



**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**

**SUELOS**

**INFORME – ENERO-JULIO 2022**

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

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



UNIVERSIDAD  
DE COLIMA



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
I.1. Antecedentes .....	9
I.2. Objetivo del programa. ....	11
I.2.1. Objetivo General .....	11
I.2.2. Objetivos Particulares .....	11
<b>II. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA. ....</b>	<b>12</b>
<b>III. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS-METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>12</b>
III.1 Área de estudio. ....	12
III.2 Actividades en campo .....	15
III.3. Actividades en laboratorio .....	16
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
IV.1 Metales pesados de enero a julio de 2022. ....	22
IV.2 Metales pesados en febrero 2022.....	24
IV.3 Metales pesados en marzo 2022. ....	26
IV.4 Metales pesados en abril 2022. ....	28
IV.5 Metales pesados en mayo 2022. ....	30
IV.6 Metales pesados en junio 2022. ....	32
IV.7 Metales pesados en julio 2022.....	34
IV.8. Materia orgánica de enero a julio de 2020 y de enero a julio 2022.....	36
IV.8.1. Materia orgánica de enero a julio de 2020.....	36
IV.8.2. Materia orgánica de enero a julio de 2022.....	40
IV.9. Análisis granulométrico de enero a julio de 2020 y de enero a julio 2022. ....	45
IV.9.1. Granulometría de enero a julio de 2020. ....	45
IV.9.2. Granulometría de enero a julio de 2022. ....	52
<b>V. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENERO A JULIO DE 2020 Y DE ENERO A JULIO DE 2022.....</b>	<b>60</b>
V.1 Metales pesados en sedimentos.....	60
V.2 Materia orgánica en sedimentos de enero a julio de 2020 y de enero a julio de 2022. ....	63



**MARINA**  
SECRETARÍA DE MARINA

**PUERTOS  
Y MARINA  
MERCANTE**  
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD  
DE COLIMA

V.3 Granulometría en sedimentos de enero a julio de 2020 y enero a julio de 2022. 66

**VI. CONCLUSIONES .....81**

**VII. BIBLIOGRAFÍA .....83**

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio y estaciones de sedimentos en la Laguna del Valle de las Garzas. ....	13
Figura 2. 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. ....	14
Figura 3. 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. ....	14
Figura 4. Colecta de sedimento y trabajos con la draga en la laguna del Valle de las Garzas. ....	16
Figura 5. Secado de las muestras de sedimentos a temperatura ambiente. ....	17
Figura 6. Recolección de muestra tamizada. ....	18
Figura 7. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (enero, 2022). ....	22
Figura 8. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (enero, 2022). ....	23
Figura 9. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (febrero, 2022). ....	24
Figura 10. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (febrero, 2022). ....	25
Figura 11. Metales alcalinos y de transición en sedimentos de zona de estudio (marzo, 2022). ....	26
Figura 12. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (marzo, 2022). ....	27
Figura 13. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (abril, 2022). ....	28
Figura 14. Metales pesados y otros en sedimentos de la zona de estudio (abril, 2022). ....	29
Figura 15. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (mayo, 2022). ....	30
Figura 16. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (mayo, 2022). ....	31
Figura 17. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos de la zona de estudio (junio, 2022). ....	32
Figura 18. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (junio, 2022). ....	33

Figura 19. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (julio, 2022). .....	34
Figura 20. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (julio, 2022). .....	35
Figura 21. Cantidad de materia orgánica en las 8 estaciones (enero, 2020). .....	37
Figura 22. Cantidad de materia orgánica en las 8 estaciones (febrero, 2020). .....	37
Figura 23. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (marzo, 2020).....	38
Figura 24. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (abril, 2020).....	38
Figura 25. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (mayo, 2020).....	39
Figura 26. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (junio, 2020). .....	39
Figura 27. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (julio, 2020). .....	40
Figura 28. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (enero, 2022).....	41
Figura 29. Cantidad de materia orgánica en las 13 estaciones (febrero, 2022). .....	42
Figura 30. Cantidad de materia orgánica en las 13 estaciones (marzo, 2022).....	42
Figura 31. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (abril, 2022).....	43
Figura 32. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (mayo, 2022).....	43
Figura 33. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (junio, 2022). .....	44
Figura 34. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones (julio, 2022). .....	44
Figura 35. Distribución de las arenas en las 8 estaciones (enero, 2020). .....	45
Figura 36. Distribución de sedimentos finos en las 8 estaciones (enero, 2020).....	46
Figura 37. Distribución de las arenas en las 8 estaciones (febrero, 2020). .....	46
Figura 38. Distribución de sedimentos finos en las 8 estaciones (febrero, 2020).....	47
Figura 39. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (marzo, 2020). .....	47
Figura 40. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (marzo, 2020). .....	48
Figura 41. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (abril, 2020).....	48
Figura 42. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (abril, 2020). .....	49
Figura 43. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (mayo, 2020).....	49
Figura 44. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (mayo, 2020). .....	50
Figura 45. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (junio, 2020).....	50
Figura 46. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (junio, 2020). .....	51
Figura 47. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (julio, 2020). .....	51
Figura 48. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (julio, 2020).....	52
Figura 49. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (enero, 2022). .....	53



**MARINA**  
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS  
Y MARINA  
MERCANTE  
COORDINACIÓN GENERAL



UNIVERSIDAD  
DE COLIMA

Figura 50. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (enero, 2022).....	53
Figura 51. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (febrero, 2022).....	54
Figura 52. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (febrero, 2022).....	54
Figura 53. Clasificación del sedimento en las 13 estaciones (marzo, 2022). ....	55
Figura 54. Distribución de sedimentos finos en las 13 estaciones (marzo, 2022). ....	55
Figura 55. Clasificación del sedimento en las 14 estaciones (abril, 2022). ....	56
Figura 56. Distribución de sedimentos finos en las 14 estaciones (abril, 2022). ....	56
Figura 57. Clasificación del sedimento en las 14 estaciones (mayo, 2022). ....	57
Figura 58. Distribución de sedimentos finos en las 14 estaciones (mayo, 2022). ....	57
Figura 59. Clasificación del sedimento en las 14 estaciones (junio, 2022).....	58
Figura 60. Distribución de sedimentos finos en las 14 estaciones (junio, 2022). ....	58
Figura 61. Distribución de las arenas en las 15 estaciones (julio, 2022).....	59
Figura 62. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (julio, 2022).....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas en UTM y geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas. ....	13
Tabla 2. Coordenadas en UTM y geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Laguna de Cuyutlán. ....	15
Tabla 3. Clasificación Modificada de Wentworth. ....	19
Tabla 4. Valores de los diámetros que pertenecen a la escala Udden-2.....	21
Tabla 5. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (enero, 2022). ....	23
Tabla 6. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (febrero 2022). ....	25
Tabla 7. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (marzo, 2022). ....	27
Tabla 8. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (abril, 2022). ....	29
Tabla 9. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (mayo 2022). ....	31
Tabla 10. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (junio, 2022). ....	33
Tabla 11. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (julio, 2022). ....	35
Tabla 12. Materia orgánica (g) de enero a julio de 2020. ....	36
Tabla 13. Materia orgánica (g) de enero a julio de 2022. ....	41

## **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 de agosto a diciembre del 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 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.

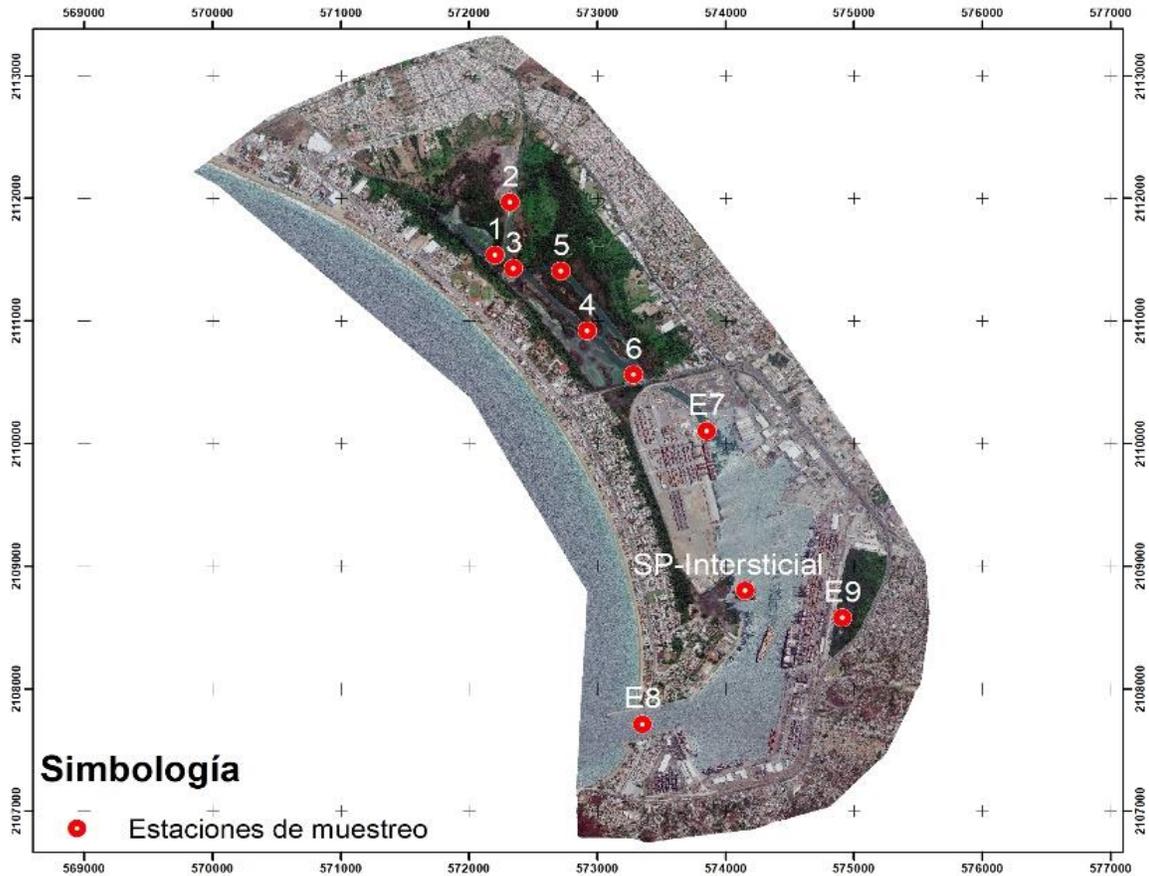
## **II. Indicadores ambientales y metas del programa.**

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. De enero a julio de 2020, el muestreo se realizó en 9 estaciones a bordo de una lancha con motor eléctrico fuera de borda **(Figura 1 y Tabla 1)**.

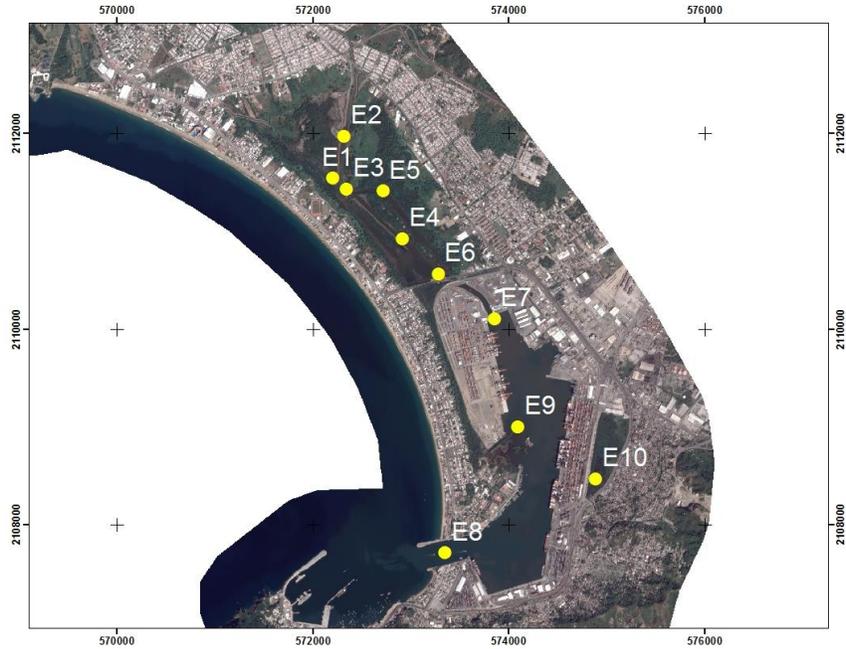


**Figura 1. Ubicación del área de estudio y estaciones de sedimentos en la Laguna del Valle de las Garzas.**

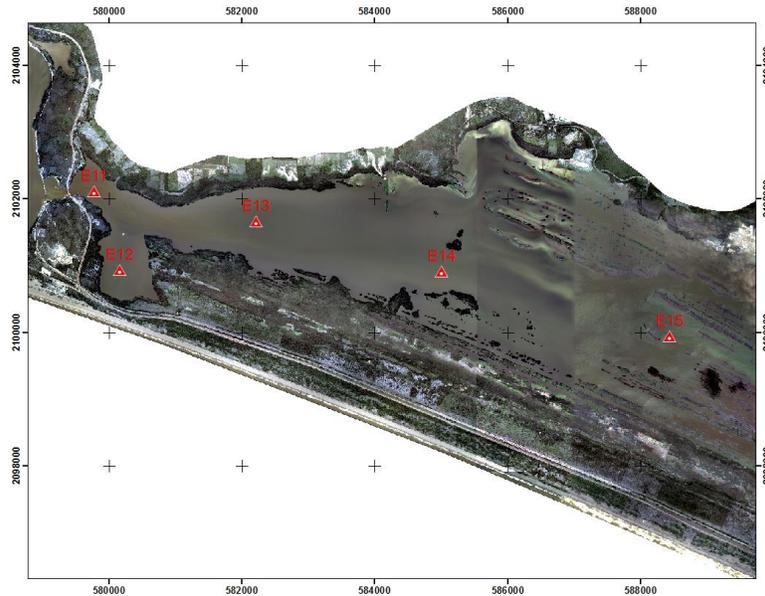
**Tabla 1. Coordenadas en UTM y geográficas de los sitios de muestreo en la Laguna del Valle de las Garzas.**

Punto	POINT_X	POINT_Y	Latitud	Longitud
E1	572204.0000	2111542.0000	19° 5' 44.00" N	104° 18' 48.94" O
E2	572323.0000	2111972.0000	19° 5' 57.97" N	104° 18' 44.81" O
E3	572347.0000	2111432.0000	19° 5' 40.40" N	104° 18' 44.07" O
E4	572920.0000	2110923.0000	19° 5' 23.77" N	104° 18' 24.53" O
E5	572719.0000	2111409.0000	19° 5' 39.61" N	104° 18' 31.34" O
E6	573284.0000	2110564.0000	19° 5' 12.04" N	104° 18' 12.12" O
E7	573855.9405	2110106.3298	19° 4' 57.08" N	104° 17' 52.61" O
E8	573352.5850	2107711.3649	19° 3' 39.23" N	104° 18' 10.16" O
E9	574911.5738	2108578.9077	19° 4' 07.25" N	104° 17' 16.70" O

De enero a julio de 2022 se realizó en 15 estaciones a bordo de una lancha con motor eléctrico fuera de borda (**Figuras 2 y 3; Tabla 2**).



**Figura 2. Localización de las estaciones donde se colectarán las muestras de sedimentos en las Lagunas Valle de las Garzas y San Pedro. Imagen de satélite Pleiades de noviembre de 2019.**



**Figura 3. 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.**

**Tabla 2. 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 enero a julio de 2022, en las 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 4**).



**Figura 4. Colecta de sedimento y trabajos con 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 5)**.



**Figura 5. 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 6**).



**Figura 6. 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 3**). 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 3. 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	
	64,0000			-6,00	
<b>G</b>	32,0000			-5,00	
<b>R</b>	16,0000			-4,00	
<b>A</b>	8,0000			-3,00	4
<b>V</b>	4,0000	4,00000	4,00000	-2,00	5
<b>A</b>			3,36000	-1,75	6
Sábulo o Gránulo		2,83000	2,83000	-1,50	7
			2,38000	-1,25	8
	2,0000	2,00000	2,00000	-1,00	10
			1,68000	-0,75	12
Muy gruesa		1,41000	1,41000	-0,50	14
			1,19000	-0,25	16
	1,0000	1,00000	1,00000	0,00	18
			0,84000	0,25	20
Gruesa		0,70700	0,70700	0,50	25
			0,59500	0,75	30
<b>A</b>	0,5000	0,50000	0,50000	1,00	35
<b>R</b>			0,42000	1,25	40
<b>E</b>		0,35400	0,35400	1,50	45
<b>N</b>			0,29700	1,75	50
<b>A</b>		0,2500	0,25000	2,00	60
			0,21000	2,25	70
Fina		0,17700	0,17700	2,50	80
			0,14900	2,75	100
	0,1250	0,12500	0,12500	3,00	120
			0,10500	3,25	140
Muy fina		0,08800	0,08800	3,50	170
			0,07400	3,75	200
	0,0625	0,06200	0,06200	4,00	230
			0,05300	4,25	
Grueso		0,04400	0,04400	4,50	
			0,03700	4,75	
	0,0313	0,03120	0,03120	5,00	
			0,02650	5,25	
<b>L</b>		0,02200	0,02200	5,50	
<b>I</b>			0,01890	5,75	
<b>M</b>	0,0156	0,01560	0,01560	6,00	
<b>O</b>			0,01330	6,25	
		0,01100	0,01100	6,50	
			0,00940	6,75	
	0,0078	0,00780	0,00780	7,00	
			0,00660	7,25	
Muy fino		0,00550	0,00550	7,50	
			0,00470	7,75	
	0,0039	0,00390	0,00390	8,00	
			0,00330	8,25	
<b>A</b>		0,00276	0,00276	8,50	
<b>R</b>			0,00232	8,75	
<b>C</b>	0,0020	0,00195	0,00195	9,00	
<b>I</b>			0,00164	9,25	
<b>L</b>		0,00138	0,00138	9,50	
<b>L</b>			0,00116	9,75	
<b>A</b>	0,0010	0,00098	0,00098	10,00	
			0,00082	10,25	
		0,00069	0,00069	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  $\mu$ 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 4** 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 4. 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 de enero a julio de 2022.

En enero 2022, respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Na, (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), P, K y Ca, los de menor concentración fueron B, S, Fe, y Cu. En el Valle de las Garzas y San Pedrito se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el 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 concentraciones elevadas de Ni y en el Vaso III de Zn y Cd en el PI (San Pedrito) los valores fueron bajos. En el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos (**Tabla 5, Figuras 7 y 8**).

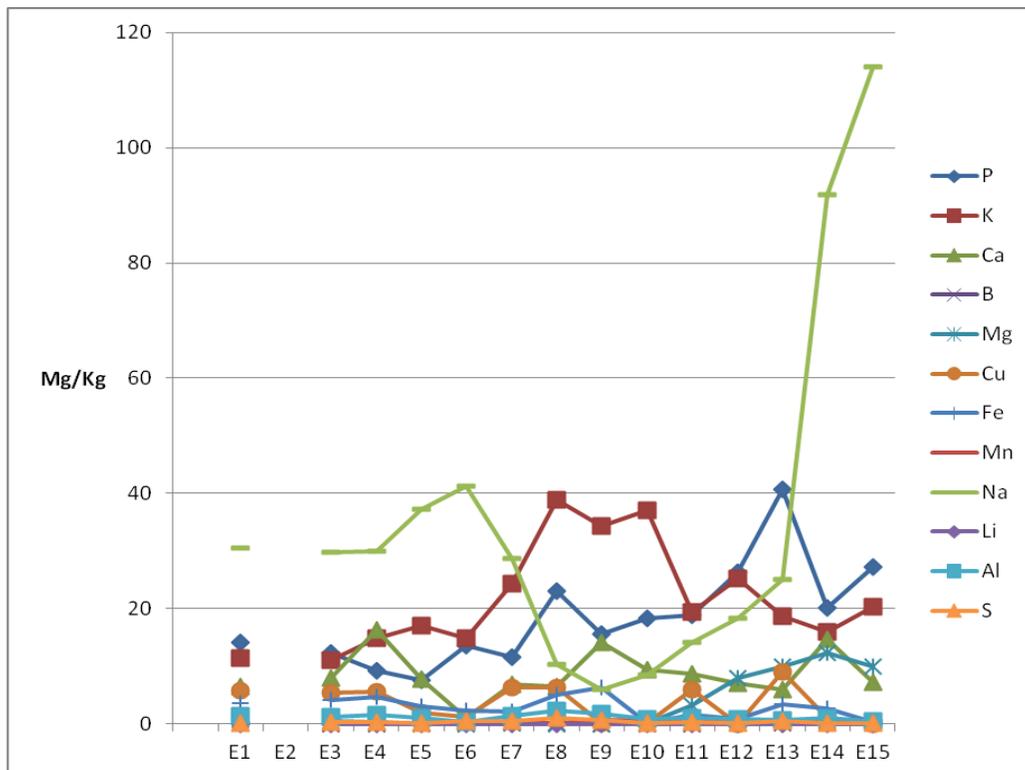
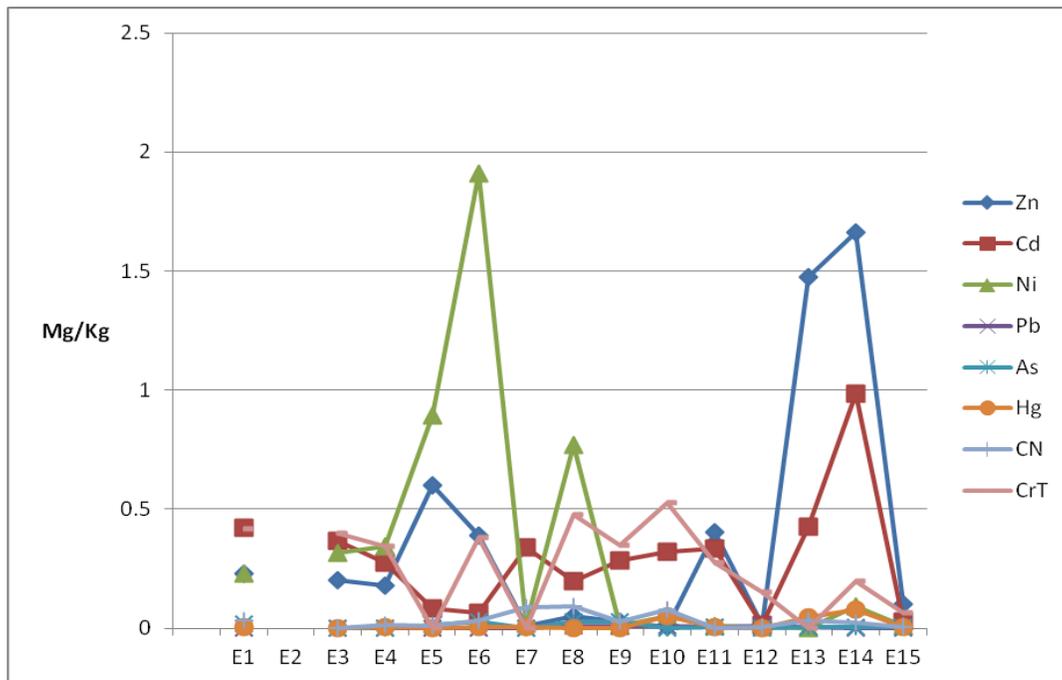


Figura 7. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (enero, 2022).



