



MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS PARA CUMPLIR CON EL “PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE COMPROMISOS DE LA ADMINISTRACIÓN PORTUARIA INTEGRAL MANZANILLO S.A. DE C.V. (API MANZANILLO) DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS ORDENADAS POR LA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA) EN LA RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NO. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110” PARA LOGRAR LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS: VALLE DE LAS GARZAS Y CUYUTLÁN, COLIMA.

SELECCIÓN DEL SITIO EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN PARA RESTAURAR UN HUMEDAL MEDIANTE LA REFORESTACION DE MANGLE

INFORME ANUAL: AGOSTO 2019 A JULIO de 2020

Responsable: Alfonso Pescador Rubio

Elaboraron:

Alfonso Pescador Rubio, Arnoldo Campos, Zoraida León

Iris P. Bautista Gutiérrez y Marco Galicia Pérez

Revisó: Manuel Patiño Barragán



Agosto, 2020

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1 Objetivo	2
I.2 Objetivos específicos	2
II. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA	3
III. METODOLOGÍA	3
III.1 Salinidad del agua	5
III.2 Sedimentos.....	6
III.3 Reforestación y Supervivencia.....	8
IV. RESULTADOS.....	9
IV.1. Salinidad.....	9
IV.2. Sedimentos y estructura del suelo.....	13
IV.3 Reforestación.....	30
V. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	31
VI. TENDENCIA DE LA CALIDAD AMBIENTAL	42
VI.1 Sugerencias para Mejorar la Calidad Ambiental	43
VII. CONCLUSIONES:	43
VIII. BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A) Vista general del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán donde se aprecia la división por el “Dique Salinero” creado para dar lugar al Vaso IV. B) Se resaltan en colores los “islotos” de marisma que se evaluaron y seleccionaron para la reforestación. En los diversos sitios que se ilustran, se muestran puntos de color rojo y verde, que representan la localización geográfica de cada una de las plantas reforestadas, tanto muertas como vivas, respectivamente al mes de julio 2020. C) Similar a “B”, se resaltan los islotos y se codifican para mostrar la superficie que corresponde a cada uno. Los puntos blancos resaltan la totalidad de las plantas piloto de mangle reforestadas.....	5
Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo para la obtención de sedimentos y otras variables fisicoquímicas asociadas a estos en el Vaso III.	6
Figura 3. A) Patrón estacional de la salinidad intersticial en el periodo de estiaje e inicio del periodo de lluvia (enero-julio 2020) en la zona de los islotos reforestados. B) Patrones estacionales de supervivencia de las poblaciones reforestadas de mangle rojo y mangle negro entre enero y julio en diversos islotos (ilustrados en la Figura 1B y 1C).....	12
Figura 4. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso IV (noviembre 2019).	14
Figura 5. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (dic. 2019).	14
Figura 6. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (enero, 2020)....	15
Figura 7. Cantidad de materia orgánica en las 6 estaciones (febrero, 2020).	15
Figura 8. Materia orgánica en sedimentos en las 6 estaciones del Vaso III (marzo, 2020).	16
Figura 9. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (abril, 2020).	16
Figura 10. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (mayo, 2020). ..	17
Figura 11. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (junio, 2020). ...	17
Figura 12. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III, julio 2020.....	18
Figura 13. Distribución de las arenas en las 6 estaciones (nov, 2019).	19
Figura 14. Distribución de las arenas en las 6 estaciones (dic., 2019).....	19
Figura 15. Distribución de las arenas en las 6 estaciones (ene., 2020).	20
Figura 16. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (feb., 2020).	20
Figura 17. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (marzo, 2020).	21
Figura 18. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (abril, 2020).	21
Figura 19. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (mayo, 2020).	22
Figura 20. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (jun., 2020).	22
Figura 21. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (jul., 2020).....	23
Figura 22. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 6 estaciones (noviembre, 2019).	25
Figura 23. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (diciembre, 2019).	26
Figura 24. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 6 estaciones (enero, 2020).	26
Figura 25. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (febrero, 2020).	27

Figura 26. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (marzo 2020).	27
Figura 27. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (abril, 2020).....	28
Figura 28. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (mayo, 2020).....	28
Figura 29. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (junio, 2020).....	29
Figura 30. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (julio, 2020).	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.....	7
Tabla 2. A) Resumen de agosto 2019 a diciembre 2020, de la salinidad del agua superficial e intersticial de la zona de estudio preliminar, adyacente al “Dique Salinero, con marisma del Vaso III y IV, en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, México. B) Resumen de la supervivencia de las plantas reforestadas a julio de 2020. Se reporta: la superficie reforestada del islote, el número de plantas reforestadas en cada uno, el total de plantas que han sobrevivido hasta julio 2020 y el porcentaje de supervivencia correspondiente. ..	10
Tabla 3. Resumen de las características del suelo en los sitios donde se tomaron muestras de suelo. Se reportan: valores de salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y pH del agua intersticial.	13
Tabla 4. Parámetros pertenecientes a la escala de Udden-2.	24

I. INTRODUCCIÓN.

Los humedales de México incluyen a los humedales costeros, mismos que tienen como componente principal a los bosques de manglar; éstos tienen un importante papel ecológico debido a la riqueza natural que contienen y a los servicios ambientales que ofrecen a las sociedades humanas. Una de las cualidades que estos ecosistemas tienen es, su capacidad fisiológica para procesar la sal que contiene el agua de mar (CONABIO, 2008) y que convierte el espacio costero en el nicho exclusivo de las especies vegetales halófitas.

El estado de Colima cuenta con las cuatro especies de mangle presentes en nuestro país, las cuales son: mangle rojo, *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae); mangle negro, *Avicenia germinans* L. (Avicenniaceae); mangle blanco, *Laguncularia racemosa* L. (Combretaceae) y mangle botoncillo *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae) (CONABIO, 2009). Todas ellas están consideradas bajo protección especial por la legislación ambiental mexicana según NOM-022-SEMARNAT-2003 (Diario Oficial de la Nación, 2003); por otro lado, para su conservación y restauración existe una reglamentación especial dada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Nación, 2010).

Aun cuando los bosques de manglar ofrecen una gran cantidad de servicios ambientales, éstos se encuentran entre los ecosistemas más amenazados debido a la tala para la producción de madera, carbón y colorantes (taninos); además, debido a la proliferación de salineras y estanques para la cría de camarón, mismos que frecuentemente carecen de un manejo adecuado, generando afectaciones que degradan a los ecosistemas acuáticos costeros (Sánchez y Álvarez, 2008). Otro factor importante que ha fomentado la eliminación de estos bosques es el cambio del uso de suelo para la construcción de puertos y el desarrollo de zonas hoteleras en el país (Zamora y Cortés, 2009).

En consecuencia, la desaparición progresiva de los manglares y otros humedales, así como el reconocimiento de sus funciones y servicios ha generado la necesidad de emprender acciones para su restauración y conservación. A pesar de los proyectos de

reforestación, se tiene la dificultad en la regeneración completa del manglar, debido a diversos factores ambientales que afectan su establecimiento (Argüello, 2008). Entre otros, sobresale el resultado de la interacción de factores como la geomorfología, niveles de inundación, textura y temperatura del sustrato, pH, salinidad, nivel de nutrientes, la producción y dispersión de propágulos, competencia con otras especies vegetales, la herbívora (parásitos e insectos), patógenos y la respuesta fisiológica de las diversas especies a los gradientes de salinidad y las interacciones con otras especies vegetales; todas estas condiciones modifican la distribución del manglar y su diversidad florística (Tomlinson, 1986).

I.1 Objetivo

Evaluar una superficie de 20 ha en los Vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán con el fin de garantizar una reforestación con las siguientes especies de manglar: *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae); mangle negro, *Avicennia germinans* L. (Acanthaceae) y *Laguncularia racemosa* L. (Combretaceae), en función de las Consideraciones del Término Séptimo, Condicionante 7 inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.

Se desarrollaron los siguientes:

I.2 Objetivos específicos

- a) Realizar estudio diagnóstico de la condición actual en una superficie total de 20 ha (Vaso III y IV) y el seguimiento durante 12 meses (agosto 2019- julio 2020) de los siguientes indicadores:
- b) Realizar un análisis de sedimento y salinidad del agua intersticial y de superficie en las 20 ha ya citadas y hacer un seguimiento de estos indicadores durante 12 meses (agosto 2019- julio 2020).
- c) Llevar a cabo una reforestación piloto con 50 plantas/ha, y hacer el seguimiento de su crecimiento y supervivencia hasta julio 2020, como un indicador adicional al análisis de sustratos.

II. INDICADORES AMBIENTALES Y METAS DEL PROGRAMA

Los indicadores ambientales de este programa son el comportamiento de *Batis marítima* y otras especies halófitas, la variación de los sedimentos, la calidad del agua intersticial y la sobrevivencia de reforestación piloto de 50 plantas/ha que ayuden a determinar el éxito de la Reforestación para atender a la Condicionante 7 inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.

La meta del programa se relaciona con determinar condiciones adecuadas para reforestar 20 ha (Vaso IV) que permita demostrar un buen crecimiento y desarrollo.

III. METODOLOGÍA

Inicialmente se delimitó un área o áreas de la Laguna de Cuyutlán con una superficie de *Batis marítima* (marismas) mayor a 20 ha (**Figura 1**). Conforme se llevó a cabo el estudio se tomaron muestras de agua superficial e intersticial y de sedimento, en subáreas de marisma hasta completar las 20 ha o más. Las muestras se trasladaron a los laboratorios de la Universidad de Colima, donde se realizaron los análisis pertinentes.

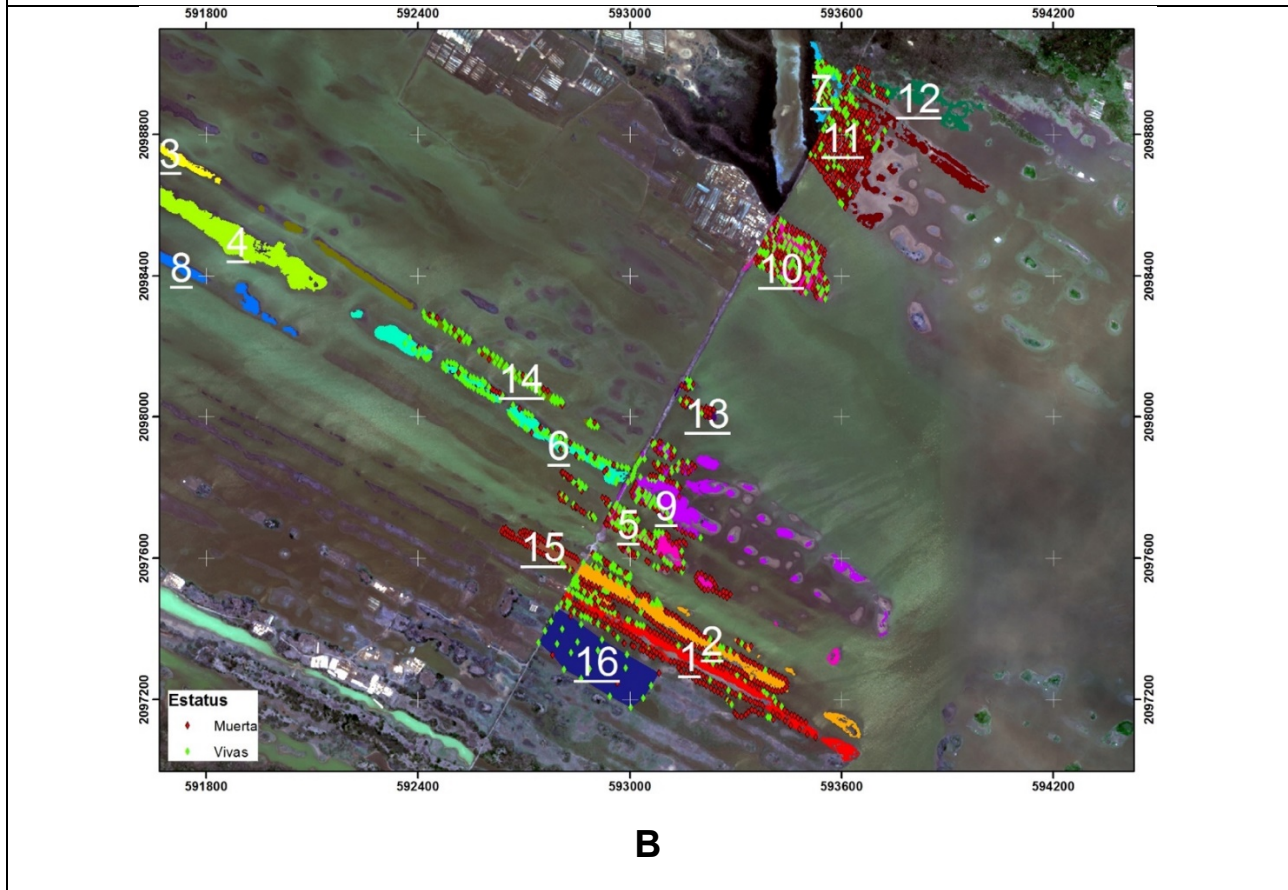
Posteriormente, con base en la variación de los indicadores entre agosto y diciembre 2019, se determinó en qué áreas se llevaría a cabo la reforestación piloto de plantas de mangle rojo y negro. Los valores óptimos de salinidad, tanto intersticial como superficial, se consideraron en un rango de 0 a 60 UPS; en cuanto a nivel freático éste se mantuvo en un rango de 0 a 60 cm. En adición, se consideró como área reforestable toda superficie cubierta por plantas halófitas como *Batis marítima*.

Todas las plantas reforestadas de mangle rojo y negro, fueron registradas en una base de datos, asignándoles un número consecutivo del 1 al 1480; asimismo cada planta fue identificada en campo con un gafete plástico, que le fue colocado a la planta en una rama o en el fuste principal. Finalmente su posición geográfica fue registrada para ser localizada en una imagen satelital. A partir de esta información con los patrones de

supervivencia se eligieron las zonas más aptas para la supervivencia de las plantas de mangle.



