



Universidad  
**Mariana**

Evaluación de los sedimentos de la Laguna de la Cocha y su efecto en el desecamiento de la totora.

Angie Yuliana Bernal Meneses  
Mario Alexander Bolaños Bolaños  
Jehison Smith Camues Sanchez  
María Camila Paz Solarte

Universidad Mariana  
Facultad de ingeniería  
Ingeniería civil  
San Juan de Pasto  
2024

Evaluación de los sedimentos de la Laguna de la Cocha y su efecto en el desecamiento de la  
totora

Angie Yuliana Bernal Meneses

Jehison Smith Camues Sanchez

María Camila Paz Solarte

Mario Alexander Bolaños Bolaños

Informe de investigación para optar al título de Ingeniero Civil

Edwar Basante Bolaños

Ingeniero Civil

Lorena Salazar Gámez

Asesora

Universidad Mariana

Facultad de ingeniería

Ingeniería civil

San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007  
Universidad Mariana

## **Contenido**

	<b>Pag.</b>
Introducción	12
1. Resumen del proyecto	14
1.1. Descripción del problema	14
1.1.1. Formulación del problema	15
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos	16
1.4.1. Marco contextual	16
1.4.2. Marco teórico	20
1.4.2.1 Plantaciones de totora	20
1.4.2.2 Características fisicoquímicas del suelo	22
1.4.2.3 Nivel de Fitotoxicidad del suelo	25
1.4.2.4 Análisis Microbiológico del suelo	26
1.4.3. Estado del arte	28
1.4.3.1 Internacionales	28
1.4.3.2 Nacionales	29
1.4.3.3 Regionales	30
1.4.4. Marco legal	31
1.5. Metodología	33
1.5.1. Determinar las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha	33
1.5.1.1 Caracterización del suelo	33
1.5.1.2 Recolección de muestras	37
1.5.1.3 Parámetros físicos	42

1.5.2. Establecer las posibles relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Totorá	43
1.5.3. Determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de la Cocha	45
1.5.4. Realizar análisis mediante el laboratorio de microbiología al sedimento de la laguna de la Cocha	52
1.5.5. Descripción de la investigación	59
1.5.5.1 Campo de investigación	59
1.5.5.2 Tipo de investigación	59
1.5.5.3 Enfoque de la investigación	59
2. Presentación de resultados	60
2.1. Procesamiento de resultados	60
2.1.1. Presentación de resultados de las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha	60
2.1.2. Presentación de resultados al establecer las posibles relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Totorá	62
2.1.3. Presentación de resultados al determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de La Cocha	63
2.1.4. Presentación de resultados del análisis microbiológico a los sedimentos de la Laguna de La Cocha	67
2.1.4.1 Hongos (MESOF)	70
2.1.4.2 Revisión macroscópica y microscópica	71
2.1.4.3 Revisión macroscópica y microscópica a las partes de la totora (se le aplicó dos clases de líquido, safranina y azul de lactofenol)	74
2.1.4.4 Morfología de poros registrados en el totoral en los puntos afectados y no afectados	79
2.2. Análisis e interpretación de resultados	81
2.2.1. Determinar las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha	81
2.2.2. Análisis al establecer las posibles relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Totorá	82
2.2.3. Determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de La Cocha	84

2.2.4. Análisis mediante el laboratorio de microbiología al sedimento de la Laguna de La Cocha	86
3. Conclusiones	91
4. Recomendaciones	92
Referencias	93
Anexos	100

## Índice de tablas

	<b>Pag.</b>
Tabla 1. Normativa ambiental y conservación del recurso hídrico	31
Tabla 2. Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos utilizados en Colombia	34
Tabla 3. Rangos para interpretar la acidez del suelo	35
Tabla 4. Materia Orgánica Según el Clima	35
Tabla 5. Capacidad de intercambio catiónico	36
Tabla 6. Categorías en las que se clasifican los índices de disponibilidad de nutrientes	37
Tabla 7. Ubicación puntos de muestreo zona afectada	39
Tabla 8. Ubicación puntos de muestreo zona no afectada	39
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos para analizar en los diferentes puntos de muestreo	42
Tabla 10. Diseño experimental de fitotoxicidad en lodo de La Laguna de La Cocha	46
Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos puntos afectados	60
Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos puntos no afectados	61
Tabla 13. Prueba T-Student	62
Tabla 14. Interpretar los resultados	63
Tabla 15. días de la siembra, de los puntos afectados y no afectados	64
Tabla 16. Altura de plántulas a 30 días de la siembra, de los puntos de afectados y no afectados	65
Tabla 17. Altura de plántulas a 45 días de la siembra, de los puntos de afectados y no afectados	66
Tabla 18. Conteo de colonias	67
Tabla 19. Conteo de colonias en porcentaje	68
Tabla 20. Total, conteo de colonias puntos afectados	68
Tabla 21. Total, conteo de colonias puntos no afectados	69
Tabla 22. Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas), hongo gris y hongo blanco en puntos afectados	73
Tabla 23. Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas), hongo gris y hongo blanco en puntos no afectados	74
Tabla 24. Morfología de poros afectados	79

Tabla 25. Morfología de poros sin afectar	80
Tabla 26. Caracterización del suelo	81
Tabla 27. Caracterización del suelo expresado en porcentaje (%)	82
Tabla 28. Probabilidad de Vida	85
Tabla 29. Altura de plántulas a 45 días de la siembra, de los puntos de baja y alta afectación	86
Tabla 30. Total, conteo de colonias puntos afectados	87
Tabla 31. Total, conteo de colonias puntos no afectados	87
Tabla 32. Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas), hongo gris y hongo blanco en puntos afectados	88
Tabla 33. Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas) hongo gris y hongo blanco en puntos no afectados	88
Tabla 34. Morfología de poros afectados	89
Tabla 35. Morfología de poros sin afectar	90



## **Índice de figuras**

	<b>Pag.</b>
Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna de La Cocha	17
Figura 2. Veredas circundantes a la laguna	18
Figura 3. Mapa georreferenciado de la calificación del estado de afectación de la totora	38
Figura 4. Draga Ekman	41
Figura 5. Frijol para estimular germinación	47
Figura 6. Frijol en germinación día 1	47
Figura 7. Frijol en germinación día 5	48
Figura 8. Selección de semillas para cada unidad experimental	48
Figura 9. Unidades experimentales con semillas de frijol sembradas	49
Figura 10. Unidades experimentales en Incubadora	49
Figura 11. Plántulas a los 15 días de la siembra	50
Figura 12. Plántulas a los 30 días de la siembra	51
Figura 13. Punto blanco de referencia a los 15 días de la siembra	51
Figura 14. Preparación de soluciones para análisis microbiológico	53
Figura 15. Coliformes fecales	54
Figura 16. Coliformes totales	55
Figura 17. Presencia de microorganismos	56
Figura 18. Presencia de hongos	57
Figura 19. Caracterización microbiológica	58
Figura 20. Seguimiento de plántulas a los 15 días después de la siembra con porcentajes de suelo normal	64
Figura 21. Seguimiento de plántulas a los 30 días después de la siembra con porcentajes de suelo normal	65
Figura 22. Seguimiento de plántulas a los 45 días después de la siembra con porcentajes de suelo normal	66
Figura 23. Grafica representativa del conteo de colonias totales por puntos afectados y no afectados	69

Figura 24. Observación de hongos en puntos afectados	70
Figura 25. Punto 1 Afectado: Revisión macroscópica y microscópica	72
Figura 26. Punto 2 Afectado: Revisión macroscópica y microscópica	72
Figura 27. Punto 1 Afectado (El puerto).	75
Figura 28. Punto 2 Afectado (Hotel sindamanoy 1)	75
Figura 29. Punto 3 Afectada (Hotel sindamanoy 2)	75
Figura 30. Punto 4 Afectado (La corota)	76
Figura 31. Punto 5 Afectada (El motilón)	76
Figura 32. Punto 7 Sin afectación (Entre corota y sindamanoy)	77
Figura 33. Punto 8 Sin afectación (El naranjal 1)	77
Figura 34. Punto 9 Sin afectación (Naranjal 2)	78
Figura 35. Punto 10 Sin afectación (Romerillo)	78

## **Índice de anexos**

	<b>Pag.</b>
Anexo A. Prueba resultados laboratorio especializado de la Universidad De Nariño	101
Anexo B. Análisis estadístico con el método T de Student de cada uno de los 15 parámetros cuantitativos	115

## **Introducción**

La Laguna de la Cocha, ubicada en El Encano, corregimiento del municipio de Pasto, Nariño, Colombia, es un embalse natural de gran importancia, reconocido internacionalmente como humedal de importancia bajo el convenio Ramsar desde el año 2000, consolidándolo como el segundo cuerpo de agua más relevante del país (Díaz, 2015). Sin embargo, este ecosistema enfrenta un desafío crítico: la acelerada y sistemática desaparición de la cobertura natural de la Totora (*Schoenoplectus californicus*). Cabe resaltar, que la Totora, es una planta acuática esencial para el equilibrio medioambiental, alberga una rica biodiversidad de fauna y flora, fundamental para mantener las cadenas tróficas en el humedal (Gutiérrez, 2022). Por lo tanto, la pérdida progresiva de esta planta amenaza no solo la diversidad biológica del entorno, sino también los servicios ecosistémicos que proporciona.

Con este contexto, el objetivo central de esta investigación, es evaluar las características de los sedimentos presentes en la Laguna de la Cocha y establecer posibles relaciones con el deterioro de la cobertura de Totora. La evaluación se presenta, como un paso fundamental para comprender los factores que contribuyen a la disminución de la planta, y por consiguiente, a la degradación del ecosistema en su conjunto. Como parte metodológica se identifica un análisis de la información base y se realiza la recolección de muestras en la laguna de Cocha, identificando varios puntos para la toma de muestras de sedimentos utilizando la herramienta Draga Ekman y posteriormente el análisis detallado de las características fisicoquímicas del suelo; por otra parte, se analizó estadísticamente los resultados de las muestras, utilizando el software SPSS, incluyendo la aplicación del método T de Student para determinar la existencia de diferencias significativas entre los puntos afectados y los puntos no afectados por la totora.

Por otra parte, se evaluó el nivel de fitotoxicidad para establecer si existe una correlación entre la afectación de la totora y su mortalidad, así como también, se llevó a cabo el análisis microbiológico para determinar coliformes totales, coliformes fecales y la presencia de hongos en muestras de lodo de la totora. De esta manera, en la investigación se obtuvo que las características fisicoquímicas no tienen relación con el desecamiento de la Totora, además de identificarse que la

parte microbiológica es la más influyente por la cantidad de coliformes y el crecimiento hogos no identificados.

## **1. Resumen del proyecto**

### **1.1. Descripción del problema**

La Laguna de la Cocha está ubicada en el departamento de Nariño, es el segundo cuerpo de agua dulce más importante del país, se encuentra en el sistema de páramos más bajo del mundo y entre la vegetación predominante están los frailejones, típicos de esta clase de climas, el motilón dulce, los encinos, la majua, el arrayán, los anturios, el cancho, el palo 'e rosa, el sietecueros y los motilones silvestres (Colombia Travel, 2022).

Geográfica y climatológicamente esta ecorregión es considerada un área estratégica, por su riqueza en diversidad de ecosistemas, con recursos hídricos, formada por la estrella fluvial del páramo de Bordoncillo y el cerro Patascoy, en donde las fuentes de agua corren hacia las dos grandes vertientes la pacífica y la amazónica, sectorizadas en tres cuencas: río Guamués, río Putumayo y río Juanambú (Corporación Autónoma Regional Nariño-Corponariño, 2011).

Una de las especies vegetales más importantes de la Laguna de la Cocha es la Totorá, que es la transición entre el ecosistema acuático y terrestre. Además, es un hábitat de anidación de las aves y de protección para otra cantidad de seres vivos como macroinvertebrados acuáticos, algas, entre otros que constituyen y soportan todas las cadenas tróficas de lo que es un humedal (Gutiérrez, 2022). Desde hace aproximadamente un año la Totorá viene muriendo, lo cual pone en peligro el humedal y hasta el momento no se tiene claridad sobre la causa de muerte, según lo advirtieron los habitantes del corregimiento de El Encano. Es muy importante enfocar investigaciones que determine la causa de muerte de la Totorá ya que la literatura al respecto es muy escasa, por no decir nula.

Por lo anterior, es importante tener en cuenta los depósitos de sedimentos presentes en los lagos, que son fuente de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo, en un ecosistema acuático (Ramírez y Noreña, 2004) Los sedimentos, al ser muy sensibles a los cambios en el ambiente, retienen evidencia de procesos de deposición de materiales derivados de factores exógenos como el clima, la erosión, la meteorización y la evolución de la flora y fauna; y endógenos como la tectónica, la

actividad volcánica, las fluctuaciones geomagnéticas y otros (Herrera-Hernández, 2011; Xu et al., 2017).

El enriquecimiento de nutrientes en los depósitos de sedimentos es un fenómeno contaminante que inicia cuando el agua de un ecosistema acuático recibe un vertido de desechos que favorece el excesivo crecimiento de materia orgánica y que provoca un crecimiento rápido de algas y otras plantas verdes que cubre la superficie del agua (Fundación Aquae, 2022).

### ***1.1.1. Formulación del problema***

¿Los sedimentos de la laguna de la Cocha, tienen niveles de contaminación que podrían afectar el desecamiento de la totora?

## **1.2. Justificación**

Los recursos naturales son esenciales para la vida animal, vegetal y para la supervivencia del ser humano; los ecosistemas cumplen funciones de regulación y purificación del agua, por lo que contribuyen con la producción de bienes y servicios, así como a mejorar la salud y bienestar de las personas. En la laguna de la Cocha se presenta una gran problemática que está afectando su ecosistema, debido a que se ha observado un deterioro acelerado y sistemático de la Totora o también conocida científicamente como, *Schoenoplectus californicus* (Gutierrez, 2022); esta planta no solo cumple con la función de mitigar el proceso de erosión causado por el oleaje de la laguna de la Cocha, sino que también sirve de hábitat y refugio para las aves acuáticas, anfibios e ictiofauna (Lopez de Viles et al., 2019).

Analizar y evaluar las características fisicoquímicas y determinar el nivel de fitotoxicidad del lodo de la Laguna de la Cocha, es importante porque permitirá establecer si existe una relación con el desecamiento de la Totora, y aportará información valiosa que puede ser utilizada para que las autoridades ambientales, como para los habitantes de la región, tomen decisiones y realicen las acciones pertinentes para aportar a la sostenibilidad del ecosistema.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Evaluar las características de los sedimentos de la Laguna de la Cocha, para establecer posibles relaciones con el desecamiento de la Totora.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

Determinar las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha.

Establecer las relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Totora.

Determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de la Cocha.

Realizar análisis microbiológico de los sedimentos del lodo de la laguna de la Cocha.

### **1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos**

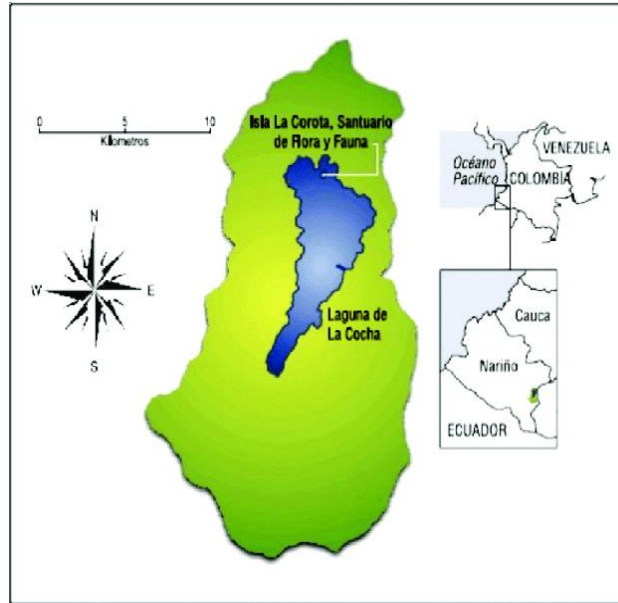
#### ***1.4.1. Marco contextual***

La laguna de La Cocha, laguna alto-andina y mayor humedal de los Andes colombianos, está localizada en la vertiente oriental del nudo de Los Pastos, al sur de Colombia en límites con la República de Ecuador (Figura 1). Hace parte de la cuenca alta del río Guamuez, importante tributario de los ríos Putumayo y San Miguel, afluentes a su vez del río Amazonas. Sus límites la ubican entre las coordenadas: 0° 50" - 1° 15" latitud norte y 77° 05" - 77° 20" longitud oeste (López-Martínez y Madroñero-Palacios, 2015).



**Figura 1.**

*Ubicación geográfica de la laguna de La Cocha*

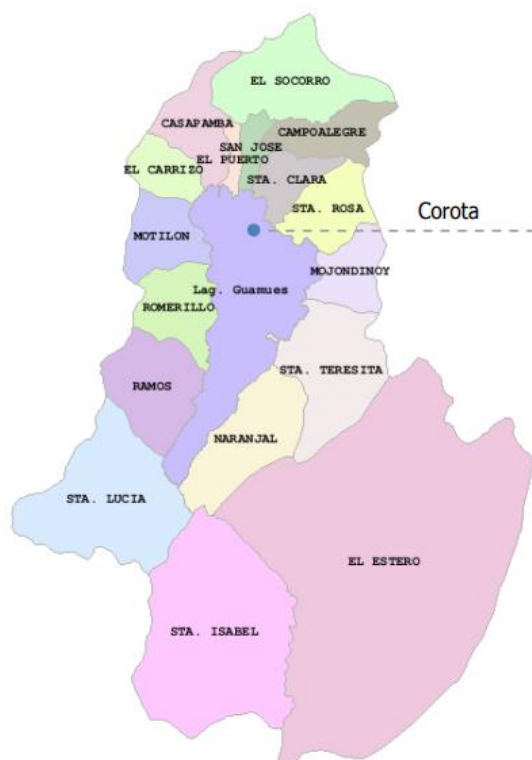


*Nota.* Fuente: Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza, 2004.