**Figura 8. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (enero, 2022).**

**Tabla 5. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (enero, 2022).**

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	20,6	33,25	8.02
2			
3	0,4	7,12	7,56
4	7.2	9,85	7,88
5	17,3	30,54	7,34
6	13,1	22,00	7,70
7	33,4	49,60	7,88
8	34,2	53,40	8,21
9	33,2	49,30	8,32
10	33,9	9,18	8,99
11	33,8	55,2	8,19
12	33,8	55,9	7,92
13	34,5	59,4	8,12
14	34,3	54,9	8,32
15	34,8	57,9	8,59

## IV.2 Metales pesados en febrero 2022.

Los metales alcalinos más elevados en los sedimentos, fueron Na, P, K y Ca, y el Cu (que presentó los mayores valores en la Laguna de San Pedrito (Puerto Interior), los de menor concentración fueron Li, Mn, y S. En San Pedrito se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán se midieron las mayores concentraciones, seguido por San Pedrito, los más bajos fueron As, CN, y Pb, en los tres cuerpos lagunares (**Figuras 9 y 10; Tabla 6**).

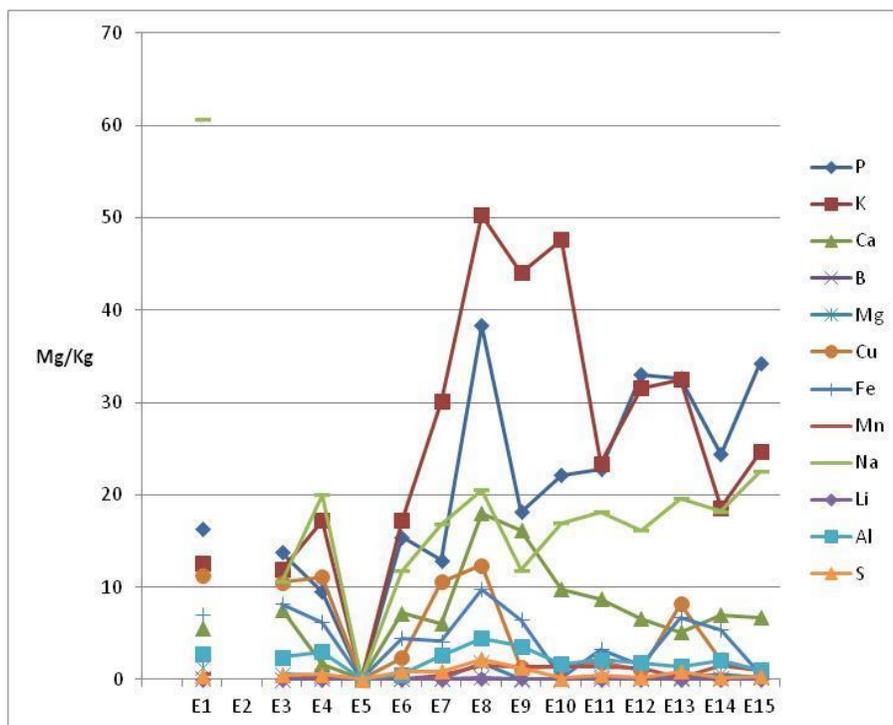


Figura 9. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (febrero, 2022).

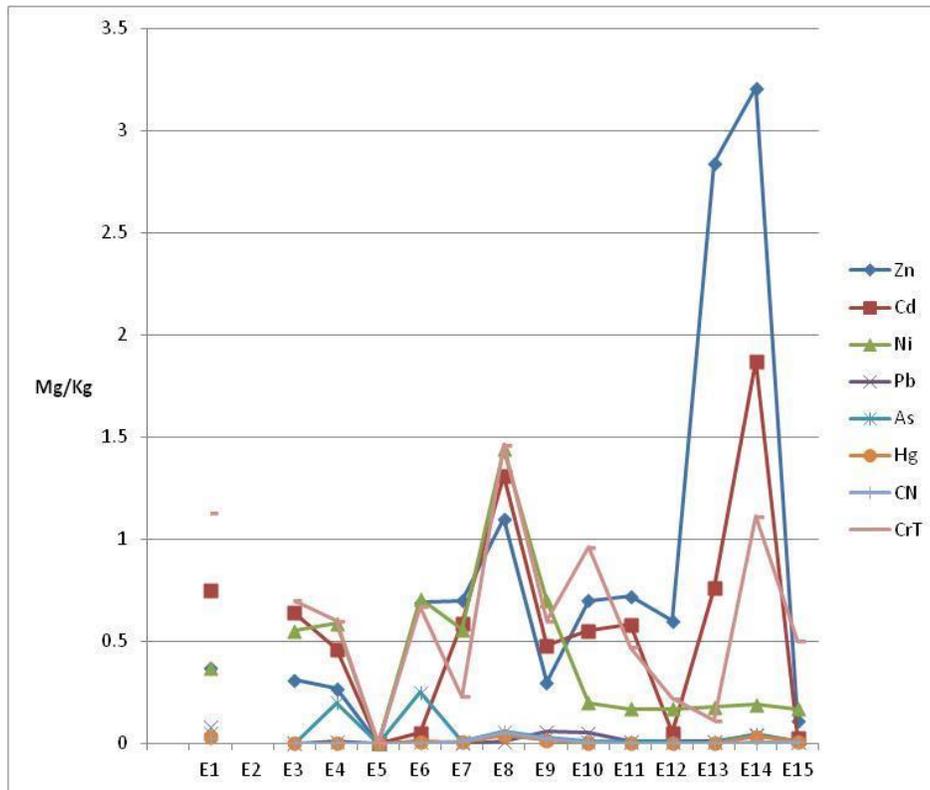


Figura 10. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (febrero, 2022).

Tabla 6. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (febrero 2022).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	1.3	2.6	7.7
2			
3	4.6	7.12	7.2
4	11.1	22.4	7.03
5			
6	1.2	2.3	8,0
7	32.7	49.8	7.9
8	32.5	50.1	8.04
9	31.8	49.7	7.99
10	16.5	28.3	8.15
11	32.2	52.1	8,12
12	31.4	53.2	8.28
13	29.3	51.9	8.27
14	29.6	47.9	8.28
15	42.8	63.4	8.29

### IV.3 Metales pesados en marzo 2022.

En los sedimentos, los metales alcalinos más elevados fueron Na, K, P, y Ca, y el Fe (que presentó los mayores valores en la Laguna de San Pedrito (Puerto Interior), los de menor concentración fueron Li, Mn, y Al. En San Pedrito se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Vaso III de la laguna de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el As, Zn, Cr, y Ni, en Laguna del Valle de las Garzas se midieron las mayores concentraciones, seguido por San Pedrito y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán. Los más bajos fueron CN, y Pb, en los tres cuerpos lagunares (**Figuras 11 y 12; Tabla 7**).

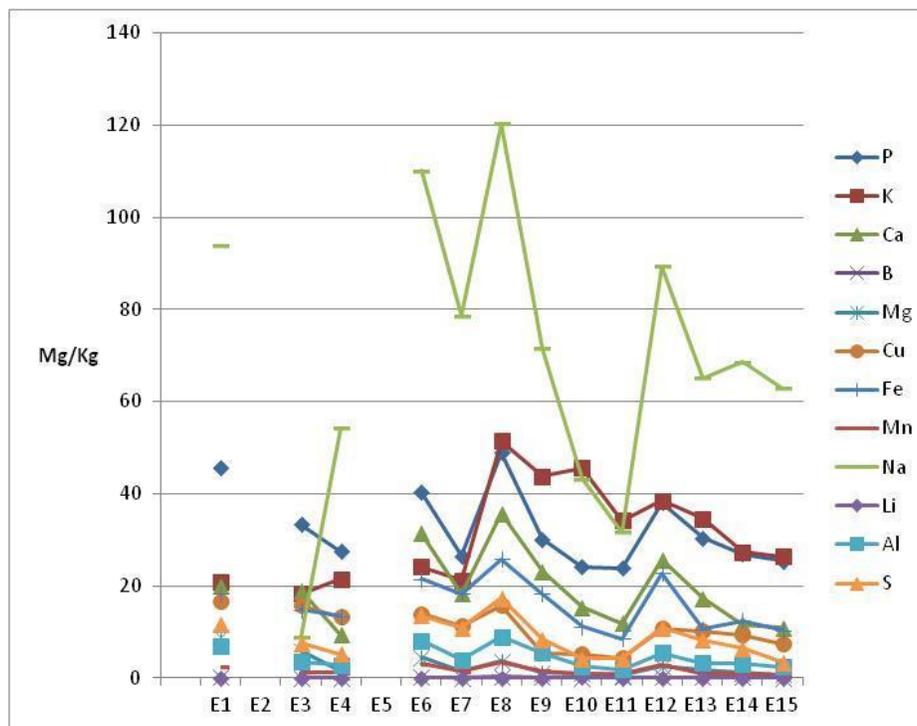


Figura 11. Metales alcalinos y de transición en sedimentos de zona de estudio (marzo, 2022).

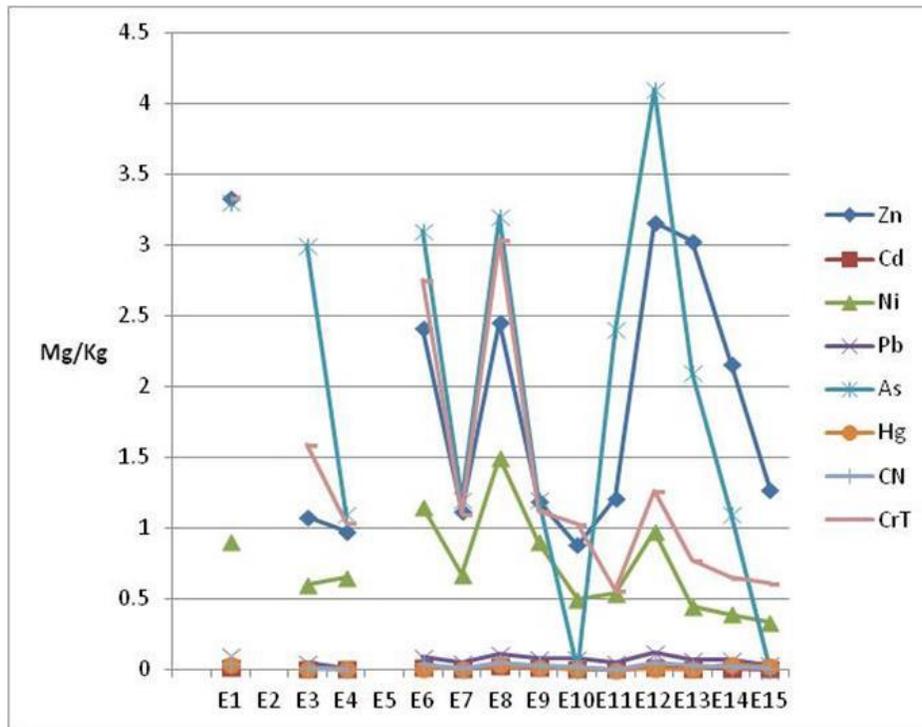


Figura 12. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (marzo, 2022).

Tabla 7. Parámetros Fisicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (marzo, 2022).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	1.5	3.1	7.80
2			
3	1.7	4.10	7.09
4	1.9	3.58	7.10
5			
6	15.7	26.4	8.0
7	29.0	49.5	7.9
8	33.9	55.1	8.35
9	33.5	51.3	7.09
10	9.40	16.54	8.11
11	33.5	55.3	8.15
12	36.2	58.4	8.05
13	37.9	61.7	8.43
14	45.5	75.8	8.80
15	47.0	78.4	8.80

#### IV.4 Metales pesados en abril 2022.

En el mes que se informa, respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, los más elevados fueron Na (que presentó los mayores valores en el Vaso III), K, P, Ca y el Fe, los de menor concentración fueron Li, Mn y Al. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Puerto Interior y Vaso III de la laguna de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cr. y Ni, los más bajos fueron el CN y el As. En la Laguna del Valle de las Garzas se midieron las mayores concentraciones mientras que en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos, (**Figuras 13 y 14; Tabla 8**).

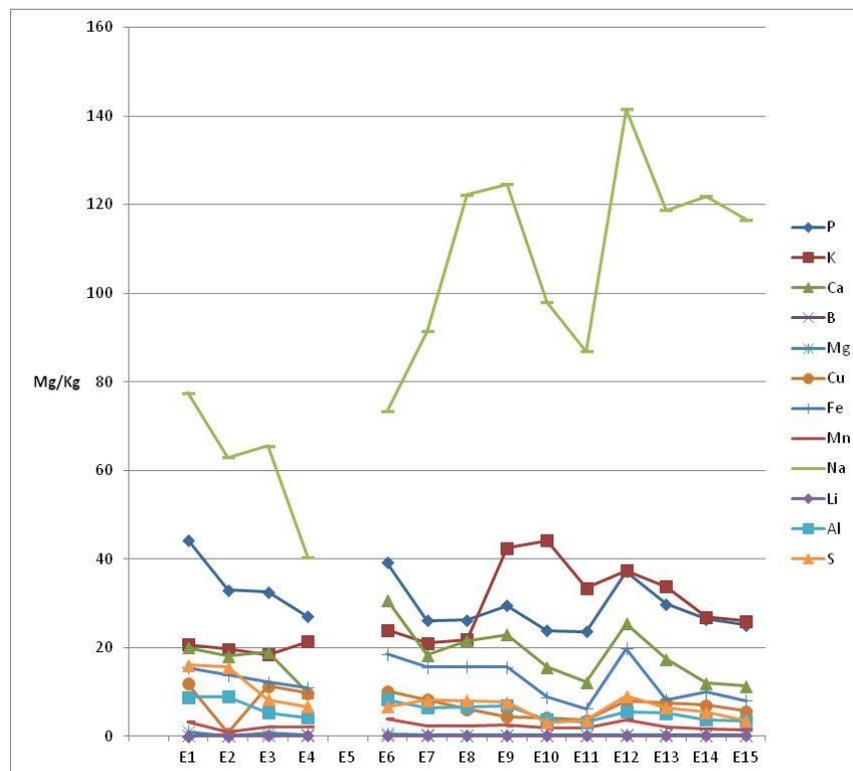


Figura 13. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (abril, 2022).

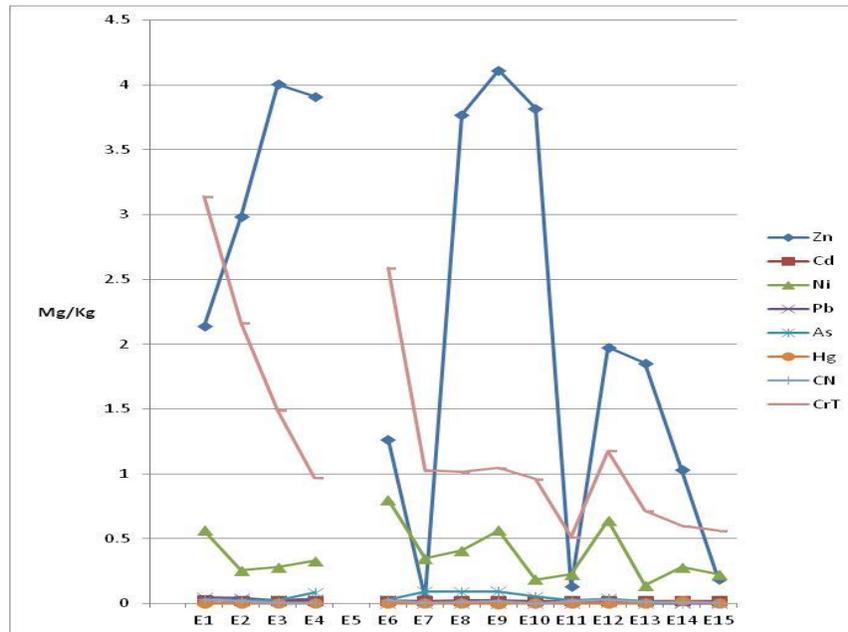


Figura 14. Metales pesados y otros en sedimentos de la zona de estudio (abril, 2022).

Tabla 8. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (abril, 2022).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	0.9	1.425	6.47
2	0.7	1.351	7.65
3	12.9	24.121	7.58
4	7.9	15.520	6.82
5			
6	9.5	19.640	8.32
7	30.2	43.857	7.92
8	34.1	52.14	8.01
9	33.7	52.50	8.10
10	9.09	17.28	8.29
11	34.6	55.96	8.32
12	34.7	57.32	8.86
13	36.6	58.21	8.45
14	42.9	65.73	7.60
15	46.7	75.49	7.52

#### IV.5 Metales pesados en mayo 2022.

Respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, el más elevado fue el Mg que presentó concentraciones muy elevadas con un gradiente de incremento desde la Laguna del Valle de las Garzas hasta el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, además del Na que tuvo el mismo comportamiento, mientras que el K, Ca y el Fe, presentaron los valores elevados en la Laguna del Valle de las Garzas con un gradiente decreciente hacia el Vaso III. Los de menor concentración fueron Li, Mn, S y Al.

En relación a los metales pesados, los valores fueron bajos, los más elevados fueron el Cd, Zn, Cr, y Ni, los más bajos fueron el CN y el As. En la Laguna del Valle de las Garzas se midieron las mayores concentraciones mientras que en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos (**Figuras 15 y 16; Tabla 9**).

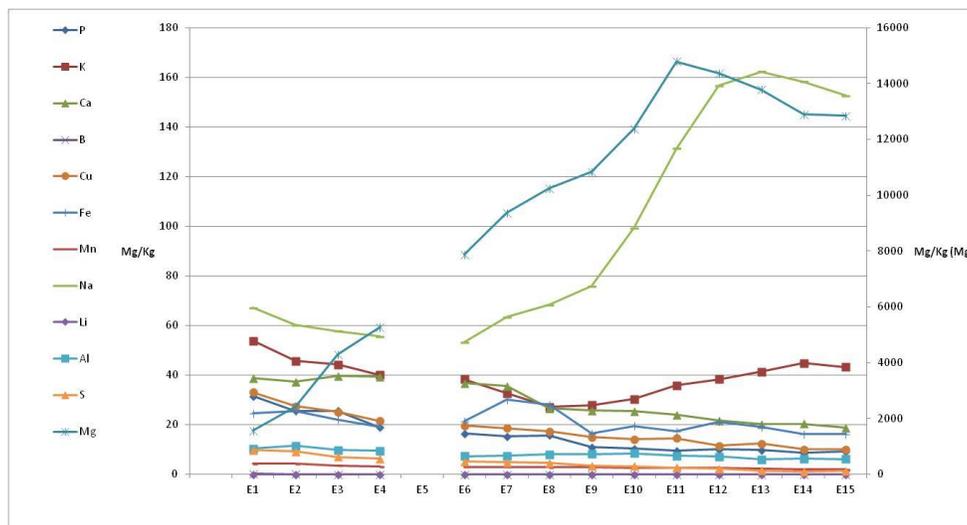


Figura 15. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (mayo, 2022).