A



B

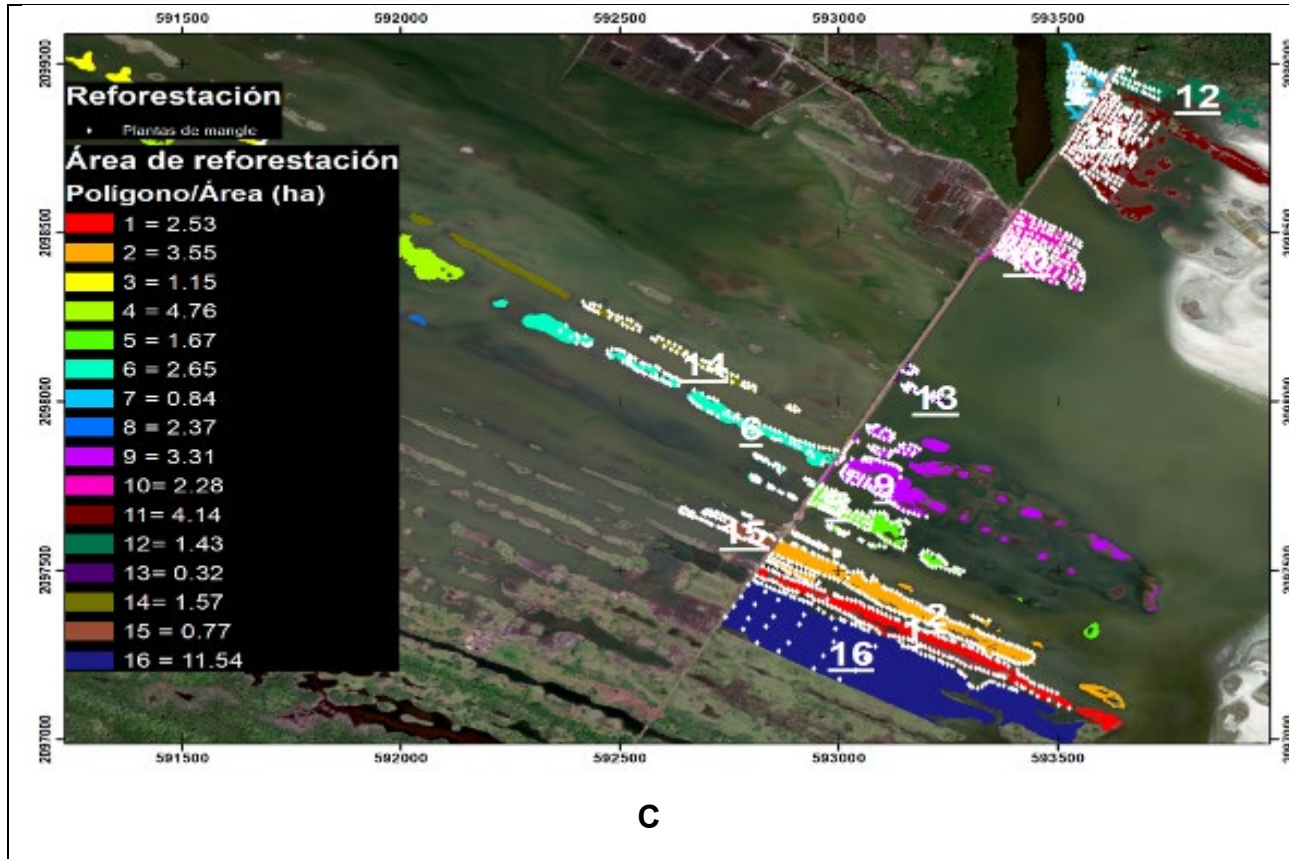


Figura 1. A) Vista general del Vaso III de la Laguna de Cuyutlán donde se aprecia la división por el “Dique Salinero” creado para dar lugar al Vaso IV. B) Se resaltan en colores los “islotos” de marisma que se evaluaron y seleccionaron para la reforestación. En los diversos sitios que se ilustran, se muestran puntos de color rojo y verde, que representan la localización geográfica de cada una de las plantas reforestadas, tanto muertas como vivas, respectivamente al mes de julio 2020. C) Similar a “B”, se resaltan los islotes y se codifican para mostrar la superficie que corresponde a cada uno. Los puntos blancos resaltan la totalidad de las plantas piloto de mangle reforestadas.

III.1 Salinidad del agua

La salinidad del agua superficial e intersticial se estimó utilizando un refractómetro y un Multiparámetro YSI (según fuera necesario). Las muestras de agua superficial se tomaron al margen de la marisma donde inicia el espejo de agua de la laguna; por otro lado, la muestra de agua intersticial se tomó de una fosa cavada entre la marisma, en sitios donde no haya inundación en el momento de la recolecta de la muestra (asimismo, en estos se determinó el nivel freático de cada fosa).

III.2 Sedimentos

Para el muestreo de sedimentos mensual, de agosto 2019 a julio 2020, se seleccionaron 6 sitios de manera aleatoria en el polígono de 5 hectáreas y una vez obtenidas las muestras se trasladaron al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Colima con el fin de realizar el análisis granulométrico (**Figura 2**). En la **Tabla 1** se observa las coordenadas de dichos puntos de muestreo.

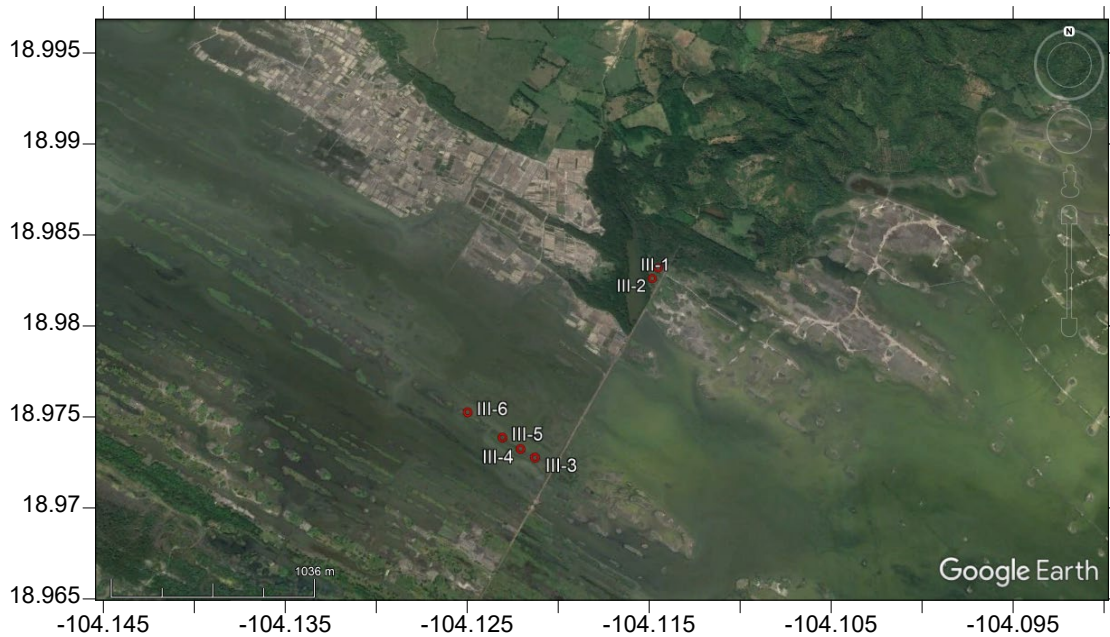


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo para la obtención de sedimentos y otras variables fisicoquímicas asociadas a estos en el Vaso III.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.

Estaciones	Latitud	Longitud
III-1	18°58'51.92"N	104° 6'39.66"O
III-2	18°58'49.80"N	104° 6'40.90"O
III-3	18°58'16.50"N	104° 7'3.20"O
III-4	18°58'18.00"N	104° 7'5.90"O
III-5	18°58'20.00"N	104° 7'9.30"O
III-6	18°58'24.50"N	104° 7'16.00"O

Una vez colectadas las muestras de sedimento, se procedió a realizar el análisis granulométrico. Se observó que el material fue 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 en 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 quedara 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.

Por último, se llevó a cabo la suma de los pesos retenidos considerando 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).

III.3 Reforestación y Supervivencia.

Las campañas de reforestación iniciaron en el mes de diciembre 2019 y concluyeron el mes de enero 2020. En total se reforestaron 1,480 plantas de mangle rojo y negro. Estas campañas estuvieron dirigidas a las zonas donde se realizó el estudio de salinidad de agua superficial, salinidad de agua intersticial y de sedimentos. En total se evaluaron aproximadamente 40 ha, previo a la selección de superficies a reforestar; entre éstas, finalmente se eligieron 34 ha para ser reforestadas. En el curso de las campañas de reforestación, esta superficie se redujo a 20 ha para cumplir con el compromiso de plantar en ellas, propágulos de mangle como plantas piloto y así determinar si las áreas elegidas son útiles para la restauración del manglar. Las plantas reforestadas tuvieron una edad en vivero de 9-12 meses; éstas mismas fueron obtenidas a partir de propágulos obtenidos en la Laguna de Cuyutlán, y sembradas en bolsas de plástico de 4 litros de volumen, con un sustrato vegetal.

IV. RESULTADOS

IV.1. Salinidad.

En los meses de agosto a diciembre 2019, se evaluaron aproximadamente 40 ha de islotes con marisma. En la **Tabla 2** se muestra la salinidad intersticial y superficial promedio mes a mes de un total de 190 muestras. A partir de este resumen fue posible concluir que esta zona de marisma tenía las condiciones para recibir plántulas de mangle rojo y negro, y así evaluar el potencial del lugar para restaurar allí bosques de manglar. En general la salinidad superficial fluctuó alrededor de valores cercanos a la salinidad del mar: 36 ups. Con un rango de 30 a 42 ups aproximadamente este espacio mostró contundentemente su vocación para el crecimiento de las plantas de mangle negro y rojo primordialmente. Por otro lado, la salinidad intersticial, también se mantuvo en valores cercanos a 50 ups, que comúnmente se reconocen como valores de salinidad en los que el mangle se desarrolla exitosamente.

Por otro lado, una vez que se eligieron las zonas a reforestar, la distribución de los puntos de muestreo de salinidad se modificó y sólo se midió salinidad intersticial en 26 puntos, asociados a las zonas de reforestación. En julio de 2020 se concluyeron 7 meses continuos de monitoreo en los 26 puntos de estudio de la salinidad intersticial; todos localizados estratégicamente para evaluar una amplia zona de marisma, del Vaso III y IV **Tabla 3**.

En la **Figura 1B y 1C** se muestran con diversos colores y con números consecutivos los islotes de marismas reforestadas, mismas donde están los pozos donde se mide la salinidad intersticial. En la **Figura 3A** se muestra la progresión de la salinidad intersticial de los sedimentos. El patrón que se observa es muy prominente, por un lado hay varios islotes donde la salinidad se mantiene baja varios meses y otros donde la salinidad incrementó rápidamente a valores superiores a 70 ups; todos los islotes llegaron a tener un nivel de salinidad muy alto en junio 2020; varios de ellos en niveles de saturación ó100 ups. En cuanto al nivel freático podemos concluir que conforme avanzó el estiaje (periodo seco del año) el nivel de salinidad aumentó fuertemente, llegando a tener un

rango de 100 -a- 120 cm en los pozos de muestreo. El nivel más bajo registrado fue de 10 cm de profundidad, al inicio y al final del estiaje; este patrón sugiere que la influencia de la zona montañosa es crucial para mantener un nivel de salinidad bajo en el cuerpo de agua, esto debido a los escurrimientos superficiales y subterráneos de agua provenientes del continente que alimentan a la Laguna de Cuyutlán. Así, en los meses previos al inicio de lluvias, incluyendo el mes de junio, la salinidad intersticial llegó a su máximo con niveles de 70-a-100 UPS, para posteriormente disminuir dramáticamente con las lluvias en julio, descendiendo a un rango de 38-72 UPS aproximadamente (Figura 3A). En julio en promedio los islotes presentan un nivel de salinidad intersticial de $57 \pm$ (ESM=3.5) UPS. Finalmente, al revisar la **Figura 3A**, observamos que en un número importante de sitios de muestreo los valores son menores a 60 UPS, lo que refleja el ingreso sustancial de agua continental como se mencionó anteriormente.

Tabla 2. A) Resumen de agosto 2019 a diciembre 2020, de la salinidad del agua superficial e intersticial de la zona de estudio preliminar, adyacente al “Dique Salinero, con marisma del Vaso III y IV, en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, México. B) Resumen de la supervivencia de las plantas reforestadas a julio de 2020. Se reporta: la superficie reforestada del islote, el número de plantas reforestadas en cada uno, el total de plantas que han sobrevivido hasta julio 2020 y el porcentaje de supervivencia correspondiente.

A)

MES	No. De muestras (n)	Salinidad superficial (error estándar)	Salinidad intersticial (error estándar)
AGOSTO	Superficial = 32 Intersticial = 26	41.3 (3)	66.3 (1.7)
SEPTIEMBRE	Superficial =21 Intersticial =6	29.8 (0.32)	52.5 (21)
OCTUBRE	Intersticial = 26 Intersticial =6	30.42 (0.3)	51.9 (18)
NOVIEMBRE	Superficial =10 Intersticial =25	31.4 (0.4)	51.8 (4.8)
DICIEMBRE	Superficial =22 Intersticial =16	41.84 (5)	48.5 (4.3)
Promedios (error estandar)		35 (2.7)	54.2 (3.1)

B)

Sitio	Área	Área REFORESTADA	# Plantas Reforestadas	No. de plantas vivas julio 2020	Porcentaje de supervivencia
1	2.53	2.53	138	15	10.9
2	3.55	3.55	186	58	31.2
5	1.67	1.67	137	56	41
6	2.65	2.65	151	102	68
7	0.84	0.84	69	44	64
9	3.31	2.21	106	53	50
10	2.28	2.28	183	79	43.2
11	4.14	3.2	227	53	23.3
12	1.43	0.43	31	7	22.6
13	0.32	0.32	28	8	29
14	1.57	0.85	69	53	77
15	0.77	0.77	70	19	27
16	11.54	6.75	82	34	41.5
Total	36.6	28.05	1477	581	Prom = 40.7 ESM=5.5