Pertenece al corregimiento el Encano del departamento de Nariño a 25 km del sector urbano de la ciudad de Pasto, se encuentra la Laguna de La Cocha; El Encano cuya área total se encuentra conformada por dieciocho (18) veredas circundantes a la laguna (Figura 2) en el corredor amazónico y las cumbres de la Cordillera Oriental Andina (Díaz, 2015).

**Figura 2.**

*Veredas circundantes a la laguna*



*Nota.* Fuente: (Díaz, 2015) (Koch, 2015)

En el año 2000 y mediante el Decreto 698 del 18 de abril, Colombia inscribió a la laguna de La Cocha o lago Guamués como humedal de importancia internacional dentro del convenio Ramsar siendo el primero con esta calificación en la zona andina y además de esto constituyéndolo como el segundo cuerpo de agua más importante del país. Adicional a esto la Laguna cuenta con La Corota; Santuario de flora y fauna (Figura 2), área protegida más pequeña que tiene el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia que está constituida por una Isla de forma ovalada en el norte de la laguna y una franja de totora alrededor de ella (Díaz, 2015).

Para Martínez (2015), según la Alcaldía Municipal de Pasto, la Laguna de La Cocha-LLC, a pesar de ser un área protegida, presenta un nivel de contaminación medio. Esta es producida por diversos hechos como: el vertido de aguas residuales provenientes de la cabecera corregimental y las veredas circundantes a la LLC, y los hidrocarburos generados por los motores fuera de borda

de las lanchas que la transitan. De igual manera, la producción de carbón vegetal en las zonas aledañas a la LLC es muy alta; la deforestación ha traído como consecuencia erosión de suelos, aumento en la escorrentía de las aguas superficiales y disminución de la biodiversidad. Adicionalmente a la deforestación, en la zona se realiza la siembra de cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L), arveja (*Pisum sativum*), cebolla junca (*Allium fistulosum* Linnaeus) y frutas como manzana (*Malus domestica*), mora (*Rubus glaucus*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y reinas claudias (*Prunus domestica*).

Sin tener en cuenta la aptitud natural del suelo, lo que hace que para mantener los cultivos sea necesario utilizar fertilizantes que contienen gran cantidad de nutrientes. De esta manera se incrementa la cantidad de nitrógeno y fósforo totales que llegan al espejo de agua de la LLC, lo que aumenta las concentraciones de los principales nutrientes responsables de los procesos de eutroficación (López-Martínez y Madroñero-Palacios, 2015).

Otros hechos contaminantes que también hay que tener en cuenta son: el mal manejo de residuos y procesos de producción agropecuaria, agrónoma y de producción de carbón, también por el mal manejo de residuos fecales animales, la ausencia de infraestructura adecuada para la recolección de basuras principalmente creadas por el turismo desorganizado que cada vez más empieza a ubicarse a orillas de la Laguna.

Teniendo en cuenta lo mencionado, todos estos factores contaminantes pueden estar relacionados con el desecamiento de la totora, importante planta para el buen funcionamiento del ecosistema, que sería el principal motivo de investigación, evitar que los totorales de la LLC desaparezcan y traiga consigo una gran afectación para la población de pescadores y al sector agropecuario, también se estaría afectado en gran medida el turismo, todo esto ligado a la economía, que actualmente es el sustento de numerosas familias de esta población.

### **1.4.2. Marco teórico**

**1.4.2.1 Plantaciones de totora.** La especie (*Schoenoplectus tatora*) llamada junco, batro o totora es una planta herbácea perenne acuática, de la familia Cyperaceae, género *Schoenoplectus* (Chacon et al., 2014).

El rizoma es el tallo subterráneo y su crecimiento se produce en forma horizontal paralela al suelo, estos contienen sustancias nutritivas de reserva que les permiten sobrevivir en periodos críticos, una vez pasado el factor negativo ambiental cuando se regulariza los periodos de lluvias las yemas superiores dan origen a nuevos tallos y en la parte inferior se inicia el crecimiento de las raíces adventicias y fibrosos que son relativamente delgados y es frecuente observar entremezclados con el rizoma dando anclaje a la totora.

El ápice del rizoma no presenta raíces siendo un tejido meristemático de color blanco, pero el rizoma maduro presenta una coloración café marrón brillante que se caracteriza por poseer una capa lignificada, tiene la corteza interna de color blanco y un cilindro central donde se encuentran muchos haces libero leñosos dispuestos en círculo concéntrico, en cuanto llega a envejecer toma una coloración marrón oscuro acumulando una gran cantidad de sustancias de reserva (Herrera, 2000).

El tallo es cespitoso, liso, trígono, terete circular en la sección transversal o acostillado, sin presentar tuberosidades en la base. Las hojas en la sección inferior presentan vainas foliares carentes de láminas, las superiores desarrollan ocasionalmente. La inflorescencia es un agregado simple y pseudo lateral de espiguillas, sésiles, ovoides u oblongas, presenta glumas espiraladas, deciduas, ovadas, redondas en la parte posterior, con una nervadura media fuerte y una lateral inconspicua u obsoleta, la raquilla es persistente. Las flores son hermafroditas, el perianto tiene entre 2, 7, 6 escamas, los estambres son 3, y los estilos 2. Los frutos son aquenios lenticulares, biconvexos o aplanconvexos, lisos o transversalmente rugosos (Aponte, 2009).

La totora está compuesta de un tejido vegetal que le permite mantener en su interior abundante agua y aire en proporciones estables durante largos períodos de tiempo de modo que puedan

mantenerse erectas. Cuando la flor madura forma las semillas que por acción del viento se reparten sobre las aguas dando lugar a una regeneración natural (Ballesteros, 2006).

Los totorales generalmente se desarrollan en suelos fangosos ricos en nutrientes y materia orgánica de un color negro blanquecino y en algunas zonas rojizas y arenosas, en lugares menos profundos se encuentra arraigada al suelo sumergido situación que puede considerarse como determinante para su desarrollo, mientras en lugares con suelos duros, rocosos o arenosos y con bastante oleaje la totora disminuye en su cobertura o no existe como sucede en el lago Mayor (Herrera, 2000).

***Materia orgánica sedimentaria (MOS).*** Los sedimentos lacustres constituyen archivos de procesos ambientales. La Materia Orgánica Sedimentaria--MOS se deriva tanto de fuentes alóctonas como autóctonas. Los primeros proceden de plantas vasculares terrestres, mientras que los segundos del fitoplancton y macrófitos acuáticos. Además de las fuentes naturales, los aportes antropogénicos a la MOS pueden ser significativos, especialmente en áreas de reciente y/o antiguas actividades industriales (Poerschmann et al., 2017).

Sedimentos de lagos relacionados con las antiguas actividades mineras de lignito, contienen concentraciones elevadas de materia orgánica (Blodau et al., 2000), sin embargo, la actividad microbiana en estos sedimentos a menudo se ve limitada por la falta de sustratos orgánicos. Esta obvia contradicción se debe al alto contenido de materia orgánica refractaria derivada del lignito, así como a la estabilización de la MOS por minerales de hierro (Laskov et al., 2002).

Los sedimentos, al ser muy sensibles a los cambios en el ambiente, retienen evidencia de procesos de deposición de materiales derivados de factores exógenos como el clima, la erosión, la meteorización y la evolución de la flora y fauna; y endógenas como la tectónica, la actividad volcánica, las fluctuaciones geomagnéticas y otros (Herrera-Hernández, 2011); asimismo, los depósitos de sedimentos en los lagos funcionan bien sea como fuente o como reserva de muchos de los nutrientes (Ramírez y Noreña, 2004), por lo que sus estudios deben ser incluidos en la caracterización de los sedimentos de humedales.

**1.4.2.2 Características fisicoquímicas del suelo.** La actividad humana ejerce una fuerte influencia en las propiedades físicas del suelo, las cuales son un reflejo de cómo el agua se desenvuelve en el sustrato y las limitaciones que pueden surgir durante el proceso de germinación y el crecimiento de las plantas (Bautista-Cruz et al., 2004). Las condiciones climáticas, tanto las húmedas como las secas, están vinculadas a las propiedades físicas del suelo, como su humedad, textura y color. La cantidad de humedad presente en el suelo es una característica altamente específica y depende principalmente de factores naturales como la textura del suelo, el contenido de materia orgánica y la composición de las fracciones minerales y orgánicas. Además, existen factores externos que ejercen influencia en este parámetro, como las precipitaciones, el riego artificial y la pérdida de agua en el suelo debido a la evapotranspiración (Jaramillo, 2002).

La textura desempeña un papel fundamental en la dirección y escala de numerosas reacciones físicas, químicas y biológicas. Esto se debe a que influye en el tamaño de la superficie donde ocurren estas reacciones y afecta la facilidad con la que se puede trabajar la tierra, su secuencia, fertilidad y productividad. Estos factores pueden variar según la ubicación geográfica (Huerta-Cantera, 2010). Conforme a lo planteado por Miralles Mellado en 2006, se puede afirmar que la textura del suelo desempeña un papel crucial en la regulación de la retención y el transporte de agua y nutrientes, así como en la asimilación y el intercambio de oxígeno.

Además, las características químicas guardan una conexión con la interacción entre el suelo y las plantas (Bautista-Cruz et al., 2004), influenciada por los elementos tanto orgánicos como inorgánicos presentes en el suelo, así como por los procesos que causan la combinación de estos elementos (Huerta-Cantera, 2010). La disponibilidad y la capacidad de intercambio de nutrientes entre el suelo y las plantas dependerán en gran medida de estas características. Algunos de los parámetros clave incluyen el nivel de acidez (pH), la salinidad, la materia orgánica (MO), el contenido de carbono orgánico (CO), los niveles de fósforo (P) y nitrógeno (N), así como la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

El nivel de pH constituye una de las características más significativas en la composición del suelo, dado que determina la medida de acidez, neutralidad o alcalinidad presente en él. Por lo general, se encuentran suelos ácidos en áreas con elevada cantidad de precipitación, ya que esto

provoca la lixiviación de importantes cantidades de bases intercambiables en las capas superficiales del suelo, lo que a su vez conduce a un aumento en la concentración de iones hidrógeno. (H<sup>+</sup>). En contraste, los suelos alcalinos son más comunes en regiones áridas y semiáridas, debido a la alta saturación de bases que se presentan en esos lugares (Huerta-Cantera, 2010). Este factor es altamente propenso a experimentar alteraciones en su condición, ya que depende de diversos elementos como el tipo de material original, la vegetación, las condiciones climáticas, la topografía, la actividad agrícola, la aplicación de fertilizantes ricos en nitrógeno y la cantidad de materia orgánica presente (Miralles-Mellado, 2006).

La salinidad en el suelo, tal como sugiere su nombre, se refiere a la existencia de sales solubles. Estas pueden surgir debido a procesos naturales o actividades humanas, que en cierta medida resultan en la acumulación de sales (Otero et al., 2007), estos factores se consideran una amenaza para la calidad de los suelos agrícolas, lo que se convierte en un obstáculo para la producción de alimentos y cultivos. En condiciones de alta salinidad, los cultivos pierden su potencial y rendimiento debido a que la salinidad aumenta el potencial osmótico del suelo por encima del de las plantas, lo que restringe la absorción de agua por las raíces y afecta negativamente el crecimiento de los cultivos.

Además, la salinidad conlleva otros problemas, como la limitación en la absorción de nutrientes, alteraciones en el transporte y reciclaje de iones en las plantas, e incluso la acumulación excesiva de iones de sales como cloruro, sodio y boro en diversas partes de las plantas, como semillas, tallos y hojas. También se producen cambios en el pH del suelo debido a la salinidad, lo que afecta la disponibilidad de nutrientes. El exceso de ciertos elementos, como nitratos-cloruro, potasio-sodio y calcio-sodio, puede generar incompatibilidades. En resumen, la salinidad desempeña un papel importante en la degradación del suelo y resulta en una pérdida de su fertilidad (Solé y Cantón, 2005).

Según Larson y Pierce (1991), la Materia Orgánica-MO representa el factor más significativo en cuanto a la calidad y la productividad del suelo. La MO está compuesta por diversos tipos de residuos vegetales y animales en varios grados de descomposición, y es la propiedad del suelo que desempeña un papel crucial en la regulación de los procesos químicos, al mismo tiempo que se

convierte en el epicentro de todas las actividades biológicas (Huerta Cantera, 2010). Del mismo modo, el carbono orgánico desempeña un papel fundamental en la composición de los organismos vivos y representa aproximadamente el 69,8% del carbono orgánico presente en la biosfera. La tierra puede funcionar como una fuente o un depósito de carbono según cómo se utilice y se gestione. El carbono orgánico en el suelo se encuentra en diferentes formas, incluyendo residuos orgánicos apenas alterados de plantas, animales y microorganismos, así como en forma de humus y en una forma muy densa que se asemeja al carbono elemental (Martínez et al., 2008).

Los niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P) en el suelo son esenciales para el desarrollo de las plantas, ya que reflejan la capacidad nutricional del suelo (Miralles-Mellado, 2006). El fósforo presente en el suelo proviene de apatitas y depósitos de fosfato natural. Estos minerales se liberan debido a la acción de la lixiviación, la erosión y los procesos de meteorización. El fosfato liberado es asimilado por las plantas, la comunidad microbiana y los sedimentos. Eventualmente, se incorpora a la materia orgánica del suelo y vuelve a depositarse en formas minerales de baja solubilidad (Cerón y Aristizábal, 2012). El nitrógeno, por otro lado, ingresa al suelo mediante la contribución de materia orgánica y la fijación bacteriana a partir del aire (N<sub>2</sub>). Estos elementos nutritivos son componentes esenciales de los macronutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Dado que son fundamentales para el crecimiento de las plantas, ninguna otra sustancia puede llevar a cabo sus funciones de manera efectiva (Munera y Meza, 2012).

La Capacidad Intercambio Catiónico (CIC) posibilita la evaluación de la existencia de componentes fundamentales para el mantenimiento y la provisión de nutrientes en terrenos destinados a la agricultura y la silvicultura (Miralles Mellado, 2006), Visto como crucial en la alimentación de las plantas, por esta razón, su evaluación se torna especialmente importante (Henríquez et al., 2005). La Capacidad Intercambio Catiónico-CIC guarda una estrecha relación con la conductividad eléctrica, ya que refleja la habilidad del suelo para transportar tanto cationes como aniones, que son elementos considerados como nutrientes esenciales para el suelo. Este factor está directamente vinculado con la cantidad de ventas presentes en el suelo y, en consecuencia, puede utilizarse como un indicador que sugiere la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo (Miralles-Mellado, 2006).



Los métodos agrícolas convencionales se distinguen por su uso extensivo de la tierra, lo que resulta en la degradación de la calidad del suelo (Jaurixje et al., 2013). Este proceso de degradación puede manifestarse al afectar las características físicas y químicas del suelo, lo que tiene un impacto negativo en la capacidad de producir en ese entorno. Es por esta razón que contar con información previa sobre las condiciones del suelo se convierte en un aspecto crucial. Esto permite llevar a cabo prácticas adecuadas y evitar empobrecer el suelo, evitando así convertirlo en un terreno inapropiado para lograr una producción eficiente de cultivos (Graetz, 2002).

***La prueba T para muestras relacionadas.*** Disponible en el software SPSS, se utiliza para comparar las medias de dos conjuntos de datos relacionados entre sí. Esta prueba implica calcular las diferencias entre los valores de las dos variables para cada caso y determinar si los medios de estas diferencias difieren significativamente de cero. Se realiza con un nivel de confianza del 95%, lo que significa que para que un cambio se considere significativo, el valor de la prueba debe ser menor al 5% en ambos lados del intervalo de confianza.

**1.4.2.3 Nivel de Fitotoxicidad del suelo.** Los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y agua negra, utilizada para riego agrícola radican principalmente, que pueden ser acumulados en estos sistemas de suma importancia para la agricultura. Por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad puede resultar peligrosos. La presente compilación bibliográfica resalta y destaca la sensibilidad relativa de algunas plantas a la presencia de los metales pesados y la tendencia a acumular los mismos, haciendo énfasis en los aspectos de relación con algunas de las características fisicoquímica de los suelos y la fitotoxicidad por metales (Prieto-Méndez et al., 2009).

Como consecuencia del uso y el vertido de contaminantes provenientes de la actividad agroindustrial y del desarrollo de grandes centros urbanos, una de las necesidades más relevantes en el manejo y la gestión medioambiental, es el desarrollo de herramientas de monitoreo para la evaluación de los efectos tóxicos de estos compuestos sobre los sistemas biológicos. Entre la metodología bioanalítica existente, la aplicación de bioensayos de toxicidad con plantas vasculares

es considerada de manera creciente en baterías de ensayo para el diagnóstico ecotoxicológico. (Cecilia-Sobrero, 2010).

Este tipo de ensayo consiste simplemente en poner a prueba una muestra de suelo sembrando especies vegetales como bioindicadores de toxicidad sensibles a sustancias inhibitoras con el fin de observar cual es el comportamiento en su germinación, crecimiento y desarrollo de la planta durante un determinado periodo de tiempo.

Los ensayos de fitotoxicidad con semillas germinadas son simples, versátiles y útiles para evaluar la toxicidad de aguas, sedimentos y muestras de suelo (Walsh et al., 1991; Lewis, 1995; Rosa et al., 1999).