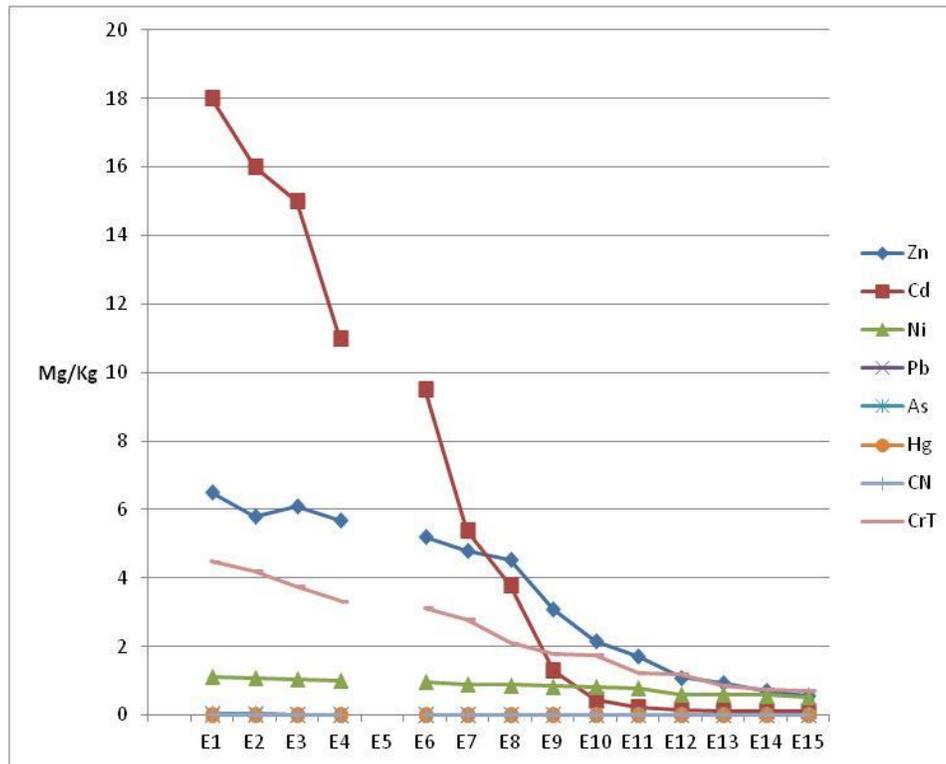


Figura 16. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (mayo, 2022).

Tabla 9. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (mayo 2022).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	1.89	3.01	7.69
2	1.48	1.40	7.31
3	14.10	5.80	7.52
4	20.37	35.82	7.64
5			
6	26.70	29.94	7.99
7	30.40	47.12	8.05
8	33.68	53.90	8.15
9	33.50	51.94	8.17
10	28.91	53.32	7.73
11	33.96	55.10	8.21
12	37.10	56.50	8.22
13	42.31	66.18	8.31
14	51.89	84.25	8.91
15	52.30	89.10	8.93

#### IV.6 Metales pesados en junio 2022.

Respecto a los metales alcalinos y otros en los sedimentos, el más elevado fue el Mg que presentó un gradiente de incremento desde la Laguna del Valle de las Garzas hasta el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, además del K que tuvo un comportamiento semejante, mientras que el P, Ca y el Fe, presentaron los valores elevados en Laguna del Valle de las Garzas con un gradiente decreciente hacia el Vaso III. Los de menor concentración fueron Li, Mn, S y Al.

En relación a los metales pesados, los valores fueron bajos, los más elevados fueron el Zn, Cr. y Ni, los más bajos fueron el CN y el As. En la Laguna del Valle de las Garzas se midieron las mayores concentraciones mientras que en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos, (**Figuras 17 y 18; Tabla 10**).

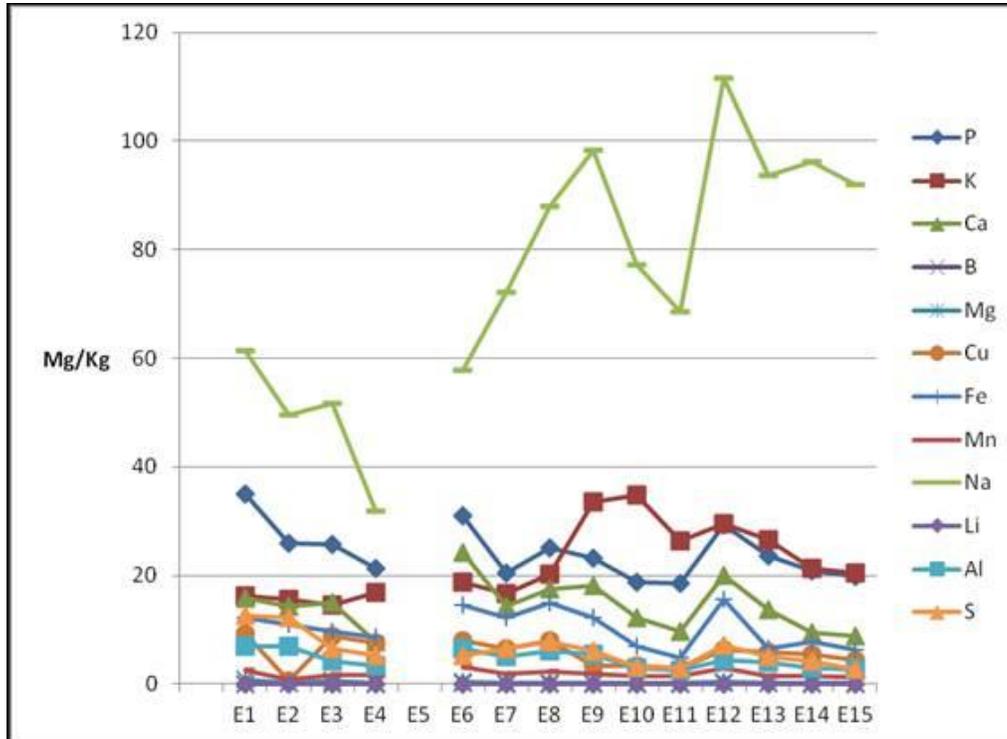


Figura 17. Metales alcalinos y de transición en los sedimentos de la zona de estudio (junio, 2022).

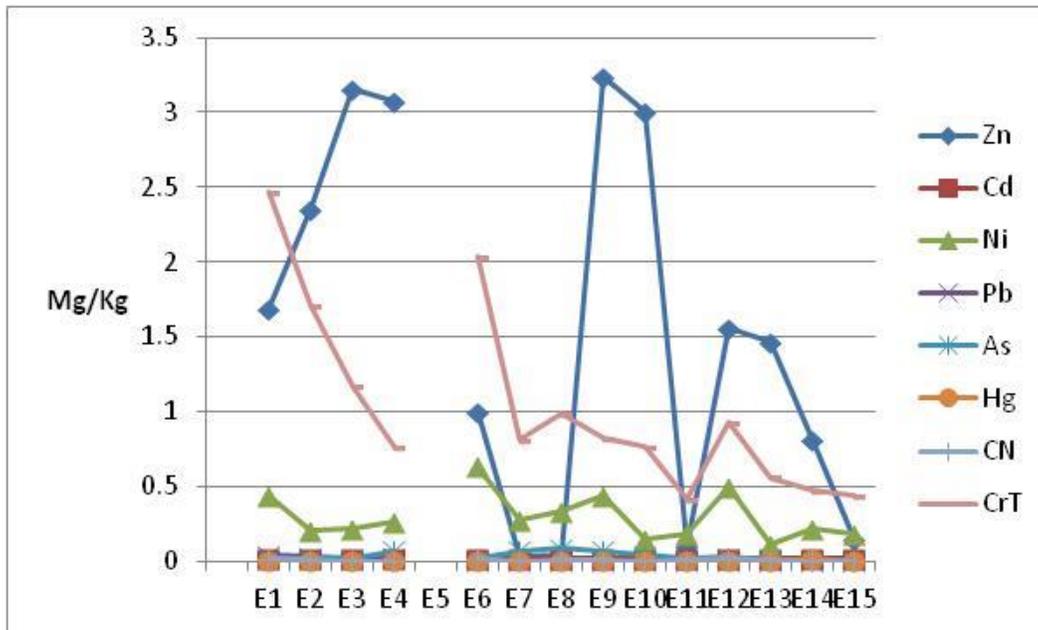


Figura 18. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (junio, 2022).

Tabla 10. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (junio, 2022).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	7.60	15.6	7.63
2	0.60	1.6	7.52
3	13.10	24.4	7.63
4	22.50	38.8	8.78
5			
6	14.7	27.4	8.44
7	30.1	47.2	7.98
8	33.9	56.3	8.20
9	33.8	52.9	8.09
10	29.3	50.5	7.78
11	33.5	57.2	8.19
12	36.0	57.82	8.06
13	44.95	73.40	8.28
14	54.71	85.34	8.72
15	47.21	82.31	8.83

#### IV.7 Metales pesados en 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.

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 (**Figuras 19 y 20; Tabla 11**).

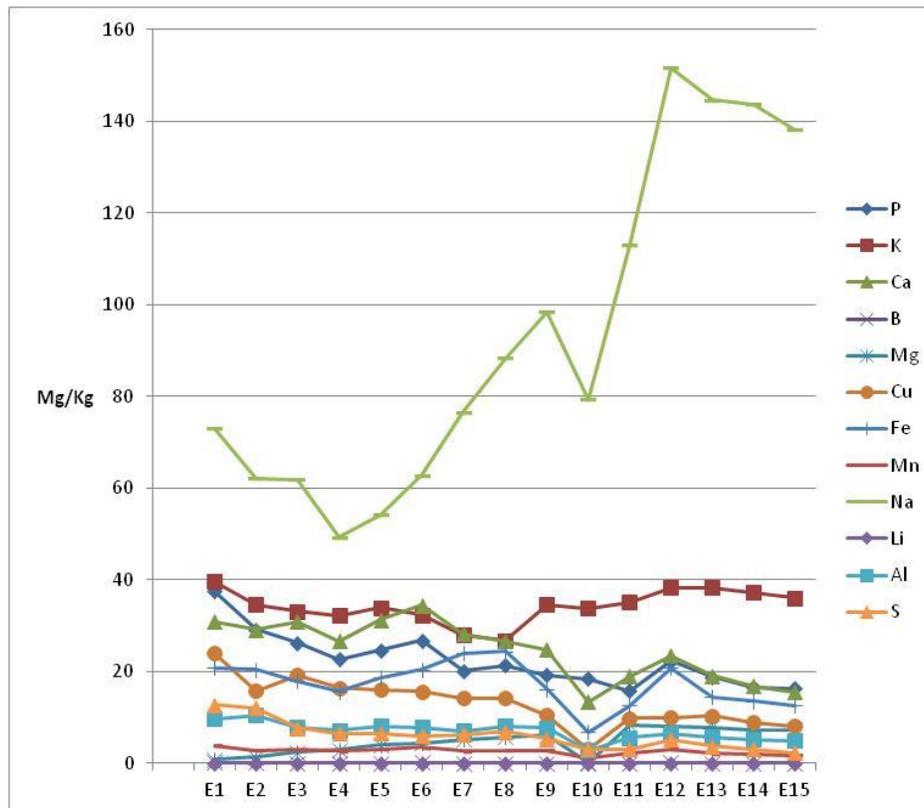


Figura 19. Metales alcalinos y transición en sedimentos de la zona de estudio (julio, 2022).

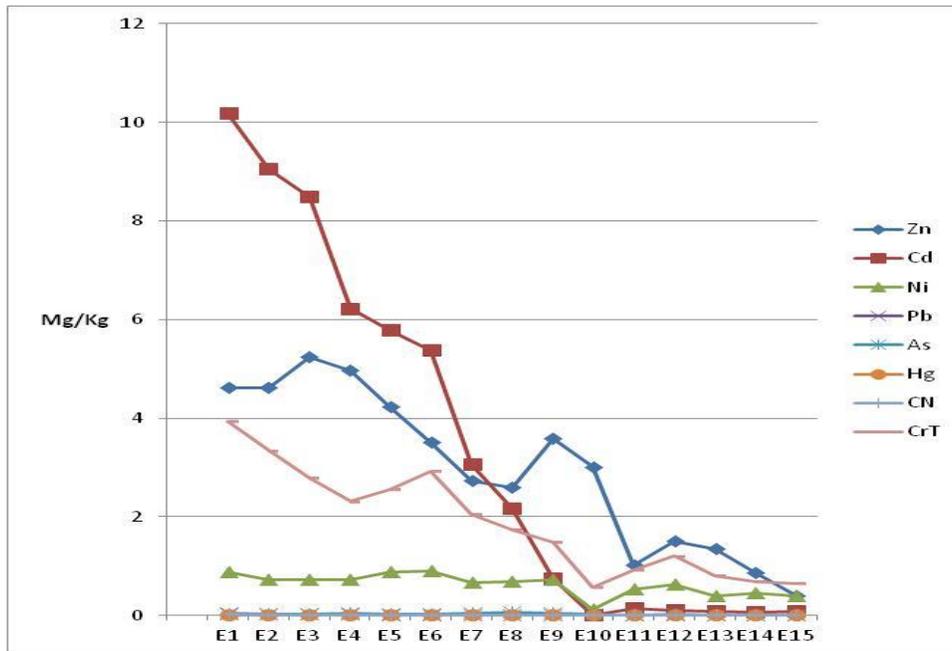


Figura 20. Metales pesados y otros en los sedimentos de la zona de estudio (julio, 2022).

Tabla 11. Parámetros Físicoquímicos medidos en sedimento de LVG, LSP y Vaso III de Cuyutlán, (julio, 2022).

Estación	Salinidad (UPS)	Conductividad (mS/cm)	pH
1	2,60	5,280	7,34
2	2,10	5,150	7,35
3	11,40	21,370	7,40
4	6,60	12,890	7,45
5	9,8	18,88	7,43
6	17,80	32,380	7,49
7	29,60	49,100	8,02
8	32,00	55,100	8,24
9	33,60	52,600	8,18
10	24,60	43,370	7,90
11	33,50	55,600	8,12
12	34,20	57,000	8,06
13	35,60	60,300	8,27

14	36,40	61,300	8,73
15	36,40	61,100	8,78

#### IV.8. Materia orgánica de enero a julio de 2020 y de enero a julio 2022.

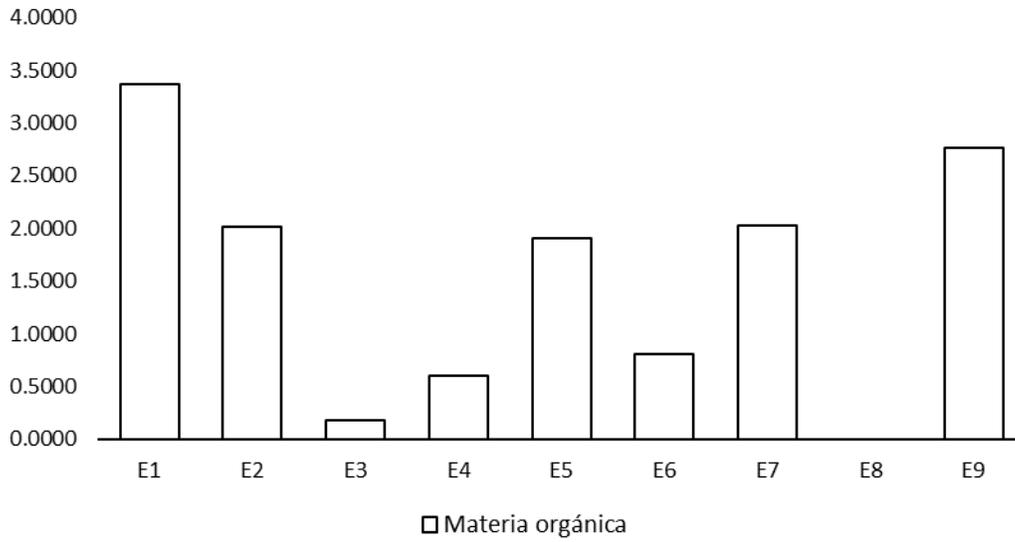
##### IV.8.1. Materia orgánica de enero a julio de 2020.

De enero a julio de 2020, 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. En **Tabla 12** se muestran los cálculos que se obtuvieron para determinar la materia orgánica y de la **Figura 21** a la **27** se muestra la cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones obtenidas de enero a julio de 2020.

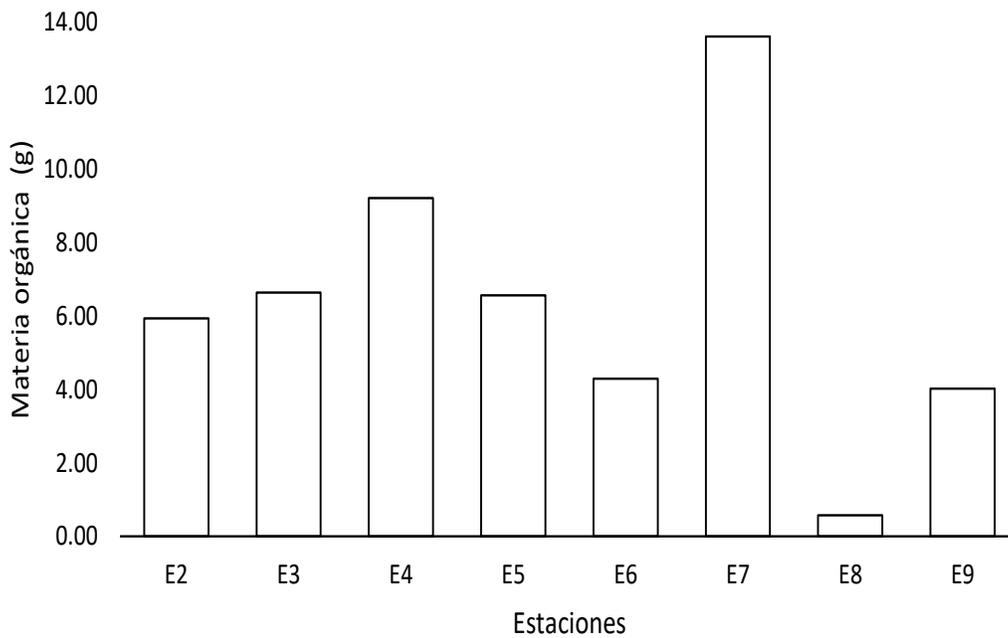
**Tabla 12. Materia orgánica (g) de enero a julio de 2020.**

Est.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
E1	3.36	NA	0.44	3.14	3.09	0.15	4.04
E2	2.01	5.93	0.54	2.90	3.29	0.38	3.18
E3	0.18	6.64	1.12	2.75	1.10	1.57	2.67
E4	0.60	9.21	0.28	6.37	2.32	1.39	1.35
E5	1.90	6.56	0.26	4.11	1.30	1.25	3.52
E6	0.81	3.46	0.51	3.28	3.81	0.26	1.19
E7	2.03	13.61	1.34	2.95	2.95	2.68	2.58
E8	NA	0.57	0.46	0.60	0.99	0.99	1.90
E9	2.75	4.20	1.14	7.32	5.42	1.27	2.01

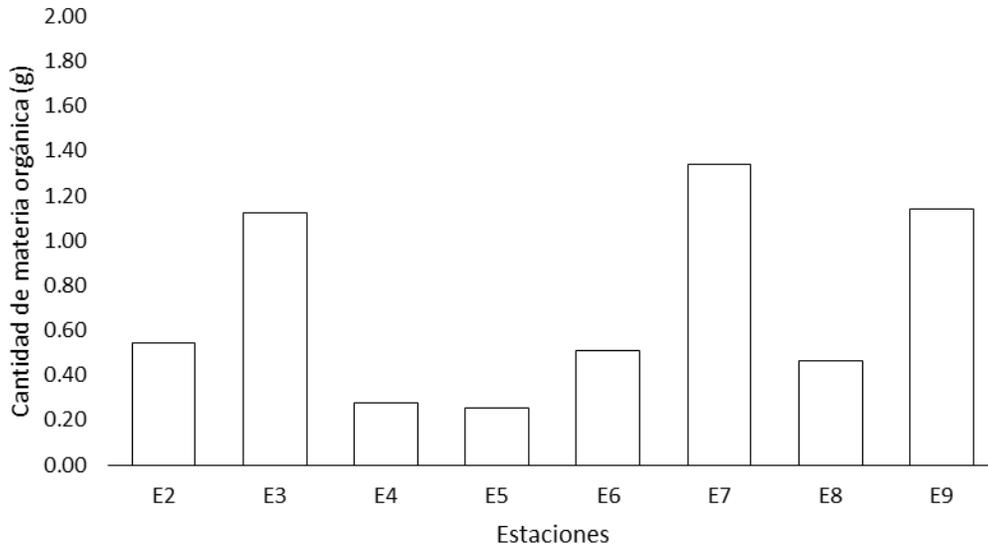
NA = No aplica. No hubo muestra.