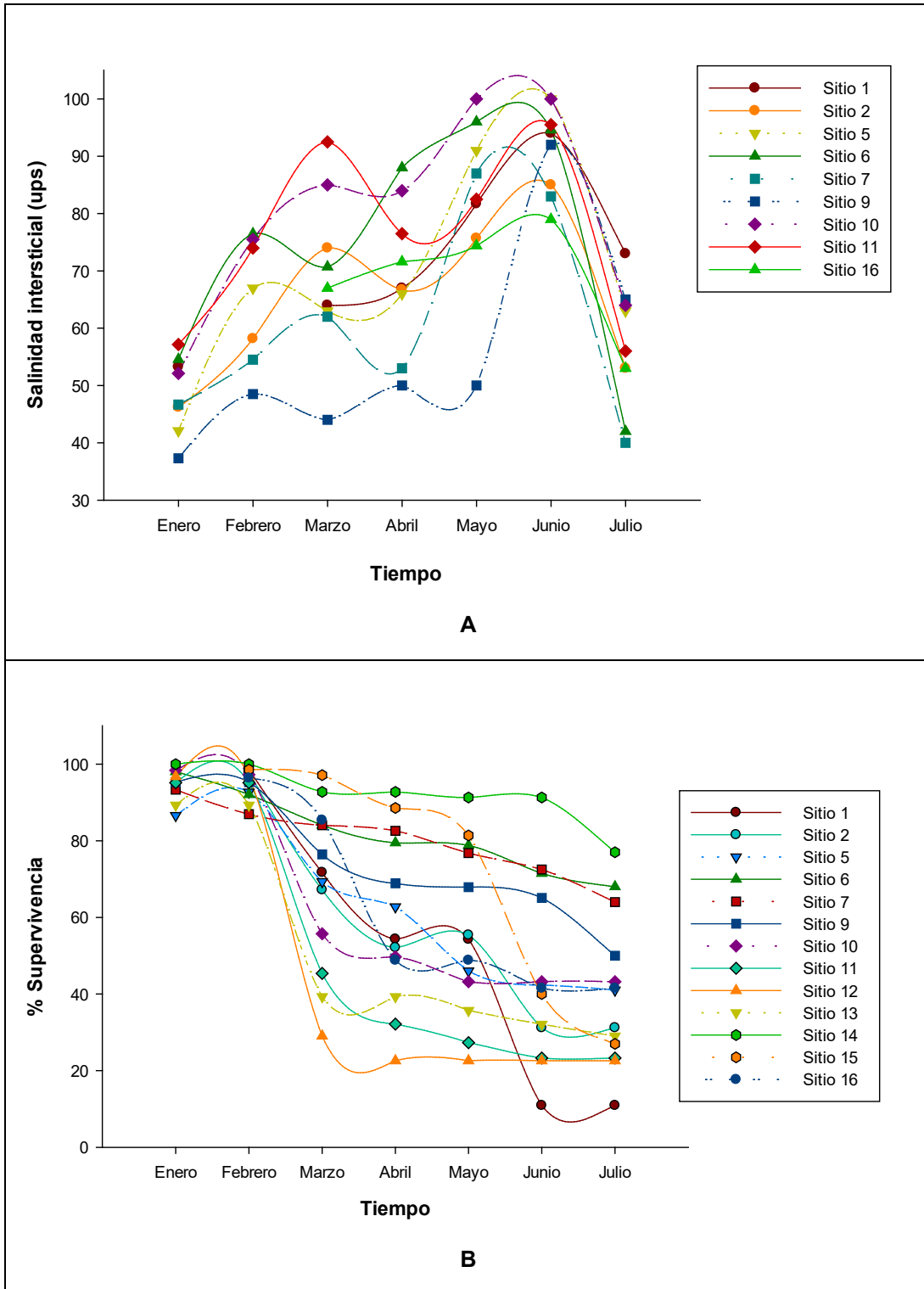


Figura 3. A) Patrón estacional de la salinidad intersticial en el periodo de estiaje e inicio del periodo de lluvia (enero-julio 2020) en la zona de los islotes reforestados. B) Patrones estacionales de supervivencia de las poblaciones reforestadas de mangle rojo y mangle negro entre enero y julio en diversos islotes (ilustrados en la Figura 1B y 1C).

Tabla 3. Resumen de las características del suelo en los sitios donde se tomaron muestras de suelo. Se reportan: rangos de valores de salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y pH del agua intersticial.

Estaciones	Salinidad	OD	T	pH
III-1	36.9-63.7	0.1-0.3	27.3-30.9	6.88-7.26
III-2	12.3-62.0	0.1-0.9	28.5-30.4	6.63-8.39
III-3	42.1-68.1	0.5-0.5	28.5-31.2	6.93-8.3
III-4	42.2-69.2	0.3-1.3	28.9-30.6	7.94-8.46
III-5	44.9-70.1	0.2-0.7	28.6-30.0	7.77-8.27
III-6	43.6-69.7	0.3-1.2	29.1-30.2	7.93-7.66
III-7	47.3-71.1	0.1-1.3	30.5-32.9	7.85-7.95

IV.2. Sedimentos y estructura del suelo.

Materia Orgánica en sedimentos

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. Después, se fueron agregados 30 ml de peróxido de hidrógeno al 10 % y se dejaron en reposo mientras ocurría la reacción de eliminación de materia orgánica. Al cesar la reacción de la muestra se agregó 200 ml de agua destilada, se agitó durante 15 min y nuevamente se dejaron reposar hasta que el material sedimentario se depositara. Una vez sedimentado el material, dos días después fueron colocadas en el horno durante 24 horas para eliminar los residuos de agua y concluido este tiempo se colocaron en el desecador durante 4 horas. La diferencia entre el peso inicial y el resultante al término de este proceso es el total de la materia orgánica contenida. Es importante aclarar que los muestreos de sedimentos en la laguna de Cuyutlán se iniciaron a partir del mes de noviembre de 2019 y finalizó en julio 2020, debido a que todavía no se conocía el lugar exacto de la reforestación. De la **Figura 4 a la 12** muestran la materia orgánica obtenida en las 6 muestras de noviembre 2019 a julio 2020.

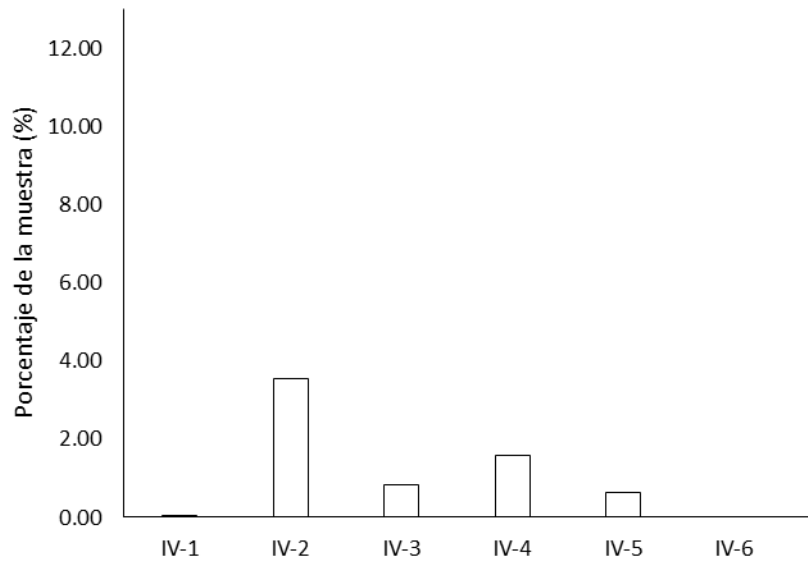


Figura 4. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso IV (noviembre 2019).

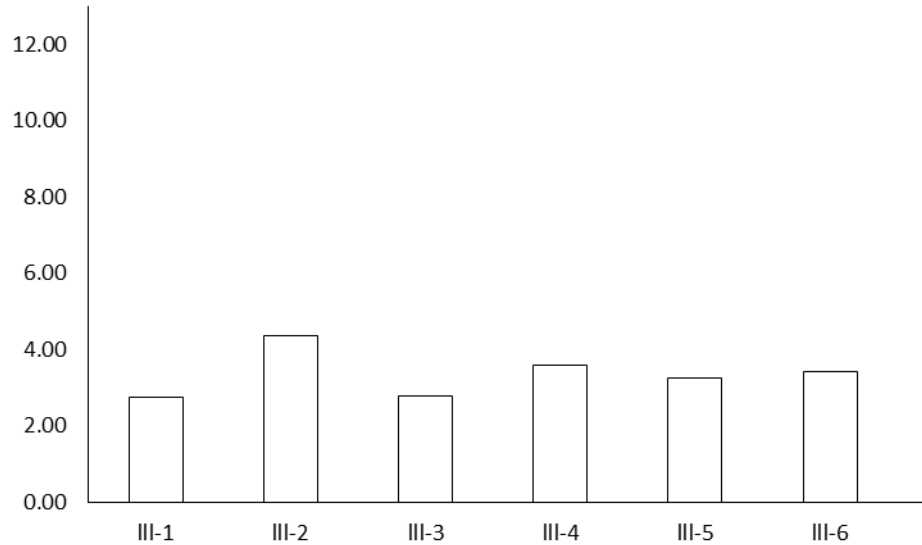


Figura 5. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (dic. 2019).

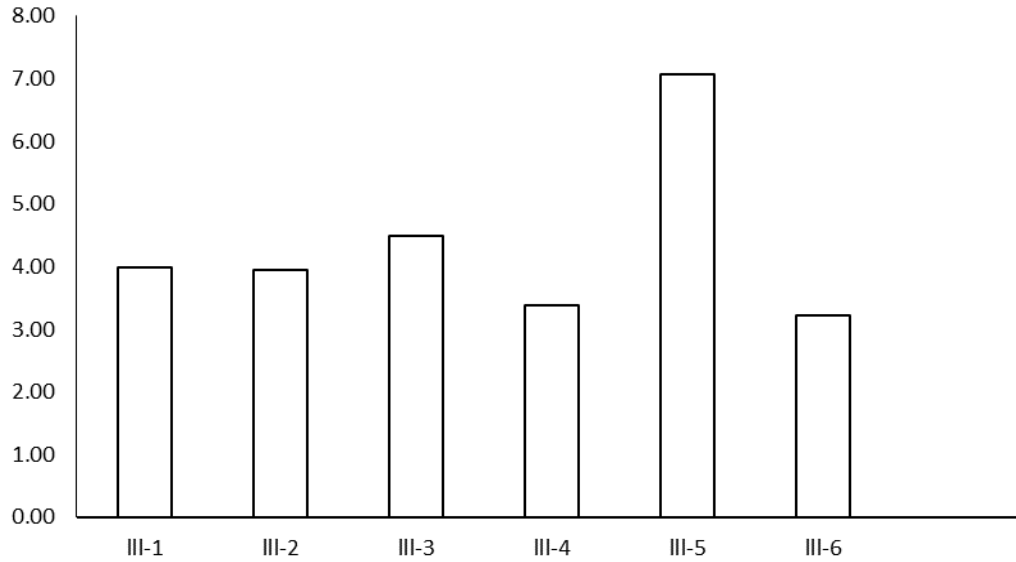


Figura 6. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (enero, 2020).

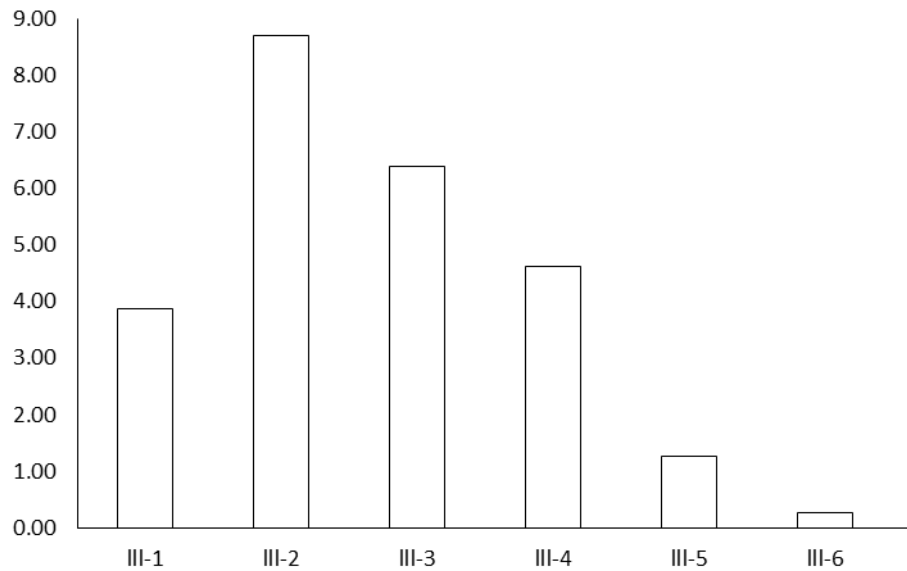


Figura 7. Cantidad de materia orgánica en las 6 estaciones (febrero, 2020).

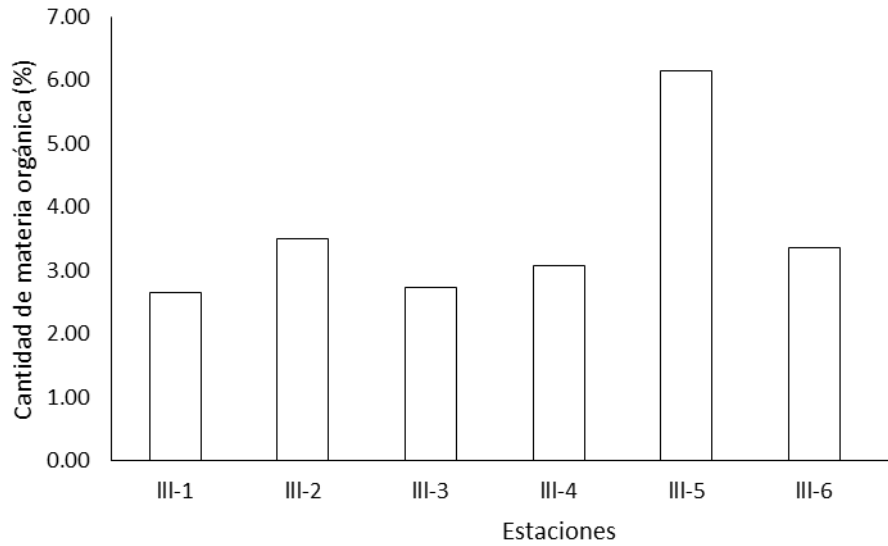


Figura 8. Materia orgánica en sedimentos en las 6 estaciones del Vaso III (marzo, 2020).

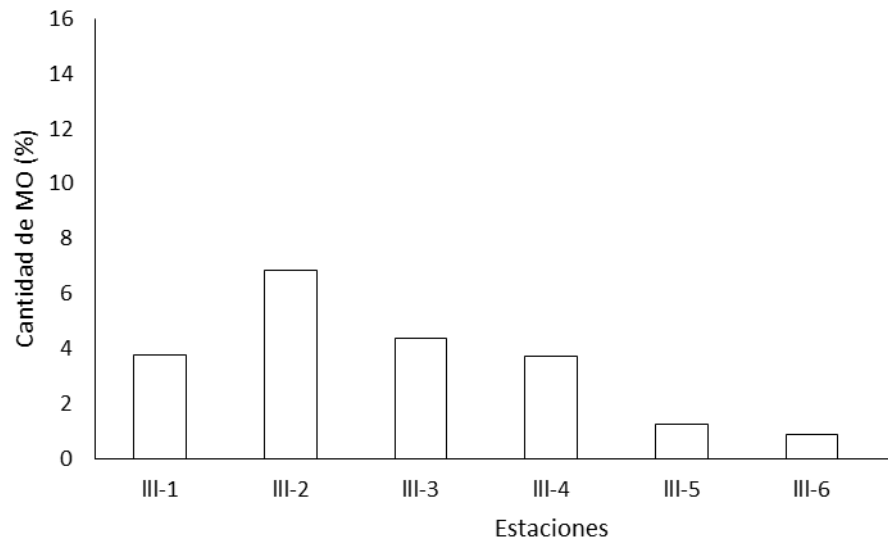


Figura 9. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (abril, 2020).