**1.4.2.4 Análisis Microbiológico del suelo.** Para el análisis microbiológico en el lodo y las plantas se realiza una evaluación de calidad microbiológica del agua ya que mediante esta se podrá determinar si es apta o no para consumo humano, esto va ligado a la presencia de microorganismos patógenos que puedan estar en ella y ser causantes de diversas clases de riesgos como enfermedades, infecciones, contaminación, entre otros.

Los parámetros microbiológicos más relevantes en los Lodos que se realizan con mayor frecuencia para determinar la calidad y composición de los lodos, la mayoría de estos parámetros se encuentran referenciados en Normas Técnicas y Decretos, como es el caso de los Microorganismo Mesófilos Aerobios, Salmonella, Mohos y Levaduras que se mencionan en la Norma Técnica Colombiana 3656: Productos para la Industria Agrícola, Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo por otra parte los Coliformes Totales y Fecales se referencian en el Proyecto de Decreto por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial “Por la cual se establecen los criterios de calidad y uso para el aprovechamiento de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales para su incorporación al ciclo económico productivo, y se toman otras determinaciones”. (Salmon-GAL y X- glucurónico).

Los coliformes son bacilos cortos que se han definido como bacterias aerobias o anaerobias facultativas que fermentan la lactosa con producción de gas. Las principales especies de bacterias coliformes son el *E. Coli* y *Enterobacter Aerogenes*; no obstante, las especies que es posible que se ajusten a estos criterios, son más de veinte. El grupo de coliformes fecales incluye a los coliformes capaces de crecer a temperatura elevada 44.5 o 45°C. *Escherichia Coli*, la temperatura óptima de crecimiento del microorganismo es de 37°C, con un intervalo de crecimiento de 10 a 40°C. Su pH óptimo de crecimiento es de 7.0 a 7.5 con un pH mínimo de crecimiento de valor de 4.0 y un pH máximo de crecimiento de valor de 8.5. Este microorganismo es relativamente termosensible y puede ser destruido con facilidad a temperaturas de pasteurización y también mediante la apropiada cocción de los alimentos.

Los mohos son parte del grupo de los hongos, son heterótrofos, a diferencia de las plantas, estos, se alimentan de materia orgánica muerta o de huéspedes vivos, cuando interactúan como parásitos. Los mohos tienen la capacidad de adaptarse a condiciones del entorno que no todos los microorganismos son capaces de tolerar, como un nivel de acidez o basicidad en un rango mayor que las bacterias. La mayoría de los mohos pueden considerarse mesófilos, es decir crecen bien a la temperatura ambiente. La temperatura óptima para la mayoría de ellos es de unos 25 a 30°C, pero algunos crecen bien a 35- 37°C.

Las levaduras son hongos, su forma de reproducción predominante es la gemación. Además, se distinguen de las bacterias debido a que su tamaño es mucho mayor que el de las mismas. En general hay más de 300 especies de levaduras conocidas y 39 géneros. La mayor parte de las levaduras comúnmente encontradas crecen mejor en medios en los que dispone de gran cantidad de agua. Pero puesto que muchas levaduras crecen en presencia de 35 concentraciones de solutos, como azúcar o sal, superiores a aquellas en que crecen la mayoría de las bacterias, debe admitirse que la mayoría de estas levaduras necesitan menos humedad que la generalidad de las bacterias. Sin embargo, en su inmensa mayoría las levaduras requieran más agua que los mohos.

El crecimiento de la mayoría de la levadura se ve favorecido por un pH ácido próximo a 4 - 4.5 y no se desarrollan bien en medio alcalino a menos que se hayan adaptado al mismo. Las levaduras

crecen mejor en condiciones aeróbicas, si bien las fermentativas pueden hacerlo, aunque lentamente, en condiciones anaeróbicas (Ramos et al., 2008).

### **1.4.3. Estado del arte**

Debido a la contaminación causada por diferentes hechos o actividades que se realizan en el sector de la laguna de la cocha y puntos aledaños a ella; que posiblemente puede tener una estrecha relación con el desecamiento de los totorales, trayendo consigo un desorden en el ecosistema, ha sido necesario proponer algunas alternativas como solución a esta situación.

En este trabajo de investigación se citan algunos trabajos realizados sobre las características fisicoquímicas de sedimentos en lagunas contaminadas, fitotoxicidad en plantas por metales pesados en suelos y análisis microbiológicos con la finalidad de establecer posibles relaciones con el desecamiento de la Totorá.

**1.4.3.1 Internacionales.** Según los estudios realizados por (Roulet et al., 2009), la diversidad y distribución de bacterias sulfato reductoras (BSR) en sedimentos de lagunas de la cuenca Milluni contaminada por desechos mineros juegan un rol importante en la mitigación de los drenajes mineros ácidos, reduciendo el sulfato a sulfuro de hidrógeno que se combina con los metales pesados precipitándolos. De esta manera las BSR contribuyen a reducir tanto la acidez del medio como la concentración de metales pesados solubles, por lo que su estudio es importante, en ambientes contaminados por la minería.

Este estudio realizado por Sepúlveda et al. (2009), evaluó el enriquecimiento, disponibilidad y contaminación de metales traza (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos superficiales de tres lagunas urbanas interconectadas ubicadas en Concepción-Chile. De acuerdo con los resultados del análisis de fraccionamiento geoquímico, el Cu y el Pb están más asociados con los oxi-hidróxidos, el Cd está asociado con la fracción intercambiable y carbonatada, mientras que el Zn está asociado principalmente con la fracción orgánica, los oxi-hidróxidos y la fracción residual. La estimación de los porcentajes de disponibilidad indica que el Cu es el metal más móvil y el menos móvil es el Cd. Una evaluación del índice de geo acumulación y contaminación industrial urbana permitió

clasificar la zona de estudio como moderada a altamente contaminada. Los estudios del enriquecimiento, disponibilidad y distribución de los metales pesados en los sedimentos de ambientes acuáticos son temas de interés relevante por la capacidad del sedimento a concentrar e integrar a los ecosistemas los metales disueltos y convertirse en zonas potenciales de riesgo ambiental.

En estudios reanalizados por Chaparro (2005), sobre Magnetismo en Sedimentos de Arroyos y Lagunas de Chascomús, Provincia de Buenos Aires – Parámetros Magnéticos como Indicadores de Contaminación y algunos Resultados del Uso de un Método Experimental para Separar Fases Magnéticas. Se presentan resultados obtenidos de la zona de Chascomús (Pcia. de Buenos Aires). Se diseñó y realizó una campaña de testigos de sedimentos de lagunas y arroyos. En este trabajo se investiga la influencia de contaminantes en sedimentos de arroyos y lagunas en el área de Chascomús (Pcia. de Buenos Aires) y sus características magnéticas.

La relevancia de distintos parámetros magnéticos en la evaluación de la contaminación se estudió a través de la correlación entre parámetros magnéticos y contenidos de metales pesados (Pb, Zn, Cr, Cu, Fe y Ni). También, se hizo uso del nuevo método experimental desarrollado (mencionado previamente), logrando discriminar y caracterizar fases magnéticas duras y blandas presentes en distintas muestras de sedimentos.

**1.4.3.2 Nacionales.** Un estudio realizado por Bolivar-Bandera (2020) informa que en Colombia, las causas principales de contaminación de las lagunas son originadas por la industrial, la minería, la agricultura y la falta de saneamiento básico. Los ambientes acuáticos son los más afectados, resultando en pérdida de biodiversidad. Unos de los ecosistemas más vulnerables de la región caribe es el humedal la ciénaga de Mallorquín en el departamento del Atlántico, debido a la contaminación por metales pesados.

En este estudio se determinó la concentración de cuatro metales pesados (Cr, Ni, Cd y Hg) en 16 muestra de los sedimentos de la ciénaga de Mallorquín. Las muestras (Cr; Ni; Cd) fueron analizadas por espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS). Para el Hg se utilizó un analizador de mercurio LUMEX®. Se encontraron concentraciones que sobre pasan los

limites admisibles internacionalmente, especialmente para el Cr, Ni y Hg, en la muestra M4 (96.704; 45.474; 0.199  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), M5 (100.378; 44.453; 0.153  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), M6 (97.737; 47.605; 0.14  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) y M9 (104.918; 47.3247.32; 0.143  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ). Por último, se evidenció que la materia orgánica y el tamaño del grano son un factor de distribución de metales pesados en los sedimentos de la ciénaga de Mallorquín.

**1.4.3.3 Regionales.** En el año 2010 como parte de la tesis “*Ordenamiento ambiental de la cuenca alta del Rio Guamués*” por Alberto Obando, se hizo un análisis de la calidad de agua en la cuenca alta de la Laguna, que ofreció resultados desalentadores en cuanto al estado actual de esta fuente de agua, mostrando alteraciones de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que inician en el Puerto llegando hasta las veredas aledañas, siendo más fuerte en las orillas de La Laguna (Díaz, 2015).

En el año 2013 Narvaez et al. (2013), llevan a cabo un estudio sobre la caracterización del área cubierta por totora en la zona norte de la Laguna de La Cocha y su relación con procesos de sedimentación. En este estudio se concluye que el área del totoral de la zona cubre 75.7 ha, de las cuales 4.45 corresponden a la superficie cubierta por totora en la isla La Corota y, que esta vegetación cumple una función retenedora de sedimentos acarreados por las corrientes y distribuidos sobre la Laguna por el oleaje.

El análisis hidroclimatológico indica que los niveles de la Laguna se encuentran relacionados con la cantidad de lluvias existentes en el área y que los valores más altos se alcanzan uno o dos meses después de presentarse los valores máximos de precipitación. Finalmente describe que la totora es un importante hábitat para la fauna que ahí se encuentra, constituye una barrera para el oleaje y que frenan los procesos de sedimentación y eutrofización debido a que actúa como un agente de descontaminación natural de las aguas por sus propiedades fisiológicas.

El trabajo recomienda estudiar el efecto del cambio climático y el impacto de las actividades humanas en la ecología de la laguna, desarrollar estudios relacionados con el totoral como el índice de biomasa y su relación con los procesos de sedimentación, caracterización de este tipo de

vegetación en diferentes épocas del año, posibilidades de uso y manejo del totoral y monitoreo constante de la cobertura del totoral.

#### 1.4.4. Marco legal

Para el desarrollo de la propuesta de investigación, es necesario tener en cuenta las normas referenciadas en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Normativa ambiental y conservación del recurso hídrico*

<b>Norma</b>	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ley 135 de 1997</b>	Convención Ramsar	Conservación y protección de los humedales a nivel mundial.
<b>Decreto 698 del 18 de abril</b>	Convención Ramsar año 2000	Colombia inscribió a la laguna de la Cocha como humedal de importancia internacional.
<b>Resolución 0157 de 2004</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Uso sostenible, conservación y manejo de los humedales y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la Convención Ramsar.
<b>NTC 4458. 2007</b>	Coliformes totales y fecales  Presencia de hongos	Productos para la Industria Agrícola, Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes.
<b>NTC 4092.2009</b>	Microbiología	Análisis para determinar bacterias, levaduras, mohos
<b>NTC 3656.1994</b>		

		Toma de muestras de suelo para determinar contaminación
<b>NTC 5264</b>	Calidad de suelo – Determinación de (pH)	Esta norma describe la determinación del ph o acidez activa de los suelos, en el laboratorio, a través de un método potenciométrico.
<b>NTC 5403</b>	Calidad del suelo. Determinación del carbono orgánico	Calidad del suelo; carbono orgánico; método de ensayo.
<b>NTC 5889</b>	Análisis de suelos. Determinación del nitrógeno total	Esta norma contempla los métodos más reconocidos para determinar el contenido de nitrógeno total en suelos
<b>NTC 5350</b>	Calidad del suelo. Determinación de fósforo disponible	Esta norma cubre la determinación del fósforo disponible en los suelos, en el laboratorio, a través de diferentes métodos.
<b>NTC 5268</b>	Calidad de suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico	Describe la determinación en el laboratorio de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos
<b>NTC 5349</b>	Calidad de suelo. Determinación de las bases cambiables	Esta norma cubre la determinación de las bases cambiables calcio (ca), magnesio (mg), sodio (na), y potasio (k) de los suelos, en el laboratorio, mediante su extracción con acetato de amonio 1m y ph 7,0 y su posterior cuantificación por espectrofotometría



<b>NTC 5263</b>	Calidad del suelo. Determinación de la acidez, aluminio e hidrogeno intercambiables	Describe la determinación de la acidez intercambiable de los suelos en el laboratorio, mediante un método volumétrico.
<b>NTC 5526</b>	Calidad de suelo. determinación de micronutrientes disponibles: cobre, zinc, hierro y manganeso.	Cubre la determinación en el laboratorio de los micronutrientes: cobre, zinc, hierro y manganeso disponibles en los suelos, a través de varios métodos de extracción.
<b>NTC 5404</b>	Calidad del suelo. Determinación de boro	Cubre la determinación del boro disponible en los suelos, en el laboratorio, a través de dos posibles métodos de extracción y su posterior cuantificación por colorimetría.

---

## 1.5. Metodología

En esta sección, se especifica cada uno de los pasos que se llevaran a cabo en el muestreo en cada uno de los puntos seleccionados para el estudio y análisis de los parámetros fisicoquímicos de los sedimentos en la laguna de la Cocha.

### ***1.5.1. Determinar las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha***

**1.5.1.1 Caracterización del suelo.** En Colombia, en términos generales, se aplican los intervalos indicados en la Tabla 2, como referencia. Estos intervalos son apropiados para la mayoría de los cultivos agrícolas (Osorio, 2012).

**Tabla 2.**

*Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos utilizados en Colombia*

Parámetro	Unidades	Interpretation				
		Muy baja	Baja	Suficiente	Alta	Muy alta
<b>P</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 5	5-15	15-30	30-45	> 45
<b>S</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 3	3-6	6-12	12-15	> 15
<b>Fe</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 10	10-25	25-50	50-100	> 100
<b>Mn</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 2.5	2.5-5	5-10	10-20	> 20
<b>Cu</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 0.5	0.5-1	1-3	3-5	> 5
<b>Zn</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 0.5	0.5-1.5	1.5-5	5-10	> 10
<b>B</b>	mg kg <sup>-1</sup>	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-1.5	> 1.5
<b>Ca</b>	cmolc kg <sup>-1</sup>	< 1	1-3	3-6	6-9	> 9
<b>Mg</b>	cmolc kg <sup>-1</sup>	< 0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3	> 3
<b>K</b>	cmolc kg <sup>-1</sup>	< 0.05	0.05-0.15	0.15-0.3	0.3-0.5	> 0.5
<b>Na</b>	cmolc kg <sup>-1</sup>	< 0.5	0.5-1			> 1
<b>Al</b>	cmolc kg <sup>-1</sup>	< 0.5	0.5-2			> 2

*Nota.* Fuente: Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo (Osorio, 2012).

En la Tabla 3, se interpreta el pH del suelo se ve influida por las categorías de reacción del suelo (que abarcan la acidez, neutralidad y alcalinidad) y la capacidad de la planta para adaptarse a estas condiciones (Osorio, 2012) .

**Tabla 3.***Rangos para interpretar la acidez del suelo*

<b>Valor</b>	<b>Categoría</b>
< de 5,5	Extremadamente ácido
5,5 - 5,9	Moderadamente ácido
6,0 - 6,5	Adecuado
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 8,0	Alcalino
> de 8	Muy alcalino

*Nota.* Fuente: Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo (Osorio, 2012).

En términos generales, se parte del supuesto de que un aumento en la temperatura ambiente conlleva a una mayor descomposición de la materia orgánica del suelo, lo que, por consiguiente, resulta en un mayor suministro de nitrógeno, como se refleja en la Tabla 4. No obstante, es importante destacar que el proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo está influenciado por la actividad de microorganismos, y la temperatura es solo uno de los numerosos factores que regulan este proceso (Osorio, 2012).

**Tabla 4.***Materia Orgánica Según el Clima*

<b>Altitud (m)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Categoría</b>				
		<b>Muy bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Alto</b>	<b>Muy alto</b>
< 1000	> 24	< 1	1-3	2-3	3-5	> 5
1000-2000	18-24	< 2	2-3	3-5	5-10	> 10
> 2000	< 18	< 3	3-5	5-10	10-20	> 20

*Nota.* Fuente: Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo (Osorio, 2012).

A continuación, se presentan los valores ideales típicos de las relaciones entre los cationes obtenidos en los análisis de suelos. Es importante tener en cuenta que estos valores pueden variar según el tipo de cultivo, las condiciones climáticas y otros factores específicos (Mora, 2015).

**Tabla 5.**

*Capacidad de intercambio catiónico*

<b>CIC total (meq/100g)</b>	<b>Nivel</b>	<b>Valoración</b>
0-10	Muy bajo	Suelo muy pobre
10-20	Bajo	Suelo pobre
20-35	Medio	Suelo medio
35-45	Medio-alto	Suelo rico
Mayor de 45	Alto	Suelo muy rico

*Nota.* Fuente: Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos (Mora, 2015).