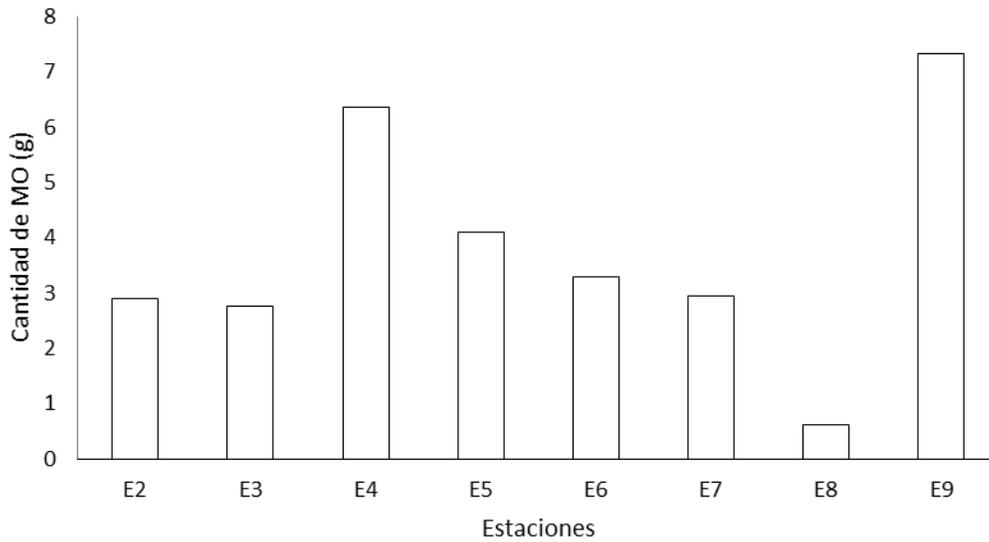
**Figura 21. Cantidad de materia orgánica en las 8 estaciones (enero, 2020).**



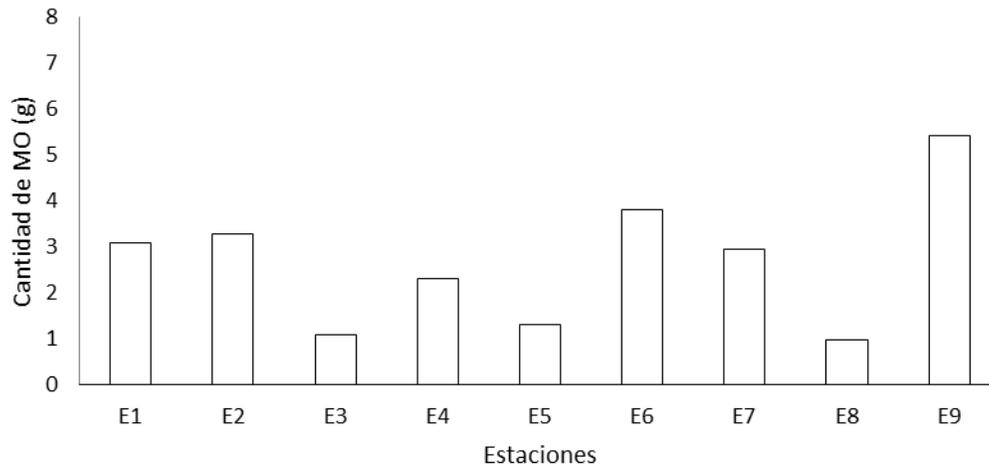
**Figura 22. Cantidad de materia orgánica en las 8 estaciones (febrero, 2020).**



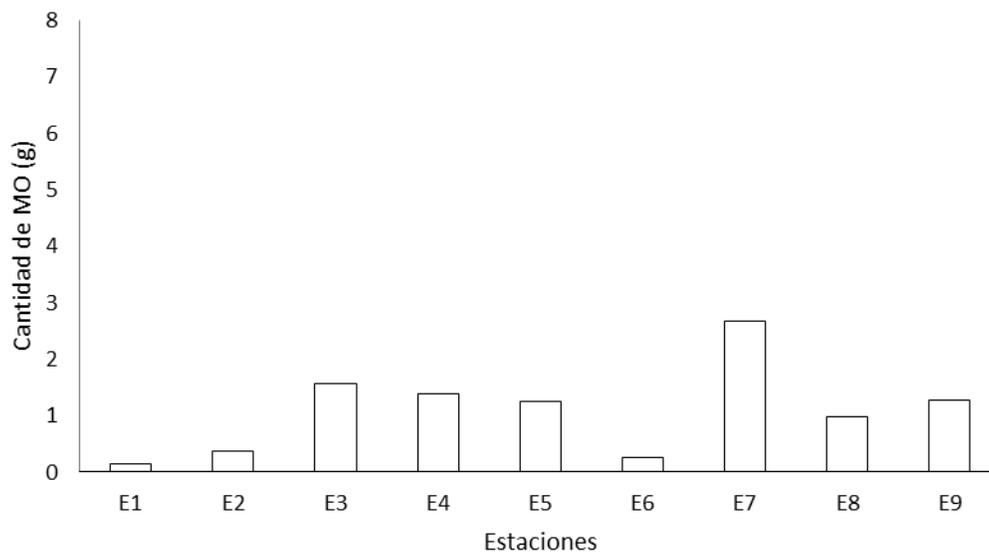
**Figura 23. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (marzo, 2020).**



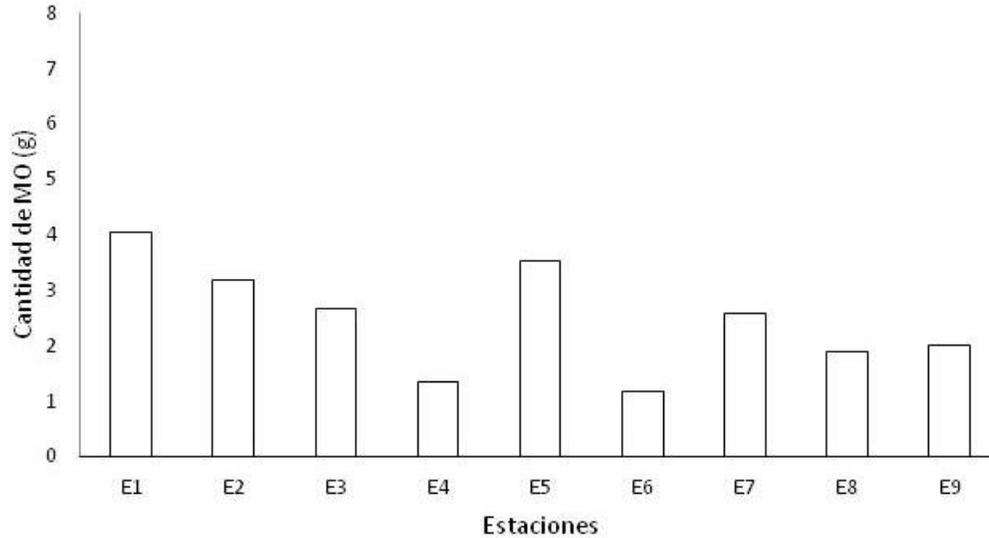
**Figura 24. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (abril, 2020).**



**Figura 25. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (mayo, 2020).**



**Figura 26. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (junio, 2020).**



**Figura 27. Cantidad de materia orgánica en las 9 estaciones (julio, 2020).**

#### **IV.8.2. Materia orgánica de enero a julio de 2022.**

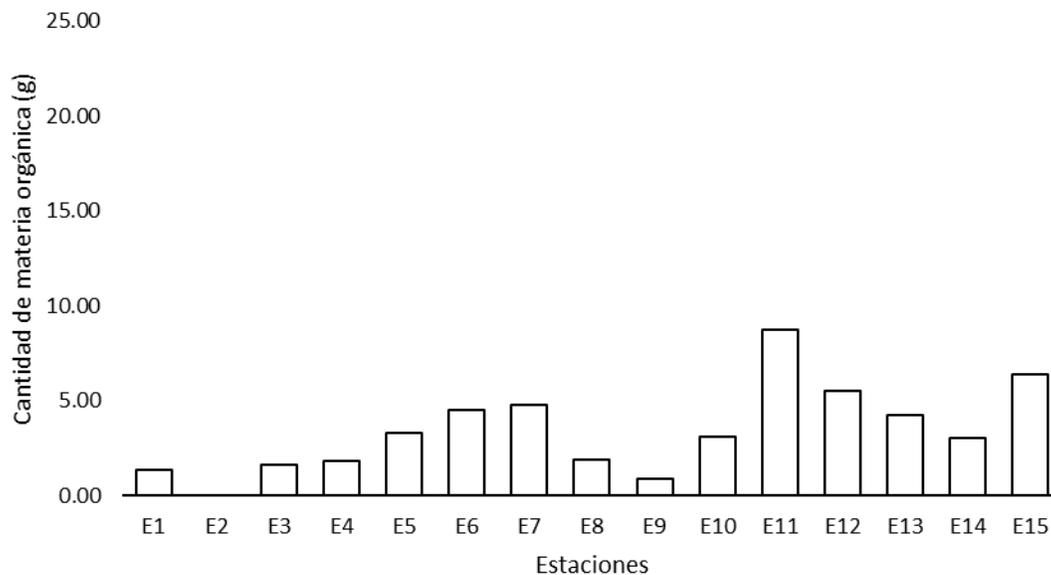
De enero a julio de 2022, para la determinación de materia orgánica fue registrado el peso inicial de cada una de las muestras (100 o 50 g según la cantidad de sedimento disponible) y posteriormente fueron colocadas en vasos de precipitado previamente lavados con agua, jabón y enjuagados con agua destilada, con la finalidad de eliminar todo tipo de contaminación. En **Tabla 13** se muestran los cálculos que se obtuvieron para determinar la materia orgánica y de la **Figura 28** a la **34** se muestra la cantidad de materia orgánica (g) en las 15 estaciones obtenidas de enero a julio de 2022.

**Tabla 13. Materia orgánica (g) de enero a julio de 2022.**

Est.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
E1	1.31	1.10	4.56	4.00	4.10	7.90	13.83
E2	NA	NA	NA	0.40	0.68	0.76	0.68
E3	1.60	1.16	3.29	1.45	5.12	9.53	6.17
E4	1.80	1.58	3.95	1.96	5.09	9.25	5.10
E5	3.28	NA	NA	NA	NA	NA	13.91
E6	4.48	3.48	4.98	4.69	16.63	11.42	12.99
E7	4.75	5.33	4.68	7.70	16.35	12.71	11.58
E8	1.86	0.55	1.31	1.28	2.10	2.55	1.55
E9	0.84	3.90	3.59	9.24	16.47	9.37	7.62
E10	3.09	3.66	2.47	4.49	15.61	6.09	15.76
E11	8.73	5.45	4.66	3.61	27.23	17.11	12.92
E12	5.50	9.64	6.66	3.89	7.13	14.05	5.62
E13	4.25	4.77	6.24	3.01	15.13	8.32	8.91
E14	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	27.40	12.46
E15	6.36	1.43	8.11	3.83	19.20	13.41	5.57

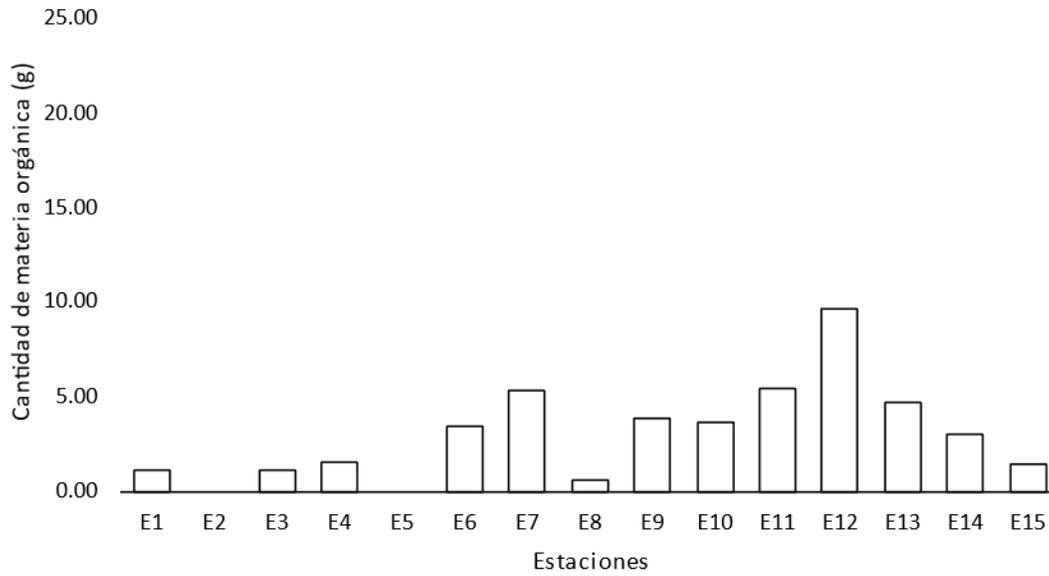
NA = No aplica. No hubo muestra.

### Materia orgánica (g)



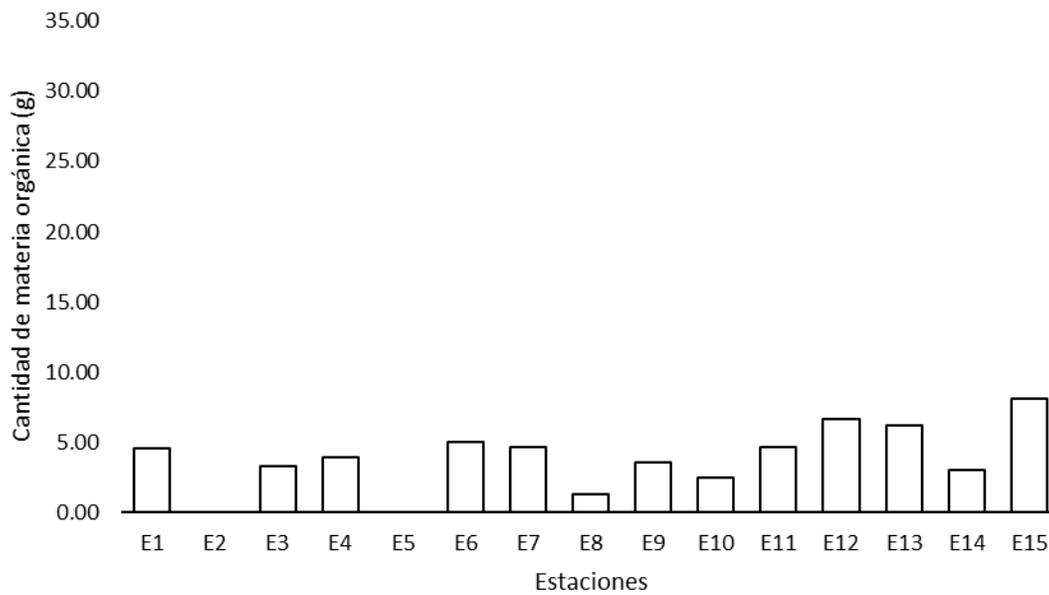
**Figura 28. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (enero, 2022).**

### Materia orgánica (g)



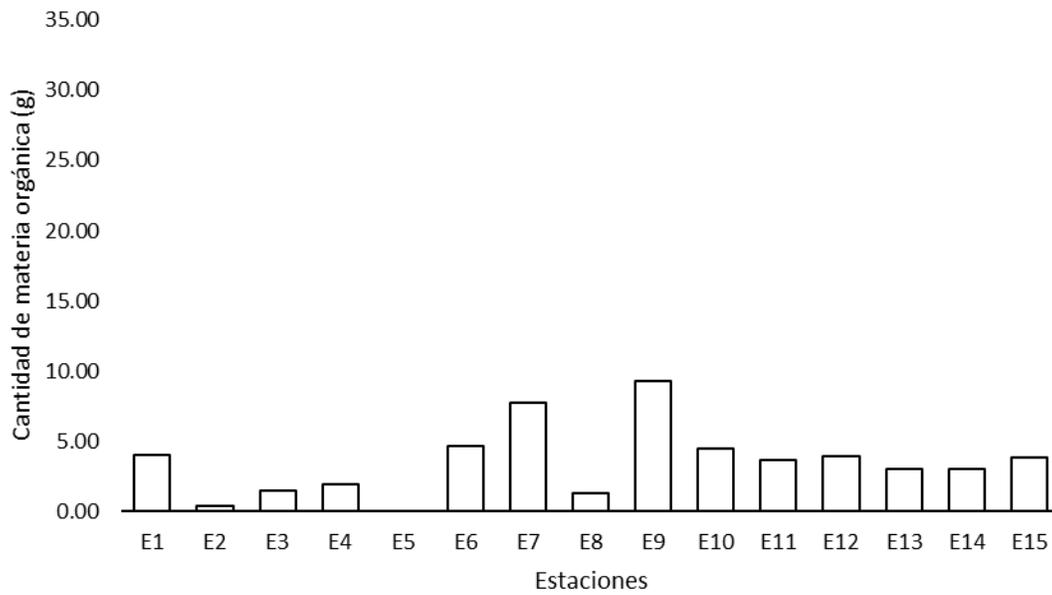
**Figura 29. Cantidad de materia orgánica en las 13 estaciones (febrero, 2022).**

### Materia orgánica (g)



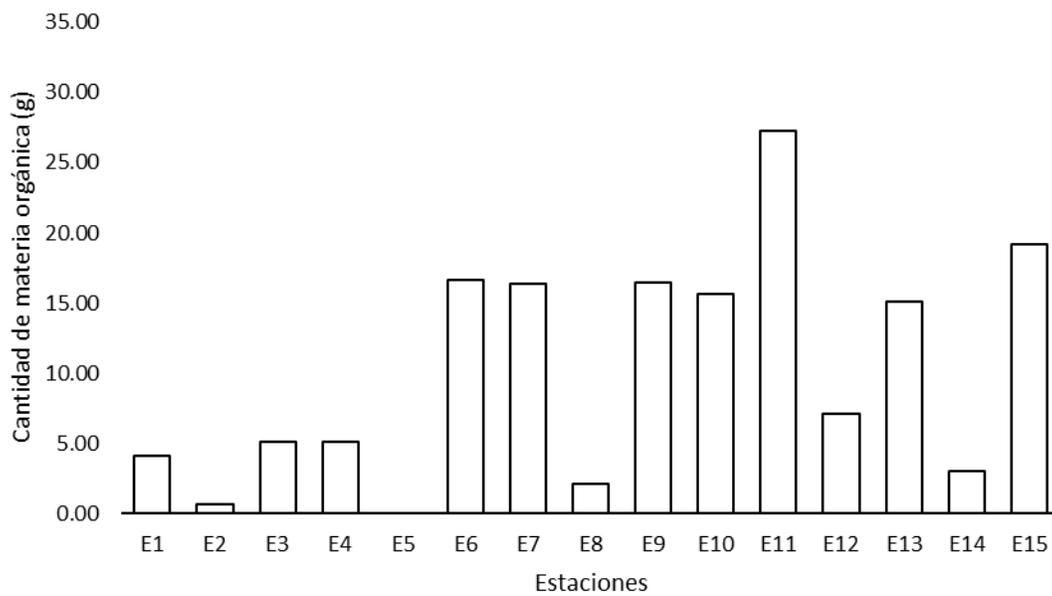
**Figura 30. Cantidad de materia orgánica en las 13 estaciones (marzo, 2022).**

### Materia orgánica (g)



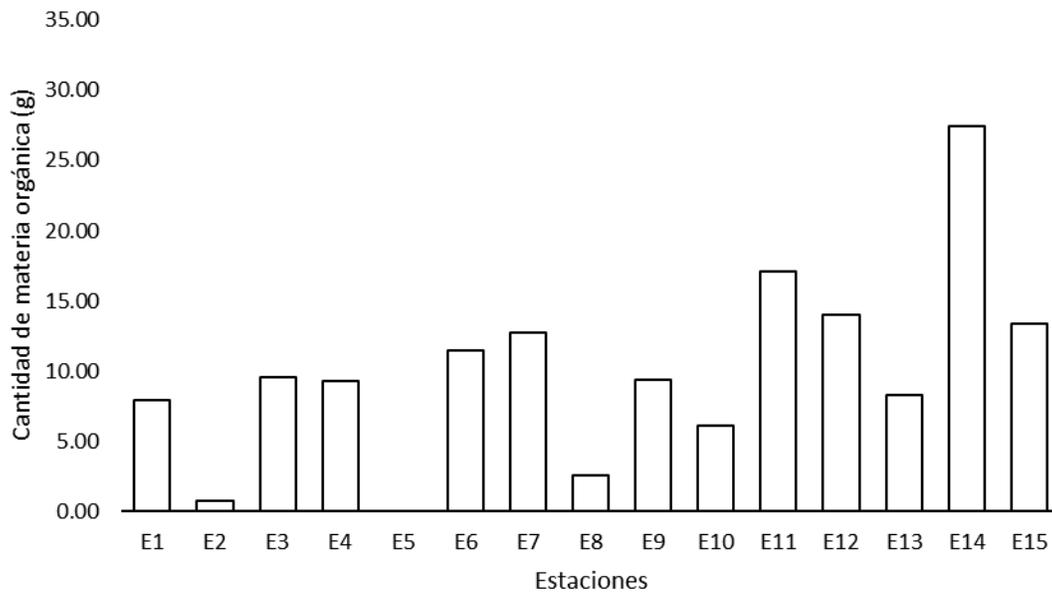
**Figura 31. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (abril, 2022).**

### Materia orgánica (g)



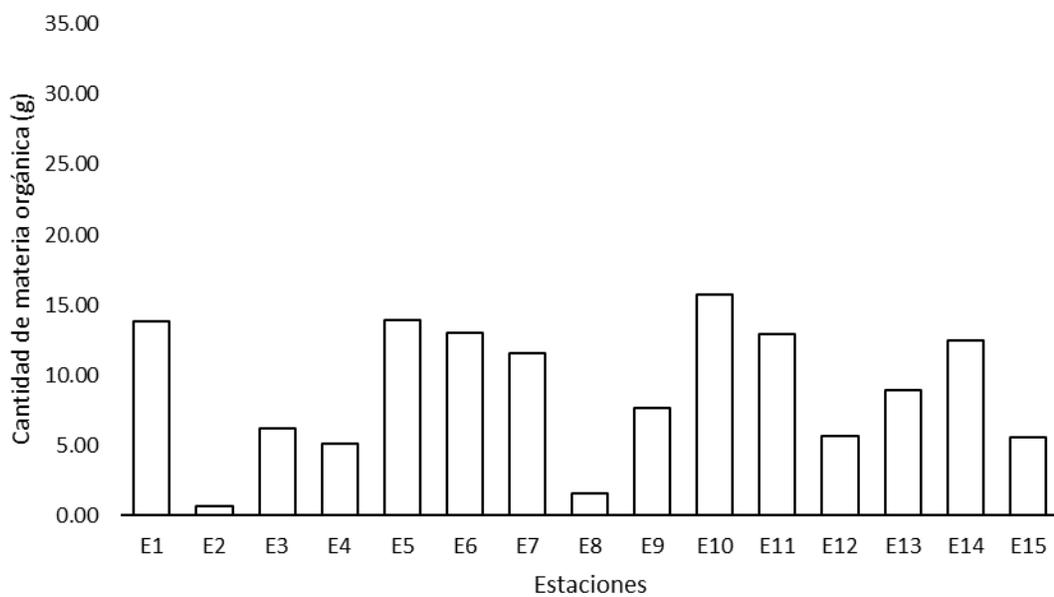
**Figura 32. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (mayo, 2022).**