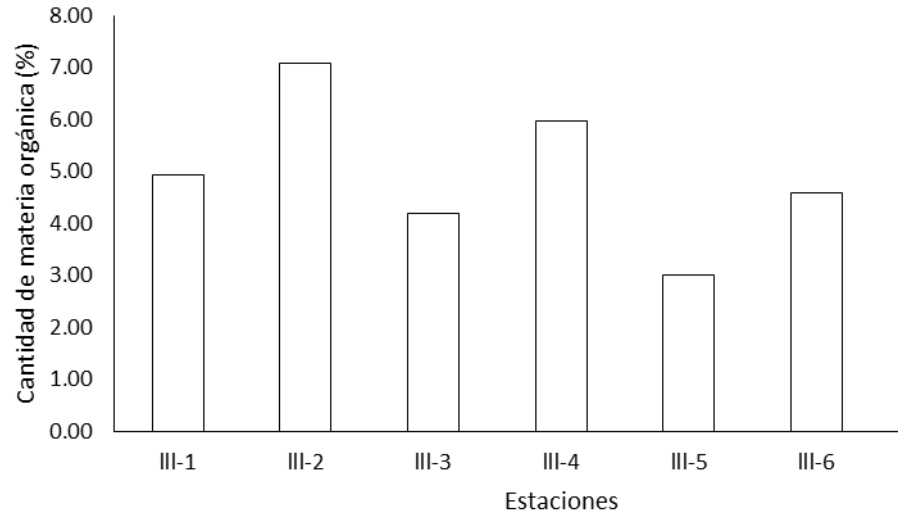


Figura 10. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (mayo, 2020).

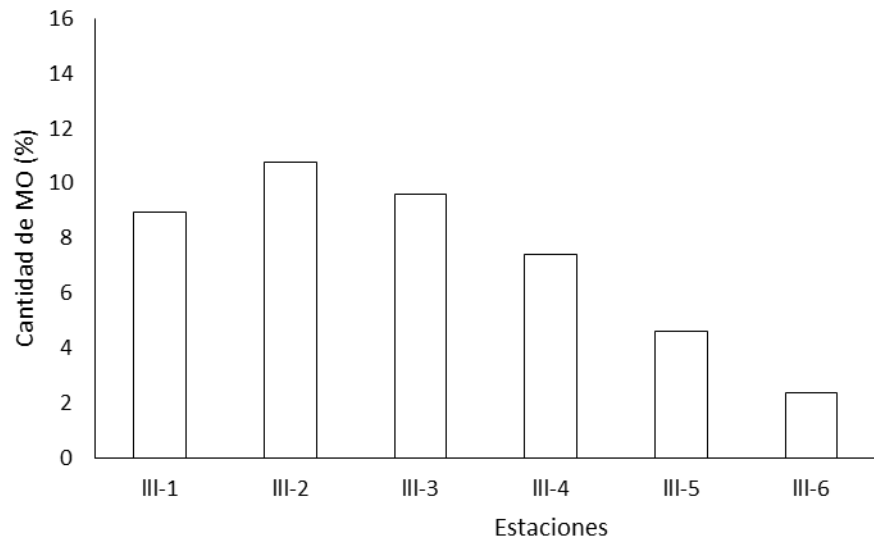


Figura 11. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III (junio, 2020).

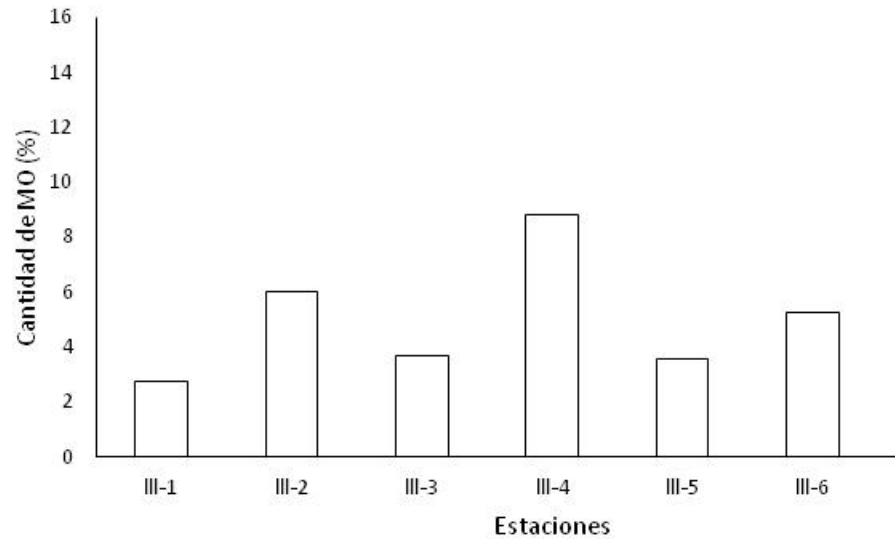


Figura 12. Distribución de la materia orgánica en las 6 estaciones del Vaso III, julio 2020.

Enseguida se muestran los resultados obtenidos en el análisis granulométrico de los 6 sitios de noviembre 2019 a julio 2020 (**Figura 13 a la 21**).

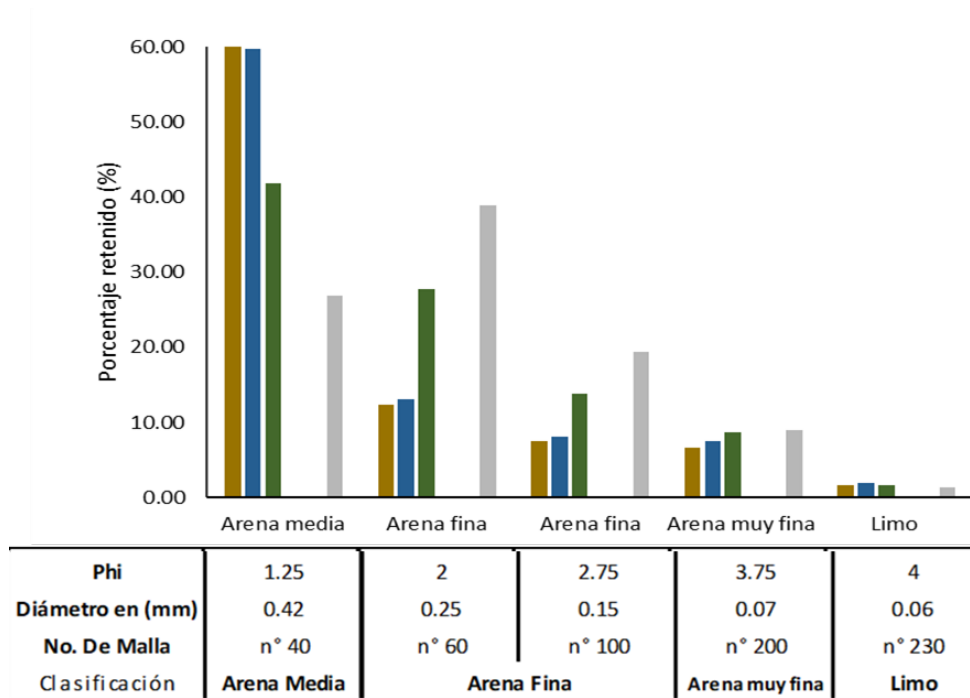


Figura 13. Distribución de las arenas en las 6 estaciones (nov, 2019).

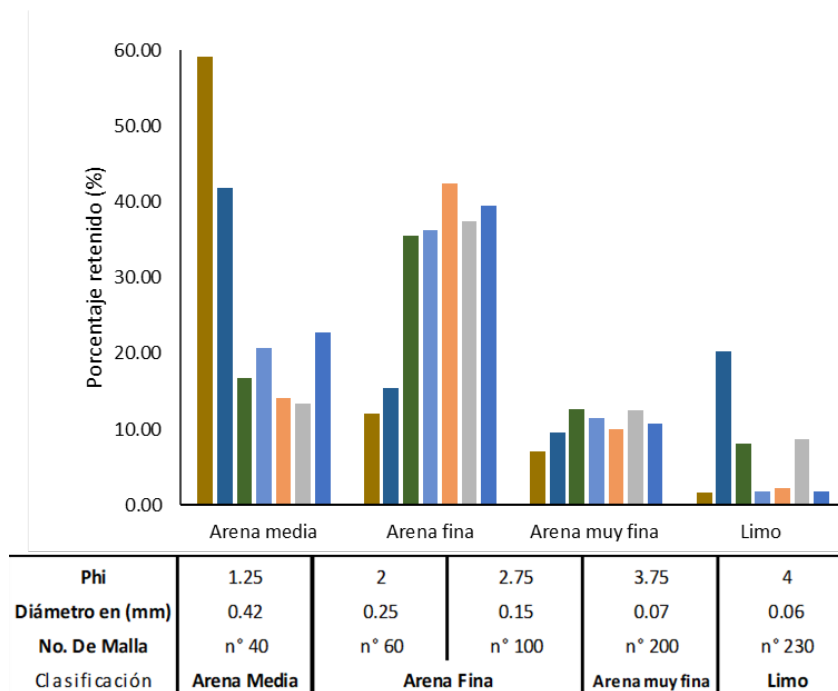


Figura 14. Distribución de las arenas en las 6 estaciones (dic., 2019).

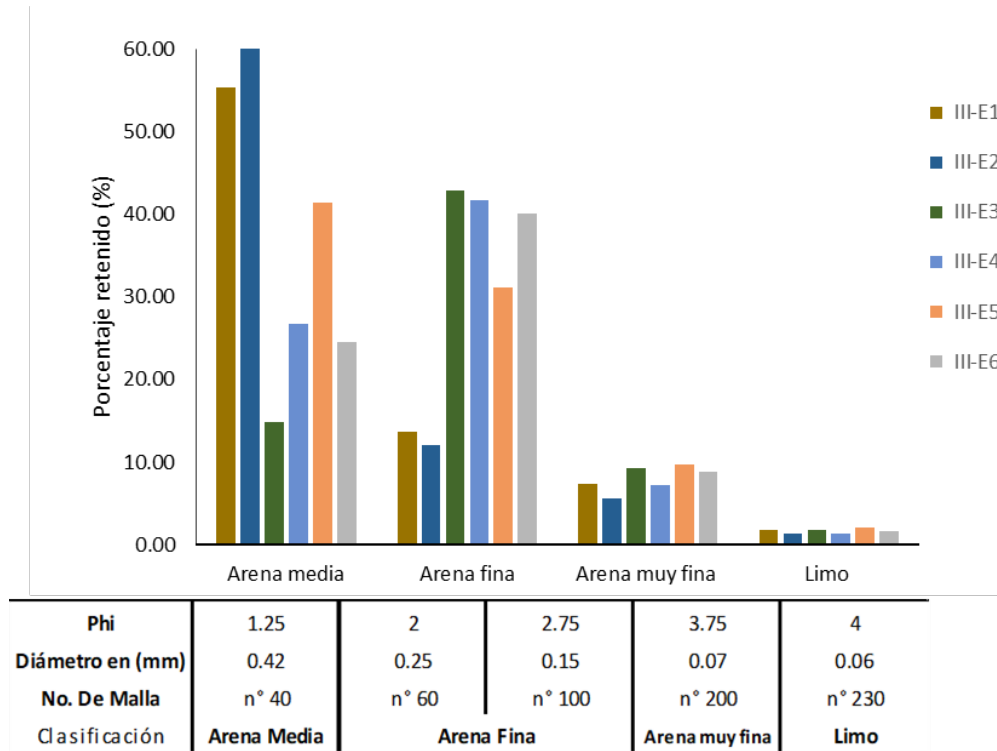


Figura 15. Distribución de las arenas en las 6 estaciones (ene., 2020).

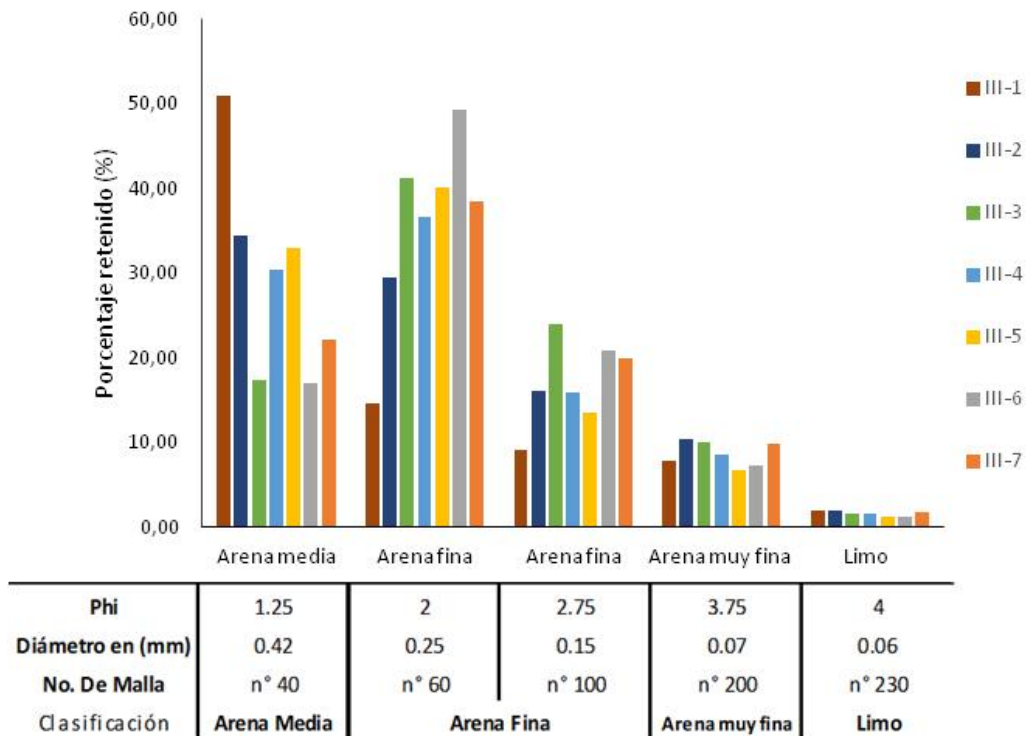


Figura 16. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (feb., 2020).

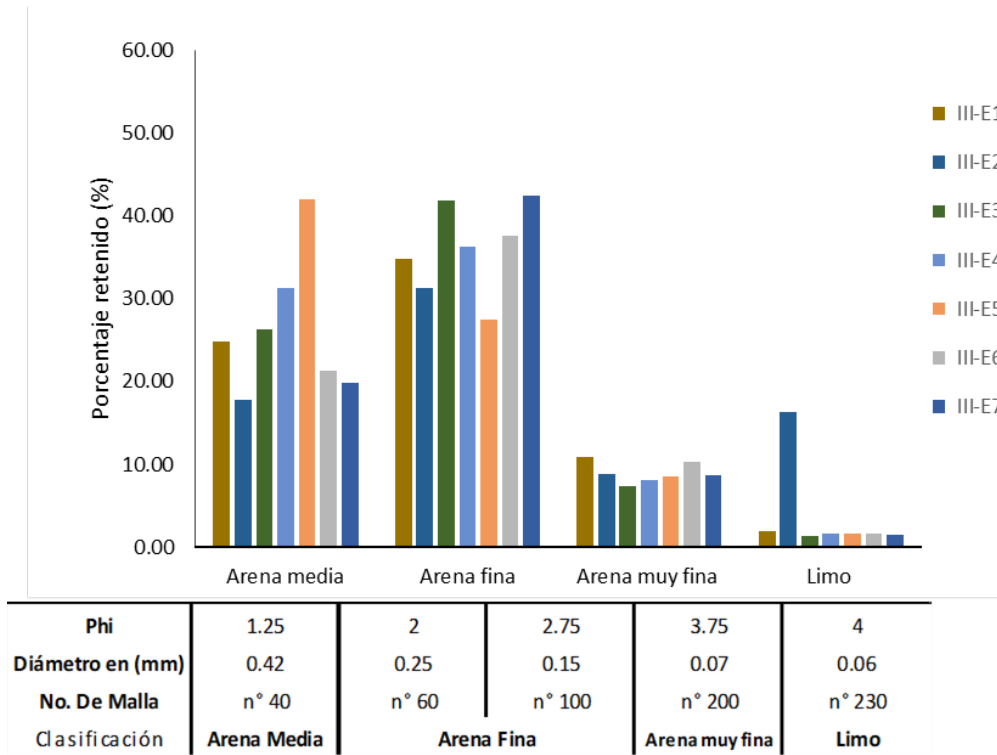


Figura 17. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (marzo, 2020).