Es importante interpretar los resultados del análisis del suelo como indicadores, ya que no reflejan con precisión la cantidad real de nutrientes disponibles en el suelo. Por lo tanto, es más adecuado evaluar estos resultados en un contexto cualitativo en lugar de cuantitativo. La interpretación de los resultados de los análisis se fundamenta en la información obtenida de experimentos realizados en terrenos reales, a partir de los cuales se han definido diferentes categorías que reflejan la cantidad de un nutriente, estas categorías incluyen niveles de muy baja, baja, media, alta y muy alta, como se detalla en la Tabla 6 (Osorio, 2012)

**Tabla 6.**

*Categorías en las que se clasifican los índices de disponibilidad de nutrientes*

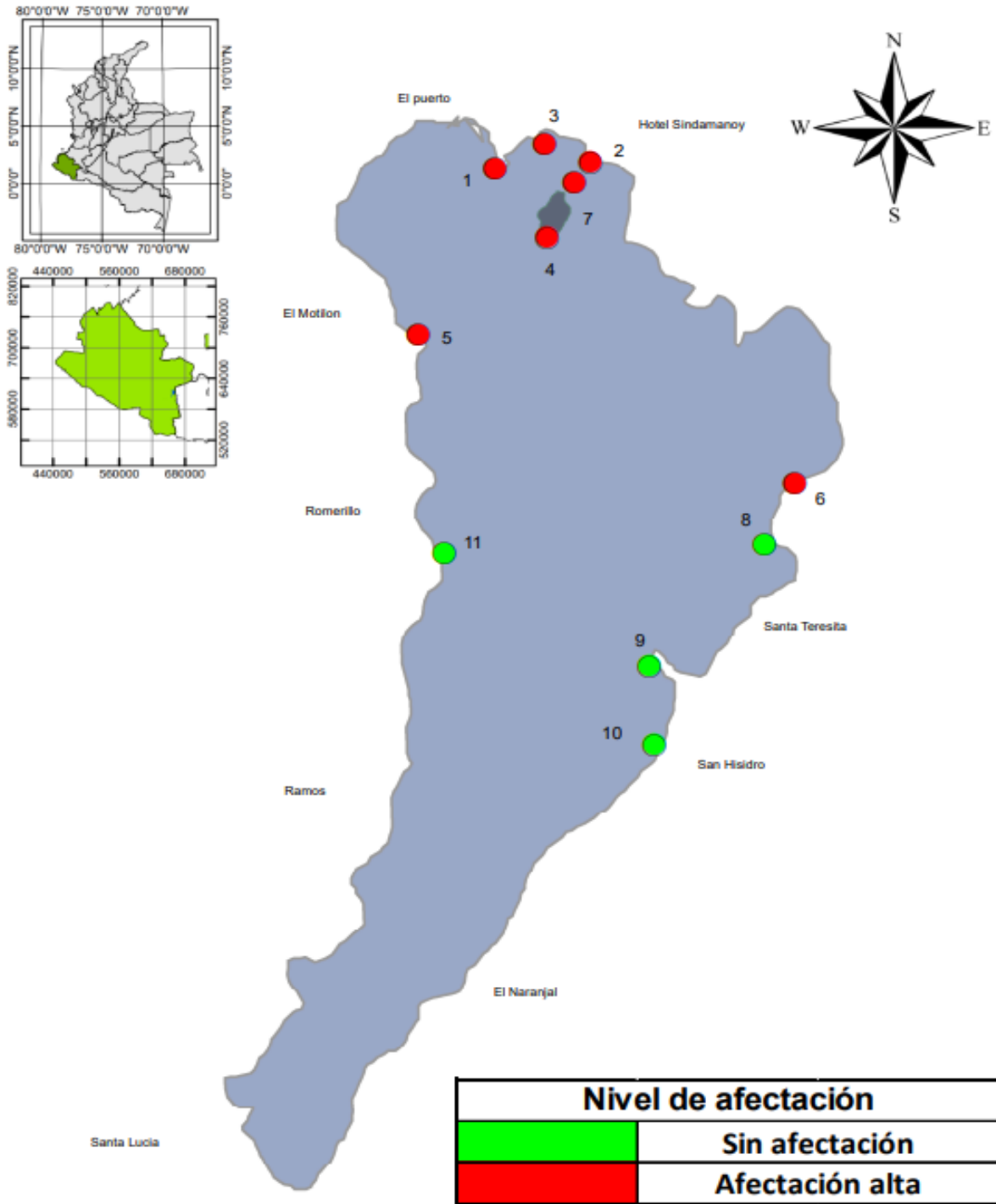
<b>Categoría</b>	<b>Interpretación</b>
Muy baja	Deficiencia severa en el cultivo, se requiere aplicar una muy alta cantidad del nutriente.
Baja	Deficiencia moderada, se requiere aplicar una cantidad alta del nutriente.
Media	Suficiencia. Aplicación moderada del nutriente para maximizar rendimiento
Alta	Aplicación baja para mantener alta disponibilidad del nutriente.
Muy alta	No aplicar. Alto riesgo de desbalance nutricional, toxicidad y/o contaminación ambiental

*Nota.* Fuente: Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo (Osorio, 2012).

**1.5.1.2 Recolección de muestras.** Teniendo en cuenta la estimación del estado de afectación en el que se encuentra la totora, realizada por el grupo de estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la universidad Mariana, que están desarrollando el trabajo de grado denominado “Evaluación de parámetros físico químicos de la calidad del agua en la laguna de la Cocha y su relación con la afectación de la torora”, luego de su visita a la laguna de La Cocha, supervisada por el biólogo Aquiles Gutiérrez, en la cual tomaron como referencia cada uno de los puntos evaluados en el informe de capacidad de carga del año 2014; se tomaran como referencia para la recolección de muestras de sedimentos, 7 de los puntos que fueron calificados con una afectación alta de la totora, y 4 de los calificados sin afectación, como se indica en la figura 3.

Figura 3.

Mapa georreferenciado de la calificación del estado de afectación de la totora



Para la toma de muestras de sedimentos, los puntos calificados con una afectación alta de la totera que se tendrán en cuenta son: uno ubicado cerca al puerto (marcado como 1 en la figura 3), dos puntos cercanos al hotel Sindamanoy (marcado como 2 en la figura 3), uno en la vereda El Motilón (marcado como 5 en la figura 3), un punto ubicado en la vereda Santa Teresita (marcado como 6 en la figura 3) y el punto ubicado entre la Corota y el hotel Sindamanoy (marcado como 7 en la figura 3) y uno en la el sector de Romerillo (marcado como 11 en la figura 3). Los puntos calificados sin afectación que se tendrán en cuenta para la toma de muestra serán los siguientes: uno ubicado en la vereda Santa Terecita (marcado como 8 en la figura 3), dos puntos ubicados en la vereda San Hisidro (marcados como 9 y 10 en la figura 3).

La ubicación de los puntos de muestreo en zonas afectadas y no afectadas se pueden ver en las tablas 7 y 8.

**Tabla 7.**

*Ubicación puntos de muestreo zona afectada*

<b>Punto</b>	<b>Latitud N</b>	<b>Longitud W</b>	<b>Zona</b>
1	1.135194	77.155139	Puerto
2	1.134722	77.146528	Hotel Sindamanoy 1
5	1.113848	77.163737	El Motilon
6	1.082232	77.127882	Santa Teresita
7	1.131261	77.148281	Entre Corota y Sindamanoy
11	1.137816	77.151476	Romerillo

**Tabla 8.**

*Ubicación puntos de muestreo zona no afectada*

<b>Punto</b>	<b>Latitud N</b>	<b>Longitud W</b>	<b>Zona</b>
8	1.082232	77.127882	Sata Terecita
9	1.075919	77.141196	San Hisidro 1
10	1.069798	77.136669	San Hisidro 2

Se realizará una salida a la laguna de cocha, para la toma de una muestra en cada uno de los puntos seleccionados, para lo cual se requerirá como herramienta una Draga Ekman, diseñada para la recogida de muestras de sedimento de fondos blandos como arcilla, limo o fango. Las dos cucharas unidas a dos muelles de torsión y una caja de un área definida permiten obtener una muestra casi inalterada.

En la operación se fija una línea que pasara a través del mecanismo de disparo y funcionara de guía, el EKMAN bajara hasta tocar fondo, se enviara una pequeña barra de acero llamada “mensajero” por la línea, golpeando el accionador, permitiendo que los resortes cierren las cucharas. Una característica distintiva es el mecanismo de liberación de cuchara operado por el mensajero. Es muy fiable, tiene pocas piezas de trabajo y es el mejor de su tipo en el campo (CEDSA S.A., 2023).

Dos finas tapas abatibles se solapan en la parte superior, estas se abren durante el descenso para dejar pasar el agua; Se cierran durante la recuperación y se mantienen cerrados por la presión del agua para reducir el lavado evitando perdida de las muestras. Los resortes de cierre se desenganchan fácilmente de su posición de carga para una manipulación segura durante el transporte y el almacenamiento.

Las cucharas de la draga se superponen para reducir la pérdida de muestras. Su construcción es de acero inoxidable, ligero pero estable, debido a la amplia base, pivote central para la baja perturbación del fondo, Tamaño de la caja: 152 x 152 x 152 mm Volumen de la caja: 3.5 L, ver figura 4.



**Figura 4.**

*Draga Ekman*



*Nota.* Fuente: (CEDSA S.A., 2023).

Las muestras recolectadas de un Kg. cada una (según especificaciones del laboratorista) serán depositadas en recipientes de plástico con tapa hermética, se preservarán con hielo en bolsa dentro de una caja de Tecnopor (Andreu y Camacho, 2003), y se llevarán al laboratorio especializado de la Universidad de Nariño, para realizar un análisis completo de muestra de suelo. En la tabla 9, se presentan los parámetros fisicoquímicos que serán analizados, la norma técnica que los respalda, y el número de análisis que se realizarán en los diferentes puntos de muestreo.

**Tabla 9.***Parámetros fisicoquímicos para analizar en los diferentes puntos de muestreo*

<b>Parámetro</b>	<b>Norma técnica</b>	<b>Número de análisis</b>
pH	NTC 5264 200803-26	9
Carbono Orgánico Oxidable	NTC 5403. 2013	9
Materia Orgánica (MOS)	NTC 5403. 2013	9
Nitrógeno Total (TN)	NTC 5889	9
Fósforo disponible (P)	NTC 5350	9
Capacidad Intercambio Catiónico (CIC)	NTC 5268	9
Calcio de Cambio (Ca)	NTC 5349	9
Magnesio de Cambio (Mg)	NTC 5349	9
Potasio de Cambio (K)	NTC 5349	9
Acidez y Aluminio Intercambiable (Al)	NTC 5263	9
Hierro Disponible (Fe)	NTC 5526	9
Manganeso Disponible (Mn)	NTC 5526	9
Cobre Disponible (Cu)	NTC 5526	9
Zinc Disponible (Zn)	NTC 5526	9
Boro Disponible (B)	5404	9
Densidad aparente (DA)	-	9
Textura al Tacto	-	9
<b>Total, análisis</b>		<b>153</b>

**1.5.1.3 Parámetros físicos.**

**Textura al Tacto.** El método de textura al tacto es una forma sencilla de clasificar la textura de un suelo basándose en la sensación que experimenta al tocarlo y manipularlo con tus manos. Esta clasificación se basa en la proporción relativa de tres componentes principales en el suelo: arena, limo y arcilla.

**Densidad aparente.** Se utilizó el procedimiento gravimétrico mencionado en el manual de Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos del Se emplearon cápsulas de porcelana que se sometieron a un proceso de secado a 105°C durante 2 horas. Luego de este período, las cápsulas se retiraron y se dejaron reposar en un desecador durante 15 minutos antes de pesarlas. Seguidamente, se añadieron 10 gramos de suelo húmedo a cada cápsula y se procedió a un segundo proceso de secado de 24 horas a una temperatura constante de 105°C. Una vez completado el tiempo de secado, las cápsulas se retiraron nuevamente y se dejaron reposar en el desecador durante 15 minutos antes de efectuar su pesaje. Este pesaje se utiliza como base para realizar los cálculos correspondientes de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Pw (\%) = (\text{peso suelo humedo} - \text{peso suelo seco}) / (\text{peso suelo humedo}) * 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

### ***1.5.2. Establecer las posibles relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Totora***

Una vez se obtengan los resultados de los análisis realizados en el laboratorio especializado de suelo agrícola de la Universidad de Nariño, del muestreo de los sedimentos de la laguna de la Cocha de cada uno de los puntos seleccionados, se procederá a registrar los datos en el software estadístico denominado SPSS, para obtener un análisis estadístico con el método T de Student de cada uno de los 15 parámetros cuantitativos entregados por el laboratorio, con los cuales se podrá determinar si existe una diferencia significativa entre estos parámetros en donde la totora presenta afectación alta y los puntos donde la totora no presenta afectación y de esta manera poder determinar si las características fisicoquímicas del sedimento tienen relación directa con el desecamiento de la totora (Rubio y Berlanga, 2012).

El proceso a seguir en el método T de Student se puede describir de la siguiente manera:

Definir la hipótesis nula y alternativa: Establecer la hipótesis nula, que afirmará que no existen diferencias significativas entre los 15 parámetros de sedimentos afectados y los 15 parámetros de sedimentos no afectados. La hipótesis alternativa afirmará que hay diferencias significativas entre estos grupos de parámetros.

Seleccionar la muestra: Recopilar los datos de los 15 parámetros de sedimentos afectados y los 15 parámetros de sedimentos no afectados. Asegurarse de que la muestra sea representativa y suficientemente grande para obtener resultados confiables.

Calcular la estadística de prueba t: Para cada uno de los 15 parámetros, calcular la estadística de prueba t utilizando la fórmula correspondiente para muestras independientes. La fórmula general es:

$t = (media1 - media2) / (S / \sqrt{n})$  Donde media1 y media2 son las medias de los dos grupos de datos, S es la desviación estándar combinada y n es el tamaño de cada grupo de datos.

Determinar el nivel de significancia: Establecer el nivel de significancia deseado para el análisis estadístico, como 0.05 (5%).

Comparar los valores calculados de t con los valores críticos: Utilizando la tabla de valores críticos de la distribución T de Student o un software estadístico, comparar los valores calculados de (Pi) para cada parámetro con el valor crítico correspondiente al nivel de significancia establecido. Si el valor calculado de (Pi) es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula para ese parámetro, lo que indica una diferencia significativa. En caso contrario, no se rechaza la hipótesis nula para ese parámetro.

Interpretar los resultados: Analizar los resultados obtenidos para cada parámetro. Si se rechaza la hipótesis nula para un parámetro específico, se concluye que existe una diferencia significativa entre los puntos afectados y los no afectados en ese parámetro. Si no se rechaza la hipótesis nula para un parámetro, se concluye que no hay una diferencia significativa en ese parámetro entre los grupos.

### ***1.5.3. Determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de la Cocha***

Teniendo en cuenta que las causas del desecamiento de la totora aún no se pueden delimitar al vector agua, es importante evaluar el estado del lodo donde está el totoral, uno de los métodos más empleados para la evaluación de sustancias químicas, es el uso de especies vegetales como bioindicadores de toxicidad, la fitotoxicidad es el estudio toxicológico de un contaminante o sustancia tóxica a partir de la respuesta fisiológica de una especie vegetal a una dosis determinada (Arias et al., 2017).

A nivel internacional el Organismo para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OECD) ha establecido la “Guía para la evaluación de sustancias químicas OECD No. 208”, la cual implementa el uso de especies vegetales como bioindicadores de toxicidad de sustancias químicas. (Arias et al., 2017).

De acuerdo a lo anterior, Calow (1993) señala la potencialidad del uso de cebolla (*Allium cepa* L., Liliaceae), remolacha (*Beta vulgaris* L., Chenopodiaceae), arroz (*Oriza sativa* L., Poaceae), rabanito (*Raphanus sativus* L., Brassicaceae), haba (*Vicia faba*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), para evaluar la toxicidad y el riesgo de sustancias químicas peligrosas en el ambiente.

Por lo tanto, para establecer si el lodo en donde crece la totora se encuentra en buen estado o no, se realizarán ensayos empleando la metodología desarrollada por (Cortés-Lopera, 2014), la cual consiste en recolectar muestras de lodo (extractos de suelo) en puntos donde el totoral está afectado y en puntos donde el totoral no este afectado.

**Tabla 10.***Diseño experimental de fitotoxicidad en lodo de La Laguna de La Cocha*

<b>Ensayos De Fitotoxicidad</b>						
<b>Dilución</b>	<b>N° de</b>	<b>N° de</b>	<b>Suelo de</b>	<b>Suelo de</b>	<b>Semilla</b>	<b>N° de</b>
<b>Sedimento- Suelo normal o fértil</b>	<b>muestras</b>	<b>repeticiones</b>	<b>totoral con alta afectación</b>	<b>totoral con baja afectación</b>	<b>empleada</b>	<b>semillas por recipiente</b>
100%-0%	1	1			frijol (Phaseolus vulgaris)	3
75%-25%	1	1	3	4	frijol (Phaseolus vulgaris)	3
50%-50%	1	1			frijol (Phaseolus vulgaris)	3
25%-75%	1	1			frijol (Phaseolus vulgaris)	3

La preparación de los extractos de suelos se realizó de acuerdo con Steinkellner et al. (1998). Se pesaron 500 g de suelo seco y se les agregó 500 mL de agua destilada, se dejaron reposar por 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente se volvieron a añadir 500 mL de agua destilada para nuevamente agitar y dejar reposar por 24 h más. Finalmente, la mezcla fue filtrada con un embudo Büschner y una bomba de vacío. Para determinar la fitotoxicidad y la genotoxicidad se realizaron los siguientes procedimientos: Primero se seleccionaron semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de igual tamaño y aspecto para luego sumergirlas en un recipiente con agua corriente para estimular su germinación (Castillo 2004).

**Figura 5.**

*Frijol para estimular germinación*



Previamente se realizaron pruebas de germinación para determinar la viabilidad inicial de las semillas antes de sembrar, el resultado fue una germinación del 90 % a los 5 d de la siembra (Alizaga et al. 1994).

**Figura 6.**

*Frijol en germinación día 1*



**Figura 7.**

*Frijol en germinación día 5*



**Figura 8.**

*Selección de semillas para cada unidad experimental*





**Figura 9.**

*Unidades experimentales con semillas de frijol sembradas*



Las unidades experimentales inmediatamente después de la siembra se transportaron y almacenaron en el laboratorio de microbiología haciendo uso de una incubadora para mantener la temperatura, la humedad y otras condiciones en grado óptimo.