### Materia orgánica (g)



**Figura 33. Cantidad de materia orgánica en las 14 estaciones (junio, 2022).**

### Materia orgánica (g)

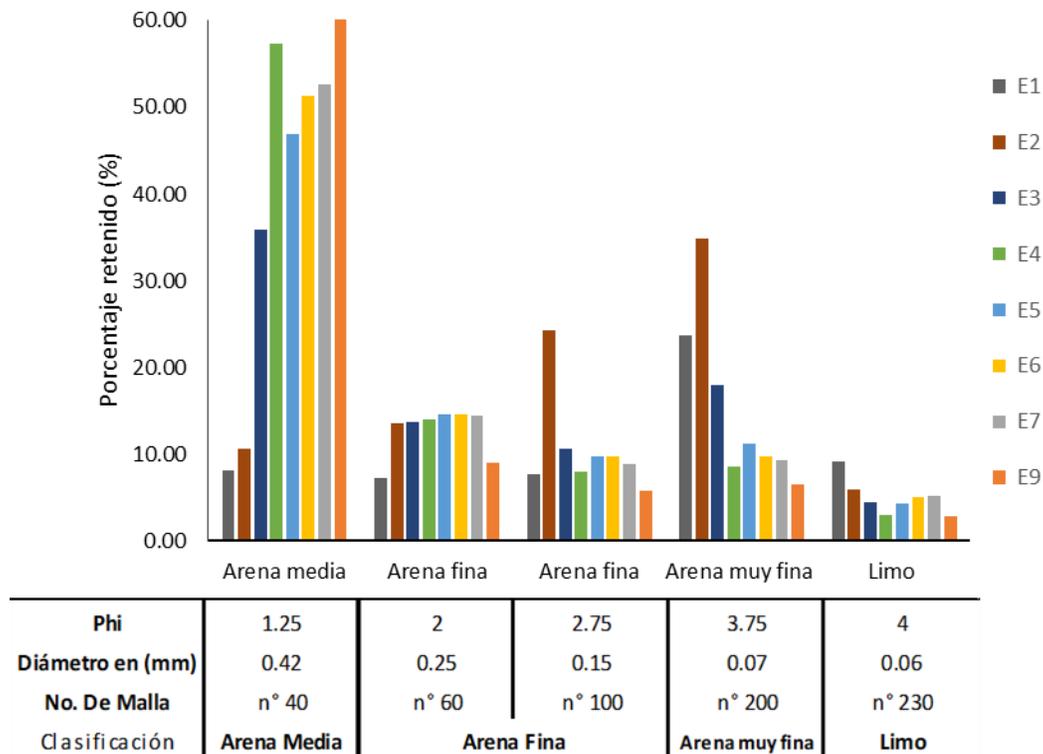


**Figura 34. Cantidad de materia orgánica en las 15 estaciones (julio, 2022).**

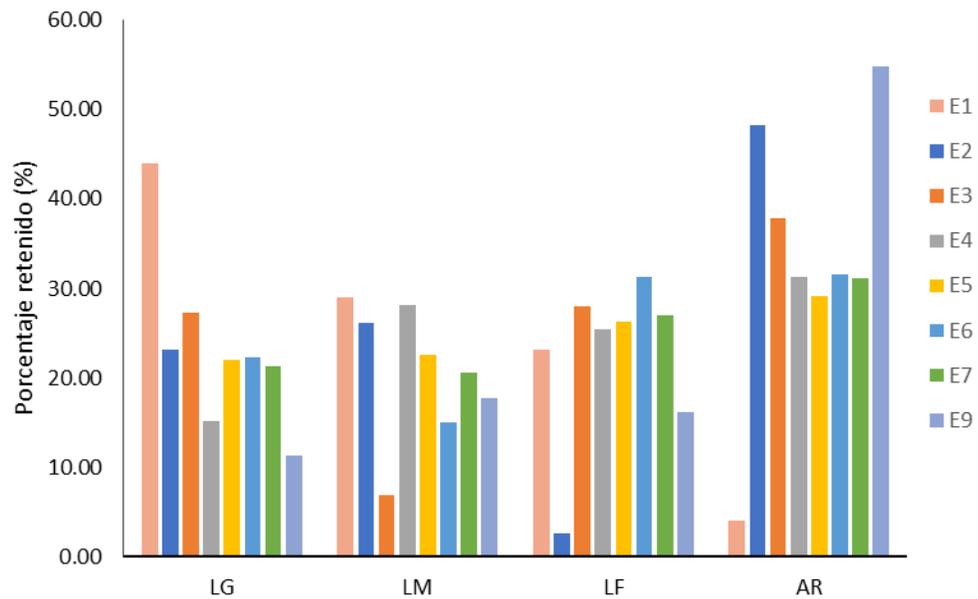
## IV.9. Análisis granulométrico de enero a julio de 2020 y de enero a julio 2022.

### IV.9.1. Granulometría de enero a julio de 2020.

Se muestran los resultados obtenidos en el análisis granulométrico de arenas y sedimentos finos por pipeteo en los 15 sitios de la zona de estudio de enero a julio 2020 (**Figuras 35 a la 48**).

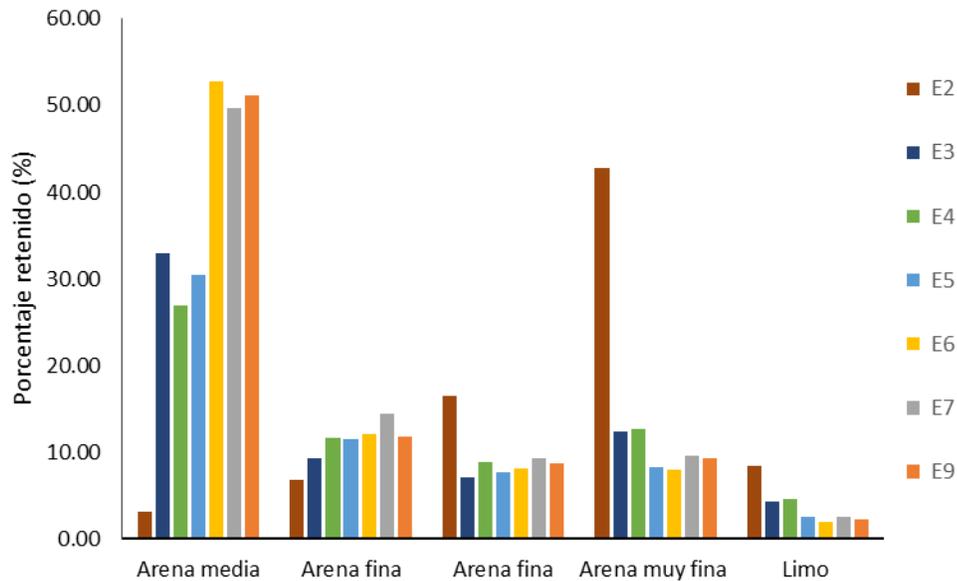


**Figura 35. Distribución de las arenas en las 8 estaciones (enero, 2020).**



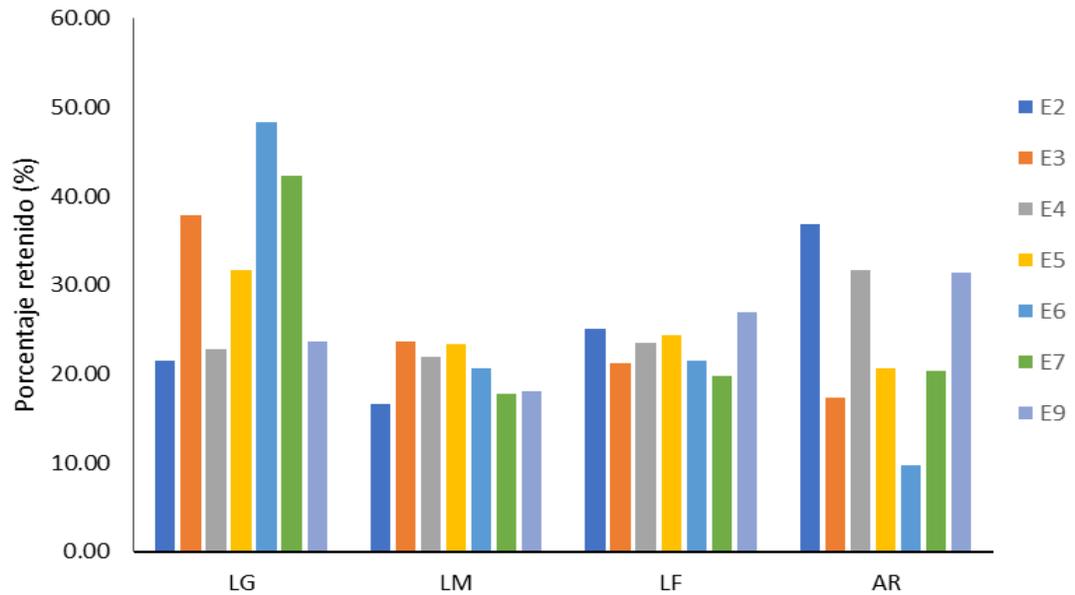
Phi	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (µm)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

Figura 36. Distribución de sedimentos finos en las 8 estaciones (enero, 2020).



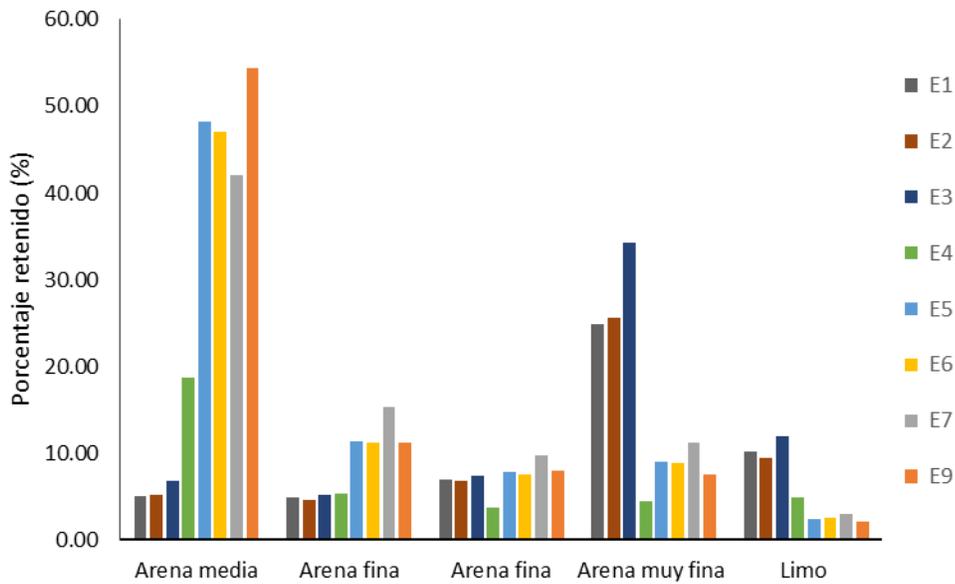
Phi	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

Figura 37. Distribución de las arenas en las 8 estaciones (febrero, 2020).



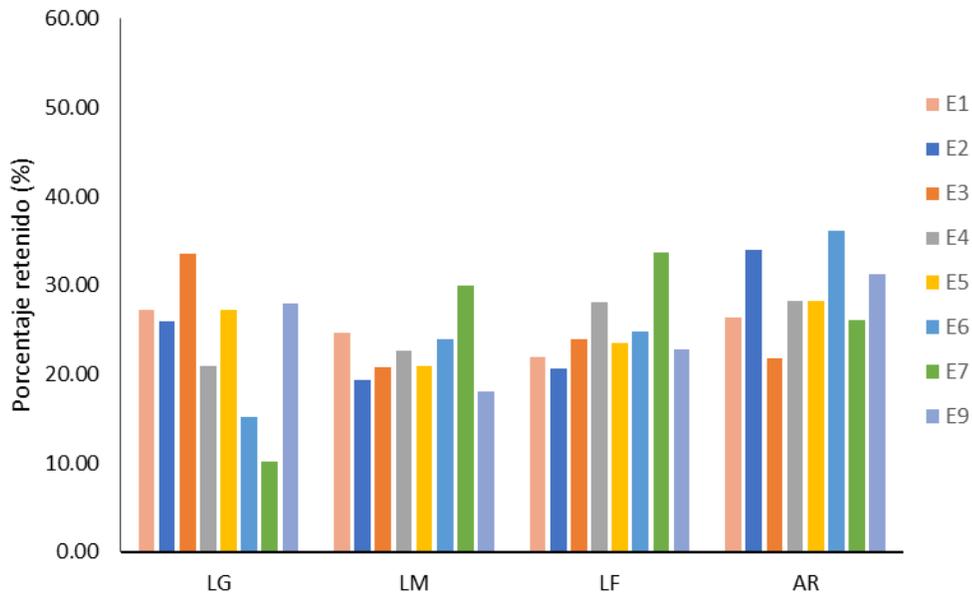
<b>Phi</b>	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (µm)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

Figura 38. Distribución de sedimentos finos en las 8 estaciones (febrero, 2020).

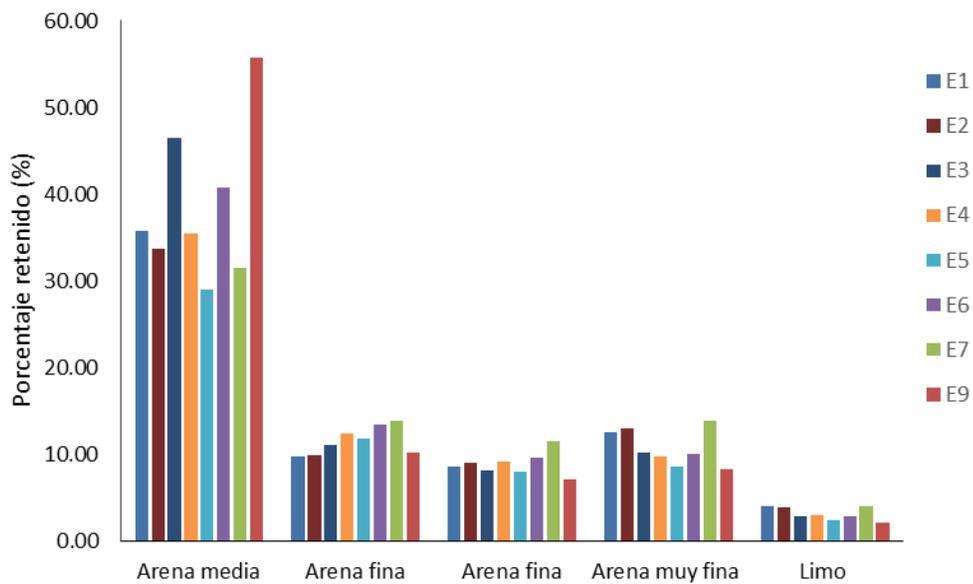


<b>Phi</b>	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

Figura 39. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (marzo, 2020).

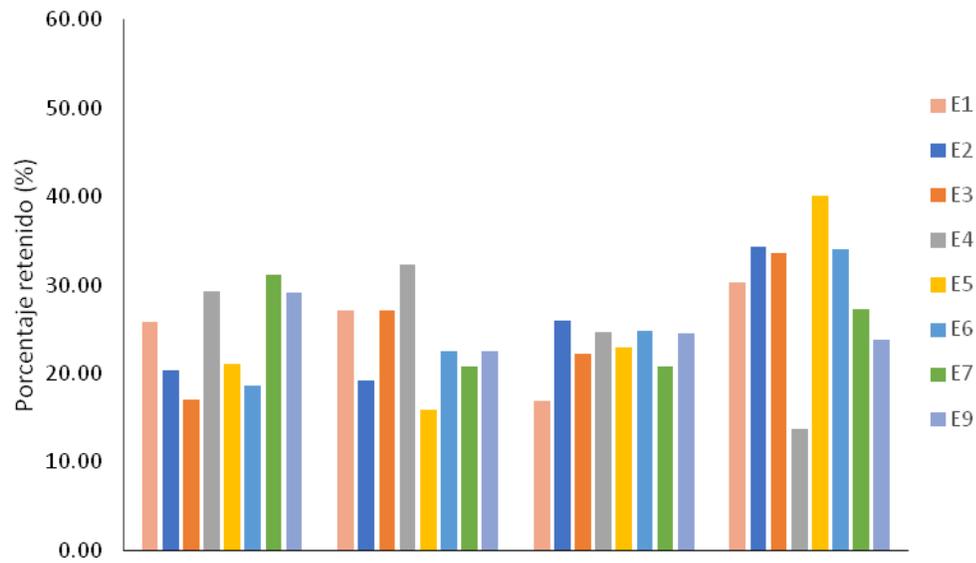


**Figura 40. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (marzo, 2020).**



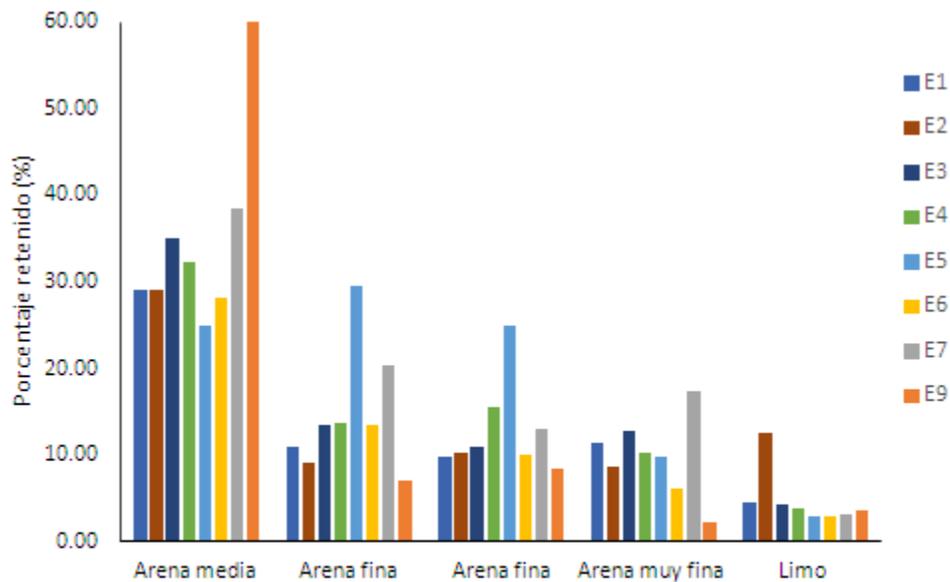
<b>Phi</b>	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Díámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

**Figura 41. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (abril, 2020).**



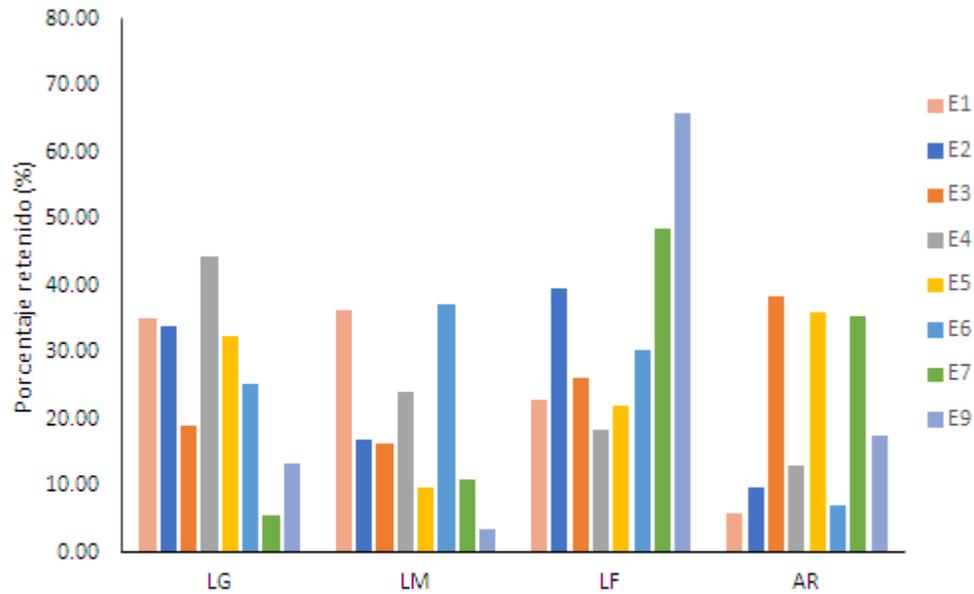
<b>Phi</b>	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

Figura 42. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (abril, 2020).



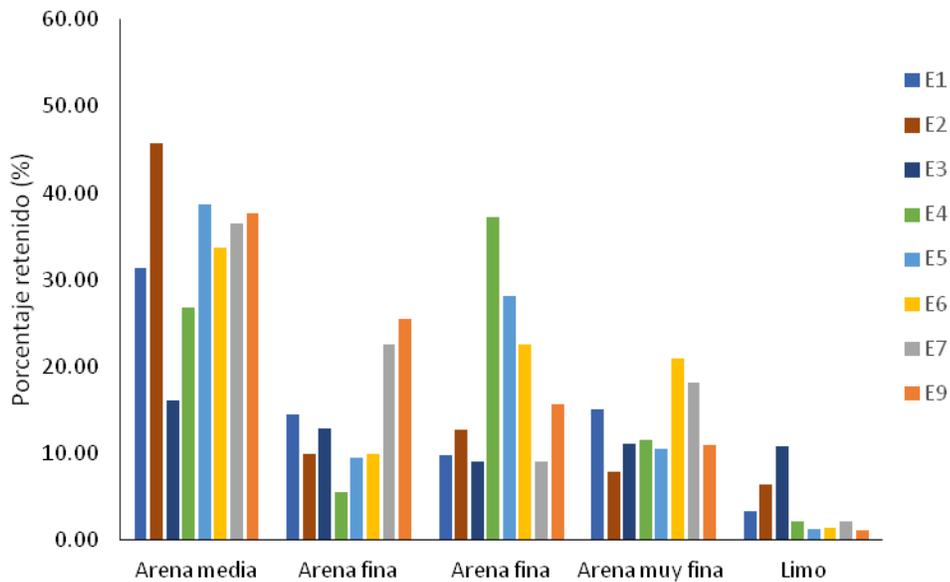
<b>Phi</b>	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

Figura 43. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (mayo, 2020).