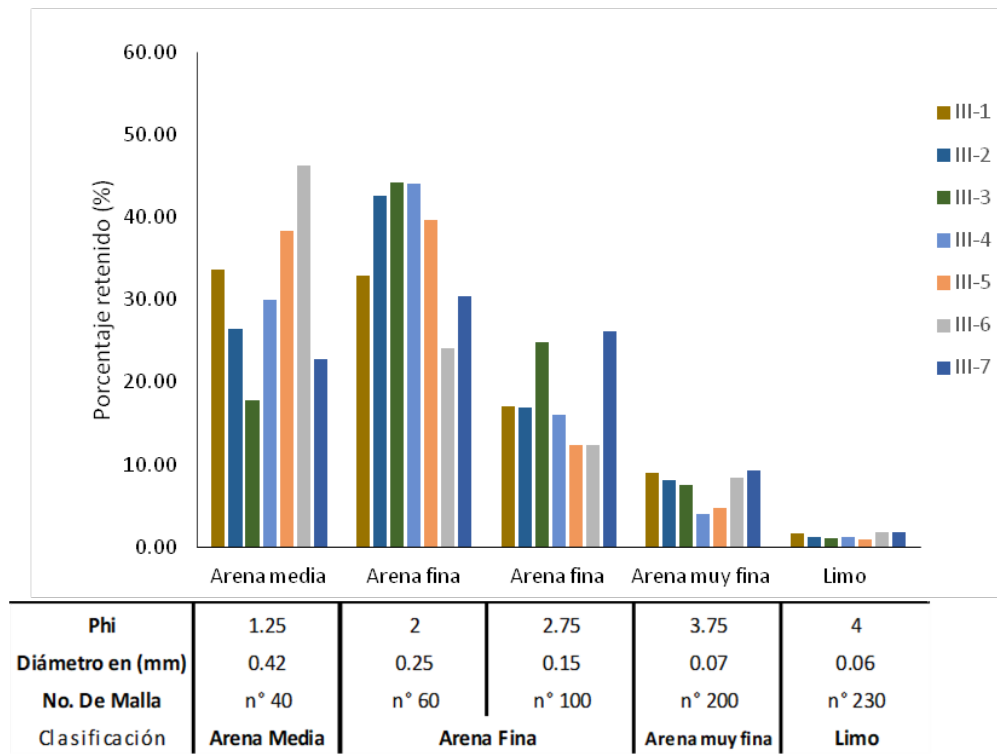


Figura 18. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (abril, 2020).

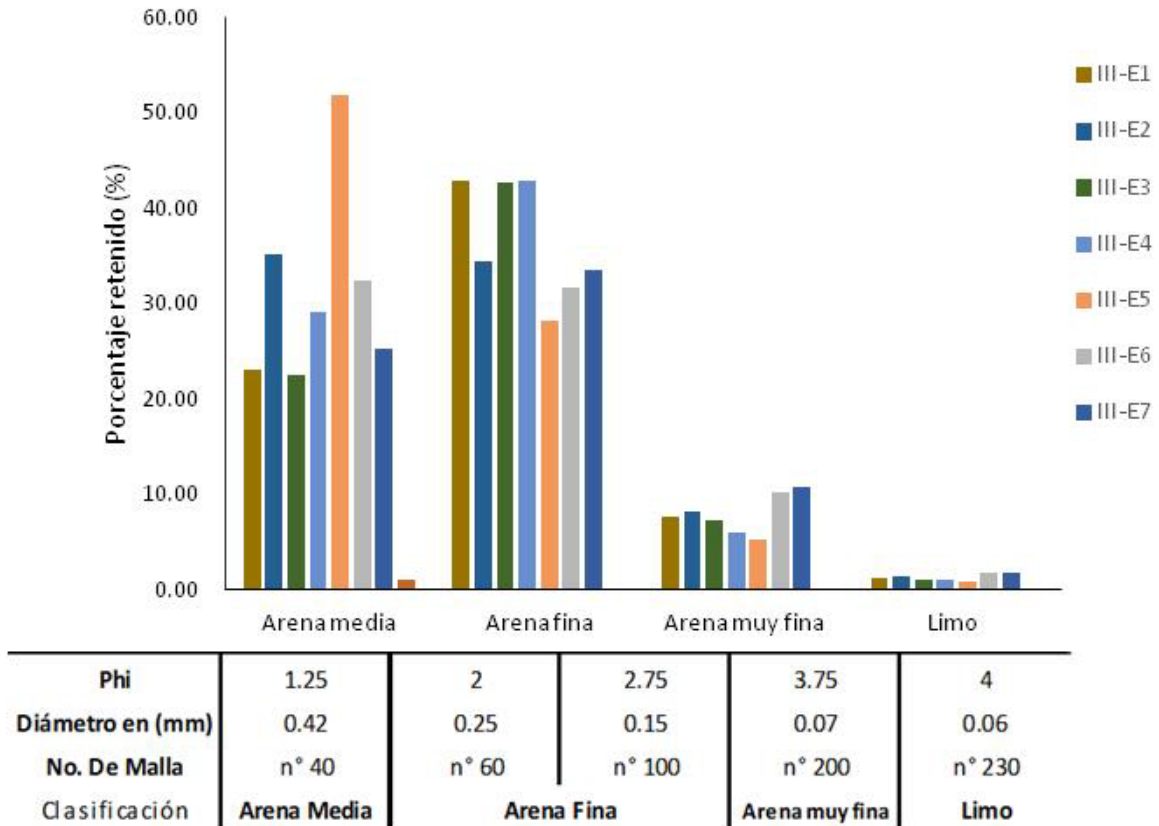


Figura 19. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (mayo, 2020).

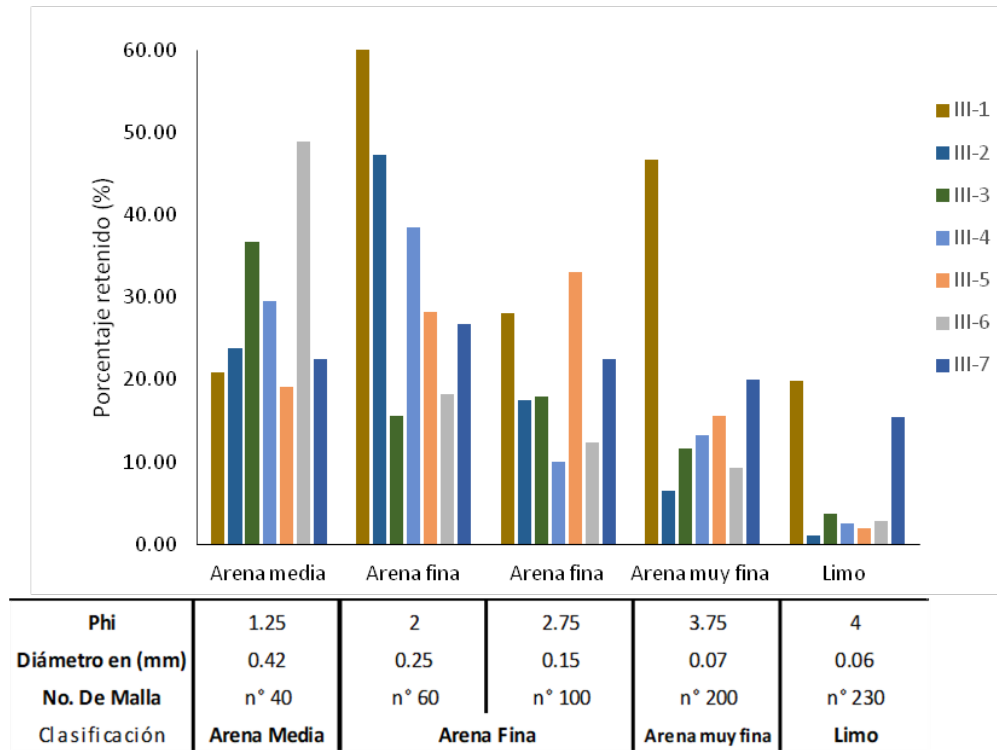


Figura 20. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (jun., 2020).

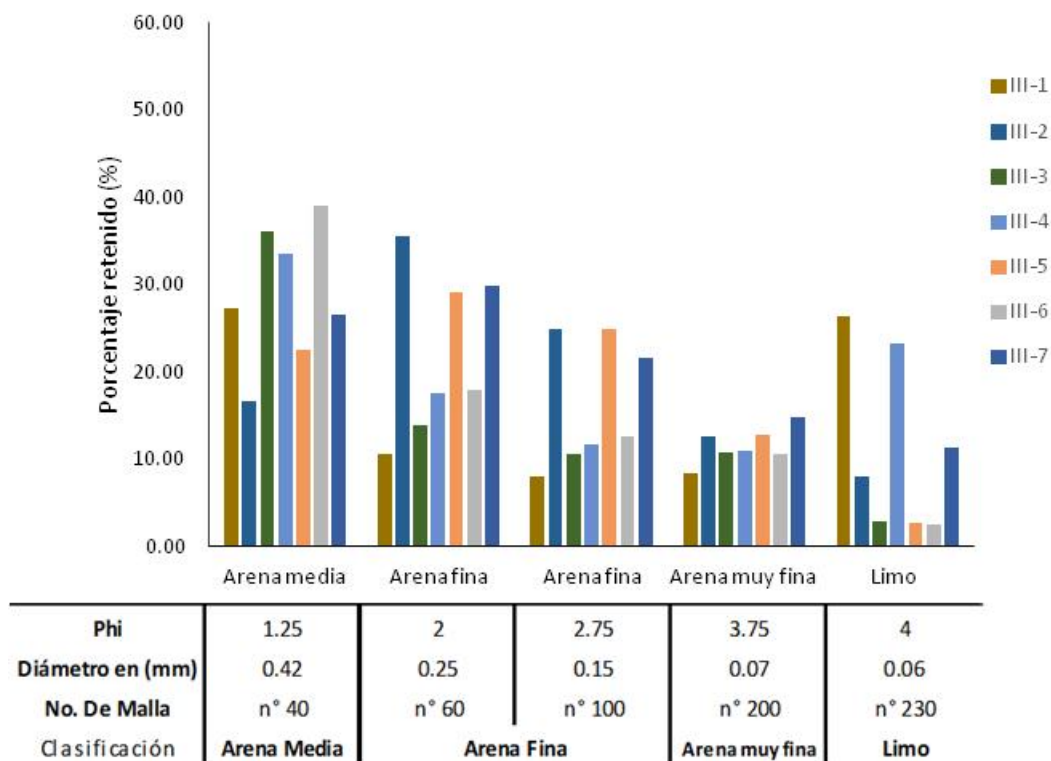


Figura 21. Distribución de las arenas en las 7 estaciones (jul., 2020).

- **Determinación de sedimentos finos empleando el análisis por pipeteo**

El análisis por pipeteo es un método utilizado para la clasificación de limos y arcillas, ya que al ser sedimentos muy finos la caracterización de su tamaño de grano por medio del tamizado es prácticamente imposible. Esta técnica está basada en la Ley de Stokes, donde se considera a las partículas esferas perfectas y de acuerdo a la velocidad de asentamiento alcanzada a una determinada profundidad dentro de un medio acuoso (la cual debe ser inferior o igual a h/t) se extrae un volumen de la solución en el que los sedimento de tamaño menor a 62 μ m fueron previamente dispersados para posteriormente precisar el peso del material concentrado en el mismo, ya que, por medio de este es posible determinar el diámetro de las partículas clasificadas dentro de la escala de Udden-2 (**Tabla 4**).

Tabla 4. Parámetros pertenecientes a la escala de Udden-2.

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

El propósito de dispersar los sedimentos es inhibir y separar las partículas que se encuentran unidas unas con otras así y se logra añadiendo un electrolito cuyo volumen y concentración son conocidos. La solución electrolítica utilizada fue la solución calgón, que fue preparada disolviendo 40 g de hexametáfosfato de sodio en un 1 litro de agua destilada, agitación periódica y un reposo de 24 horas. Posteriormente, para cada muestra es necesario recolectar material inferior a 62 m μ , concentrarlo en un vaso de precipitado con capacidad de 1 litro, añadir aproximadamente 200 ml de agua destilada y 25 ml de la solución calgón y dejar reposar por 24 horas con agitaciones periódicas.

Transcurridas las 24 horas, se extrae un volumen de la muestra dispersada y previamente agitada (10 ml) y se anexa a una probeta con capacidad de retención de un volumen mayor a la muestra (1000 ml), esto porque el volumen de la muestra debe ser despreciable con relación al volumen total para evitar la mezcla entre las partículas. Los sedimentos que componen la muestra comienzan a sedimentarse a una velocidad que es cronometrada en el tiempo y profundidad determinada, después se extraen 10 ml del material y se vierten a una caja Petri. Estas se colocan dentro del horno a temperatura no mayor a 60°C hasta evaporar el agua, consecuentemente pasan 4

horas en el desecador para eliminar los restos de humedad presentes y por último son pesadas con la balanza analítica. Una vez concluido lo anterior, se clasifican los sedimentos de tamaños finos por medio de diferencias de peso. Los resultados de este análisis, de noviembre 2019 a julio 2020, se muestran de la **Figura 22 a la 30**.

