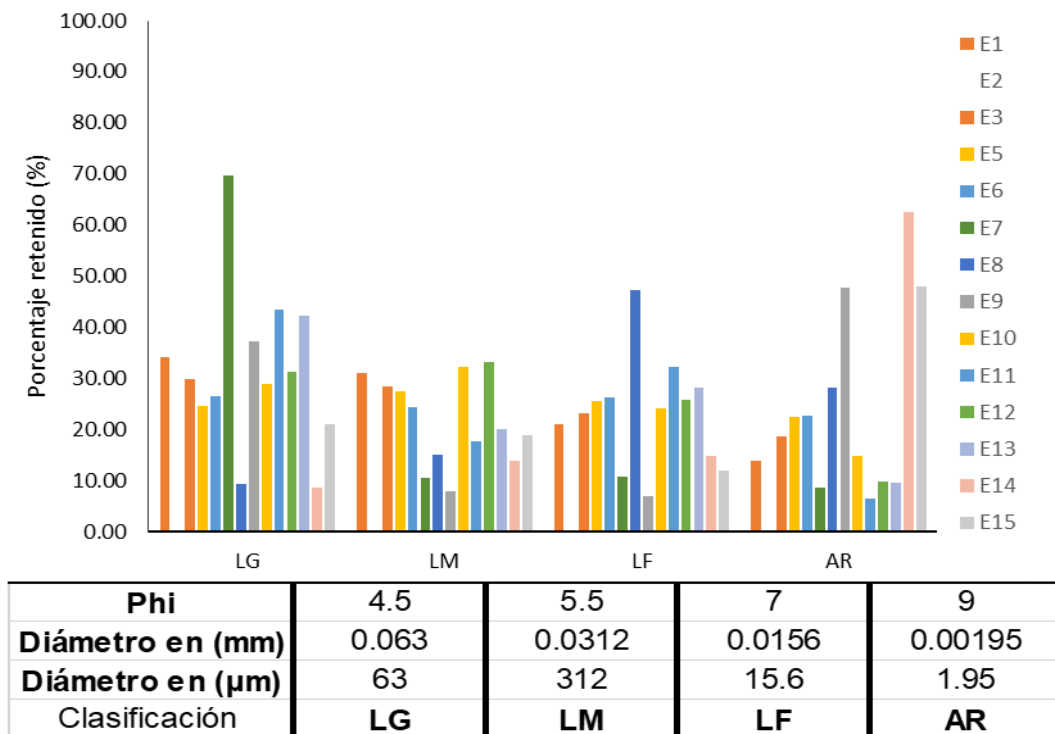
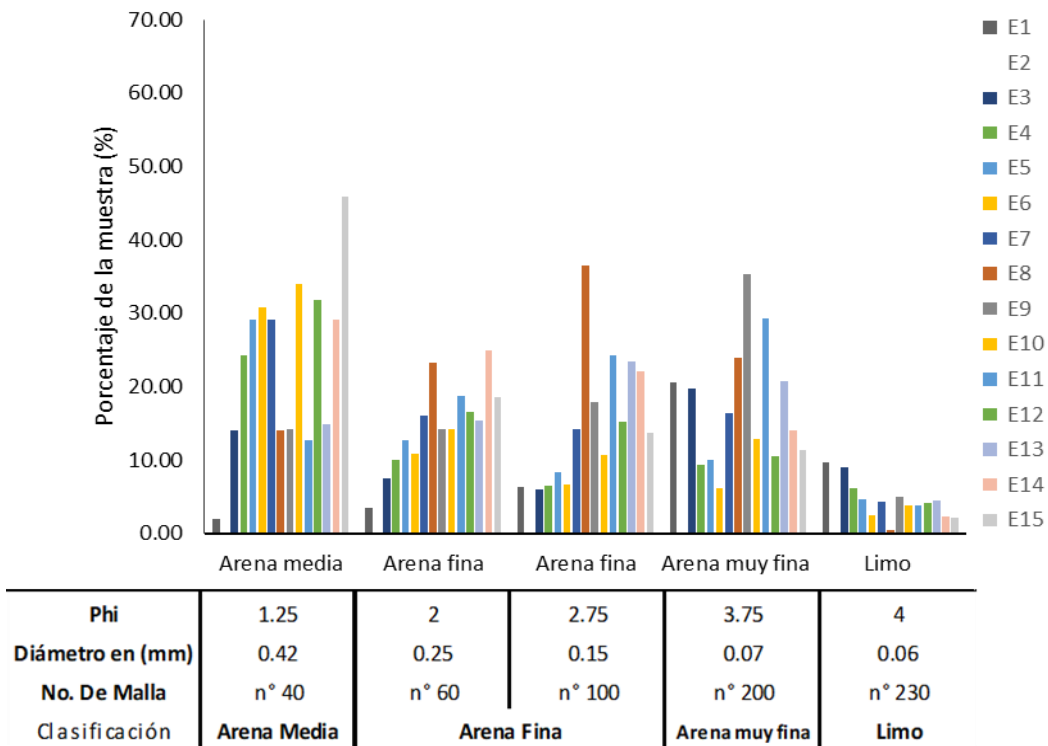