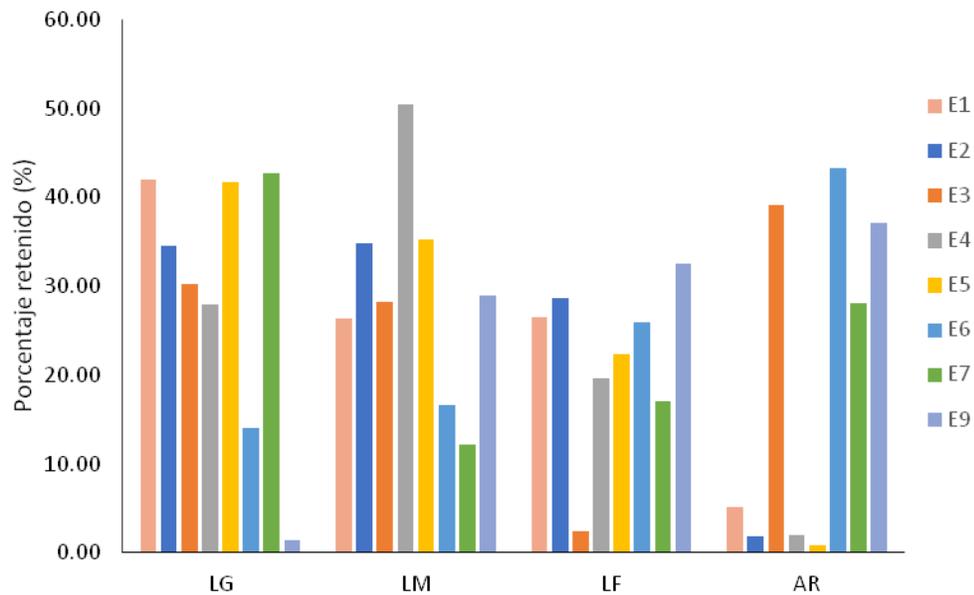
<b>Phi</b>	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

Figura 44. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (mayo, 2020).



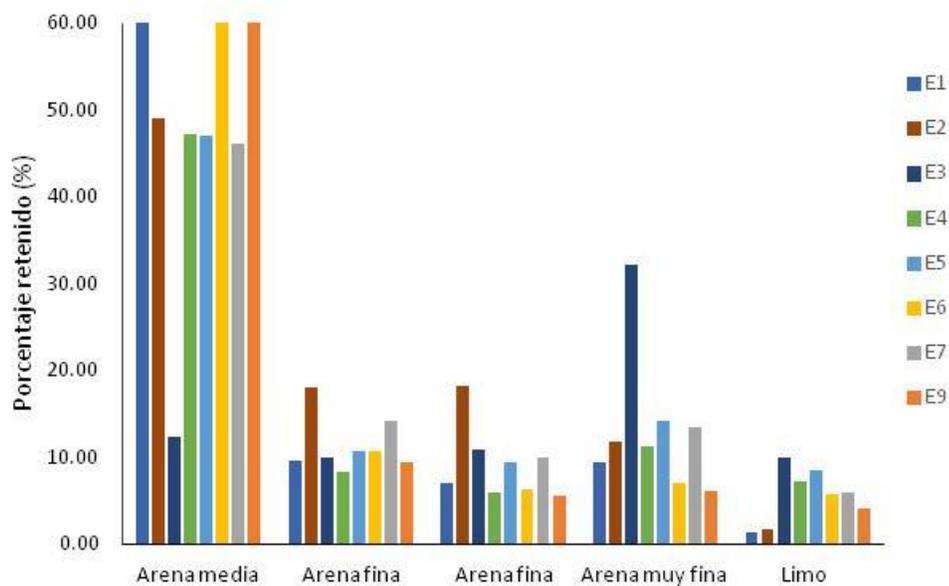
<b>Phi</b>	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

Figura 45. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (junio, 2020).



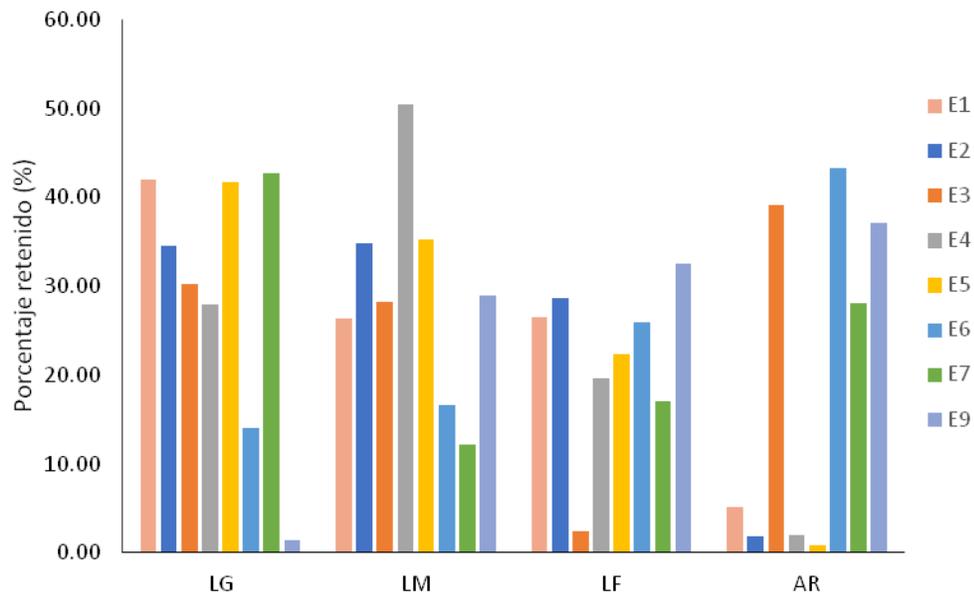
Phi	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (µm)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

Figura 46. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (junio, 2020).



Phi	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

Figura 47. Distribución de las arenas en las 9 estaciones (julio, 2020).



	LG	LM	LF	AR
<b>Phi</b>	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

Figura 48. Distribución de sedimentos finos en las 9 estaciones (julio, 2020).

#### **IV.9.2. Granulometría de enero a julio de 2022.**

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 enero a julio 2022 (**Figuras 49 a la 62**).

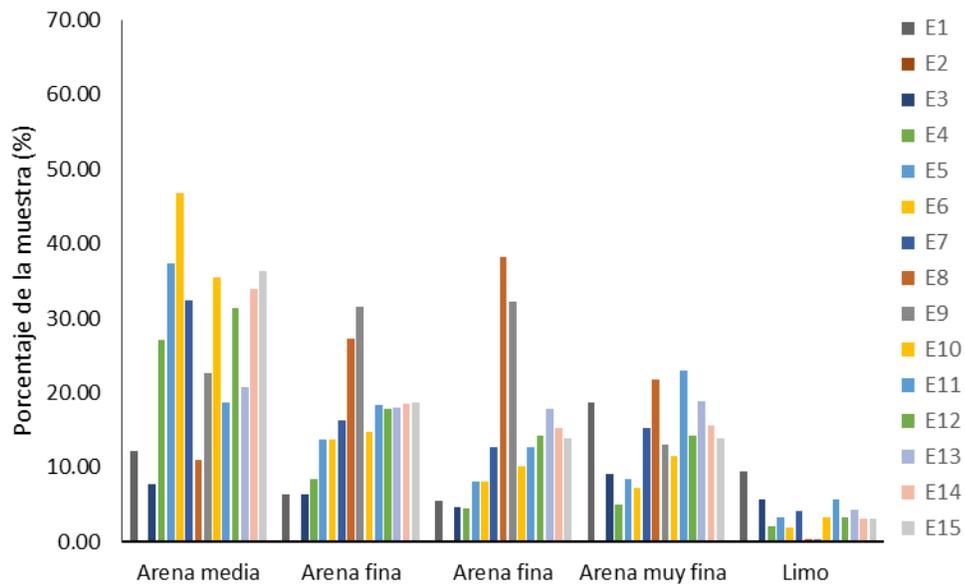


Figura 49. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (enero, 2022).

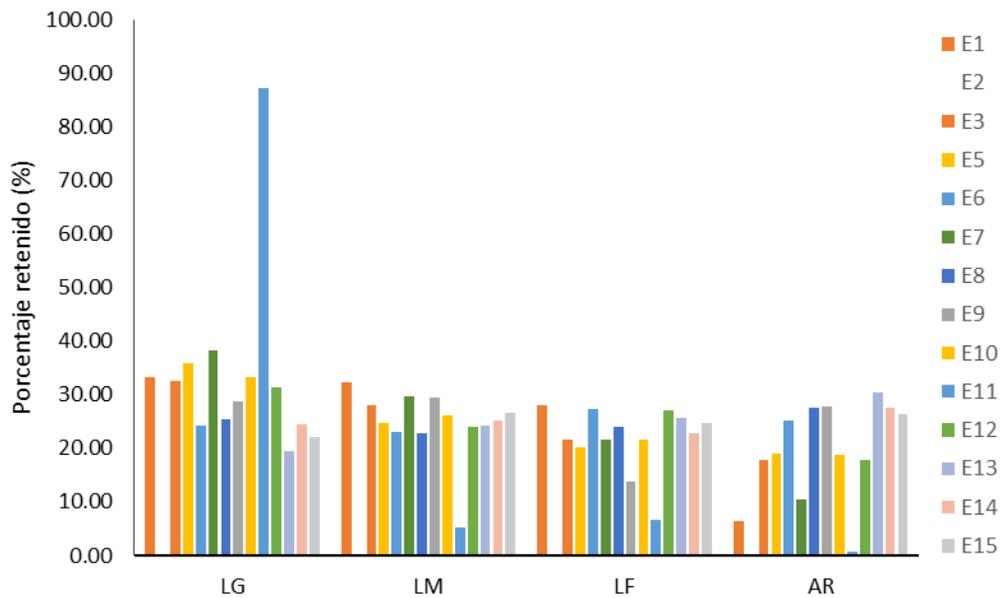
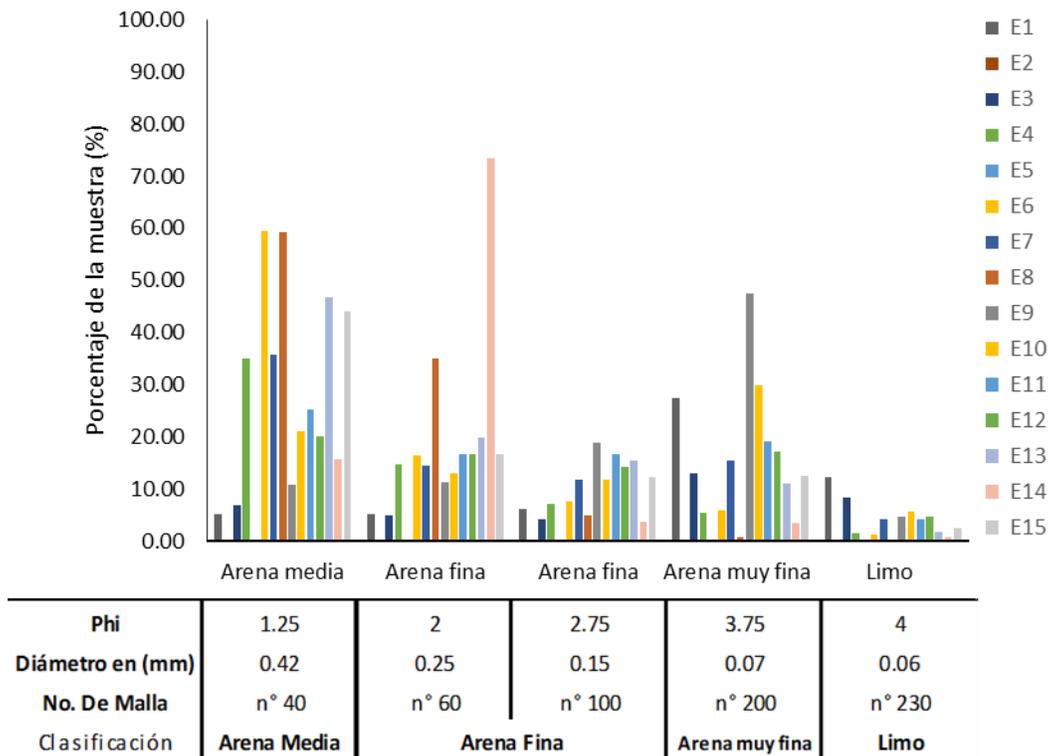
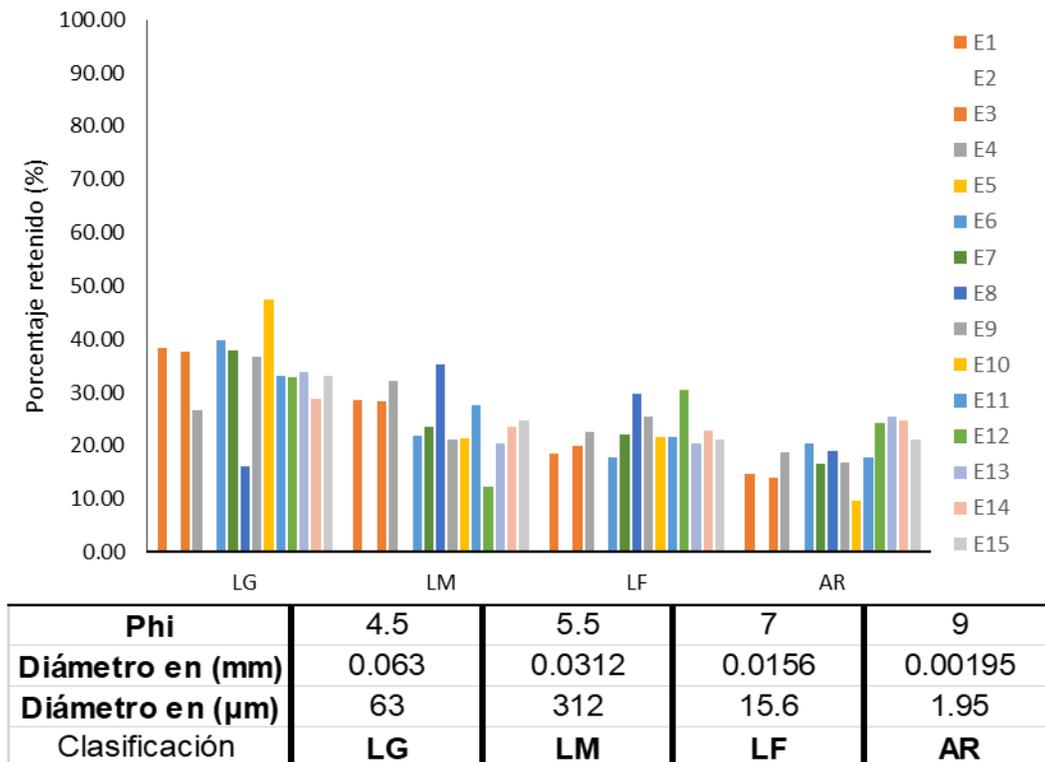


Figura 50. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (enero, 2022).



**Figura 51. Clasificación del sedimento en las 15 estaciones (febrero, 2022).**



**Figura 52. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (febrero, 2022).**



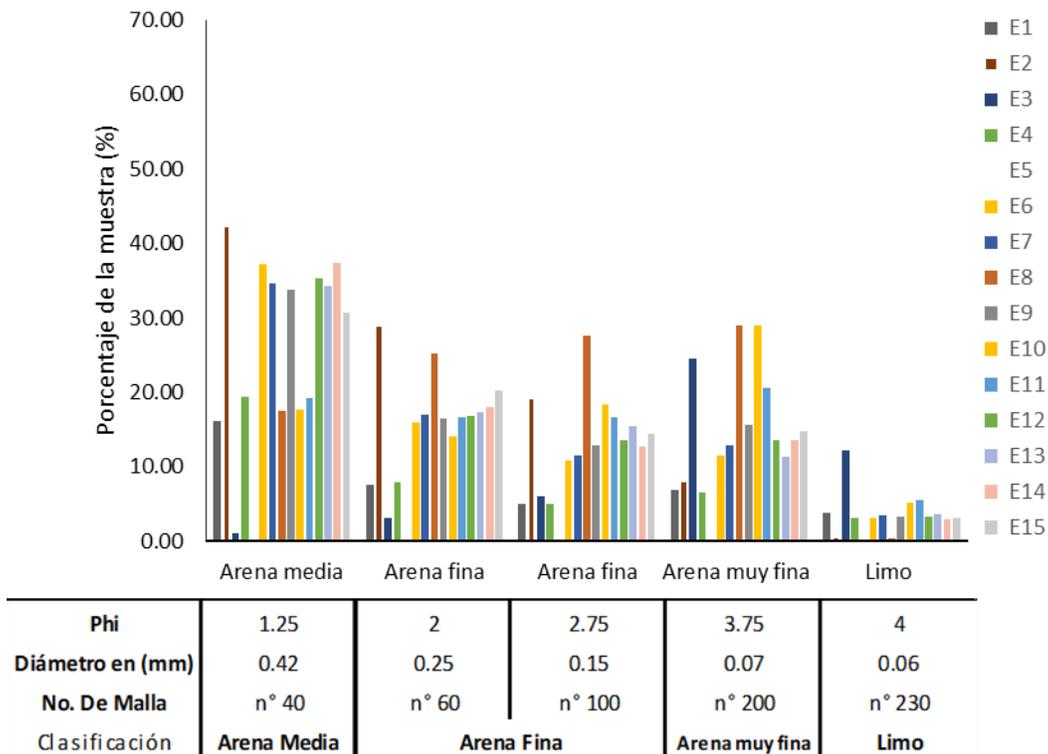


Figura 55. Clasificación del sedimento en las 14 estaciones (abril, 2022).