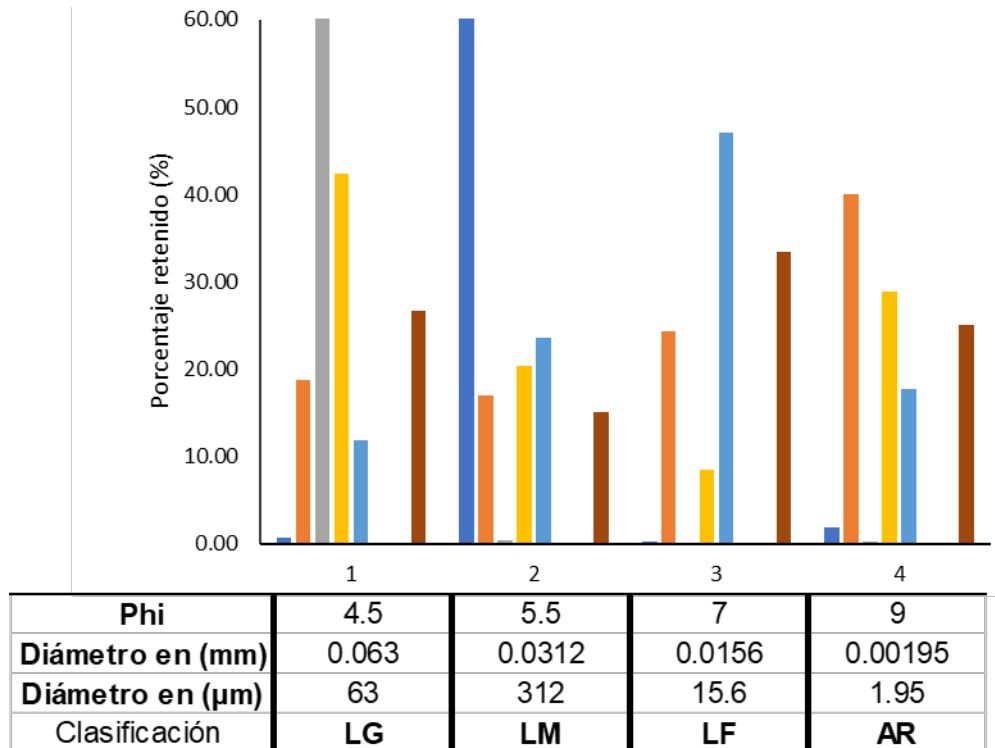


Figura 22. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 6 estaciones (noviembre, 2019).

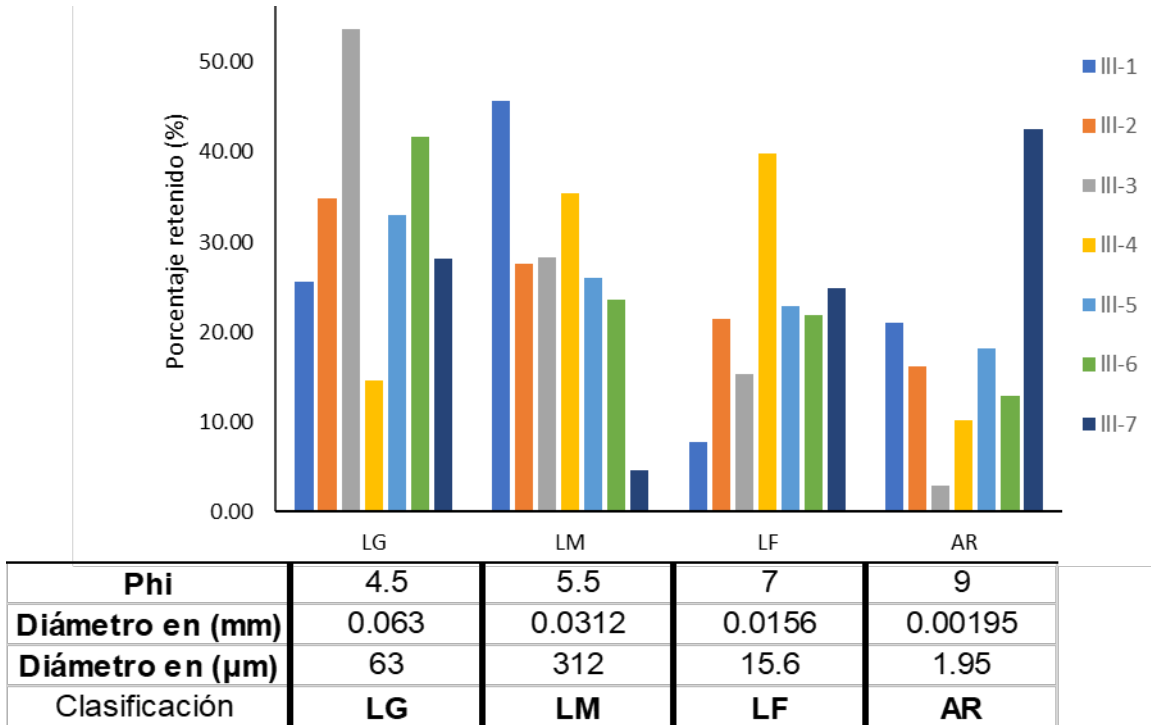


Figura 23. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (diciembre, 2019).

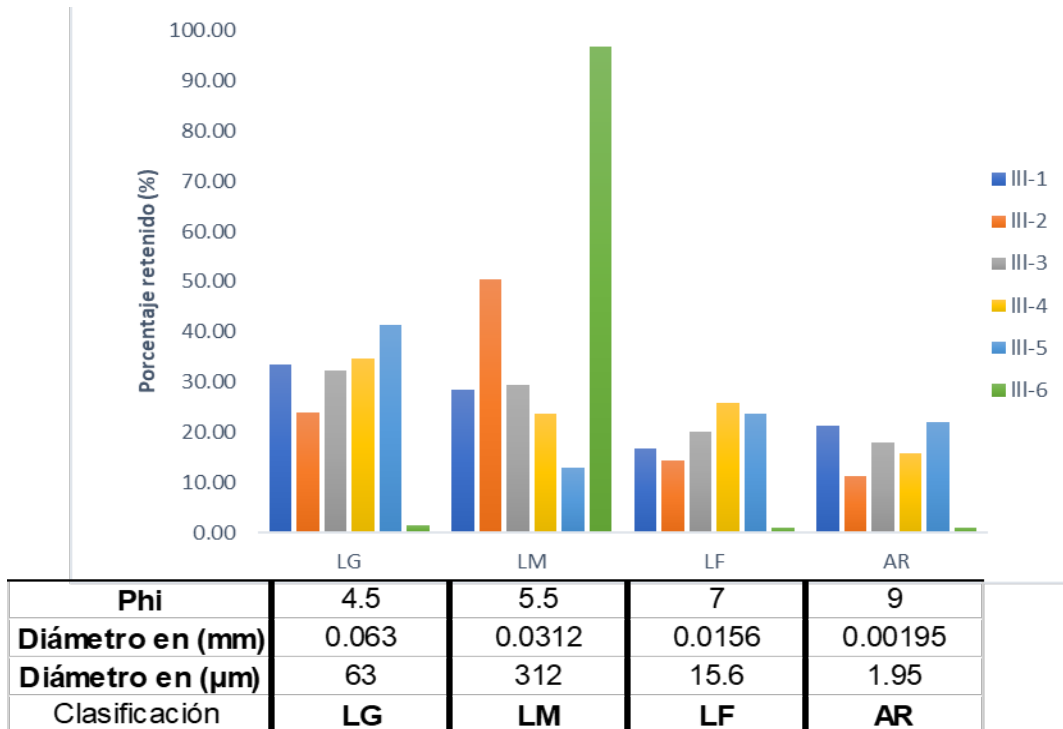
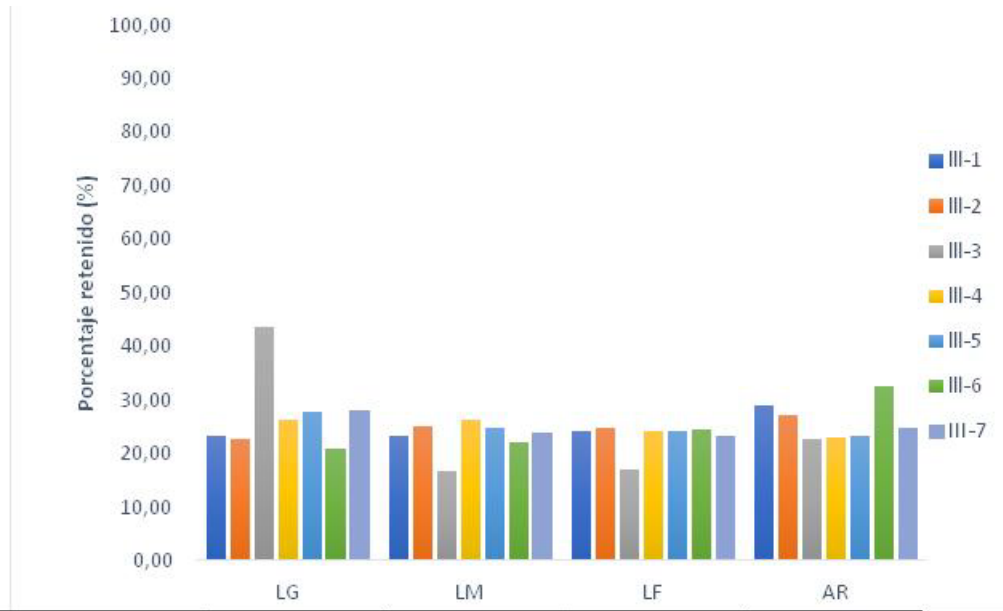
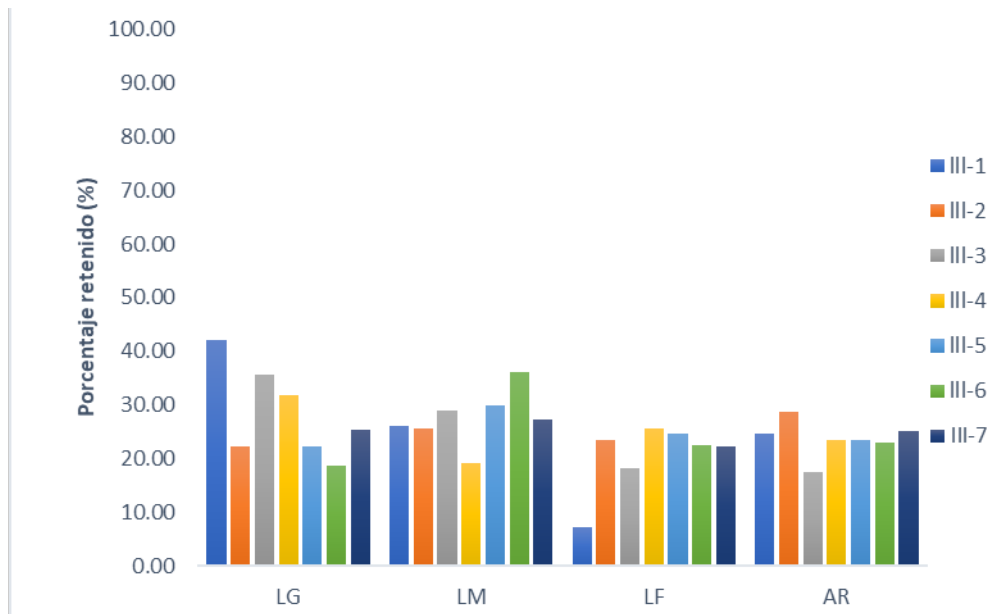


Figura 24. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 6 estaciones (enero, 2020).



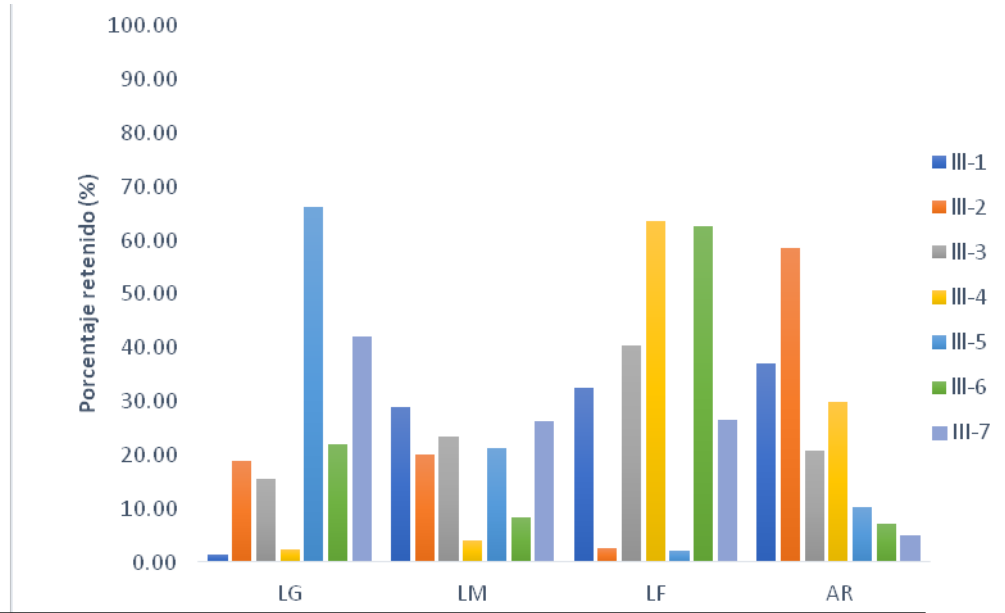
Phi	4.5	5.5	7	9
Diámetro en (mm)	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
Diámetro en (µm)	63	312	15.6	1.95
Clasificación	LG	LM	LF	AR

Figura 25. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (febrero, 2020).



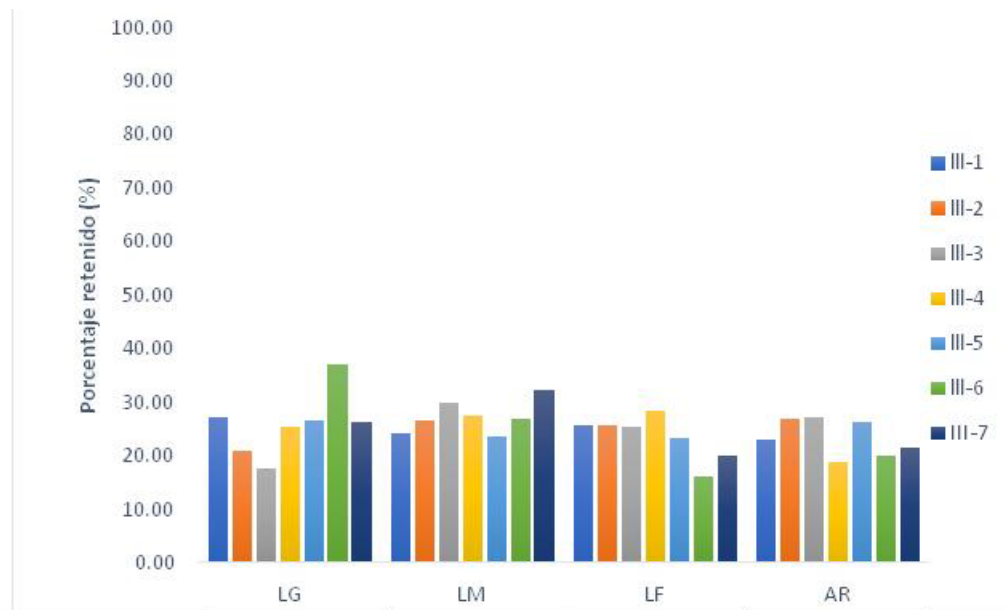
Phi	4.5	5.5	7	9
Diámetro en (mm)	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
Diámetro en (µm)	63	312	15.6	1.95
Clasificación	LG	LM	LF	AR

Figura 26. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (marzo 2020).