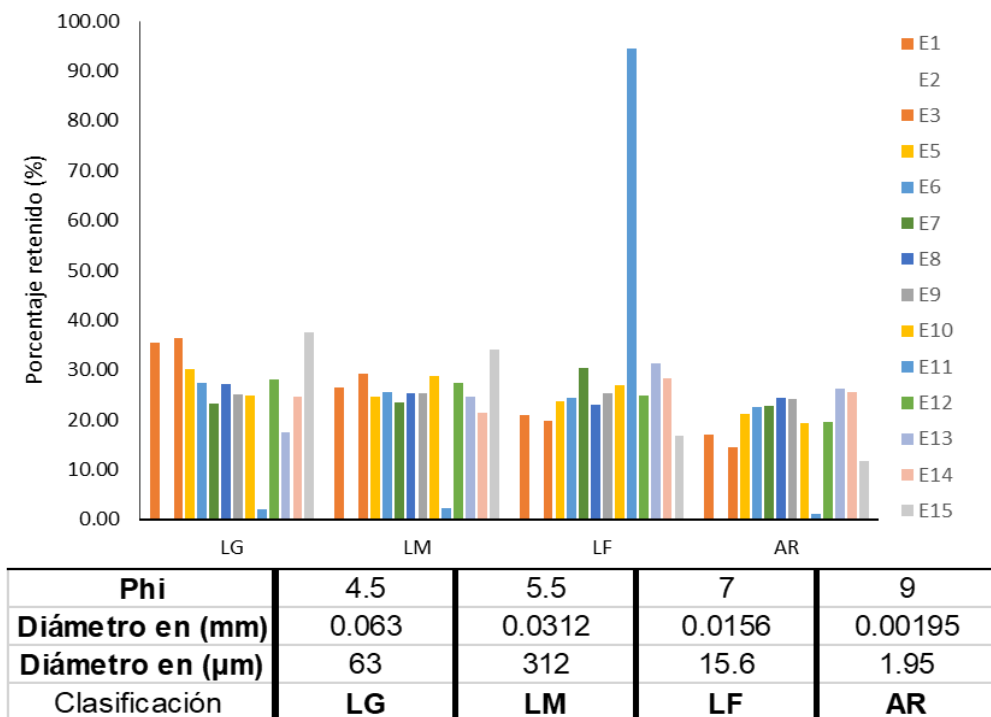