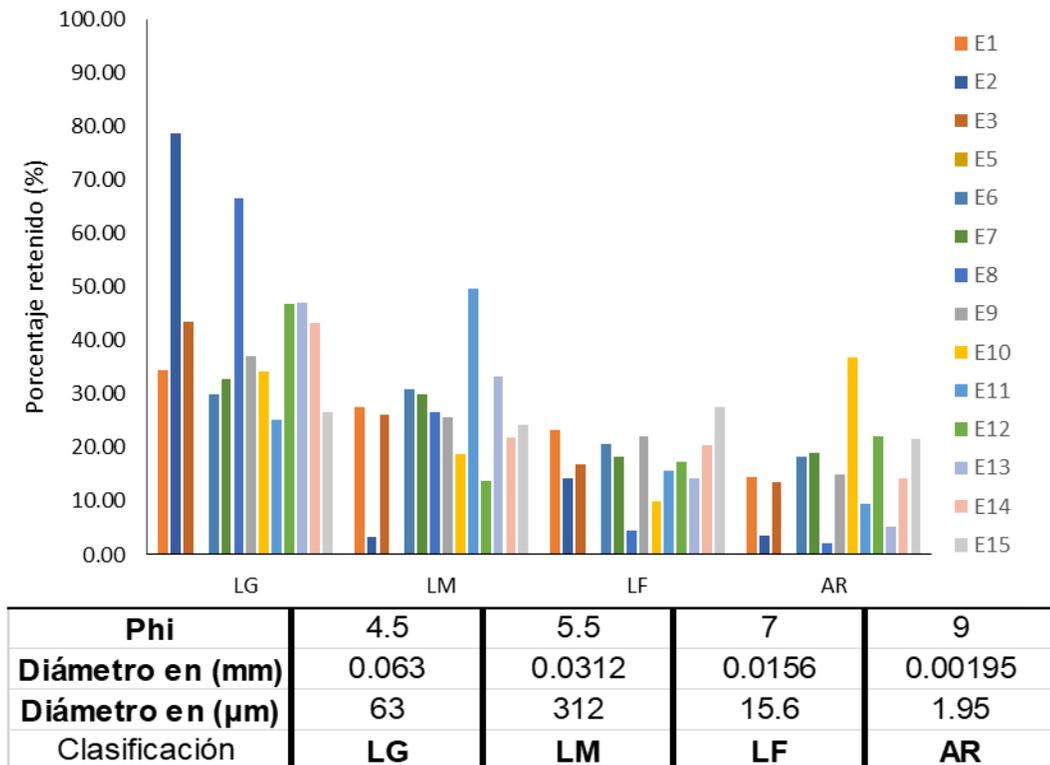
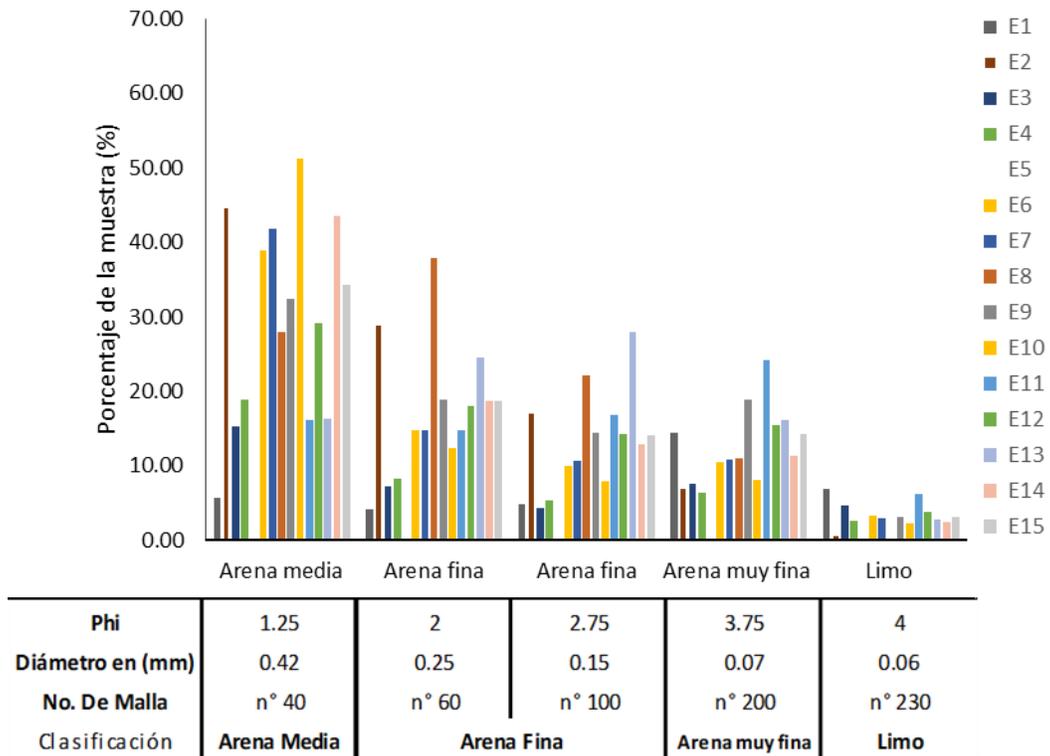
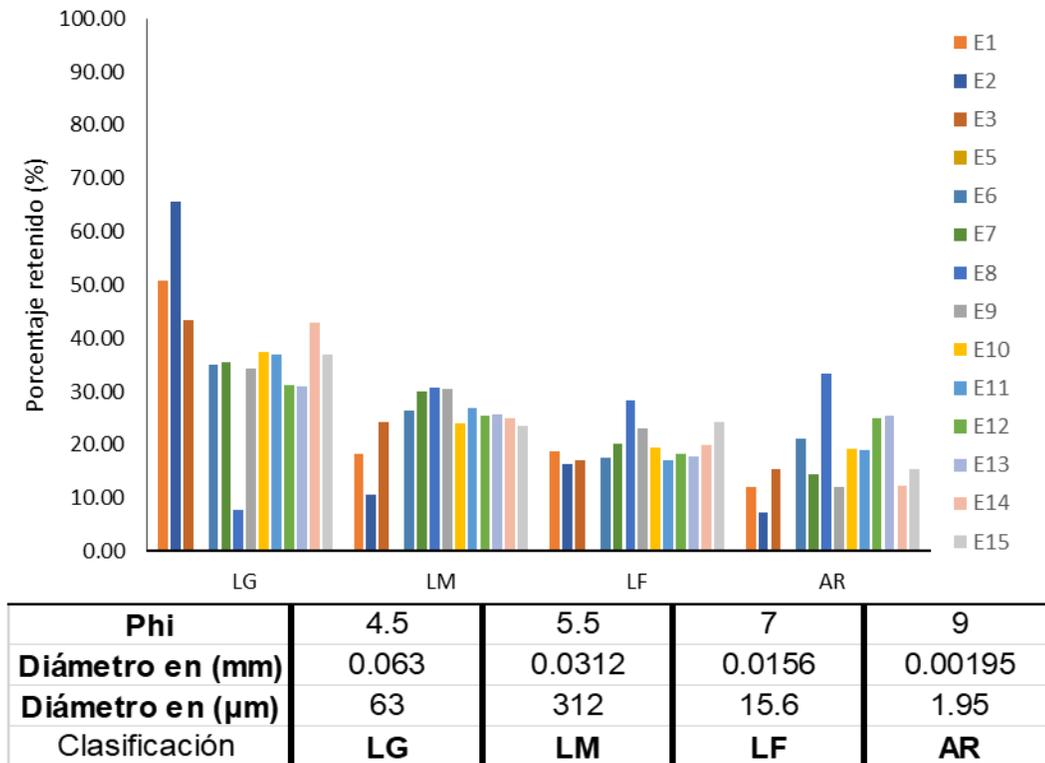


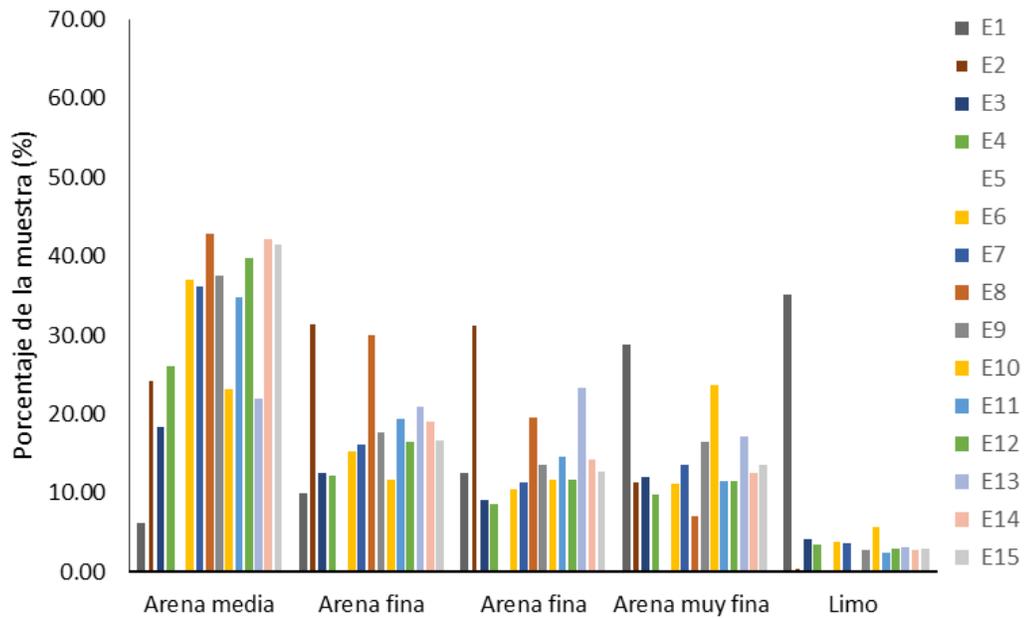
Figura 56. Distribución de sedimentos finos en las 14 estaciones (abril, 2022).



**Figura 57. Clasificación del sedimento en las 14 estaciones (mayo, 2022).**

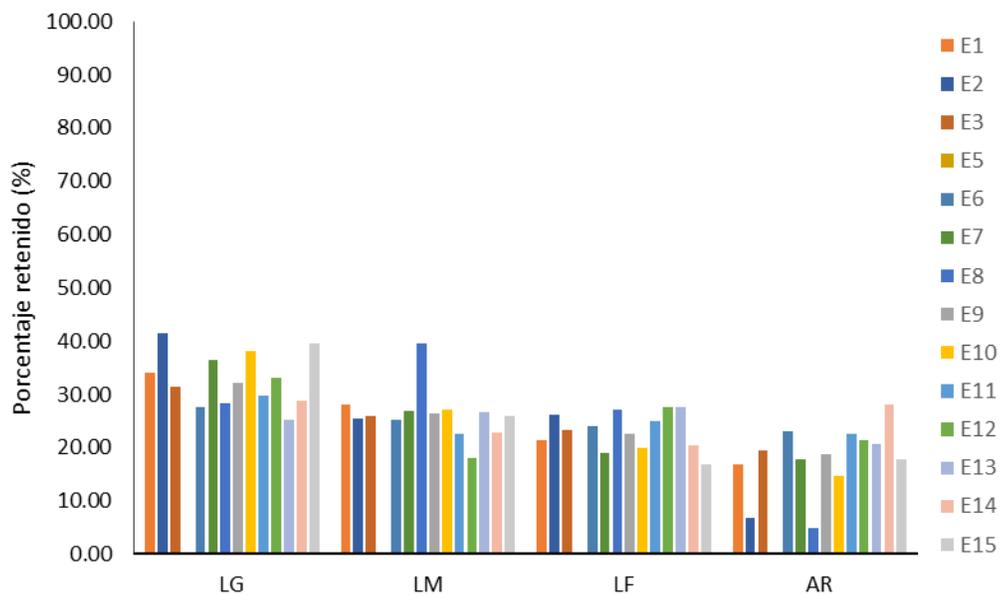


**Figura 58. Distribución de sedimentos finos en las 14 estaciones (mayo, 2022).**



<b>Phi</b>	1.25	2	2.75	3.75	4
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.42	0.25	0.15	0.07	0.06
<b>No. De Malla</b>	n° 40	n° 60	n° 100	n° 200	n° 230
<b>Clasificación</b>	<b>Arena Media</b>	<b>Arena Fina</b>		<b>Arena muy fina</b>	<b>Limo</b>

**Figura 59.** Clasificación del sedimento en las 14 estaciones (junio, 2022).



<b>Phi</b>	4.5	5.5	7	9
<b>Diámetro en (mm)</b>	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
<b>Diámetro en (µm)</b>	63	312	15.6	1.95
<b>Clasificación</b>	<b>LG</b>	<b>LM</b>	<b>LF</b>	<b>AR</b>

**Figura 60.** Distribución de sedimentos finos en las 14 estaciones (junio, 2022).

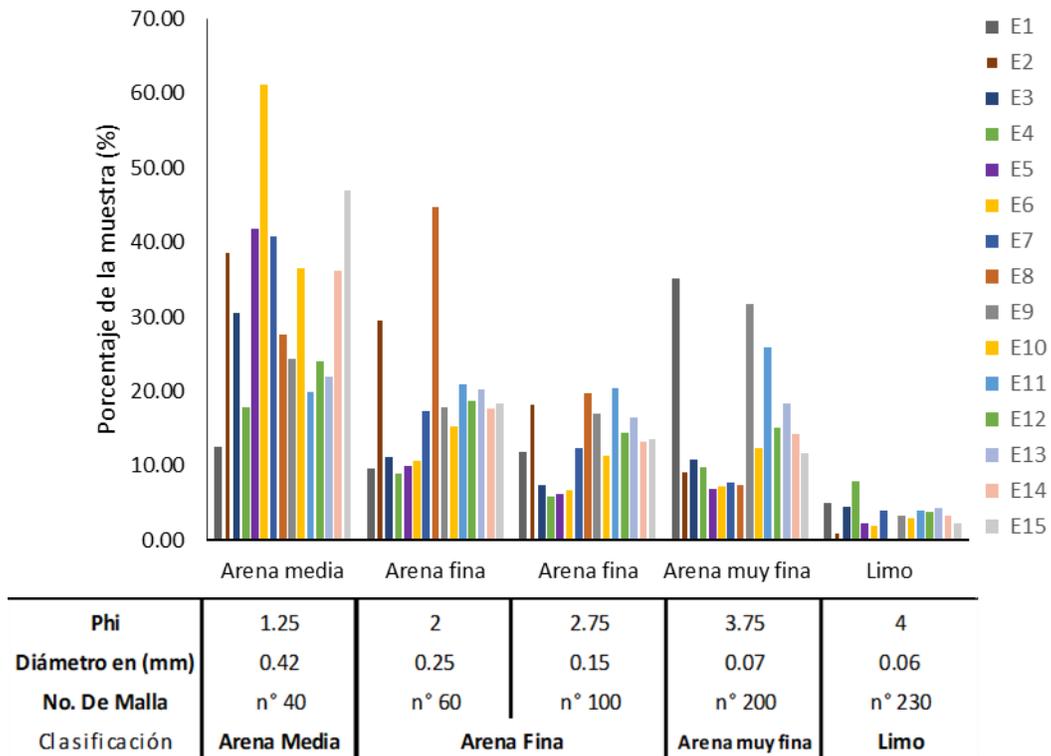


Figura 61. Distribución de las arenas en las 15 estaciones (julio, 2022).

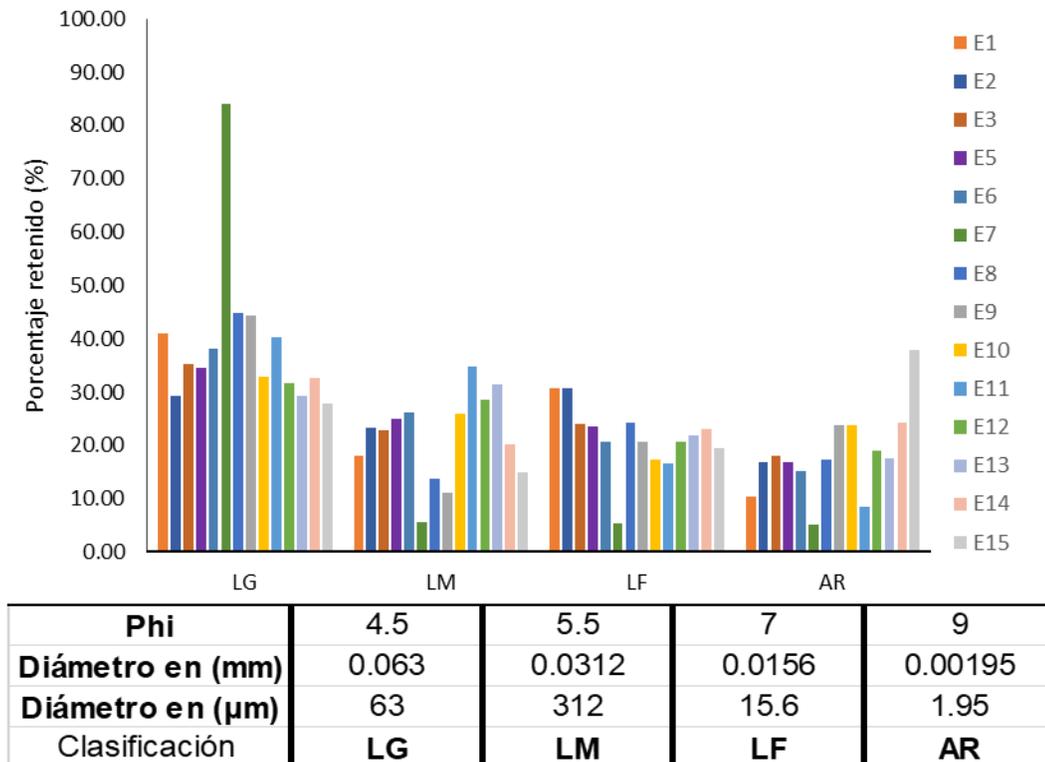


Figura 62. Distribución de sedimentos finos en las 15 estaciones (julio, 2022).

## **V. Interpretación de resultados de enero a julio de 2020 y de enero a julio de 2022.**

### **V.1 Metales pesados en sedimentos.**

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.

**En enero 2022**, los metales alcalinos más elevados fueron Na, (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), P, K y Ca, los de menor concentración fueron B, S, Fe, y Cu. En el Valle de las Garzas y San Pedrito se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Puerto Interior y Vaso III de la laguna de Cuyutlán. En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, en la LVG se midieron concentraciones elevadas de Ni y en el Vaso III de Zn y Cd, en el Puerto Interior (San Pedrito) los valores disminuyeron. 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 Valle de las Garzas, Puerto Interior (San Pedrito) y Tapeixtles, las escorrentías urbanas y las derivadas por las pasadas lluvias y las actividades industriales del puerto, así como algunas relacionadas, por ejemplo, el almacenamiento de minerales

**En febrero de 2022**, los metales alcalinos más elevados fueron Na, P, K y Ca, y el Cu (que presentó los mayores valores en la Laguna de San Pedrito (Puerto Interior), los de menor concentración fueron Li, Mn, y S. En San Pedrito se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán. En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cd, Ni y Cr, en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán se midieron las

mayores concentraciones, seguido por San Pedrito, los más bajos fueron As, CN, y Pb, en los tres cuerpos lagunares.

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

**En marzo de 2022**, los metales alcalinos más elevados fueron Na, K, P, y Ca, y el Fe (que presentó los mayores valores en la Laguna de San Pedrito (PI), los de menor concentración fueron Li, Mn, y Al. En San Pedrito se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Vaso III de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el As, Zn, Cr, y Ni, en Laguna Valle de las Garzas se midieron las mayores concentraciones, seguido por San Pedrito, y el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán. Los más bajos fueron CN, y Pb, en los tres cuerpos lagunares. Las concentraciones elevadas evidencian la influencia antrópica a través del agua residual vertida al Valle de las Garzas, Puerto Interior (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.

**En abril de 2022**, los metales alcalinos más elevados fueron Na (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), K, P, Ca y el Fe, los de menor concentración fueron Li, Mn, y Al. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Puerto Interior y Vaso III de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cr. y Ni, los más bajos fueron el CN y el As. En la Laguna del Valle de las Garzas, se midieron las mayores concentraciones con un gradiente decreciente hacia el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, donde 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.

**En mayo de 2022**, los metales alcalinos y otros en los sedimentos, el Mg y el Na presentaron concentraciones muy elevadas con un gradiente de incremento desde la Laguna del Valle de las Garzas hasta el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, mientras que el K, Ca y el Fe, presentaron los valores elevados en la Laguna del Valle de las Garzas con un gradiente decreciente hacia Vaso III. Los de menor concentración fueron Li, Mn, S y Al.

El incremento en las concentraciones de sodio y magnesio en los sedimentos del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán está relacionado con la evaporación gradual del agua marina que se produce en el periodo de estiaje y la actividad salinera de la zona. Por otra parte, los valores de los metales pesados fueron bajos, los más elevados fueron el Cd, Zn, Cr. y Ni, los más bajos fueron el CN y el As. En la Laguna del Valle de las Garzas se midieron las mayores concentraciones mientras que en el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, de manera general, se registraron los valores más bajos.

**En junio de 2022**, los metales alcalinos más elevados fueron Na (que presentó los mayores valores en el (Vaso III), K, P, Ca y el Fe, los de menor concentración fueron Li, Mn, y Al. En el Valle de las Garzas se presentaron los valores más elevados con un gradiente decreciente en el Puerto Interior y Vaso III de Cuyutlán.

En relación a los metales pesados, los más elevados fueron el Zn, Cr. y Ni, los más bajos fueron el CN y el As. En la Laguna del Valle de las Garzas, se midieron las mayores concentraciones con un gradiente decreciente hacia el Vaso III de la Laguna de Cuyutlán, donde de manera general, se registraron los valores más bajos. Las concentraciones elevadas evidencian la influencia antrópica a través del agua residual vertida al Valle de las Garzas, Puerto Interior (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.

**En julio de 2022**, 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 Puerto Interior y Vaso III de laguna 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.

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.

## **V.2 Materia orgánica en sedimentos de enero a julio de 2020 y de enero a julio de 2022.**

**En enero 2020**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 9 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito presentó lo siguiente, en la E1 fue 3.36 g, en la E2 fue 2.01 g, en la E3 fue 0.18 g, en la E4 se obtuvo 0.60 g, en E5 fue 1.90 g, en la E6 fue 0.81 g, en E7 fue 2.03 g, en la E8 (no hubo muestra) y en la E9 fue 2.75 g.

**En febrero de 2020**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 9 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito presentó lo siguiente, en la E1 (no hubo muestra), en la E2 fue 5.93 g, en la E3 fue 6.64 g, en la E4 se obtuvo 9.21 g, en E5 fue 6.56 g, en la E6 fue 3.46 g, en E7 fue 13.61 g, en la E8 se obtuvo 0.57 g y en la E9 fue 4.2 g.

**En marzo de 2020**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 9 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito presentó lo siguiente, en la E1 fue 0.44 g, en la E2 fue 0.54 g, en la E3 fue 1.12 g, en la E4 se obtuvo 0.28 g, en E5 fue 0.26 g, en la E6 fue 0.51 g, en E7 fue 1.34 g, en la E8 fue 0.46 g, y en la E9 fue 1.14 g.

**En abril de 2020**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 9 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito en la E1 fue 3.14 g, en la E2 fue 2.90 g, en la E3 fue 2.75 g, en la E4 fue 6.37 g, en E5 fue 4.11 g, en la E6 fue 3.28 g, en E7 fue 2.95 g, en la E8 fue 0.60 g y en la E9 fue 7.32 g.

**En mayo de 2020**, la cantidad de materia orgánica, en la E1 fue 3.09 g, en la E2 fue 3.29 g, en la E3 fue 1.10 g, en la E4 fue 2.32 g, en E5 fue 1.30 g, en la E6 fue 3.81 g, en E7 fue 2.95 g, en la E8 se obtuvo 0.99 g y en la E9 fue 5.42 g.

**En junio de 2020**, la cantidad de materia orgánica, en la E1 fue 0.15 g, en la E2 fue 0.38 g, en la E3 fue 1.57 g, en la E4 fue 1.39 g, en E5 fue 1.25 g, en la E6 fue 0.26 g, en E7 fue 2.68 g, en la E8 se obtuvo 0.99 g y en la E9 fue 1.27 g.

**En julio de 2020**, la cantidad de materia orgánica, en la E1 fue 4.04 g, en la E2 fue 3.18 g, en la E3 fue 2.67 g, en la E4 fue 1.35 g, en E5 fue 3.52 g, en la E6 fue 1.19 g, en E7 fue 2.58 g, en la E8 se obtuvo 1.90 g y en la E9 fue 2.01 g.