**Figura 10.**

*Unidades experimentales en Incubadora*



En cada unidad experimental de cada tratamiento se sembraron 3 semillas de *P. vulgaris* en un contenedor con 500gr de suelo seco; al registrar el 90 % de germinación a los 5 días, se espera 15 días para seleccionar una de las cinco plántulas al azar y extraer las plántulas restantes. El bioensayo se mantiene a capacidad de campo (33 % de humedad) con riegos cada tercer día y no se aportan nutrientes (N, P y K) para evitar interferencias en las observaciones por su presencia, (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-OECD, 2006).

**Figura 11.**

*Plántulas a los 15 días de la siembra*



**Figura 12.**

*Plántulas a los 30 días de la siembra*



Para comparar resultados y llevar a cabo un seguimiento correcto al crecimiento de las plántulas se sembró semillas de frijol en suelo normal o fértil, llamando a esta unidad experimental **punto blanco** que se obtuvo de un jardín donde tenía mucha vegetación

**Figura 13.**

*Punto blanco de referencia a los 15 días de la siembra*



El seguimiento de las plántulas se realizó en periodos de 15 días en los cuales se mide variables fisiológicas como: la altura de la plántula, longitud del hipocótilo y también se registrar características físicas o de aspecto de cada una de ellas, que se mostrara más detalladamente en la presentación de resultados.

#### ***1.5.4. Realizar análisis mediante el laboratorio de microbiología al sedimento de la laguna de la cocha***

Una vez realizado el muestreo de suelo en cada uno de los puntos seleccionados se realizará un análisis en el laboratorio de microbiología ubicado en las instalaciones de la universidad Mariana con el fin de determinar el análisis microbiológico, coliformes totales, fecales, observación macroscópica con el estereoscopio, y la evaluación de la presencia de hongos y poder observar si estos tienen relación con el desecamiento de la totora.

**Conteo de colonias.** Este conteo se lo realizo con el fin de encontrar cuantos microorganismos hay en el lodo, ya que el propósito de este simulador de colonias es generar datos controlados de bacterias analizando coliformes totales (CTO), coliformes fecales (CFE), hongos (MESOF). (Salmon-GAL y X- glucurónico). En la tabla se observa, los promedios de los recuentos microbiológicos obtenidos para cada una de las muestras.

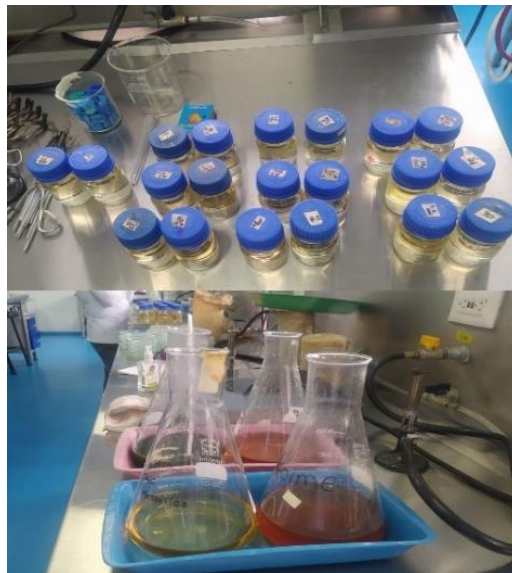
Por lo tanto, se hace la disolución de un líquido llamado EMB (Agar con Eosina y Azul de Metileno) permite una diferenciación muy clara entre las colonias de organismos fermentadores con una disolución de -2 y -3 expresada en porcentajes para poder observar claramente los diferentes microorganismos en cada punto afectado y no afectado.

**Coliformes fecales (CFE).** Para la detección de Coliformes fecales se trabajó con el agar Chromocult el cual se considera un medio de cultivo cromógeno diferencial que permite la detección, diferenciación y enumeración simultánea de estos microorganismos. En la figura 1 observamos la presencia de Coliformes fecales mostrando colonias que se tiñen de azul oscuro y violeta (Salmon-GAL y X-glucurónido).

Por lo tanto, para establecer si el lodo en donde crece la totora se encuentra en buen estado, se realizarán ensayos empleando la metodología desarrollada por (Roberto e. Rodríguez. 2019). Para la evaluación de ciertos parámetros microbiológicos, la metodología inicial en cada uno de ellos es la misma, teniendo variaciones que están centradas en: medios de cultivos empleados, tipo de siembra, temperatura y tiempo de incubación, y lectura. Se pesan 1g de la muestra de lodo y se llevan a un frasco tapa azul que contiene 90mL de APE (Agua Peptonada Estéril), esto se homogeniza durante 10 minutos aproximadamente y se conoce como solución madre, de esta mezcla se toma 1mL y se llevan a un tubo de ensayo con tapa de rosca que contiene 9mL de APE y se homogeniza nuevamente hasta llevar a una dilución de  $10^{-3}$ . A continuación, se presenta un esquema general el cual muestra lo antes mencionado.

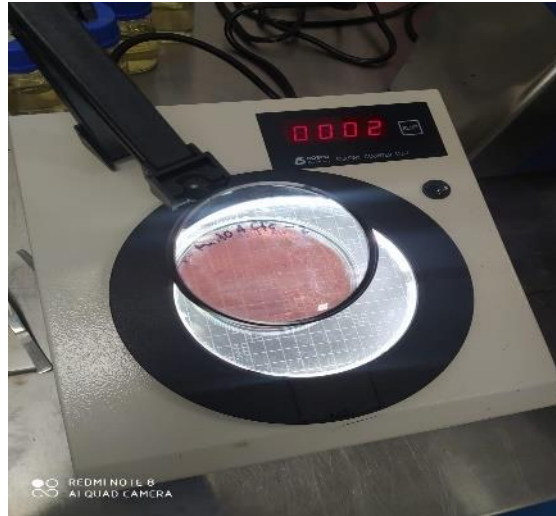
**Figura 14.**

*Preparación de soluciones para análisis microbiológico*



**Figura 15.**

*Coliformes fecales*



Los coliformes fecales son comúnmente indicadores de contaminación fecal en aguas residuales. Cuando se le da uso en lodos usualmente indica la eficiencia de los procesos de tratamiento en la destrucción de bacterias, además regulan la calidad de los lodos que pueden rehusarse benéficamente. La cantidad de coliformes fecales presentes en las muestras de lodos analizadas variaron obteniéndose concentraciones de este microorganismo en la mayoría de las muestras analizadas para las dos diluciones trabajadas ( $10^{-2}$   $10^{-3}$ ) (Salmon-GAL y X-glucuronido).

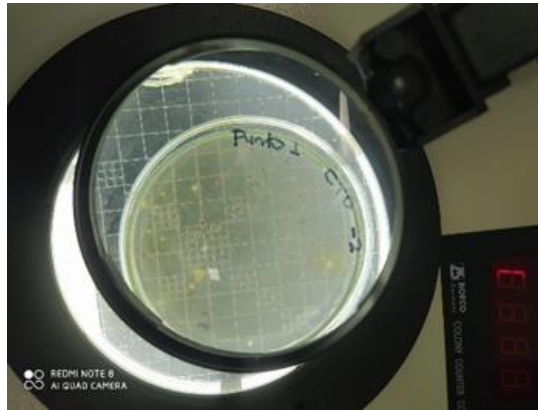
**Coliformes totales (CTO).** Para determinar el grado de contaminación del lodo a examinar se debe realizar un ensayo de laboratorio llamado coliformes el cual indica la presencia de heces fecales en algún cuerpo de agua a estudiar. Universalmente la presencia de coliformes es aceptada como evidencia para considerar el agua potencialmente peligrosa para consumo humano y es rechazada indiscutiblemente. Por tal motivo se presume que esta contaminación proveniente de heces fecales y por lo tanto podría existir además de coliformes, organismos patógenos que afecten la salud del ser humano (laboratorio de microbiología para ingenieros UNC).

Los Coliformes totales se utilizan como indicadores de contaminación fecal en agua, suelos y lodos. Son habitantes normales del tracto gastrointestinal del hombre y al ser eliminados por

materia fecal se encuentran en los cuerpos de agua en altas concentraciones, permaneciendo por más tiempo en relación con las bacterias patógenas. Estas características hacen a estos microorganismos los más utilizados como indicadores de contaminación fecal (Ramos et al., 2008).

**Figura 16.**

*Coliformes totales*

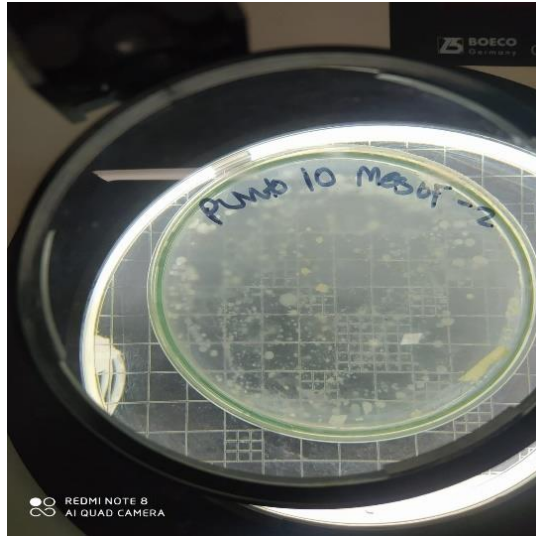


**Recuento de Microorganismos Aerobios Mesófilo.** Para la determinación de este tipo de microorganismos, la metodología a seguir es realizar una siembra utilizando el método de “Siembra en profundidad” por triplicado para la Solución madre y hasta la dilución de  $10^{-2}$  usando como medio de cultivo el Agar Plate Count, el tiempo y temperatura de incubación adecuados para el crecimiento de los microorganismos es de 48 horas a  $37^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Seguido a esto, se realiza el recuento el cual consiste en contar las colonias formadas típicas de dicho microorganismo que habitualmente presentan características planas, redondas y de color blanco.



**Figura 17.**

*Presencia de microorganismos*



**Clostridium Sulfito Reductor (Presencia - Ausencia).**La variación de la metodología después de tener la Solución Madre y cada una de las Diluciones preparadas, se llevan a un choque térmico por 20 minutos, inicialmente a 80°C por 10 minutos y seguidamente a 5°C por los 10 minutos restantes. En este momento se puede realizar la siembra por Profundidad, el medio de cultivo a utilizar es Agar TSN (Tryptona Sulfato Niomicina), la cantidad de muestra sembrada es de 1mL y el periodo de incubación es por 48 horas a 45°C en cámara de anaerobiosis.

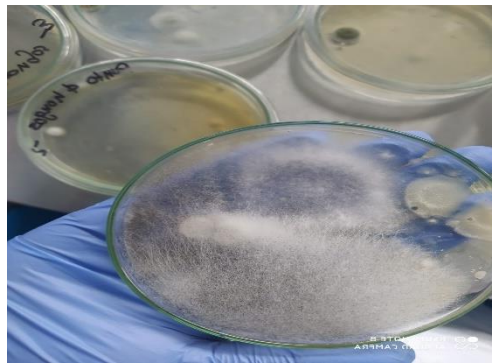
En el caso particular de la determinación del Clostridium sulfito Reductor para incubar correctamente las cajas fue necesario dividir las cajas (36 en total) entre la cámara de anaerobiosis y el método artesanal, de igual forma esto no afecto el análisis ya que se pudieron observar colonias respectivas para este microorganismo (Colonias negras) en la mayoría de las cajas. La lectura de Clostridium Sulfito Reductor se realizó observando si había presencia o ausencia de colonias de tamaño pequeño y redondas (Salmon-GAL y X-glucurónido).



**Mohos y Levaduras (Recuento).** Los medios de cultivo usados que en este caso fueron Agar PDA (Papa Dextrosa Agar) o Agar Rosa de Bengala, ya que ambos medios de cultivo retardan el crecimiento bacteriano lo que se necesita para que los mohos y las levaduras crezcan en las condiciones requeridas por sus características, el método de siembra es por superficie, el periodo de incubación son 7 días a temperatura ambiente y las cajas deben ser envueltas en papel Kraft para evitar cualquier tipo de incidencia de la luz en éstas, para así impedir la formación de esporas de algunos hongos. La lectura de estos microorganismos se basa en el principio de recuento, es decir, después de transcurrido el tiempo de incubación se cuenta el número de colonias formadas. Los microorganismos presentan una apariencia fácilmente identificable, en su mayoría son de forma esférica, opacas y cremosas (Galvis-Toro,2013).

**Figura 18.**

*Presencia de hongos*



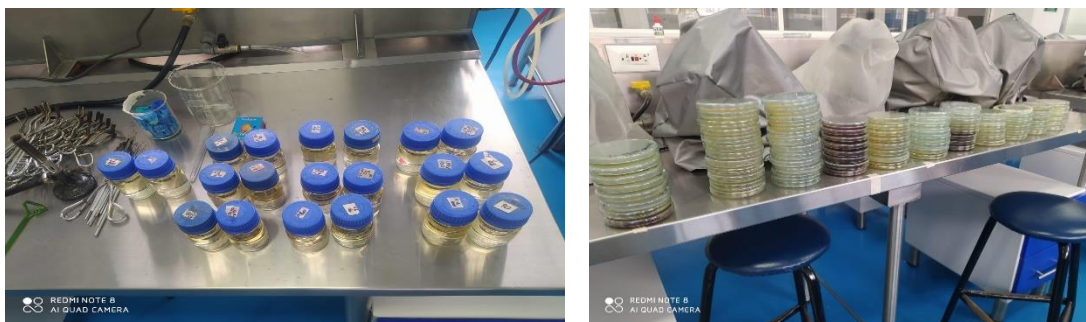
**Coliformes Totales y Fecales (Presencia - Ausencia).** Para la determinación de este tipo de microorganismos se toman 10g de la muestra y se llevan a un frasco tapa azul que contiene 90mL de APE (Agua Peptona Estéril), esto se homogeniza durante 10 minutos aproximadamente, se conoce como Solución Madre, de esta mezcla se toma 1mL, se llevan a un tubo de ensayo tapa rosca que contiene 9 ml de APE y se homogeniza nuevamente y se conoce como Dilución 1/10, seguidamente de esta mezcla se toma 0.1mL se llevan a un tubo de ensayo tapa rosca que contiene 9.9 mL de APE y se homogeniza nuevamente y se conoce como Dilución 1/100.

Después de tener la Solución Madre y las Diluciones preparadas se procede a la siembra de cada una de estas por triplicado, la cantidad de muestra sembrada es de 1mL y el periodo de incubación es de 48 horas a 37°C. Para este tipo de microorganismos la siembra realizada es en tubos de ensayo tapa rosca donde se encuentran 10mL del medio de cultivo y Campanas de Durham en cada uno de ellos en estos se agrega los 1mL de muestra para sembrar, el uso de las Campanas de Durham es para observar la capacidad de dichos microorganismos de fermentar la lactosa con la producción de ácido y gas, con estos se identifica la presencia de Coliformes Totales, Caracterización microbiológica que indica (Salmon-GAL y X-glucurónido) y (CM 2013).

Las cajas Petri son un recipiente circular, que sirve entre muchas cosas para cultivar células, observar germinación de semillas o examinar el comportamiento de microorganismos. Este producto, se utiliza en los laboratorios principalmente para cultivar bacterias y otros microorganismos, soliendo cubrir el fondo con distintos agares, por este motivo, es que también suele llamarse placa de agar. Si se quieren observar colonias, durante el tiempo de incubación del microorganismo sembrado en la placa, ésta se mantiene boca abajo, es decir, apoyada sobre la tapa. De este modo, el agar queda en la parte superior y al condensarse el vapor de agua que generan los microorganismos por su metabolismo, cae sobre la tapa, evitando que los microorganismos se diluyan, manteniéndose fijos al sustrato (Galvis-Toro, 2013).

**Figura 19.**

*Caracterización microbiológica*



### **1.5.5. Descripción de la investigación**

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar las características de los sedimentos de la Laguna de la Cocha, para establecer posibles relaciones con el desecamiento de la Totorá, es por ello que se entiende que como indican Alsina et al. (2018) es el procedimientos o técnicas específicos que se utilizan para identificar, seleccionar, procesar y analizar información sobre un tema. En un trabajo de investigación, la sección de metodología le permite al lector evaluar críticamente la validez y confiabilidad general de un estudio.

**1.5.5.1 Campo de investigación.** Esta investigación se orienta hacia el campo del programa de ingeniería civil sostenible y ambiental, en este sentido cabe mencionar que la ingeniería civil como profesión, tiene en general una responsabilidad con el medio ambiente, mediante la correcta ejecución de las acciones las cuales pueden evaluar prever, prevenir y minimizar los impactos ambientales negativos en un lugar determinado; teniendo en cuenta lo anterior se introduce la problemática de este trabajo de investigación que es encontrar factores contaminantes en los sedimentos de la laguna de La cocha que estén relacionados con el desecamiento de la totora.

**1.5.5.2 Tipo de investigación.** Según su finalidad es aplicada con el propósito de hacer una comparación de datos entre la variación de los sedimentos identificados, se realiza un aporte nuevo a la problemática ambiental de la laguna de la cocha.

Según su diseño es de tipo experimental ya que se realizarán experimentos manipulando una variable experimental como son los sedimentos evaluados y de esta manera poder determinar si influyen en el desecamiento de la totora.

Según su alcance es de tipo correlacional porque mediante la identificación y evaluación de los sedimentos se busca determinar su influencia en el desecamiento de la totora.

**1.5.5.3 Enfoque de la investigación.** Según su enfoque es cuantitativo porque se toman datos en diferentes puntos, y se los analiza a través de tablas y de métodos estadísticos.