Figura 28. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (noviembre, 2021).



**Figura 29. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (diciembre, 2021).**



**Figura 30. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (dic., 2021).**

## V. Interpretación de resultados

### V.1 Metales pesados en sedimentos.

**En agosto 2021**, respecto a la presencia de metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron S, Cu, Fe, P, y Al, en tanto que los de menor concentración fueron Li, y B. Las concentraciones más elevadas de metales pesados en los sedimentos fueron Zn, Cd, Ni y Cr. En la LVG se midieron los valores mayores mientras que en la interacción de la laguna con el agua marina (E6) bajaron, para subir después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito), incluyendo la Laguna de Tapeixtles. Aunque el Cd, Zn y Ni, subieron de las estaciones E14 y E15 del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, en donde de manera general, se registraron los valores más bajos. Las concentraciones elevadas evidencian la influencia antrópica a través del agua residual al VG, PI (San Pedrito) y Tapeixtles.

**En septiembre de 2021**, respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Ca, P, K, Na, S y Cu, los de menor concentración fueron Li, y B. En el Valle de las Garzas se midieron los valores más bajos, mientras que en San pedrito, Tapeixtles y Cuyutlán los más elevados.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Cd, Ni, Zn, y Cr, en la LVG se midieron las mayores concentraciones, excepto para Cd que en los tres cuerpos lagunares fue elevado, fluctuando entre 2.5 y 3.5 mg/kg. El Zn fue elevado en las estaciones E13, E14 y E15 del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, en donde de manera general, se registraron los valores más bajos.

**En octubre de 2021**, en relación a la presencia de metales pesados en el sedimento, los valores determinados evidenciaron la influencia antrópica a través del agua residual vertida a la Laguna del Valle de las Garzas (LVG), Puerto Interior (PI) (San Pedrito) y Tapeixtles. En el Valle de las Garzas se presentaron los

valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y Vaso III de Cuyutlán. Los metales alcalinos más elevados fueron Na, P, S y Al, y el Cu que presentó valores muy elevados en el Vaso III, los de menor concentración fueron Li, y B. 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, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, en la LVG se midieron las mayores concentraciones con respecto a los límites máximos permisibles de la NOM 001 SEMARNAT 2021, mientras que en la interacción de la laguna con el agua marina (E6) bajaron, para subir después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito), incluyendo la Laguna de Tapeixtles. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos. Se evidenció un gradiente decreciente con los valores más elevados en LVG disminuyendo en LSP y los más bajos en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán.

**En noviembre de 2021**, en los sedimentos, los metales alcalinos más elevados fueron Na, P, Ca, Al, y el Cu que presentó valores muy elevados en el Vaso III, los de menor concentración fueron Li, y B. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y de nuevo elevados en el Vaso III de Cuyutlán, sobre todo Cu, Na, y P.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, el Hg y los CN fueron los más bajos, en la LVG se midieron las mayores concentraciones con respecto a los límites máximos permisibles de la NOM 001 SEMARNAT 2021 para el Cd, mientras que en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito) E9 y Laguna de Tapeixtles (E10) bajaron. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos, excepto para el Cd, Ni, y Zn que registraron valores muy elevados.

**En diciembre de 2021, en los sedimentos**, los metales alcalinos más elevados fueron Na, P, Fe, y el Cu. El Na presentó un gradiente de incremento, LVG, San



Pedrito (P. I.) y Vaso III de Laguna de Cuyutlán, de manera contraria, el P, Fe, K, P y Cu, presentaron un gradiente decreciente con los valores más bajos en Cuyutlán, los de menor concentración fueron Li, y B. 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, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni 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 después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito) y bajar de nuevo en la Laguna de Cuyutlán, excepto el Zn, que presentó valores variables. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos.

Las concentraciones presentaron una disminución de impactos con respecto al mes anterior de noviembre, lo que confirma que los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos en la zona, impactan los resultados con respecto a los límites máximos permisibles de la NOM 001 SEMARNAT 2021. Además, se observa menor presencia de metales de transición y sales inorgánicas en muestras de sedimentos. Aun así, los mayores impactos se observan en las LVG (E1 a E6) tanto en muestras de agua como de sedimentos, aunque en general, los impactos se han reducido considerablemente.

## **V.2 Materia orgánica en sedimentos.**

**En agosto 2021, la cantidad de materia orgánica**, en cada una de las 15 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 7.59 g, en la E2 fue 6.63 g, en la E3 fue 9.77 g, en la E4 se obtuvo 9.4 g, en E5 fue 11.28 g, en la E6 fue 8.81 g, en E7 fue 3.87 g, en la E8 se obtuvo 1.47 g, en la E9 fue 10.07 g, en la E10 fue 5.14 g, en la E11 fue



9.71 g, en la E12 fue 13.45 g, en la E13 se obtuvo 15.62 g, en E14 fue 14.1 g, en la E15 fue 14.37 g.

**En septiembre de 2021**, la cantidad en gramos, en cada una de las 15 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 0.58 g, en la E2 (no hubo muestra) en la E3 fue 1.94 g, en la E4 fue 2.25 g, en E5 fue 3.71 g, en la E6 fue 1.1 g, en E7 fue 3.01 g, en la E8 se obtuvo 0.51 g, en la E9 fue 3.57 g, en la E10 fue 3.68 g, en la E11 fue 5.56 g, en la E12 fue 6.19 g, en la E13 se obtuvo 6.66 g, en E14 fue 4.89 g, en la E15 fue 7.66 g.