**En enero 2022**, 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 1.31 g, en la E2 (no hubo muestra), en la E3 fue 1.6 g, en la E4 fue 1.8 g, en E5 fue 3.28 g, en la E6 fue 4.48 g, en E7 fue 4.75 g,

en la E8 se obtuvo 1.86 g, en la E9 fue 0.84 g, en la E10 fue 3.09 g, en la E11 fue 8.73 g, en la E12 fue 5.50 g, en la E13 se obtuvo 4.25 g, en E14 fue 3.02 g y en la E15 fue 6.36 g.

**En febrero de 2022**, 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 1.1 g, en la E2 (no hubo muestra), en la E3 fue 1.16 g, en la E4 fue 1.58 g, en E5 (no hubo muestra), en la E6 fue 3.48 g, en E7 fue 5.33 g, en la E8 se obtuvo 0.55 g, en la E9 fue 3.90 g, en la E10 fue 3.66 g, en la E11 fue 5.45 g, en la E12 fue 9.64 g, en la E13 se obtuvo 4.77 g, en E14 fue 3.02 g y en la E15 fue 1.43 g.

**En marzo de 2022**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 13 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 4.56 g, en la E2 (no hubo muestra), en la E3 fue 3.29 g, en la E4 fue 3.95 g, en E5 (no hubo muestra), en la E6 fue 4.98 g, en E7 fue 4.68 g, en la E8 se obtuvo 1.31 g, en la E9 fue 3.59 g, en la E10 fue 2.47 g, en la E11 fue 4.66 g, en la E12 fue 6.66 g, en la E13 se obtuvo 6.24 g, en E14 fue 3.02 g y en la E15 fue 8.11 g.

**En abril de 2022**, respecto a la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 14 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 4.0 g, en la E2 fue 0.40, en la E3 fue 1.45 g, en la E4 fue 1.96 g, en E5 (no hubo muestra), en la E6 fue 4.69 g, en E7 fue 7.70 g, en la E8 se obtuvo 1.28 g, en la E9 fue 9.24 g, en la E10 fue 4.49 g, en la E11 fue 3.61 g, en la E12 fue 3.89 g, en la E13 se obtuvo 3.01 g, en E14 fue 3.02 g y en la E15 fue 3.83 g.

**En mayo de 2022**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 14 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 4.1 g, en la E2 fue 0.68, en la E3 fue 5.12 g, en la E4 fue 5.09 g, en E5 (no hubo muestra), en la E6 fue 16.63 g, en E7 fue 16.35

g, en la E8 se obtuvo 2.1 g, en la E9 fue 16.47 g, en la E10 fue 15.61 g, en la E11 fue 27.23 g, en la E12 fue 7.13 g, en la E13 se obtuvo 15.13 g, en E14 fue 3.02 g y en la E15 fue 19.2 g.

**En junio de 2022**, la cantidad de materia orgánica, en cada una de las 14 estaciones, de las Lagunas del Valle de las Garzas, San Pedrito y Cuyutlán, presentó lo siguiente, en la E1 fue 7.9 g, en la E2 fue 0.76, en la E3 fue 9.53 g, en la E4 fue 9.25 g, en E5 (no hubo muestra), en la E6 fue 11.42 g, en E7 fue 12.71 g, en la E8 se obtuvo 2.55 g, en la E9 fue 9.37 g, en la E10 fue 6.09 g, en la E11 fue 17.11 g, en la E12 fue 14.05 g, en la E13 se obtuvo 8.32 g, en E14 fue 27.4 g y en la E15 fue 13.41 g.

**En julio de 2022**, 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 13.83 g, en la E2 fue 0.68, en la E3 fue 6.17 g, en la E4 fue 5.10 g, en E5 fue 13.91 g, en la E6 fue 12.99 g, en E7 fue 11.58 g, en la E8 se obtuvo 1.55 g, en la E9 fue 7.62 g, en la E10 fue 15.76 g, en la E11 fue 12.92 g, en la E12 fue 5.62 g, en la E13 se obtuvo 8.91 g, en E14 fue 12.46 g y en la E15 fue 5.57 g.

### **V.3 Granulometría en sedimentos de enero a julio de 2020 y enero a julio de 2022.**

**De enero a julio de 2020**, respecto a la distribución textural de los sedimentos en las Lagunas del Valle de las Garzas y San Pedrito para cada una de las 9 estaciones, fue la siguiente:

**En enero de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 23.67% y limo con 9.2%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 16.2% y limo con 12.90%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 21%, limo con 6.5 %. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.42% y escaso limo con 3.98. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 23.77% y escaso limo con 7.05%. En la E6 el

mayor porcentaje correspondió a arena media con 45.3% y limo con 5.64%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 37.83 %, se presentó limo con 22.0%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 29.87% y un mínimo de limo con 0.57%.

**En febrero de 2020**, en la E1, no hubo muestra, en la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 42.78% y limo con 8.46%. En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 33.0% y limo con 4.3%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 26.89%, limo con 4.55%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 30.38% y escaso limo con 2.51%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 52.78% y escaso limo con 2.01%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 47.73% y limo con 2.49%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.11%, escaso limo con 0.24%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 51.2% y un mínimo de limo con 2.28%.

**En marzo 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 24.91% y limo con 10.16%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 25.65% y limo con 9.43%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 34.3% y limo con 12.0%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 18.78%, limo con 4.90%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 30.38% y escaso limo con 2.51%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 48.17% y escaso limo con 2.42%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 42.01% y limo con 3.05%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.19%, escaso limo con 0.45%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 54.44% y un mínimo de limo con 2.11%.

**En abril 2020**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.79% y limo con 4.01%. En la E2 se observó que el mayor porcentaje



correspondió a arena media con 33.71% y limo con 3.95%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.5% y limo con 2.9%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.47% y limo con 3.07%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.02% y escaso limo con 2.42%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 40.73% y escaso limo con 2.82%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 31.52% y limo con 4.11%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.72% y escaso limo con 0.34%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 55.78% y un mínimo de limo con 2.09%.

**En mayo 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.11% y limo con 4.57%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.14% y limo con 12.49%. En la E3 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.0% y limo con 4.2%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.32% y limo con 3.84%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 29.63% y escaso limo con 2.96%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 28.11% y escaso limo con 2.99%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 38.53% y limo con 3.10%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 32.85% y escaso limo con 1.35%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 61.28% y un mínimo de limo con 3.63%.

**En junio de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 31.39% y limo con 3.26%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 45.69% y limo con 6.42%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 16.10% y limo con 10.8%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 37.19% y limo con 2.06%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 38.70% y escaso limo con 1.28%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 33.62% y escaso limo con 1.41%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.47% y limo con 2.14%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con

39.17 % y escaso limo con 0.42%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 37.65% y un mínimo de limo con 1.11%.

**En julio de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 61.09% y limo con 1.35%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 48.98% y limo con 1.75%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 32.10% y limo con 10.0%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 47.25% y limo con 7.15%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 47.07% y escaso limo con 8.41%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 61.68% y escaso limo con 5.75%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.09% y limo con 5.97%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 44.70% y escaso limo con 0.42%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 69.91% y un mínimo de limo con 4.11%.

**De enero a julio de 2022**, 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 enero de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 18.77% y limo con 9.43%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 9.17% y limo con 5.67%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 27.00% y escaso limo con 2.12%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 37.34% y escaso limo con 3.19%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.72% y limo con 1.92%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.43 % y escaso limo con 4.07%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 38.26% y un mínimo de limo con 0.35%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 32.21% y un mínimo de limo con 0.36%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media 35.51% y un mínimo de limo con 3.27%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 22.94% y un mínimo de limo



con 5.70%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 31.31% y un mínimo de limo con 3.33%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 20.73% y un mínimo de limo con 4.29%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 33.94% y un mínimo de limo con 3.07%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.25% y un mínimo de limo con 3.08%.

**En febrero de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 27.46% y limo con 12.20%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 13.12% y limo con 8.28%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.90% y escaso limo con 1.58%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 59.58% y limo con 1.26%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.63 % y escaso limo con 4.18%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 59.15% y un mínimo de limo con 0.01%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 47.26% y un mínimo de limo con 4.71%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina 29.98% y un mínimo de limo con 5.73%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 25.28% con y un mínimo de limo con 4.16%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 20.18% y un mínimo de limo con 4.56%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.88% y un mínimo de limo con 1.84%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 73.35% y un mínimo de limo con 0.70%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 44.16% y un mínimo de limo con 2.54%.

**En marzo 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 26.72% y limo con 4.59%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 21.40% y limo con 4.20%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 30.30% y escaso limo con 3.33%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 43.35% y limo con 2.96%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 27.58% y escaso limo con 4.03%. En

la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 52.73% y un mínimo de limo con 0.15%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.23% y un mínimo de limo con 4.94%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina 33.41% y un mínimo de limo con 1.97%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 43.40% y un mínimo de limo con 2.32%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 40.06% y un mínimo de limo con 3.10%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 21.30% y un mínimo de limo con 3.79%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.64% y un mínimo de limo con 2.74%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.12% y un mínimo de limo con 2.84%.

**En abril 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 16.19% y limo con 3.70%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 42.36% y escaso limo con 0.53%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 24.52% y limo con 3.33%. En la E4 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 19.30% y limo con 3.13%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 37.12% y escaso limo con 3.11%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.65% y un mínimo de limo con 3.51%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 28.89% y un mínimo de limo con 0.43%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media 33.80% y un mínimo de limo con 3.23%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 28.95% y un mínimo de limo con 5.08%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 20.49% y un mínimo de limo con 3.54%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.22% y un mínimo de limo con 3.23%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.20% y un mínimo de limo con 3.58%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 37.28% y un mínimo de limo con 2.99%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 30.76% y un mínimo de limo.



**En mayo 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 15.3% y limo con 7.35%. En la E2 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 44.7% y escaso limo con 0.65%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 15.19% y limo con 4.64%. En la E4 se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 18.94% y limo con 2.67%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 38.87% y escaso limo con 3.21%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.76% y un mínimo de limo con 2.89%.

En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 37.84% y un mínimo de limo con 0.24%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media 32.39% y un mínimo de limo con 3.13%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 51.19% y un mínimo de limo con 2.17%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 24.24% y un mínimo de limo con 6.24%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 29.18% y un mínimo de limo con 3.86%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 27.94% y un mínimo de limo con 2.70%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 43.51% y un mínimo de limo con 2.40%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.30% y un mínimo de limo con 3.12%.

**En junio de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 28.76% y limo con 35.18%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 31.61% y escaso limo con 0.60%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 18.42% y limo con 4.07%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 26.02% y limo con 3.36%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.96% y escaso limo con 3.71%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.16% y un mínimo de limo con 3.66%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 42.85% y un mínimo de limo con 0.15%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena media 37.56% y un mínimo de limo con 2.82%. En la E10 el



mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 23.62% y un mínimo de limo con 5.72%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.86% y un mínimo de limo con 2.48%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 39.76% y un mínimo de limo con 2.92%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 23.33% y un mínimo de limo con 3.09%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 42.20% y un mínimo de limo con 2.76%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.41% y un mínimo de limo con 2.96%.

**En julio de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 35.12% y limo con 4.92%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 38.78% y escaso limo con 1.09%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 30.44% y limo con 4.45%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 17.90% y limo con 7.88%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.83% y escaso limo con 2.18%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 61.25% y escaso limo con 1.86%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 40.76% y un mínimo de limo con 3.93%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 44.77% y un mínimo de limo con 0.15%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 31.71% y un mínimo de limo con 3.21%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.47% y un mínimo de limo con 2.95%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a arena muy fina con 25.90% y un mínimo de limo con 3.89%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 24.07% y un mínimo de limo con 3.85%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 21.91% y un mínimo de limo con 4.32%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.19% y un mínimo de limo con 3.20%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.90% y un mínimo de limo con 2.22%.



**Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, mediante la técnica del pipeteo, en la Laguna del Valle de las Garzas y San Pedrito para cada una de las 9 estaciones de enero a julio de 2020, fue la siguiente:**

**En enero de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.95% y escasa arcilla con 4.02%. En la E2 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 26.15% y arcilla con 48.20%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 27.95% y arcilla con 37.88%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 28.17% y arcilla con 31.27%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.95% y arcilla con 43.42%. En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 31.23% y arcilla con 31.49%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 26.99% y arcilla fue 31.17%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 26.99% y arcilla fue 31.17%.

**En febrero de 2020**, en la E1, no hubo muestra. En la E2 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 25.0% y arcilla con 36.83%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.88% y arcilla con 17.27%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 23.49% y arcilla con 37.68%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.69% y arcilla con 20.58%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 48.31% y arcilla con 9.66%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 42.32% y arcilla con 20.29%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 9.94% y arcilla fue 78.95%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 26.88% y arcilla fue 31.41%.

**En marzo de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.23% y arcilla con 26.29%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 25.97% y arcilla con 33.98%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.5% y arcilla con 21.83%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 28.08% y arcilla con 28.3%. En la E5 el

mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.22% y arcilla con 28.27%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 24.82% y arcilla con 36.17%. En la E7 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 33.73% y arcilla con 26.12%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 29.57% y arcilla fue 43.66%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.93% y arcilla fue 31.23%.

**En abril de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 27.05% y arcilla con 30.27%. En la E2, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 26.01% y arcilla con 34.33%. En la E3, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 27.07% y arcilla con 33.62%. En la E4, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 32.32% y arcilla con 13.69%. En la E5, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 22.96% y arcilla con 40.11%. En la E6, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 24.83% y arcilla con 34.11%. En la E7, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 31.2% y arcilla con 27.2%. En la E8, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 44.9% y con arcilla fue 20.41%. En la E9, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 29.12% y arcilla fue 23.86%.

**En mayo 2020**, en la E1, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 36.39% y arcilla con 5.78%. En la E2, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 39.53% y arcilla con 9.73%. En la E3, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 26.15% y arcilla con 38.46%. En la E4, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 44.50% y arcilla con 13.0%. En la E5, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 32.46% y arcilla con 35.96%. En la E6, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 37.36% y arcilla con 7.14%. En la E7, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 48.5% y arcilla con 35.33%. En la E8, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 54.71% y con arcilla fue 4.71%. En la E9, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 65.78% y arcilla fue 17.51%.

**En junio de 2020**, en la E1, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 41.99% y arcilla con 5.11%. En la E2, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 46.12% y arcilla con 42.81%. En la E3, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 30.25% y arcilla con 39.07%. En la E4, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 50.50% y arcilla con 2.01%. En la E5, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 41.66% y arcilla con 0.75%. En la E6 el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 26.00% y arcilla con 43.33%. En la E7, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 42.68% y arcilla con 28.05%. En la E8, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 22.81% y con arcilla fue 42.11%. En la E9, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 32.14% y arcilla fue 37.14%.

**En julio de 2020**, en la E1 el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 50.0% y arcilla con 17.02%. En la E2, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 32.04% y arcilla con 38.83%. En la E3, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 46.94% y arcilla con 14.29%. En la E4, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 40.91% y arcilla con 9.09%. En la E5, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 28.43% y arcilla con 32.35%. En la E6, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 45.45% y arcilla con 44.44%. En la E7, el mayor porcentaje se presentó en limo medio con 37.50% y arcilla con 3.13%. En la E8, el mayor porcentaje se presentó en limo fino con 44.68% y con arcilla fue 10.64%. En la E9, el mayor porcentaje se presentó en limo grueso con 46.30% y arcilla fue 29.63%.

**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 enero a julio de 2022, fue la siguiente:**

**En enero de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.35% y arcilla con 6.30%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo



grueso con 32.53% y arcilla con 17.77%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.07% y arcilla con 16.19%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.01% y arcilla con 19.13%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 27.43% y arcilla con 25.23%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 38.36% y con arcilla fue 10.39%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 25.55% y arcilla fue 27.65%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 29.49% y arcilla fue 27.91%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.20% y arcilla fue 18.88%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 87.22% y arcilla fue 0.81%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.28% y arcilla fue 17.79%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 25.71% y arcilla fue 30.47%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 25.08% y arcilla fue 27.68%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 26.72% y arcilla fue 26.36%.

**En febrero de 2022**, en la E1 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 38.35% y arcilla con 14.63%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.73% y arcilla con 14.01%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 32.23% y arcilla con 18.67%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 39.73% y arcilla con 20.52%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.81% y con arcilla fue 16.56%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 35.13% y arcilla fue 18.91%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.61% y arcilla fue 16.90%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 47.41% y arcilla fue 9.67%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.08% y arcilla fue 17.84%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.78% y arcilla fue 24.24%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.89% y arcilla fue 25.42%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.85% y arcilla fue



247.83%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.05% y arcilla fue 21.07%.

**En marzo de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 40.18% y arcilla con 15.37%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.28% y arcilla con 17.07%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.25% y arcilla con 18.39%. En la E6 se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 25.82% y arcilla con 28.02%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 28.81% y con arcilla fue 24.87%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 26.27% y arcilla fue 50.84%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 29.75% y arcilla fue 23.41%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.65% y arcilla fue 16.33%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.41% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 19.67% con diámetro de 0.0039 mm.

En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 30.20% y arcilla fue 20.30%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 39.78% y arcilla fue 18.06%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.82% y arcilla fue 24.54%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 38.32% y arcilla fue 13.58%.

**En abril de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.57% y arcilla con 14.59%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 78.75% y arcilla con 3.58%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.25% y arcilla con 13.57%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.81% y arcilla con 33.64%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 30.07% y con arcilla fue 18.25%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.74% y arcilla fue 18.90%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 66.66% y arcilla fue 2.22%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con



37.11% y arcilla fue 15.04%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.21% y arcilla fue 36.84%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 49.59% y arcilla fue 9.47%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 46.88% y arcilla fue 22.00%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 47.18% y arcilla fue 5.19%.

En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.24% con diámetro de 0.063 mm y arcilla fue 14.32% con diámetro de 0.00195 mm. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 27.64% y arcilla fue 21.64%.

**En mayo 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 50.76% y arcilla con 12.06%. En la E2 que el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 65.73% y arcilla con 7.30%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.40% y arcilla con 15.30%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.12% y arcilla con 20.39%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.99% y arcilla fue 21.07%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.56% y arcilla fue 14.43%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 30.76% y arcilla fue 33.33%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.25% y arcilla fue 12.03%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.31% y arcilla fue 19.20%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.03% y arcilla fue 19.01%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 41.23% y arcilla fue 24.92%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.00% y arcilla fue 25.32%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 42.85% y arcilla fue 12.24%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.99% y arcilla fue 15.36%.

**En junio de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.94% y arcilla con 16.76%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 41.52% y arcilla con 6.77%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió



a limo grueso con 31.47% y arcilla con 19.30%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 29.94% y arcilla con 20.39%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.69% y arcilla fue 22.97%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 36.33% y arcilla fue 17.83%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 39.50% y arcilla fue 4.93%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.04% y arcilla fue 18.79%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 38.19% y arcilla fue 14.70%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 29.86% y arcilla fue 22.62%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.17% y arcilla fue 21.32%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 27.67% y arcilla fue 20.54%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.91% y arcilla fue 27.96%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 39.45% y arcilla fue 17.83%.

**En julio de 2022**, en la E1 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 40.88% y arcilla con 10.38%. En la E2 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 30.65% y arcilla con 16.78%. En la E3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.14% y arcilla con 18.04%. En la E4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 48.63% y arcilla con 10.61%. En la E5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.44% y arcilla con 16.94%. En la E6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 38.09% y con arcilla fue 15.12%. En la E7 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 84.01% y arcilla fue 5.01%. En la E8 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 44.82% y arcilla fue 17.24%. En la E9 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 44.44% y arcilla fue 23.80%. En la E10 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.87% y arcilla fue 23.74%. En la E11 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 40.34% y arcilla fue 8.52%. En la E12 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.72% y arcilla fue 19.08%. En la E13 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 31.50% y arcilla fue 17.50%. En la E14 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.51% y

arcilla fue 24.13%. En la E15 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.77% y arcilla fue 37.96%.

## VII. Conclusiones

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.

## SEDIMENTOS

**De enero a julio de 2022**, durante los primeros tres meses (enero, febrero y marzo) la draga continuaba trabajando en los canales de la zona Norte, por lo que se encontraban los sedimentos en suspensión, además no se presentaron lluvias en este periodo.

Sin embargo, durante el periodo de enero a julio de 2020 y 2022 y de acuerdo al análisis granulométrico de los sedimentos en las estaciones, se estableció que existen los siguientes grupos texturales:

Grupo I: Arenas medias, finas y muy finas.

Grupo II: Limos.

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 medio y arcillas.



**MARINA**  
SECRETARÍA DE MARINA

PUERTOS  
Y MARINA  
MERCANTE  
COORDINACIÓN GENERAL



En el caso de la Laguna del Valle de las Garzas y Puerto Interior-Tapeixtles, las arenas, se debe a los aportes del flujo de marea a través de la boca de la laguna y el cauce del río Punta de agua y los limos por la vegetación que se encuentra alrededor del área de estudio.

Para el caso de la laguna de Cuyutlán, las arenas, por el aporte del flujo de marea a través de la boca y los escurrimientos y los limos por la vegetación que está a su alrededor. Por su tamaño, el tipo de material predominante son las arenas gruesas que se puede asociar con zonas de alta energía y fuentes cercanas de sedimentos contrarias a los sedimentos finos comunes en zonas de baja energía.

## VIII. Bibliografía

- Badillo-Juárez y Rodríguez-Rico, 1997. Mecánica de Suelos. TOMO I. Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Ed. Limusa. 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.
- 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 UNAM. 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, 2022. Aviso de Ciclón Tropical en el Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua. Aviso No. 31 a 39 de julio.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2022. Aviso de Ciclón Tropical en el Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua. Avisos No. 15 de julio.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2022. Aviso de Ciclón Tropical en el Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua. Avisos No. 02 de julio.
- 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.