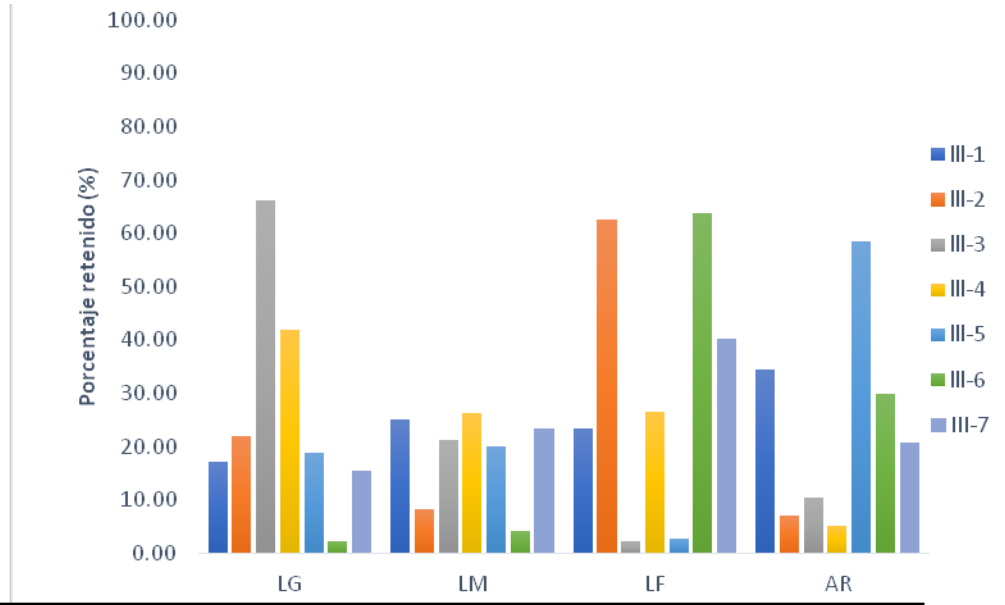
Phi	4.5	5.5	7	9
Diámetro en (mm)	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
Diámetro en (µm)	63	312	15.6	1.95
Clasificación	LG	LM	LF	AR

Figura 27. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (abril, 2020).



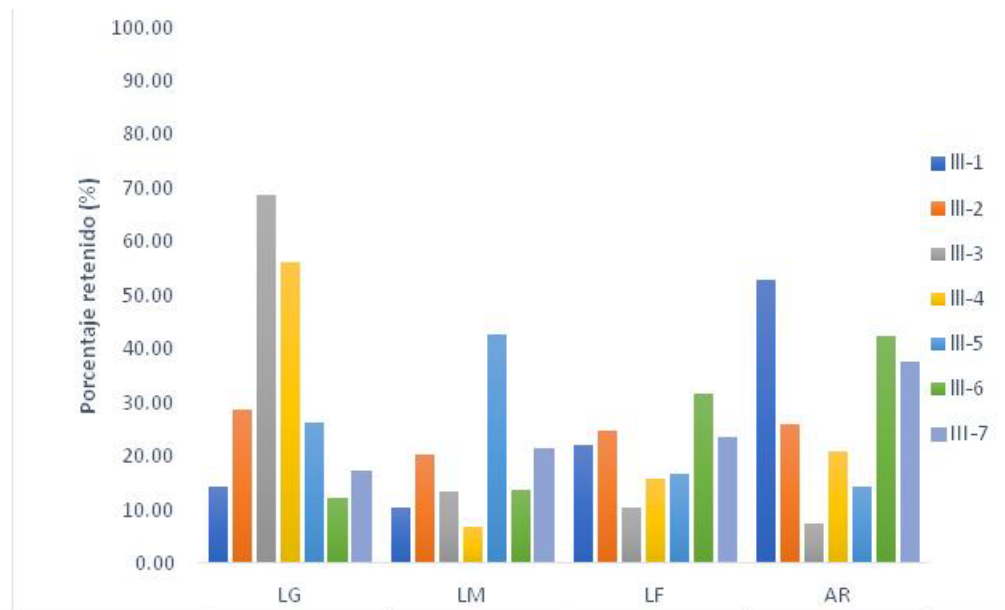
Phi	4.5	5.5	7	9
Diámetro en (mm)	0.063	0.0312	0.0156	0.00195
Diámetro en (µm)	63	312	15.6	1.95
Clasificación	LG	LM	LF	AR

Figura 28. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (mayo, 2020).



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

Figura 29. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (junio, 2020).



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

Figura 30. Clasificación del sedimento por pipeteo en las 7 estaciones (julio, 2020).

IV.3 Reforestación.

Es importante reiterar que este esfuerzo de reforestación se realiza con el fin de determinar la calidad de los sustratos para sustentar las plántulas de mangle reforestadas. A finales de enero 2020 se concluyeron las campañas de reforestación con un total de 1477 plantas reforestadas en los polígonos que se ilustran en la **Figura 1B** (Además, ver Anexo Fotográfico); en total se reforestaron 28.05 ha. Al final del mes de febrero se concluyó la toma de datos de posicionamiento geográfico de toda la población reforestada, en ese mes la supervivencia promedio de las plantas reforestadas de todos los polígonos fue del 95.13%. Este alto valor de supervivencia disminuyó paulatinamente conforme avanzó la temporada de estiaje, llegando en el mes de julio a su nivel más abajo con $40.7 \pm 5.5\%$. En la **Tabla 2B** se desglosa la supervivencia del mes de julio de las poblaciones reforestadas; en esta puede observarse un amplio rango de supervivencia que va de 11 a 77%, lo que puede interpretarse como el resultado de una amplia variabilidad ambiental, en particular de los niveles del nivel freático (o sea disponibilidad de agua) y en paralelo el nivel de salinidad en cada micro sitio. En la **Figura 1B** igualmente es importante apuntar que cada planta reforestada se señala con un punto de color: blanco (rojo) o verde. El blanco (o rojo) representa una planta muerta y el verde una planta viva; en su conjunto muestran áreas de alta mortalidad y áreas de alta supervivencia. Finalmente, en la **Figura 3B** muestra la progresión estacional de la supervivencia de enero a julio, de las poblaciones reforestadas en los diversos islotes. En esta secuencia se observa el aumento progresivo en el rango de variación de la supervivencia que es concurrente con el aumento de la salinidad observada hasta el mes de junio, en la **Figura 3A**.

En la progresión de los patrones de supervivencia de las poblaciones reforestadas, se observa que en varios islotes la supervivencia, durante varios meses, se ha mantenido constante o en un declive ligero; estas curvas de sobrevivencia indican claramente los islotes que serán útiles para la reforestación asistida en el futuro. En particular podemos apuntar que todos, a excepción de los que se identifican con los numerales 1, 2, 11, 12, 13 y 15 son elegibles en toda su superficie para ser reforestadas. Esto se

señala así, ya que la supervivencia de las plantas piloto es muy variable entre islotes y dentro de los islotes; en otras palabras, en algunos islotes reportados con supervivencia baja, es necesario sub-dividir las áreas y elegir aquellas zonas de supervivencia media y alta.

V. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En julio la salinidad del agua intersticial se mostró muy variable nuevamente, tal y como ha ocurrido en otros meses, sin embargo, la lluvia que ha llegado en el periodo ha inducido un fuerte cambio a la baja de la salinidad intersticial en 23 de los puntos; lográndose un promedio en julio de 57 ± 3.5 ups. Este resultado muestra, que la influencia del flujo de agua continental subterráneo y la lluvia que alimentó a los ríos superficiales, indujeron un cambio drástico a la baja, en los valores de salinidad de los sitios estudiados en la laguna (**Figura 3A**). Los patrones micro geográficos de la mortalidad de las plantas piloto reforestadas, y con referencia al seguimiento sistemático de varios indicadores adicionales observados, como son: materia orgánica, distribución textural, oxígeno disuelto y ph, se confirma que hay “zonas viables para la reforestación”; por lo tanto, ya es posible delinear varias zonas de riesgo bajo e intermedio para campañas futuras de reforestación.

Respecto a la materia orgánica en sedimentos, en noviembre 2019, el porcentaje en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la IV-1 fue 0.05%, en la IV-2 se obtuvo 3.56%, en la IV-3 fue 0.85%, en la IV-4 fue 1.59%, en la IV-5 fue 0.63% y en la IV-6 fue 1.07%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un porcentaje máximo de 3.56% en la IV-2 y un porcentaje mínimo que se ubicó en la estación IV-1 con 0.05% y un promedio de 1.34%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una las seis estaciones durante noviembre de 2019, fue la siguiente:

En la IV-1, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 62.72% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.65% con diámetro de 0.062 mm. En la IV-2, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 59.73% con diámetro de 0.42 mm, insuficiente limo con 1.95% con diámetro de 0.062 mm. En la IV-3 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 38.5% con diámetro de 0.25 mm, siguiendo arena media con 24.16% con 0.42 mm y escaso limo con 1.67% con diámetro de 0.062 mm. En la IV-4 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 40.35% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.63% con diámetro de 0.062 mm. En la IV-5 el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.79% con diámetro de 0.42 mm, siguiendo arena fina con 27.82% con 0.25 mm y escaso limo con 1.6% con diámetro de 0.062 mm. En la IV-6 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 38.89% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.36% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante noviembre de 2019, para cada una de las seis estaciones, fue la siguiente:

En la IV-1, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 97.35% con diámetro de 0.0312 mm; limo grueso y limo fino con 0.11% y 0.033% con diámetro de 0.063 mm y 0.0156 mm, respectivamente, escasa arcilla con 0.315% con diámetro de 0.0039 mm. En la IV-2, el mayor porcentaje correspondió a arcilla con 40.0% con diámetro de 0.0039 mm y un mínimo de limo medio con 16.97% de diámetro 0.0312 mm. En la IV-3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 99.28% con diámetro de 0.063 mm, limo fino con 0.07% con diámetro de 0.0156 mm, un mínimo de arcilla con 0.28% con diámetro de 0.0039 mm. En la IV-4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 42.37% con diámetro de 0.063 mm y un mínimo de limo fino con 8.47% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 28.81% con diámetro de 0.0039 mm. En la IV-5 el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 47.06% con diámetro de 0.0156 mm, limo medio con 23.53% con diámetro de 0.0312 mm, un mínimo de limo grueso con 11.76% con diámetro de 0.063 mm. En la IV-6 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 26.67% con diámetro de 0.063 mm, limo medio con 15.0% con diámetro de 0.0312

mm, limo fino con 33.33% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 25.0% con diámetro de 0.0039 mm.

En diciembre 2019, el porcentaje en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1 fue 0.05%, en la III-2 se obtuvo 3.56%, en la III-3 fue 0.85%, en la III-4 fue 1.59%, en la III-5 fue 0.63% y en la III-6 fue 1.07%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un porcentaje máximo de 3.56% en la III-2 y un porcentaje mínimo que se ubicó en la estación III-1 con 0.05% y un promedio de 1.34%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las seis estaciones durante diciembre de 2019, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 62.72% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.65% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 59.73% con diámetro de 0.42 mm, insuficiente limo con 1.95% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 38.5% con diámetro de 0.25 mm, siguiendo arena media con 24.16% con 0.42 mm y escaso limo con 1.67% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 40.35% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.63% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.79% con diámetro de 0.42 mm, siguiendo arena fina con 27.82% con 0.25 mm y escaso limo con 1.6% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 38.89% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.36% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante diciembre de 2019, para cada una de las seis estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 97.35% con diámetro de 0.0312 mm; limo grueso y limo fino con 0.11% y 0.033% con diámetro de 0.063 mm y 0.0156 mm, respectivamente, escasa arcilla con 0.315% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a arcilla con 40.0% con diámetro de 0.0039 mm y un mínimo de limo medio con 16.97% de diámetro 0.0312 mm. En la III-3

el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 99.28% con diámetro de 0.063 mm, limo fino con 0.07% con diámetro de 0.0156 mm, un mínimo de arcilla con 0.28% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 42.37% con diámetro de 0.063 mm y un mínimo de limo fino con 8.47% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 28.81% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 47.06% con diámetro de 0.0156 mm, limo medio con 23.53% con diámetro de 0.0312 mm, un mínimo de limo grueso con 11.76% con diámetro de 0.063 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 26.67% con diámetro de 0.063 mm, limo medio con 15.0% con diámetro de 0.0312 mm, limo fino con 33.33% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 25.0% con diámetro de 0.0039 mm.

En enero 2020, el porcentaje en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1 fue 3.99%, en la III-2 se obtuvo 3.95%, en la III-3 fue 4.49%, en la III-4 fue 3.38 %, en la III-5 fue 7.07 % y en la III-6 fue 3.023 %. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un porcentaje máximo de 7.07% en la III-5 y un porcentaje mínimo que se ubicó en la estación III-6 con 3.23 % y un promedio de 4.35%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las seis estaciones durante enero de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 55.39% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.81% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 66.03% con diámetro de 0.42 mm, insuficiente limo con 1.32% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 42.85% con diámetro de 0.25 mm, siguiendo arena media con 14.89% con 0.42 mm y escaso limo con 1.83% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 41.76% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.33% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 41.49% con diámetro de 0.42 mm, siguiendo arena fina con 31.11% con 0.25 mm y escaso limo con 2.01% con diámetro

de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 40.16% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.59% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante enero de 2020, para cada una de las seis estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 33.59 % con diámetro de 0.063 mm; limo medio y limo fino con 28.35 % y 16.693 % con diámetro de 0.0312 mm y 0.0156 mm, respectivamente, arcilla con 21.36 % con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 50.35 % con diámetro de 0.0312 mm y un mínimo de arcilla con 11.26 % de diámetro 0.0039 mm. En la III-3 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 32.37 % con diámetro de 0.063 mm, limo fino con 20.19 % con diámetro de 0.0156 mm, un mínimo de arcilla con 17.94% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 34.67 % con diámetro de 0.063 mm y un mínimo de limo medio con 23.78 % con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 15.76 % con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5 el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 41.42 % con diámetro de 0.063 mm, limo medio con 13.02 % con diámetro de 0.0312 mm, limo fino con 23.66 % con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 21.89 % con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6 el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 96.88 % con diámetro de 0.0312 mm, limo grueso con 1.33 % con diámetro de 0.063 mm, limo fino con 0.90 % con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 0.88 % con diámetro de 0.0039 mm.