**En octubre de 2021**, en cada una de las 15 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 10.01 g, en la E2 (no hubo muestra), en la E3 fue 34.52 g, en la E4 fue 13.10 g, en E5 fue 7.75 g, en la E6 fue 16.33 g, en E7 fue 6.01 g, en la E8 se obtuvo 1.62 g, en la E9 fue 3.34 g, en la E10 fue 3.54 g, en la E11 fue 3.26 g, en la E12 fue 3.62 g, en la E13 se obtuvo 3.86 g, en E14 fue 6.06 g, en la E15 fue 1.29 g.

**En noviembre de 2021**, en cada una de las 15 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 1.09 g, en la E2 (no hubo muestra), en la E3 fue 2.43 g, en la E4 fue 2.63 g, en E5 fue 7.85 g, en la E6 fue 1.51 g, en E7 fue 4.22 g, en la E8 se obtuvo 2.36 g, en la E9 fue 3.35 g, en la E10 fue 2.27 g, en la E11 fue 3.99 g, en la E12 fue 5.28 g, en la E13 se obtuvo 2.06 g, en E14 fue 3.02 g, en la E15 fue 3.78 g.

**En diciembre de 2021**, la cantidad en gramos, en cada una de las 15 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 1.2 g, en la E2 (no hubo muestra), en la E3 fue 1.58 g, en la E4 fue 3.76 g, en E5 fue 4.29 g, en la E6 fue 11.25 g, en E7 fue 3.74 g, en la E8 se obtuvo 2.56 g, en la E9 fue 4.77 g, en la E10 fue 9.50 g, en la E11 fue 4.41 g, en la E12 fue 3.75 g, en la E13 se obtuvo 7.71 g, en E14 fue 3.02 g, en la E15 fue 11.16 g.



### V.3 Granulometría en sedimentos.

**De agosto a diciembre de 2021**, respecto a la distribución textural de los sedimentos en las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán para cada una de las 15 estaciones, fue la siguiente:

**En agosto de 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 42.84% con diámetro de 0.42 mm y limo con 2.82% con diámetro de 0.062 mm.

En la E2 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 66.83% con diámetro de 0.42 mm y limo con 0.13% con diámetro de 0.062 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 27.83% con diámetro de 0.42 mm y limo con 2.77% con diámetro de 0.062 mm.

En la E4 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.72% con diámetro de 0.42 mm, limo con 2.85% con diámetro de 0.062 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.56% con diámetro de 0.42 mm, y escaso limo con 2.84 con diámetro de 0.062 mm

En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.95% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 3.18% con diámetro de 0.062 mm.

En la E7 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 38.87% con diámetro de 0.42 mm y limo con 3.71% con diámetro de 0.062 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 36.27 % con diámetro de 0.15 mm. Escaso limo con 0.61% con diámetro de 0.062 mm.



En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 53.19% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 0.47% con diámetro de 0.062 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 52.54% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 1.56% con diámetro de 0.062 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.23% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.54% con diámetro de 0.062 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 25.95% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 5.21% con diámetro de 0.062 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.08% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.33% con diámetro de 0.062 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 40.17% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.35% con diámetro de 0.062 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 37.28% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.43% con diámetro de 0.062 mm.

**En septiembre de 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 35.12% con diámetro de 0.072 mm y limo con 10.07% con diámetro de 0.062 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 26.85% con diámetro de 0.072 mm y limo con 7.38% con diámetro de 0.062 mm.

En la E4 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 22.26% con diámetro de 0.42 mm y limo con 2.35% con diámetro de 0.062 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 25.74% con diámetro de 0.42 mm, y escaso limo con 11.02 con diámetro de 0.062 mm.



En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 44.83% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.49% con diámetro de 0.062 mm.