## 2. Presentación de resultados

### 2.1. Procesamiento de resultados

#### 2.1.1. Presentación de resultados de las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha

Las características fisicoquímicas de los puntos afectados se presentan en la Tabla 11, donde se han incluido el promedio ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar (S) de cada parámetro cuantitativo. En este contexto, se observa que la información se ha detallado minuciosamente, permitiendo una comprensión exhaustiva de los datos recopilados en los puntos afectados. De igual manera, en la Tabla 12 se brinda una visión completa de las características fisicoquímicas en los puntos que no presentan afectación. Los resultados entregados por el laboratorio especializado de la universidad de Nariño se pueden ver más a detalle en el (Anexo A). La nomenclatura de cada parámetro y su norma técnica se pueden leer en la tabla 9.

**Tabla 11.**

*Parámetros fisicoquímicos puntos afectados*

Parámetro	Puntos Afectados						$\bar{X}$	S
	1	2	5	6	7	11		
	<b>Parámetros Químicos</b>							
pH	5,92	5,95	5,42	5,73	5,66	5,46	5,69	0,22
MOS (%)	15,5	35,5	4,54	16	12,6	11,7	15,97	10,41
P (mg/kg)	2,61	51	1,88	12,5	14,9	6,85	14,96	18,41
CIC (cmol+/Kg)	42,1	49,4	11,9	35,9	31,9	32,4	33,93	12,66
Ca (cmol+/Kg)	19	27,1	3,04	12,6	10,3	9,09	13,52	8,43
Mg (cmol+/Kg)	2,15	8,6	0,94	4,37	0,88	3,05	3,33	2,90
K (cmol+/Kg)	0,47	0,63	0,02	0,74	0,2	0,61	0,45	0,28
Al (cmol+/Kg)	-	-	0,14	-	-	0,21	0,18	0,05
Fe (mg/kc)	-	705	402	773	344	307	506,20	216,54

Mn (mg/kc)	-	73,4	126	41,1	22,4	26,7	57,92	42,99
Cu (mg/kc)	-	1,73	2,64	4,24	0,19	0,38	1,84	1,68
Zn (mg/kc)	-	2,12	1,41	4,12	0,15	0,2	1,60	1,64
B (mg/kc)	-	0,26	0,31	0,37	0,62	0,4	0,39	0,14
TN (%)	0,53	0,79	0,18	0,55	0,45	0,43	0,49	0,20
C (%)	8,97	26,6	2,63	9,28	7,29	6,79	10,26	8,35
<b>Parámetros Físicos</b>								
F-Ar A-L	Ar	F-A	Ar	Ar	Ar-A	Ar-A	-	-
DA (g/cc)	0,55	0,3	0,61	0,34	0,7	0,62	0,52	0,16

**Tabla 12.***Parámetros fisicoquímicos puntos no afectados*

Parámetro	Puntos No Afectados			$\bar{X}$	S
	8	9	10		
	<b>Parámetros Químicos</b>				
pH	5,75	5,64	5,9	5,76	0,13
MOS (%)	12	14,8	22,7	16,50	5,55
P (mg/kg)	1,55	8,24	6,27	5,35	3,44
CIC (cmol+/Kg)	10,4	34,2	39,5	28,03	15,50
Ca (cmol+/Kg)	11,9	12,9	13,4	12,73	0,76
Mg (cmol+/Kg)	3,86	4,65	5,98	4,83	1,07
K (cmol+/Kg)	0,69	0,36	0,59	0,55	0,17
Al (cmol+/Kg)	-	-	-	-	-
Fe (mg/kc)	326	317	965	536,00	371,55
Mn (mg/kc)	42,9	88,4	38	56,43	27,79
Cu (mg/kc)	0,39	0,48	2,51	1,13	1,20
Zn (mg/kc)	0,35	0,31	1,56	0,74	0,71
B (mg/kc)	0,16	0,51	0,38	0,35	0,18
TN (%)	0,43	0,51	0,68	0,54	0,13

C (%)	6,94	8,58	13,2	9,57	3,25
<b>Parámetros Físicos</b>					
F - Ar A-L	F-A	Ar-A	A	-	-
DA (g/cc)	0,54	0,54	0,32	0,47	0,13

### 2.1.2. *Presentación de resultados al establecer las posibles relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Titora*

Después de obtener resultados del laboratorio especializado de suelo agrícola de la Universidad de Nariño, del muestreo de los sedimentos de la laguna de la Cocha en cada uno de los puntos seleccionados, se registró los datos en el software estadístico denominado SPSS, del cual se obtuvo un análisis estadístico con el método T de Student de cada uno de los 15 parámetros cuantitativos entregados por el laboratorio. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas. Los resultados del análisis estadístico para cada parámetro cuantitativo realizado en el programa SPSS se pueden ver más a detalle en el (Anexo B).

**Tabla 13.**

*Prueba T-Student*

Parámetro	Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales					
	Alfa	Pi	Pi > Alfa	Pi < Alfa	Pi > Alfa (%)	Pi < Alfa (%)
pH	0,05	0,62	Si	No	6,67	0
MOS	0,05	0,92	Si	No	6,67	0
P	0,05	0,26	Si	No	6,67	0
CIC	0,05	0,56	Si	No	6,67	0
Ca	0,05	0,83	Si	No	6,67	0
Mg	0,05	0,30	Si	No	6,67	0
K	0,05	0,52	Si	No	6,67	0
Fe	0,05	0,91	Si	No	6,67	0
Mn	0,05	0,95	Si	No	6,67	0
Cu	0,05	0,51	Si	No	6,67	0

Zn	0,05	0,34	Si	No	6,67	0	
B	0,05	0,74	Si	No	6,67	0	
TN	0,05	0,65	Si	No	6,67	0	
C	0,05	0,86	Si	No	6,67	0	
DA	0,05	0,61	Si	No	6,67	0	
					Total	100%	0%

**Tabla 14.**

*Interpretar los resultados*

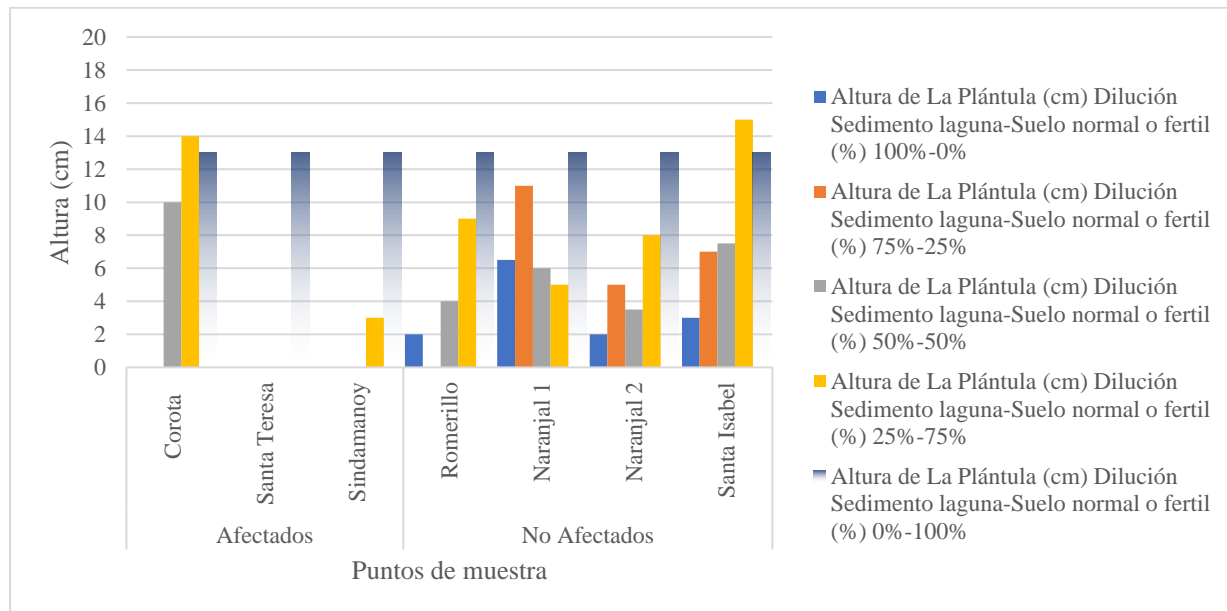
Condición	Hipótesis
Si $P_i > \text{Alfa}$	Acepta la hipótesis nula: No existe variación significativa en los resultados
Si $P_i < \text{Alfa}$	Acepta la hipótesis alternativa: Existe variación significativa en los resultados

### **2.1.3. Presentación de resultados al determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de La Cocha**

Después de haber recolectado las muestras de sedimento en la Laguna de la cocha, se procede a realizar el análisis de fitotoxicidad, para determinar si existe presencia de sustancias tóxicas inhibidoras que afecten el crecimiento normal de las plántulas o bioindicadores de toxicidad (frijol), para ello se utiliza datos estadísticos que relaciona la altura de las plántulas de acuerdo a los puntos de muestra de alta o baja afectación, a las que se les realizo seguimiento cada 15 días, teniendo como referencia un suelo normal o fértil con buenas características para albergar vida y se lo representa de la siguiente manera en las siguientes tablas.

**Tabla 15.***Días de la siembra, de los puntos afectados y no afectados*

Nivel de Afectación	Punto	Altura de La Plántula (cm)				
		Mezcla Sedimento laguna-Suelo normal o fértil (%)				
		100%-0%	75%-25%	50%-50%	25%-75%	0%-100%
Afectados	Corota	0	0	10	14	13
	Santa Teresa	0	0	0	0	13
	Sindamanoy	0	0	0	3	13
No Afectados	Romerillo	2	0	4	9	13
	Naranjal 1	6,5	11	6	5	13
	Naranjal 2	2	5	3,5	8	13
	Santa Isabel	3	7	7,5	15	13

**Figura 20.***Seguimiento de plántulas a los 15 días después de la siembra con porcentajes de suelo normal*



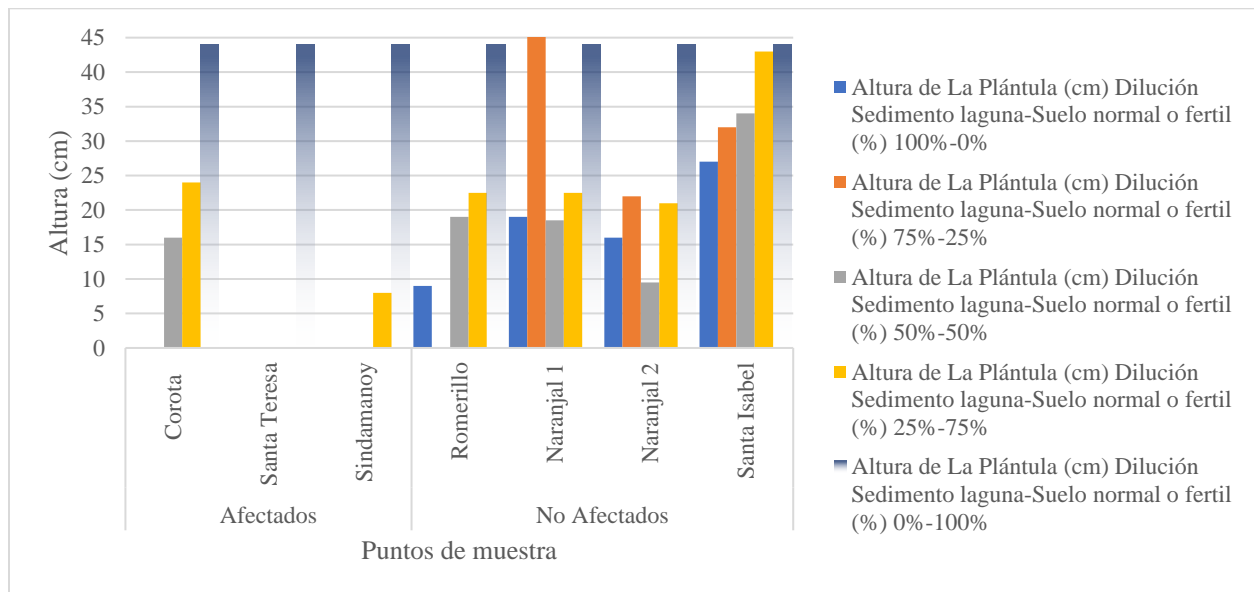
**Tabla 16.**

*Altura de plántulas a 30 días de la siembra, de los puntos de afectados y no afectados*

		Altura de La Plántula (cm)				
Nivel de Afectación	Punto	Mezcla Sedimento laguna-Suelo normal o fértil (%)				
		100%-0%	75%-25%	50%-50%	25%-75%	0%-100%
Afectados	Corota	0	0	16	24	44
	Santa Teresa	0	0	0	0	44
	Sindamanoy	0	0	0	8	44
	Romerillo	9	0	19	22,5	44
	Naranjal 1	19	48	18,5	22,5	44
No Afectados	Naranjal 2	16	22	9,5	21	44
	Santa Isabel	27	32	34	43	44

**Figura 21.**

*Seguimiento de plántulas a los 30 días después de la siembra con porcentajes de suelo normal*



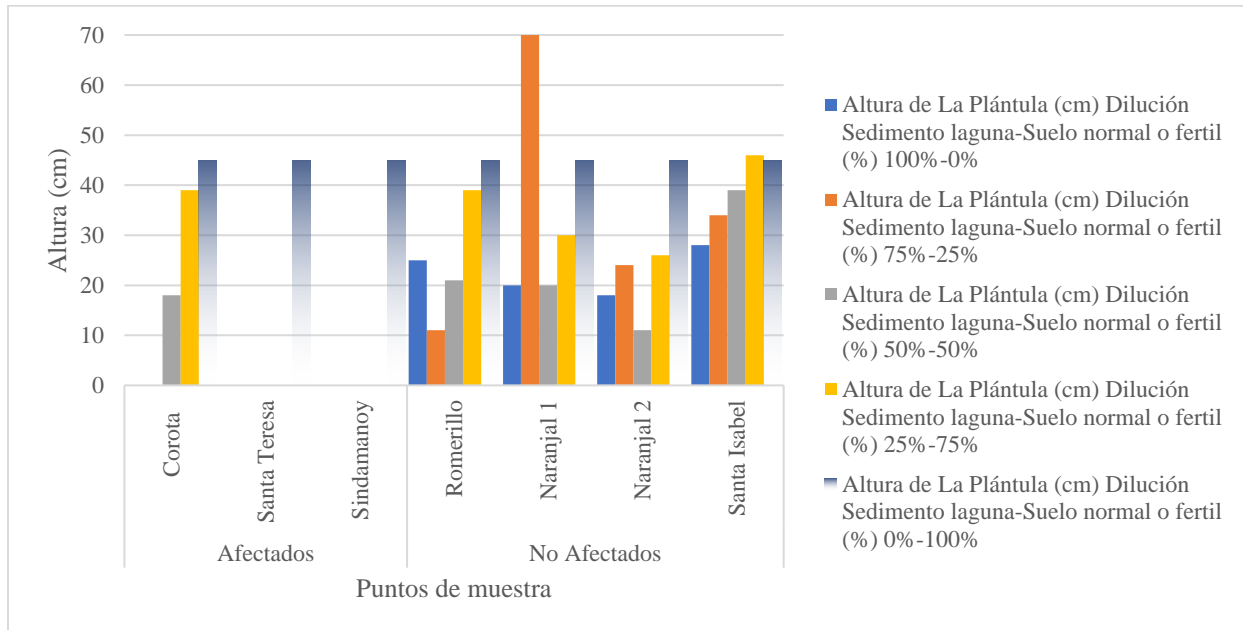
**Tabla 17.**

*Altura de plántulas a 45 días de la siembra, de los puntos de afectados y no afectados*

		Altura de La Plántula (cm)				
Nivel de Afectación	Punto	Mezcla Sedimento laguna-Suelo normal o fértil (%)				
		100%-0%	75%-25%	50%-50%	25%-75%	0%-100%
Afectados	Corota	0	0	18	39	45
	Santa Teresa	0	0	0	0	45
	Sindamanoy	0	0	0	0	45
No Afectados	Romerillo	25	11	21	39	45
	Naranjal 1	20	70	20	30	45
	Naranjal 2	18	24	11	26	45
	Santa Isabel	28	34	39	46	45

**Figura 22.**

*Seguimiento de plántulas a los 45 días después de la siembra con porcentajes de suelo normal*



#### 2.1.4. Presentación de resultados del análisis microbiológico a los sedimentos de la Laguna de La Cocha

En la siguiente tabla se presenta los resultados del conteo de colonias siguiendo el método de (Salmon-GAL y X- glucurónico). Teniendo una disolución de -2 y -3 presentada en porcentaje para el análisis de cada punto.

**Tabla 18.**

*Conteo de colonias*

ANALISIS	PUNTOS	-2%	-3%
CFE		26	3
MESOF	1	25	40
CTO		27	4
CFE		28	3
MESOF	2	41	4
CTO		1	AUSENCIA
CFE		AUSENCIA	19
MESOF	5	16	17
CTO		29	19
CFE		6	7
MESOF	6	AUSENCIA	AUSENCIA
CTO		AUSENCIA	29
CFE		27	12
MESOF	7	AUSENCIA	AUSENCIA
CTO		13	19

**Tabla 19.***Conteo de colonias en porcentaje*

ANALISIS	PUNTOS	-2%	-3%
CFE		4	3
MESOF	8	12	5
CTO		4	3
CFE		13	6
MESOF	9	7	4
CTO		4	3
CFE		4	15
MESOF	10	10	12
CTO		5	4

En las siguientes tablas se muestra el promedio de colonias por cada punto afectado y no afectado notando una diferencia significativa.