En febrero 2020, la cantidad en gramos, de la materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1 fue 3.86 g, en la III-2 se obtuvo 8.69 g, en la III-3 fue 6.38 g, en la III-4 fue 4.61 g, en la III-5 fue 1.25 g y en la estación III-6 fue 0.27 g. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un máximo de 8.69 g en la III-2 y un mínimo que se ubicó en la estación III-6 con 0.27 g y un promedio de 4.25 g.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las siete estaciones durante febrero de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 50.98% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 2.01% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 34.36% con diámetro de 0.42 mm, insuficiente limo con 1.99% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 41.30% con diámetro de 0.25 mm, siguiendo arena fina con 23.95% con 0.156 mm y escaso limo con 1.54% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 36.56% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.55 % con diámetro de 0.062 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 40.20% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.271% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 49.31% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.21% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante febrero de 2020, para cada una de las siete estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 24.32% con diámetro de 0.0156 mm; limo medio y limo grueso con 23.42% y 23.24% con diámetro de 0.0312 mm y 0.063 mm, respectivamente, arcilla con 29.0 % con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 25.23% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 27.07% de diámetro 0.0039 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 43.55% con diámetro de 0.063 mm, limo medio con 16.7% con diámetro de 0.0312 mm, arcilla con 22.62% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 23.49% con diámetro de 0.0156 mm, limo medio con 21.98% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 31.68% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.69 % con diámetro de 0.063 mm, limo medio con 21.36% con diámetro de 0.0312 mm, limo fino con 24.34% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 20.58% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 24.54% con diámetro de 0.0156 mm, limo grueso con 20.87% con

diámetro de 0.063 mm, limo medio con 21.97% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 32.6% con diámetro de 0.0039 mm.

En marzo 2020, el porcentaje, en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1, fue 2.65%, en la III-2, se obtuvo 3.5%, en la III-3, fue 2.72%, en la III-4, fue 3.08%, en la III-5, fue 6.15% y en la estación III-6, fue 3.36%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un máximo de 6.15% en la III-5 y un mínimo que se ubicó en la estación III-7 con 2.22 g y un promedio de 3.38 g.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las siete estaciones durante marzo de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 34.75% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.95% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 31.23% con diámetro de 0.25 mm y limo con 16.38% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 41.86% con diámetro de 0.25 mm, siguiendo arena gruesa con 23.27% con 0.42 mm y escaso limo con 1.36% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 36.24% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.62% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5 el mayor porcentaje correspondió a arena gruesa con 41.95% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.64% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 37.55% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.68% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante marzo de 2020, para cada una de las siete estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 42.13% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 24.68 % con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 25.67% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 28.73% de diámetro 0.0039 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 35.53% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 17.35% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 31.85%

con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 23.45% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 28.82% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 23.39% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 36.06% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 22.95% con diámetro de 0.0039 mm.

En abril 2020, el porcentaje, en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1, fue 3.78%, en la III-2, se obtuvo 6.85%, en la III-3, fue 4.37%, en la III-4, fue 3.71%, en la III-5, fue 1.26%, en la estación III-6, fue 0.88%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un máximo de 6.85% en la III-2 y un mínimo que se ubicó en la estación III-6 con 0.88% y un promedio de 3.38%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las siete estaciones durante abril de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 42.63% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.21% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 42.63% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.21% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 44.17% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.08% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 44.1% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.18% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5 el mayor porcentaje correspondió a arena gruesa con 39.69% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 0.91% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 46.29% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.74% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante abril de 2020, para cada una de las siete estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 32.48% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 37.14% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 20.0% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla

con 58.54% de diámetro 0.0039 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 40.32% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 20.75% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 63.67% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 29.84% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 66.17% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 10.35% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 62.64% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 7.07% con diámetro de 0.0039 mm.

En mayo 2020, el porcentaje, en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1, fue 4.92%, en la III-2, se obtuvo 7.08%, en la III-3, fue 4.20%, en la III-4, fue 5.98%, en la III-5, fue 3.01%, en la estación III-6, fue 4.58%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un máximo de 7.08% en la III-2 y un mínimo que se ubicó en la estación III-5 con 3.01% y un promedio de 5.24%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las siete estaciones durante mayo de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 42.87% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.29% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, se observó que el mayor porcentaje correspondió a arena media con 35.13% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.5% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 42.74% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.04% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 42.84% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.05% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 51.89% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 0.90% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 32.41% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 1.71% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante mayo de 2020, para cada una de las siete estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 27.27% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 22.88% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, se observó que el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 26.5% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 26.90% de diámetro 0.0039 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 29.96% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 27.07% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 28.30% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 18.75% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 26.66% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 26.25% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 37.11% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 19.92% con diámetro de 0.0039 mm.

En junio 2020, el porcentaje, en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1, fue 8.95%, en la III-2, se obtuvo 10.78%, en la III-3, fue 9.58%, en la III-4, fue 7.42%, en la III-5, fue 4.58%, en la estación III-6, fue 2.38%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un máximo de 10.78% en la III-2 y un mínimo que se ubicó en la estación III-6 con 2.38% y un promedio de 7.06%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las siete estaciones durante junio de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 75.01% con diámetro de 0.25 mm y limo con 19.79% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 47.23% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 1.10% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 36.78% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 3.62% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 38.55% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 2.58% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 33.09% con diámetro de 0.15 mm y escaso limo con 1.96% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 48.95% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 2.78% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante junio de 2020, para cada una de las siete estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 25.09% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 34.36% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 62.65% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 7.07% de diámetro 0.0039 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 66.17% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 10.35% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 41.98% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 5.10% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 20.00% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 58.53% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 63.67% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 29.84% con diámetro de 0.0039 mm.

En julio 2020, el porcentaje en materia orgánica, en cada una de las estaciones fue el siguiente, en la III-1, fue 2.75%, en la III-2, se obtuvo 5.99%, en la III-3, fue 3.66%, en la III-4, fue 8.79%, en la III-5, fue 3.55% y en la estación III-6, fue 5.26%. En conclusión, la materia orgánica, osciló entre un máximo de 8.79% en la III-4 y un mínimo que se ubicó en la estación III-1 con 2.75% y un promedio de 5.21%.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos, para cada una de las siete estaciones durante julio de 2020, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 27.21% con diámetro de 0.42 mm y limo con 26.30% con diámetro de 0.062 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 35.61% con diámetro de 0.25 mm y escaso limo con 8.11% con diámetro de 0.062 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 45.24% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 3.67% con diámetro de 0.062 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 33.61% con diámetro de 0.42 mm y limo con 23.19% con diámetro de 0.062 mm. En la III-5 el mayor porcentaje correspondió a arena fina con 29.18% con diámetro

de 0.25 mm y escaso limo con 2.68% con diámetro de 0.062 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a arena media con 38.95% con diámetro de 0.42 mm y escaso limo con 2.44% con diámetro de 0.062 mm.

Respecto a la distribución textural de los sedimentos finos, durante julio de 2020, para cada una de las siete estaciones, fue la siguiente:

En la III-1, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 22.12% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 52.88% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-2, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 28.66% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 26.11% de diámetro 0.0039 mm. En la III-3, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 68.65% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 7.46% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-4, el mayor porcentaje correspondió a limo grueso con 56.14% con diámetro de 0.063 mm y arcilla con 21.05% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-5, el mayor porcentaje correspondió a limo medio con 42.85% con diámetro de 0.0312 mm y arcilla con 14.28% con diámetro de 0.0039 mm. En la III-6, el mayor porcentaje correspondió a limo fino con 31.81% con diámetro de 0.0156 mm y arcilla con 42.42% con diámetro de 0.0039 mm.

VI. TENDENCIA DE LA CALIDAD AMBIENTAL

La tendencia de la calidad ambiental de la zona evaluada indica que los sustratos, aun cuando los niveles de salinidad han sido muy variables a lo largo de todo el periodo de estudio, han mostrado ser estructuralmente constantes durante el periodo evaluado, (agosto 2019- julio 2020). Por la fisonomía del ecosistema actualmente se infiere una sucesión de vegetación en la que se ha reducido el bosque de manglar con un aumento paralelo de otros vegetales halófilos y algunos elementos de selva baja; sin embargo, esto se presume debido a la poca presencia de propágulos de mangle en las zonas de interés. Por otro lado, a la fecha, los resultados de los trabajos ejecutados hasta este mes indican claramente que la mayoría de los polígonos evaluados son viables para la supervivencia de las plantas de mangle y por lo tanto, los bosques de manglar son susceptibles de ser restaurados en el sitio.

VI.1 Sugerencias para Mejorar la Calidad Ambiental

Rehabilitar y reforestar la zona en estudio, además de disminuir la influencia de las zonas salineras.

VII. CONCLUSIONES:

- 1) Los niveles de salinidad intersticial en el curso de agosto 2019 a julio 2020, mostraron una fluctuación considerable: iniciando en niveles cercanos a 50 ups para incrementar a niveles de saturación en mayo-junio 2020. Con el inicio de lluvias la salinidad intersticial disminuyó sustancialmente a los valores de inicio en agosto 2019.
- 2) Los niveles de supervivencia en las zonas reforestadas acreditan la conclusión de que hay áreas para la reforestación asistida.
- 3) La estructura del suelo, el contenido de arena y materia orgánica, y los parámetros fisicoquímicos del agua intersticial medidos hasta el presente mes son adecuados para el desarrollo del mangle.
- 4) La supervivencia de las plantas piloto de mangle rojo y negro, al mes de julio acredita que las zonas reforestadas, a excepción de los islotes 1, 2, 11, 12, 13 y 15 contienen en su totalidad una amplia superficie viable para la reforestación asistida.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- **Aguilar**, A.; Etchevers, J.; Castellanos, J. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. *Soc Mex Ciencia del Suelo*. **1987**, 215 p.
- **Argüello-Jácome**, D. Comparación de la acción de diferentes dosis de biofertilizantes líquidos (biol) sobre el crecimiento de mangle en condiciones de vivero. **2008**. Tesis de grado en Ingeniero Agropecuario. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela superior politécnica de litoral. Guayaquil, Ecuador. 100 p.
- **Bashan**, Y.; Moreno, M.; Troyo, E. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Axospirillum spp.* *Biol. Fertil. Soils*. **2000**, 32, 265-272.
- **Chapman**, H.; Pratt, P. Methods of analysis for soils, plants and waters. Trillas. University of California, **2000**. 100 p.
- **CFE**. Reforestación y monitoreo de 17.5 hectáreas de bosque de mangle en la zona del Estero de Sabancuy en el Área Natural Protegida "Laguna de Términos", en el estado de Campeche. Disponible en: [www.cfe.gob.mx/.../3/ReforestaciondeManglarenCampeche\[1\].pdf](http://www.cfe.gob.mx/.../3/ReforestaciondeManglarenCampeche[1].pdf). (Consultado: 18 de febrero de **2014**).
- **Comisión Federal de Electricidad**. Universidad de Colima. CFE-UCOL. Reporte Técnico Semestral de Julio-diciembre 2012. Programa de Reforestación de Manglar. **2012**, 22 p.
- **CONABIO** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. México. **2009**, 99 p.
- **Diario Oficial de la Federación**. **2003**. NOM -022-SEMARNAT-2003.
- **Diario Oficial de la Federación**. **2010**. NOM -059-SEMARNAT-2010. 2da ed.
- **Félix**, E.; Holguín, O.; Hernández, A.; Flores, F. Mangrove primary production at El Conchalito Estuary in La Paz Bay (Baja California Sur, México). *Cie Mar*. **2006**, 1A (32), 53-63.

- **Flores**, F. J.; Agraz, C. M.; Benítez, D. Creación y restauración de ecosistemas de manglar: principios básicos. **2006**. Sección VII. Pp. 1093- 1110.
- **García**, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta ed. México, D. F. SIGSA.
- **Google earth**, 2014. Google earth software ver. 2014. (Consultado el 19 de febrero de **2014**).
- **Havlin**, J., Beaton, J., Tisdale, S., Werner, N. Soil fertility and fertilizers An introduction to nutrient management. 7ma edition. **2005**. Chapter 3. Saline, sodic, and saline- sodic soils. Pp. 81-96.
- **JMP**. The Statistical Discovery Software, **2002**. SAS Institute Inc. Version 5. Cary, NC, USA.
- **López**, J.; Ezcurra, E; Maass, J. Los Petenes de Sian Ka'an, Quintana Roo y su relación con gradientes de presión hídrica. *Acta Bot Mex.* **1989**, 5, 19-29.
- **Marcone**, M. *Batis maritima* (Saltwort/Beachwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. *Food Res Int.* **2003**, (36), 123–130.
- **McMillan**, C. Interaction of soil texture with salinity tolerances of black mangrove (*Avicennia*) and white mangrove (*Laguncularia*) from North America. En: *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of mangroves*. Eds: Walsh, G.E., Snedaker, S.C. y Teas, H.J. **1975**. 561-566 pp.
- **Miellink**, E.; Riojas, M., 2009. Waterbirds and human related threats to their conservation in laguna Cuyutlán, Colima, México. *J. Trop Ecol.* 57 (1-2), 1-12.
- **Moroyoqui**, L.; Flores, F; Hernández, G.; Casas, M.; Cervantes, R.; Nava, E. Nutrient removal using two species of mangrove (*Rhizophora mangle* and *Laguncularia racemosa*) in an experimental shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds. *Cienc Mar.* **2012**, 38 (2), 333-346.

- **Pacheco**, A. Fenología y producción de hojarasca del bosque de mangle de la laguna de Cuyutlán, Colima. Seminario de Investigación II. Universidad de Colima. **2011**, 17 p.
- **Pérez**, O., Orozco, J. Características y estrategias de manejo de suelos salinos y sódicos plantados con limón mexicano. III Simposio Internacional Citrícola. **2005**. Pp. 206-220.
- **Pool**, D. J.; Snedaker, S.C.; Lugo, A. E. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica*. **1977**, 9, 195-212.
- **Pulido**, A. Estadística para la Biología y Ecología. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. **2007**, 26 p.
- **Ralph**, A.; Moura, D.; Venturim, R. Photosynthetic performance of mangroves *Rhizophora mangle* and *Laguncularia racemosa* under field conditions. *Rev Árvore*. **2008**, 3 (32), 577-582.
- **Ramírez**, L. Factores que afectan la propagación y establecimiento de *Avicennia germinans* L. en ambientes degradados de regiones semiáridas subtropicales. **2005**. M. Sc. Tesis. Universidad de Puerto Rico. 100 p.
- **Sánchez**, S.; Álvarez, J. Viabilidad de los manglares artificiales como sistemas de tratamiento de los efluentes camaronícolas en Latinoamérica. *Rev Latinoam Rec Nat*. **2008**, 4 (1), 17-30.
- **Schories**, D.; Barletta, A.; Barletta, M.; Krumme, U.; Mehlig, U.; Radermaker, V. The keystone role of leaf-removing crabs in mangrove forests of North *Brazil*. *Wetl Ecol Manag*. **2003**, 11, 243-255.
- **Silva**, F.; Hernández, S.; Nené, A.; Vázquez, A. Caracterización del sitio de manglar Laguna de Cuyutlán, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. **2009**, 12 p.

- **Téllez, C. P.;** Valdez, J. I. Structural characterization of the mangrove forest in the estero Palo Verde, Cuyutlán Lagoon, Colima. *Rev Chapingo Ser Cie.* **2012**, 3 (18), 395-408.
- **Tomlinson, P.B.** The Botany of Mangrove. Cambridge University Press. **1986**. 413 p.
- **Zamora, P.;** Cortés, J. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico Norte. *Rev Biol Trop.* **2009**, 3 (57), 473-488.
- **Zar, J.** *Biostatistical Analysis*. 4a edición; Prentice Hall. USA. **1999**. 663 p.