En la E7 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 33.40% con diámetro de 0.42 mm y limo con 5.34% con diámetro de 0.062 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.27 % con diámetro de 0.42 mm. Escaso limo con 0.20% con diámetro de 0.062 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.44% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 1.89% con diámetro de 0.062 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 51.29% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 1.97% con diámetro de 0.062 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena media muy fina 25.10% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 2.54% con diámetro de 0.062 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.16% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.64% con diámetro de 0.062 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 25.59% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.05% con diámetro de 0.062 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 31.81% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.56% con diámetro de 0.062 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.87% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.36% con diámetro de 0.062 mm.

**En octubre 2021,** en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 27.74% con diámetro de 0.072 mm y limo con 5.27% con diámetro de 0.062 mm.



En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 45.81% con diámetro de 0.42 mm y limo con 3.59% con diámetro de 0.062 mm.

En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 21.96% con diámetro de 0.42 mm, y escaso limo con 2.16 con diámetro de 0.062 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 20.73% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 3.02% con diámetro de 0.062 mm.

En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 42.84% con diámetro de 0.42 mm y limo con 1.71% con diámetro de 0.062 mm.

En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.23 % con diámetro de 0.42 mm. Escaso limo con 3.47% con diámetro de 0.062 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 39.50% con diámetro de 0.149 mm y un mínimo de limo con 0.56% con diámetro de 0.062 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 37.08% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 2.40% con diámetro de 0.062 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina 25.25% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 6.85% con diámetro de 0.062 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 28.27% con diámetro de 0.149 mm y un mínimo de limo con 2.41% con diámetro de 0.062 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 49.81% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.63% con diámetro de 0.062 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 19.94% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 4.91% con diámetro de 0.062 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.25% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.71% con diámetro de 0.062 mm.



En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 49.78% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.27% con diámetro de 0.062 mm.

**En noviembre 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 20.54% con diámetro de 0.072 mm y limo con 9.62% con diámetro de 0.062 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 19.65% con diámetro de 0.072 mm y limo con 8.95% con diámetro de 0.062 mm.

En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 24.18% con diámetro de 0.42 mm, y escaso limo con 6.18 con diámetro de 0.062 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.10% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 6.23% con diámetro de 0.062 mm.

En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 30.76% con diámetro de 0.42 mm y limo con 2.45% con diámetro de 0.062 mm.

En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.08 % con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 4.36% con diámetro de 0.062 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 36.55% con diámetro de 0.149 mm y un mínimo de limo con 0.47% con diámetro de 0.062 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 35.39% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 4.91% con diámetro de 0.062 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media 33.95% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.80% con diámetro de 0.062 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 29.28% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 3.74% con diámetro de 0.062 mm.



En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 31.75% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 4.19% con diámetro de 0.062 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 23.38% con diámetro de 0.149 mm y un mínimo de limo con 4.45% con diámetro de 0.062 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.06% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.24% con diámetro de 0.062 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 45.90% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.17% con diámetro de 0.062 mm.

**En diciembre 2021,** en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 22.73% con diámetro de 0.072 mm y limo con 8.27% con diámetro de 0.062 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 13.40% con diámetro de 0.072 mm y limo con 8.30% con diámetro de 0.062 mm.

En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 19.21% con diámetro de 0.42 mm, y escaso limo con 2.47 con diámetro de 0.062 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 22.55% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 4.23% con diámetro de 0.062 mm.

En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.60% con diámetro de 0.42 mm y limo con 2.27% con diámetro de 0.062 mm.

En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 25.76 % con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 3.34% con diámetro de 0.062 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 37.41% con diámetro de 0.149 mm y un mínimo de limo con 3.96% con diámetro de 0.062 mm.



En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 20.48% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 13.46% con diámetro de 0.062 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media 43.36% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 2.78% con diámetro de 0.062 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 31.02% con diámetro de 0.072 mm y un mínimo de limo con 3.29% con diámetro de 0.062 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 21.01% con diámetro de 0.25 mm y un mínimo de limo con 4.28% con diámetro de 0.062 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 31.80% con diámetro de 0.149 mm y un mínimo de limo con 2.98% con diámetro de 0.062 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 24.18% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.21% con diámetro de 0.062 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 25.61% con diámetro de 0.42 mm y un mínimo de limo con 3.62% con diámetro de 0.062 mm.

**Una vez realizada la granulometría se determinó el material fino (limo-arcilla) que quedó en la charola. Este material fue el que se utilizó para realizar la prueba del Pipeteo con el material que pasó la malla 200 y quedó en la malla 230.**

**Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, mediante la técnica del pipeteo, en la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán para cada una de las 15 estaciones de agosto a diciembre de 2021, fue la siguiente:**

**En agosto de 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 29.58% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 26.25% con diámetro de 0.0039 mm.