**Tabla 20.***Total, conteo de colonias puntos afectados*

ANALISIS	VALOR TOTAL DE COLONIAS POR PUNTO AFECTADO
CFE	131
MESOF	143
CTO	141
<b>TOTAL</b>	<b>654</b>

**Tabla 21.**

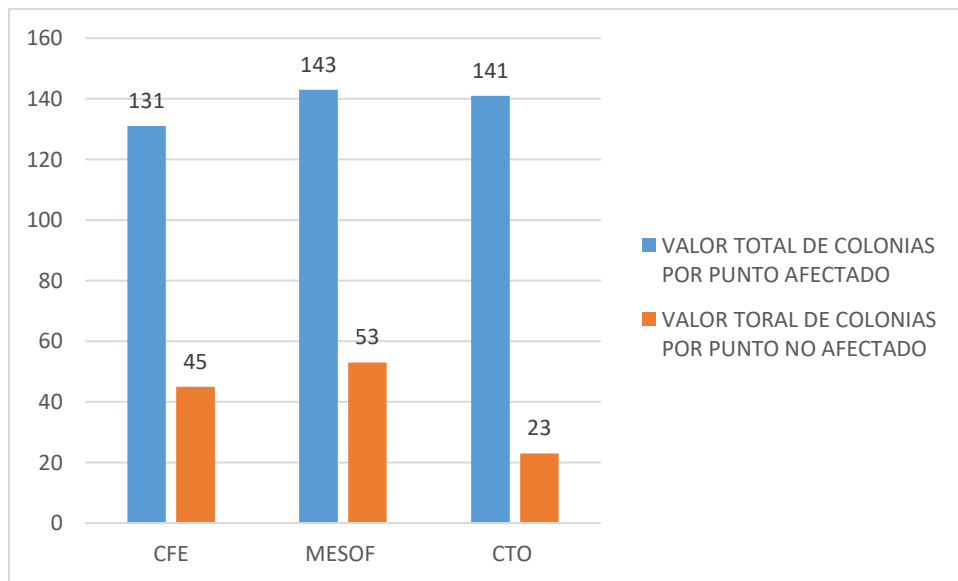
*Total, conteo de colonias puntos no afectados*

ANÁLISIS	VALOR TOTAL DE COLONIAS POR PUNTO NO AFECTADO
CFE	45
MESOF	53
CTO	23
<b>TOTAL</b>	<b>121</b>

En la siguiente grafica se muestran un análisis total microbiológico, de Hongos, Coliformes fecales y totales de cada uno de los puntos afectados y no afectados.

**Figura 23.**

*Grafica representativa del conteo de colonias totales por puntos afectados y no afectados*



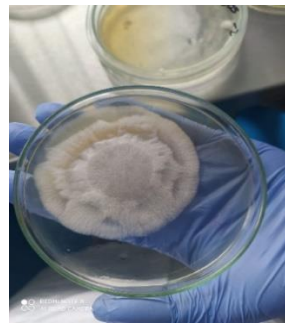
**2.1.4.1 Hongos (MESOF).** Se logró observar la presencia de hongos en los puntos más afectados de la laguna, donde se encuentra en malas condiciones la Totora, donde su principal función en la naturaleza es descomponer la materia orgánica, tanto de origen vegetal como de origen animal, dicha por (Galvis-Toro, 2013). Además de esto, se observó que en los puntos donde no tiene afectación no existe la presencia de hongos, ya que el lodo se encontraba en perfectas condiciones y no presenciaba ninguna contaminación.

**Figura 24.**

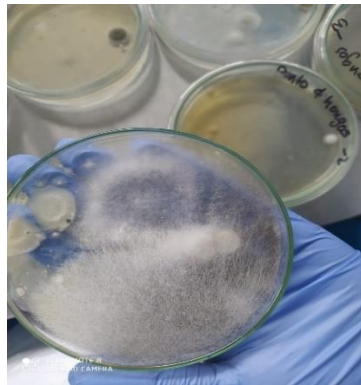
Observación de hongos en puntos afectados



Punto 1 afectado. Hongo gris



Punto 2 afectado. Hongo blanco



Punto 3 afectado. Hongo blanco



Punto 4 afectado. Hongo gris



Punto 5 afectado. Hongo blanco

**2.1.4.2 Revisión macroscópica y microscópica.** (Esporas de hongos, esporangio, cuerpo fructífero hongo gris). Después de sembrar, montar y observar cada cepa; se obtuvieron los siguientes resultados esperados. Al respecto, Fusarium y Cifuentes(2006) afirman que un hongo en el suelo forma esporas asexuales de pared gruesa, forma clamidosporas que se establecen en el terreno de cultivo por tiempo indefinido, se desarrollan sobre raíces, las esporas se propagan a través del agua y el suelo, herramientas, semillas. Las esporas que están en el suelo germinan. Estas se encuentran al germinar la espора, emite un microtubo que penetra a través de las hendiduras de la planta en las raíces, forman anillos decolorados en la xilema, el micelio se desarrolla y llega hasta los vasos, estos se colapsan, se produce gomosis en los vasos y en los tejidos adyacentes.

Las ramas inferiores de la planta se secan y se marchitan, luego toda la planta se muere. Se forman sobre las hojas que caen al suelo, luego adquiere un color crema y amarillo pálido y luego rosa oscuro sobre la superficie de los tejidos, hojas, tallos (López-Martínez y Madroñero-Palacios, 2015).

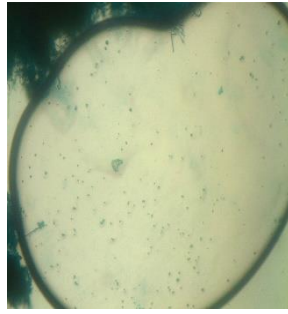




*Hongo Blanco*

*Cuerpo Fructífero*

*Esporas*



Esporangio

Hifas

En la siguiente tabla se muestra un análisis de cada punto afectado con relación a la revisión macroscópica y microscópica (Esporas de hongos, esporangio, cuerpo fructífero) de hongo gris y hongo blanco en los puntos de mayor afectación, considerando que en los puntos donde no hay afectación no se observó ninguna de estas características de los hongos, ya que la planta se encontraba en completo deterioro y no se logró realizar una buena observación macroscópica.

**Tabla 22.**

*Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas), hongo gris y hongo blanco en puntos afectados*

PUNTOS	HONGOS	ESPORAS	ESPORANJIOS	HIFAS	CUERPO FRUCTIFERO
1	GRIS	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO
2	BLANCO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO
3	BLANCO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
4	GRIS	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
5	BLANCO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
6	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
7	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO

En los puntos donde se encuentran afectados no se encontró ninguna clase de hongos, en la siguiente tabla se realiza el siguiente análisis.

**Tabla 23.**

*Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas), hongo gris y hongo blanco en puntos no afectados*

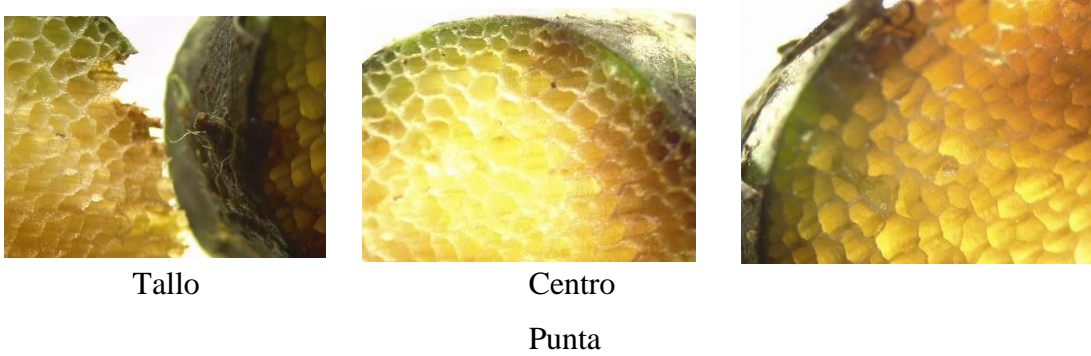
<b>PUNTO S</b>	<b>HONGOS</b>	<b>ESPORAS</b>	<b>ESPORANJIOS</b>	<b>HIFAS</b>	<b>CUERPO FRUCTIFERO</b>
8	NINGUN	NO SE	NO SE	NO SE	NO SE ENCONTRO
	O	ENCONTRO	ENCONTRO	ENCONTRO	
9	NINGUN	NO SE	NO SE	NO SE	NO SE ENCONTRO
	O	ENCONTRO	ENCONTRO	ENCONTRO	
10	NINGUN	NO SE	NO SE	NO SE	NO SE ENCONTRO
	O	ENCONTRO	ENCONTRO	ENCONTRO	

**2.1.4.3 Revisión macroscópica y microscópica a las partes de la totora (se le aplico dos clases de líquido, safranina y azul de lactofenol).** Esta revisión macroscópica nos identifica las partes de una totora sana y una totora enferma en cada uno de los puntos afectados y no afectados, con el objetivo de obtener una diferencia en lo relacionado con esta planta y poder concluir con el análisis microbiológico anteriormente descrito y observar si la presencia de hongos, coliformes fecales y totales está estrechamente relacionada con esta planta (Carpio, 2021).

A continuación, se presentan imágenes de una totora sana y enferma tomada de diferentes posiciones, cómo Tallo, centro y punta, ya que en algunos puntos no se pueden tomar imágenes debido al deterioro de planta.

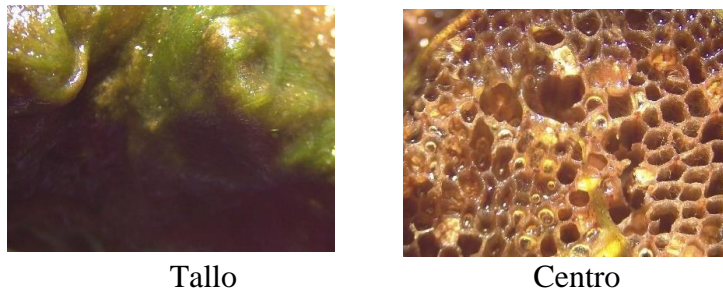
**Figura 27.**

*Punto 1 Afectado (El puerto).*



**Figura 28.**

*Punto 2 Afectado (Hotel sindamanoy 1)*



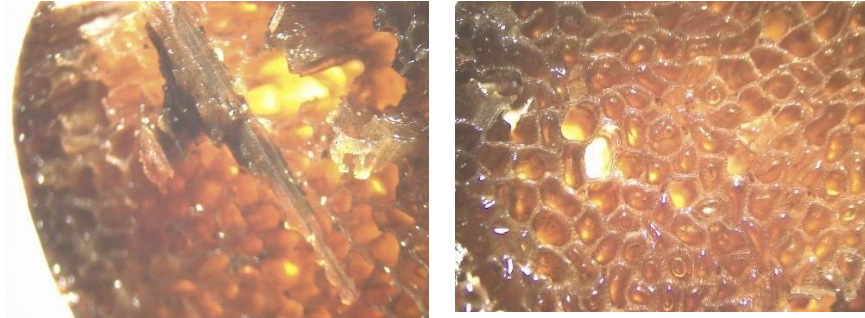
**Figura 29.**

*Punto 3 Afectada (Hotel sindamanoy 2)*



**Figura 30.**

*Punto 4 Afectado (La corota)*

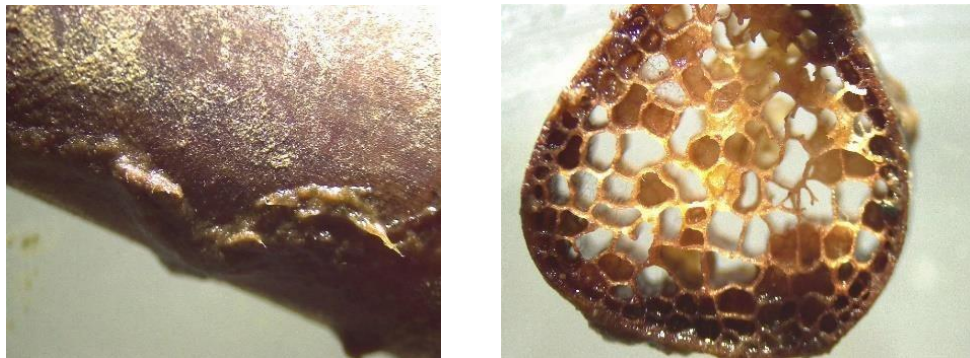


Tallos

Centro

**Figura 31.**

*Punto 5 Afectada (El motilón)*



Tallos

Centro

**Figura 32.**

*Punto 7 Sin afectación (Entre corota y sindamanoy)*



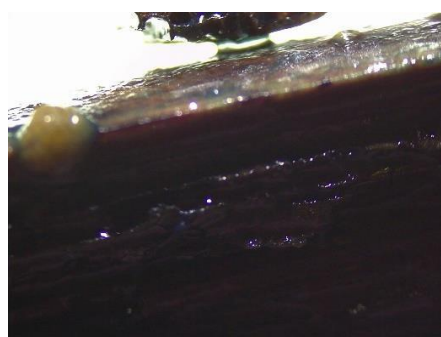
Tallo



Centro

**Figura 33.**

*Punto 8 Sin afectación (El naranjal 1)*



Tallo



Centro

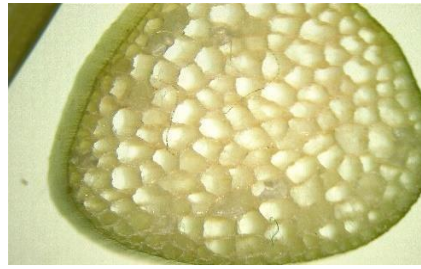


**Figura 34.**

*Punto 9 Sin afectación (Naranjal 2)*



Tallo



Centro

**Figura 35.**

*Punto 10 Sin afectación (Romerillo)*



Tallo



Centro

**2.1.4.4 Morfología de poros registrados en el total en los puntos afectados y no afectados.** En la observación macroscópica y microscopía como resultados en el análisis de la planta tallo, centró y raíz se obtuvo el siguiente resultado.

**Tabla 24.**

*Morfología de poros afectados*

MORFOLOGI A %	CIRCULAR ES	CIRCULARES IRREGULARES	ELIPTIC OS	OVALAD OS	OVALADO IRREGULAR	ABUNDANCIA DE POROS	CONTEXTU RA	COLO R
PUNTO 1	NO	SI	SI	SI	SI	ABUNDANTE	GRUESA	CAFÉ
PUNTO 2	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 3	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 4	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 5	SI	NO	SON	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 6	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ

**Tabla 25.***Morfología de poros sin afectar*

MORFOLOGIA A %	CIRCULAR ES	CIRCULARES IRREGULARES	ELIPTICOS OS	OVALADOS OS	OVALADOS IRREGULAR	ABUNDANCIA DE POROS	CONTEXTURA RA	COLOR R
PUNTO 7	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERDE
PUNTO 8	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERDE
PUNTO 9	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERDE
PUNTO 10	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERDE



## 2.2. Análisis e interpretación de resultados

### 2.2.1. Determinar las características fisicoquímicas de los sedimentos de la Laguna de La Cocha

Al interpretar las tablas de rangos utilizados en Colombia para analizar los resultados del análisis químico de suelos, así como los rangos para evaluar la acidez del suelo en relación a la fertilización y la materia orgánica según el clima, siguiendo las categorías definidas en el trabajo de Osorio (2012), y teniendo en cuenta la tabla de capacidad de intercambio catiónico proporcionada por Mora (2015), se logró obtener la siguiente caracterización para los suelos en los cuales se observa la afectación de la totora en comparación con aquellos que no muestran afectación.

**Tabla 26.**

*Caracterización del suelo*

Parámetro	Interpretación	
	Afectados	No Afectados
Al	<b>Muy baja</b>	<b>Muy baja</b>
B	Baja	Baja
P	Baja	Baja
Zn	Baja	Baja
pH	Moderadamente ácido	Moderadamente ácido
Cu	Suficiente	Suficiente
CIC	Medio	Medio
M.O	Alto	Alto
K	Alto	<b>Muy Alto</b>
Ca	<b>Muy Alto</b>	<b>Muy Alto</b>
Mg	<b>Muy Alto</b>	<b>Muy Alto</b>
Fe	<b>Muy Alto</b>	<b>Muy Alto</b>
Mn	<b>Muy Alto</b>	<b>Muy Alto</b>

**Tabla 27.***Caracterización del suelo expresado en porcentaje (%)*

Parámetro	Afectados				No Afectados					
	Muy baja	Baja	Suficiente	Alto	Muy Alto	Muy baja	Baja	Suficiente	Alto	Muy Alto
Al	6,7					6,7				
B		6,7					6,7			
P		6,7					6,7			
Zn		6,7					6,7			
pH		6,7					6,7			
Cu			6,7					6,7		
CIC			6,7					6,7		
M.O				6,7					6,7	
K				6,7						6,7
Ca					6,7					6,7
Mg					6,7					6,7
Fe					6,7					6,7
Mn					6,7					6,7
%Total	6,7	26,8	13,3	13,3	26,7	6,7	26,7	13,3	6,7	33,4

### **2.2.2. Análisis al establecer las posibles relaciones entre las características fisicoquímicas del sedimento y el desecamiento de la Totorá**

Los resultados estadísticos obtenidos mediante el uso del software SPSS y la aplicación del método T de Student a cada uno de los 15 parámetros cuantitativos entre las muestras de sedimento donde la totora está afectada y las muestras donde no lo está, indican que hay 0% de diferencias significativas entre los parámetros fisicoquímicos. No obstante, es importante señalar que se observan valores medios notablemente altos y bajos, que podrían tener un impacto en la calidad del suelo tanto en las áreas afectadas como en las no afectadas.