En la E2 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 98.58% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 0.81% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 26.54% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 30.84% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E4 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.99% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 23.97% de diámetro 0.0039 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 25.96% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 24.92% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 23.94% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 30.42% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E7 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.83% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 8.11% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 48.41% con diámetro de 0.063 mm y con arcilla fue 45.24% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 45.56% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 22.22% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 66.09% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 20.00% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.42% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 43.54% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 52.38% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 23.81% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 22.98% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 51.72% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.73% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 37.02% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 51.61% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 9.67% con diámetro de 0.0039 mm.

**En septiembre de 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 29.09% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 21.65% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 46.17% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 13.17% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E4 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 30.17% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 31.19% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.36% con diámetro de 0.062 mm y arcilla con 14.08% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 41.58% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 14.85% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E7 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.26% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 24.52% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 99.74% con diámetro de 0.063 mm y con arcilla fue 0.08% con diámetro de 0.0039 mm.



En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 33.64% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 34.55% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 30.15% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 28.96% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 42.99% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 17.23% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 28.69% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 19.75% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 20.75% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 42.81% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 32.88% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 22.81% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 25.83% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 28.04% con diámetro de 0.0039 mm.

**En octubre de 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.0% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 15.21% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.42% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 18.27% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 32.53% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 14.46% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.91% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 20.19% con diámetro de 0.0039 mm.



En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.1% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 21.27% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.93% con diámetro de 0.063 mm y con arcilla fue 26.01% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso y limo medio con 37.93% cada uno con diámetros de 0.063 mm y 0.0312 mm, respectivamente y arcilla fue 8.62% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 39.02% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 4.07% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 39.32% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 15.24% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 30.97% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 15.29% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 35.11% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 16.03% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 39.76% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 16.21% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 38.42% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 10.00% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 52.97% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 3.78% con diámetro de 0.0039 mm.



**En noviembre de 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.05% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 13.77% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 29.92% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 18.55% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 27.40% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 19.66% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 27.42% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 22.38% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 26.45% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 22.81% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 69.79% con diámetro de 0.063 mm y con arcilla fue 8.71% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 47.17% cada uno con diámetros de 0.0156 mm y arcilla fue 28.30% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.35% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 47.70% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 32.32% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 14.75% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.54% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 6.45% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 33.12% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 9.87% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 42.22% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 9.62% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 14.78% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 62.60% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 21.05% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 48.12% con diámetro de 0.0039 mm.

**En diciembre 2021**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.50% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 17.08% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.47% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 14.45% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.51% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 15.91% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 30.22% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 21.29% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.39% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 22.64% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 30.45% con diámetro de 0.0156 mm y con arcilla fue 22.75% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.18% cada uno con diámetros de 0.063 mm y arcilla fue 24.44% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 25.40% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 24.28% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 28.77% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla fue 19.42% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 94.38% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 1.20% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.20% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 19.65% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 31.44% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 26.28% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 28.27% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla fue 25.65% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.45% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 11.63% con diámetro de 0.0039 mm.

## VII. Conclusiones

**En agosto 2021**, en relación a la presencia de metales y otros en los sedimentos, se registraron concentraciones elevadas de S, Cu, Fe, P, Al, Zn, Cd, Ni y Cr. En la LVG se midieron los valores mayores mientras que en la interacción de la laguna con el agua marina (E6) bajaron, para subir después en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito), incluyendo la Laguna de Tapeixtles. Aunque el Cd, Zn y Ni,



subieron de las estaciones E14 y E15 del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán en donde de manera general, se registraron los valores más bajos.

**En septiembre 2021**, en relación a la presencia de metales y otros en los sedimentos, en el Valle de las Garzas se midieron los valores más bajos de metales alcalinos en los sedimentos, mientras que, en San Pedrito, Tapeixtles y Cuyutlán, los más elevados. Los más elevados fueron Ca, P, K, Na, S y Cu, mientras que los de menor concentración fueron Li, y B. Los metales pesados más elevados fueron el Cd, Ni, Zn, y Cr. En la LVG se midieron las mayores concentraciones, excepto para Cd que en los tres cuerpos lagunares fue elevado, fluctuando entre 2.5 y 3.5 mg/kg. El Zn fue elevado en las estaciones E13, E14 y E15 del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, en donde de manera general, se registraron los valores más bajos.

**En octubre 2021**, con relación a la presencia de metales y otros en los sedimentos, los metales alcalinos más elevados fueron Na, P, S y Al, y el Cu, los de menor concentración fueron Li, y B. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y Vaso III de Cuyutlán. Los metales pesados más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr. En la LVG se midieron las mayores concentraciones, seguidos por la Laguna de Tapeixtles y el Puerto Interior, mientras que en el Vaso III de Laguna de Cuyutlán los menores.

**En noviembre 2021**, en los sedimentos, los metales alcalinos más elevados fueron Na, P, Ca y Al, y el Cu, los de menor concentración fueron Li, y B. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el PI y de nuevo elevados en el Vaso III de Cuyutlán, sobre todo Cu, Na, y P. En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, el Hg y los CN fueron los más bajos, en la LVG se midieron las mayores concentraciones para el Cd, mientras que en el Puerto Interior (Laguna de San Pedrito) E9 y E10 Laguna de Tapeixtles bajaron. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos, excepto para el Cd, Ni, y Zn que registraron valores muy elevados.

**En diciembre 2021**, relación a la presencia de metales y otros en los sedimentos. En los periodos agosto diciembre de los años 2019 y 2020, los metales pesados con mayor concentración en los sedimentos han sido el Zn, Cd, y Ni.

En los periodos agosto diciembre de los años 2019 y 2021, los metales pesados con mayor concentración en los sedimentos han sido el Zn, Cd, y Ni.

En ambos periodos de los años 2019 y 2020, los metales pesados han presentado un gradiente decreciente en el PI (San Pedrito) y Vaso III, de la Laguna de Cuyutlán donde se han determinado las menores concentraciones.

## **SEDIMENTOS**

**De agosto a diciembre de 2021**, la draga continuaba trabajando en los canales de la zona Norte, por lo que se encontraban los sedimentos en suspensión, además se presentaron lluvias torrenciales lo cual ocasiona afectación al patrón de distribución natural de los mismos.

Sin embargo, durante de agosto a diciembre de 2021 y de acuerdo al análisis granulométrico de los sedimentos en las 15 estaciones, se estableció que existen los siguientes grupos texturales:

Grupo I: Arenas medias, finas y muy finas.

Grupo II: Limos.

Se observó una distribución granulométrica preferencial de los parámetros texturales de tal manera que, el contenido porcentual predominó en las arenas medias, arenas muy finas y limos, los dos primeros aportados posiblemente por el flujo de marea a través de la boca de la laguna y el segundo por la vegetación que se encuentra alrededor del área de estudio.



Sin embargo, a partir de los histogramas de la distribución de frecuencias, que permiten una visualización rápida de las características generales del sedimento, se puede decir que el tamaño de grano en la zona de estudio presenta de manera global una preferencia a ser arena media con tamaños muy finos hacia limos.

Es decir, el sedimento en la Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito, (E1 a E10) están compuestas más por material de arenas (entre 0.42 mm y 0.07 mm) y limo-arcilla (0.062 y 0.0039 mm). Mientras que en la Laguna de Cuyutlán (E11 a E15) arena media y limo-arcilla (0.42 y 0.0039 mm).

La distribución textural del grupo de sedimento fino limo-arcilla a su vez se subdividió en: Limo grueso, limo medio, limo fino y arcilla, predominando limo grueso, limo fino y arcillas.

## VIII. Bibliografía

- Badillo-Juárez y Rodríguez-Rico, 1997. Mecánica de Suelos. TOMO I. Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Ed. Limusa. México.
- Barajas-Reyes J. L., 1985. Régimen de Mareas y Corrientes en las Bahías de Manzanillo y Santiago, Colima. Tesis. Instituto Oceanográfico del Pacífico. Secretaría de Marina, Armada de México.
- Carbajal Noel y Galicia Pérez Marco A., 2002. Earthquake-Induced Helmholtz Resonance in Manzanillo Lagoon, México. Revista Mexicana de Física. Vol. 48. No. 3. pag. 192-196.
- Clemente-Ramírez, R., 1991. Análisis de la Corriente Superficial de Marea en dos Puntos Fijos de la Bahía de Manzanillo, Colima. Tesis. Universidad de Colima. México.
- Coastal Sediment Processes. Coastal Engineering Research Center Manual, 2002. Part III. Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, EM 1110-2-1100. U. S. A.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE), 2008. Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad Regional. Proyecto Terminal de Gas Natural Licuado de Manzanillo. Comisión Federal de Electricidad-Universidad de Colima. México. México, D. F.
- Galicia-Pérez Marco A., Gaviño-Rodríguez J. y Torres-Orozco E., 2008. Aspectos de la Circulación Marina y el Oleaje en la Bahía de Manzanillo. Rev. IRIDIA No. 5. Universidad de Colima.
- Galicia-Pérez, Marco A., 1987. Modelación Hidrodinámica Numérica de las Bahías de Manzanillo y Santiago. Tesis de Maestría. U. N. A. M. México.



- Galicia-Pérez, Marco A., 1994. Aspectos de Modelación Numérica Tridimensional de la Bahía de Manzanillo. GEOS, Vol. 14, No. 5. Unión Geofísica Mexicana.
- Galicia-Pérez, Marco A. y Gaviño-Rodríguez, Juan, 1996. Estudio Numérico de Refracción de Oleaje y Circulación en la Costa de Colima. GEOS, Vol. 16, No. 4. U. G. M.
- Galicia-Pérez, Marco A., y Gaviño-Rodríguez, Juan, 2001. Análisis Espectral de Algunos Parámetros Meteorológicos en Manzanillo, Colima. GEOS, VOL. 21, No. 4. U. G. M.
- Gaviño-Rodríguez, J. y Galicia-Pérez, Marco A., 1993. Modelación Hidrodinámica Numérica de Algunos Cuerpos de Agua de la Zona Económica Exclusiva de México. Reporte Interno CEUNIVO-Universidad de Colima. México. 155 pp.
- Gaviño-Rodríguez, J. y Galicia-Pérez, M. A., 1995. Estudio de Refracción de Oleaje y de Oscilaciones del Nivel de Agua (seiches) en el Puerto Interior de San Pedrito en Manzanillo, Col. Reporte Interno CEUNIVO-Universidad de Colima.
- Gutiérrez-Estrada Mario, Galaviz-Solís A., Castro-del Rio, A., 1987. Variación de la textura, densidad, porosidad y otras propiedades físicas de los sedimentos del talud continental al SW de la Península de Baja California, México. Contribución No. 624 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- J.I.C.A. (Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional), 1985. Draft Final Report for the Study on the Development Project of the Port of Manzanillo in the United Mexican States.
- Lancin-Monique y Carranza-Edwards A., 1976. Estudio Geomorfológico de la Bahía y de la Playa de Santiago en Manzanillo, Colima. Revista del



Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.  
México, D. F.

- Meyer-Willerer A., Galicia-Pérez Marco A., 2006. Caracterización y transporte de sedimentos en la costa norte de Colima. Los Recursos Pesqueros y Acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Ed. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. I. N. P. México, D. F.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2021. Aviso de Ciclón Tropical en el Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua. Aviso No. 12 a 15.
- Patiño-Barragán Manuel, Meyer-Willerer A. O., Galicia-Pérez Marco. A., Lezama Cervantes C. y Lara Chávez B. (2009). Zona de mayor afectación en el puerto de manzanillo colima México, por eventos hidrometeorológicos intensos y su periodicidad. Boletín Técnico IMME, 47(1), 47-60.
- Peña-Valle, J., 2001. Análisis Espectral del Oleaje Incidente en las Bahías de Manzanillo. Tesis. Instituto Oceanográfico del Pacífico. Secretaría de Marina. Armada de México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), 2001. PRY. PROYECTO; PUE. Puertos; 1. Estudios; 07. Estudios de Transporte Litoral; Caracterización Mineralógica y Granulometría de los Sedimentos. México.
- Secretaría de Marina, 1973. Estudio Geográfico de la Región de Manzanillo. Dirección General de Oceanografía. Secretaría de Marina. México.
- Shore Protection Manual, 2001. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. Vol. I y III. Washington, U. S. A.
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geol. 377-392. 30.