A pesar de que el 100% de los parámetros fisicoquímicos no presentan diferencias significativas, en la interpretación de la tabla 25 (Caracterización de los parámetros químicos del suelo expresado en porcentaje (%)), se ha identificado que el 33.3% de dichos parámetros revela un alto nivel de disponibilidad de nutrientes en los puntos no afectados y 26,7% para los afectados. Esta situación plantea la posibilidad de un desequilibrio nutricional, toxicidad y/o contaminación ambiental en los sedimentos de la laguna (Osorio, 2012). Los parámetros que exhiben esta alta disponibilidad de nutrientes son: Calcio de Cambio (Ca), Magnesio de Cambio (Mg), Hierro disponible (Fe), Manganeso disponible (Mn) y Potasio de cambio (K).

Además, se puede observar que en ambos casos el 26.7% de estos parámetros muestra un nivel bajo de disponibilidad de nutrientes, lo que sugiere la posibilidad de una deficiencia moderada de estos nutrientes en el suelo (Osorio, 2012). Los parámetros que reflejan esta baja disponibilidad de nutrientes incluyen el Boro disponible (B), Fósforo Disponible (P), Zinc disponible (Zn) y el valor de pH.

Ibáñez (2007), el intervalo de pH ideal para el crecimiento de la mayoría de las plantas cultivadas se sitúa entre 6,0 y 7,0. Esto significa que los suelos que son ligeramente ácidos a neutros son los más propicios para el desarrollo de las plantas. Incluso, se ha observado que, en suelos con un pH natural de 8, aún es posible lograr buenos rendimientos agrícolas, ya que en este estado se encuentran la mayoría de los nutrientes esenciales para las plantas en la solución del suelo. Los promedios de pH encontrados en esta investigación están por debajo del rango ideal mencionado, que se sitúa entre 6.0 y 7.0. Esto significa que los suelos se consideran (moderadamente ácidos). Esta acidez moderada en el pH del suelo puede contribuir a la baja fertilidad del mismo, ya que puede afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de la totora.

En los resultados obtenidos a través del análisis realizado por el laboratorio especializado de suelos de la Universidad de Nariño, se destaca la notable ausencia de Aluminio Intercambiable (Al) en prácticamente todos los puntos de muestreo. Esta observación adquiere relevancia al considerar que representa aproximadamente el 6.7% de los parámetros fisicoquímicos evaluados, lo que indica una deficiencia severa de nutrientes (Osorio, 2012).

En los resultados obtenidos a través del análisis realizado por el laboratorio especializado de suelos de la Universidad de Nariño, se destaca la notable ausencia de Aluminio Intercambiable (Al) en prácticamente todos los puntos de muestreo. Esta observación adquiere relevancia al considerar que representa aproximadamente el 6.7% de los parámetros fisicoquímicos evaluados, lo que indica una deficiencia severa de nutrientes (Osorio, 2012).

Los valores de CIC obtenidos en este estudio presentan una amplia gama, oscilando desde niveles bajos hasta muy altos, que van desde 10.4 hasta 49.4 meq/100 g. Esta variabilidad sugiere un buen potencial nutricional en el suelo. No obstante, es importante destacar que los suelos con niveles extremadamente elevados de CIC pueden retener cationes perjudiciales, como los provenientes de plaguicidas o metales pesados, lo que podría tener efectos negativos en los cultivos y en la fertilidad del suelo (Garrido, 1993).

### ***2.2.3. Determinar el nivel de fitotoxicidad de los sedimentos de la Laguna de La Cocha***

Estadísticamente se puede observar que en los puntos con alta afectación el crecimiento de las plántulas es nulo, mostrando baja probabilidad de vida en estas unidades experimentales, esto quiere decir que en estos puntos de la Laguna como son La Corota, Santa Teresa y Sindamanoy, existe algún factor tóxico o dañino que está impidiendo el crecimiento normal de la totora y en los puntos con baja afectación que comprende Romerillo, Naranja 1, Naranjal 2 y Santa Isabel el crecimiento de las plántulas es normal en cada unidad experimental, como se representa en la siguiente tabla.

**Tabla 28.***Probabilidad de Vida*

<b>Altura de La Plántula (cm)</b>						
<b>Nivel de Afectación</b>	<b>Punto</b>	<b>100% Sedimento</b>	<b>Media</b>	<b>Crecimiento normal</b>	<b>Varianza (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Desviación estándar (cm)</b>
	<b>Corota</b>	0		0%		
<b>Afectados</b>	<b>Santa Teresa</b>	0	0	0%	Sin vida	Sin vida
	<b>Sindamanoy</b>	0		0%		
	<b>Romerillo</b>	25		100%		
<b>No afectación</b>	<b>Naranjal 1</b>	20	22,75	88%	15,69	<b>3,96</b>
	<b>Naranjal 2</b>	18		79%		
	<b>Santa Isabel</b>	28		100%		

En los puntos con alta afectación la probabilidad de vida de 0% y en los puntos de baja afectación tiene una media de crecimiento de 22,75 cm, de acuerdo a este valor en puntos como Romerillo y Santa Isabel tienen un crecimiento normal de 100%, en el Naranjal 1 es de 88% y en Santa Isabel es de 79% y la desviación estándar para estos puntos no afectados es de 3,69 siendo un valor pequeño ya que la diferencia de alturas no son tan diferentes; esto quiere decir que la probabilidad de vida y crecimiento normal en estos puntos es muy alta, aproximadamente del 92%.

A esta investigación se le añade un proceso adicional con el fin de identificar hasta qué punto el suelo es dañino para el crecimiento de la tortora, añadiendo y mezclando diferentes porcentajes de tierra fértil en cada unidad experimental.

**Tabla 29.***Altura de plántulas a 45 días de la siembra, de los puntos de baja y alta afectación*

		Altura de La Plántula (cm)				
Nivel de Afectación	Punto	Dilución Sedimento laguna-Suelo normal (%)				
		100%-0%	75%-25%	50%-50%	25%-75%	0%-100%
	<b>Corota</b>	0	0	18	39	45
<b>Afectados</b>	<b>Santa Teresa</b>	0	0	0	0	45
	<b>Sindamanoy</b>	0	0	0	0	45
	<b>Romerillo</b>	25	11	21	39	45
<b>No Afectados</b>	<b>Naranjal 1</b>	20	70	20	30	45
	<b>Naranjal 2</b>	18	24	11	26	45
	<b>Santa Isabel</b>	28	34	39	46	45

Se puede observar que en las muestras con baja afectación les ayuda en cierta medida al crecimiento de las plántulas con respecto a la unidad experimental que contiene 100% de tierra fértil (testigo) alcanzando más altura, esto sucede ya que están sometidas a crecer en un ambiente diferente a lo normal, caso contrario ocurre en las muestras con alta afectación, a pesar de que se le agrega tierra fértil el suelo sigue siendo tóxico, excepto en el punto de la Corota donde se le agrega 50% de suelo fértil haciendo que la planta crezca normalmente, a pesar de esto se demuestra que en estos puntos afectados es casi imposible albergar vida vegetal, lo anterior es una evidencia clara del porque los Totorales de la Laguna de La Cocha están deteriorados.

#### **2.2.4. Análisis mediante el laboratorio de microbiología al sedimento de la Laguna de La Cocha**

En este análisis microbiológico logró alcanzar uno de los objetivos planteados en este documento, se logró analizar coliformes totales, fecales, hongos y revisión microscópica, con el fin de saber si esto tiene relación con el desecamiento de la totora.

En los puntos de afectación se encontró un cierto número de bacterias al realizar el conteo de colonias, por lo tanto, esto es un punto a favor en esta investigación, ya que se identifica que en los puntos de menor afectación no se encontró una cantidad esperada de bacterias como en los puntos

de mayor afectación. Dando como análisis que el lodo sí tiene una considerable cantidad de contaminación y de bacterias que pueden estar relacionados con el desecamiento de la totora, por el hecho de que estos microorganismos hacen que la planta no pueda crecer acordeamente.

**Tabla 30.**

*Total, conteo de colonias puntos afectados*

ANALISIS	VALOR TOTAL DE COLONIAS POR PUNTO AFECTADO
CFE	131
MESOF	143
CTO	141
<b>TOTAL</b>	<b>654</b>

**Tabla 31.**

*Total, conteo de colonias puntos no afectados*

ANALISIS	VALOR TOTAL DE COLONIAS POR PUNTO NO AFECTADO
CFE	45
MESOF	53
CTO	23
<b>TOTAL</b>	<b>121</b>

Con la revisión macroscópica y microscópica de hongos gris y blanco en los puntos de mayor afectación se observó que cada punto no presento los diferentes componentes como lo son, esporas, esporangios, cuerpo fructífero, hifas, ya que el lodo se encontraba en completa contaminación y por esta razón no fue posible observar por medio de imágenes cada componente de los hongos y mucho menos su color.

**Tabla 32.**

*Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas), hongo gris y hongo blanco en puntos afectados*

PUNTOS	HONGOS	ESPORAS	ESPORANJIOS	HIFAS	CUERPO FRUCTIFERO
1	GRIS	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO
2	BLANCO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO	SI SE ENCONTRO
3	BLANCO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
4	GRIS	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
5	BLANCO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
6	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
7	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO

En los puntos no afectados no se encontró hongos y mucho menos sus componentes, ya que el lodo estaba en perfectas condiciones y no presento ninguna de estas características.

**Tabla 33.**

*Revisión macroscópica y microscópica (esporas, cuerpo fructífero, esporangios, hifas) hongo gris y hongo blanco en puntos no afectados*

PUNTOS	HONGOS	ESPORAS	ESPORANJIOS	HIFAS	CUERPO FRUCTIFERO
8	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
9	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO
10	NINGUNO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO	NO SE ENCONTRO



Con la revisión macroscópica del totoral se pudo identificar por medio de imágenes la textura de una totora sana y enferma y con la morfología se observó la forma de los poros de tallo, centro y punta también su color y su contextura. Encontrando diferencias por cada punto y obteniendo como análisis que la planta, el lodo si se encuentran contaminados y deteriorados por distintos microorganismos encontrados en ellos. Se pudo observar en la planta una contextura gruesa y blanda que por su deterioro tienen esta consistencia, se pudo analizar que una totora enferma no tiene una forma circular, tiene abundancia de poros por las bacterias que carcomen la planta y se observa un color café, que eso nos hace diferenciar una planta enferma de una planta sana.

**Tabla 34.***Morfología de poros afectados*

MORFOLOGIA A %	CIRCULAR ES	CIRCULARES IRREGULARES	ELIPTICOS OS	OVALADOS OS	OVALADOS IRREGULAR	ABUNDANCIA DE POROS	CONTEXTURA RA	COLOR R
PUNTO 1	NO	SI	SI	SI	SI	ABUNDANTE	GRUESA	CAFÉ
PUNTO 2	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 3	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 4	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 5	SI	NO	SON	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ
PUNTO 6	NO	NO	NO	NO	NO	ABUNDANTE	BLANDA	CAFÉ

En los puntos de no afectación se encontró que la planta es totalmente circular, carece de abundancia de poros, su contextura es gruesa y el color que se obtiene es verde, por tal razón esta revisión nos hizo identificar que en los puntos no afectados la planta se encuentra completamente sana, sin ningún microorganismo que afecte a ella dando un análisis completamente favorable a nuestra investigación

ya que se tiene una diferencia consistente por cada punto de afectación y no afectación dándonos cuenta que una planta sana es completamente de color verde y su textura es gruesa, mientras que una planta enferma es de color café y su textura es blanda.

**Tabla 35.**

*Morfología de poros sin afectar*

MORFOLOGI A %	CIRCULAR ES	CIRCULARES IRREGULARES	ELIPTIC OS	OVALAD OS	OVALADO IRREGULAR	ABUNDANTE DE POROS	CONTEXTU RA	COLO R
PUNTO 7	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERD E
PUNTO 8	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERD E
PUNTO 9	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERD E
PUNTO 10	SI	SI	SI	SI	SI	POCO ABUNDANTE	GRUESA	VERD E

Con este análisis microbiológico se pudo determinar características detalladas de cada uno de los puntos afectados dejando como resultados un buen análisis ya que se pudo observar la presencia de mucho microorganismo tanto en la planta como en el lodo.

### **3. Conclusiones**

El 73.5% de los parámetros fisicoquímicos en las muestras de sedimentos afectados y no afectados se sitúan fuera de los rangos típicos que caracterizan un suelo fértil y tan solo el 13.3% de los parámetros en ambos casos se clasifican como “suficientes” como lo menciona Osorio (2012).

En los puntos afectados según su nivel de fitotoxicidad la probabilidad de vida para la Totora es baja del 0% caracterizando este suelo como toxico y en los puntos no afectados la probabilidad de vida es alta siendo un suelo bueno y óptimo para el crecimiento normal de la Totora con un 92%.

Las muestras de sedimentos afectados evidencian elevados niveles de Magnesio de Cambio, Hierro disponible, Manganeso disponible y Calcio de Cambio donde se descubre que uno o varios de estos parámetros podrían ser la causa de la toxicidad presente en dichas muestras.

Con el análisis microbiológico se identifica la existencia de microorganismos como coliformes totales, fecales, hongos en puntos donde la totora está afectada puesto que estos pueden estar relacionados directamente con el desecamiento y deterioro de la Totora. En los puntos de no afectación no se encontró ninguno de estos parámetros microbiológicos.

Mediante el análisis de colonias, los puntos afectados presentan un número significativo de bacterias, lo cual indica un valor de 654 bacterias en todos los puntos afectados y un valor de 121 bacterias en los puntos donde no se presenta ninguna afectación, lo cual indica algo a favor de nuestra investigación puesto que con esta relación se identificó que las bacterias en los puntos afectados son mucho más elevadas que en los puntos no afectados. Un 70% del lodo de la laguna de la cocha se encuentra contaminado, lleno de bacterias y hongos, lo que permite identificar mediante la revisión microscópica una imagen detallada de una totora sana y enferma, se ha encontrado una relación que el análisis microbiológico tiene influencia con la muerte y deterioro de esta planta.

#### **4. Recomendaciones**

Implementar campañas de concienciación ambiental para informar a la comunidad local sobre prácticas sostenibles y trabajar en colaboración con las autoridades para establecer regulaciones que minimicen la contaminación en la laguna.

Es necesario tomar medidas preventivas o correctivas para evitar impactos ambientales negativos. Por tanto, es esencial que los responsables de la gestión de las lagunas realicen mediciones regulares y análisis de los parámetros físico-químicos para garantizar la calidad y sostenibilidad de estos importantes ecosistemas acuáticos. Esto facilitará la detección de cambios en las características del suelo debido a las actividades y la gestión realizada en el área. Además, posibilitará la creación de planos de acción y medidas de control que puedan abordar los impactos negativos y, al mismo tiempo, promover la preservación de la fertilidad del suelo.

Se recomienda realizar una investigación a fondo con expertos en el área de microbiología con la finalidad de identificar qué tipo de hongos son los que se encontraron en los sedimentos de la Laguna de La Cocha al realizar esta investigación, verificar si estos afectan de alguna manera el crecimiento normal de la totora y demostrar si están relacionados con el desecamiento y deterioro de la misma.

## Referencias

- Andreu, A., y Camacho, E. (2003). *Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedades Ramsar*. Editorial Dirección General de Conservación de la Naturaleza de España.
- Aponte, H. (2009). El junco: clasificación, biología y gestión. *Rev. Científica*, 6(1), 38–45. [https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub\\_dico/APONTE 2009.pdf](https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_dico/APONTE%202009.pdf)
- Ávila, G., Gaete, H., Morales, M., y Neaman, A. (2007). Reproduction of *Eisenia foetida* in agricultural soils from mining areas contaminated with copper and arsenic. *Rev. Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42(3), 435–441. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000300018>
- Ballesteros, M. (2006). *Micro propagación de totora (Schoenoplectus californicus) con reguladores de crecimiento en el laboratorio de biotecnología vegetal de la F.C.A.P-V-UTO* (Trabajo de pregrado, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia).
- Bautista-Cruz, A., Etchevers-Barra, J., Del Castillo, R. F., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Rev. Ecosistemas*, 90-97.
- Blodau, C., Peine, A., Hoffmann, S., y Peiffer, S. (2000). Organic Matter Diagenesis in Acidic Mine Lakes. *Rev. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 28(3), 123–135. [https://doi.org/10.1002/1521-401x\(200003\)28:3<123::aid-ahch123>3.0.co;2-a](https://doi.org/10.1002/1521-401x(200003)28:3<123::aid-ahch123>3.0.co;2-a)
- Bolívar-Bandera, D. (2020). *Cuantificación de metales pesados (hg, cr, cd, ni) en sedimentos de la ciénaga mallorquín, barranquilla - Colombia* (Trabajo de pregrado, Corporación Universidad de La Costa-CUC).

Bryan, G. W., y Hummerstone, L. G. (1978). Heavy metals in the burrowing bivalve *scrobicularia* plana from contaminated and uncontaminated estuaries. *Rev. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 58(2), 401–419. <https://doi.org/10.1017/S0025315400028071>

CEDSA S.A. (2023). *Equipos de CEDSA*. CEDSA. <https://cedsa-panama.com/equipos-de-cedsa/>

Chacon, G., Serrano, G., y Valdivia, A. (2014). *Evaluación de la plantación de totora (schoenoplectus tatora) en la península de Challapata, municipio Escoma de la provincia Camacho del Lago Titicaca* (Trabajo de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés).

Chaparro, M. (2005). *Análisis y Estudio de Parámetros Magnéticos de Suelos y Sedimentos de Arroyos y Lagunas Relativamente Contaminados – Métodos de Mediciones* (Trabajo de pregrado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires).

Colombia Travel. (2022). *Laguna de La Cocha*. Colombia Travel. <https://colombia.travel/es/blog/laguna-de-la-cocha-santuario-natural-de-agua-y-energia>

Corporación Autónoma Regional Nariño-Corponariño. (2011). *Determinantes Ambientales para el Ordenamiento Territorial*. Oficina de Planeación y Direccionamiento Estratégico. <https://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/determinantesambientales.pdf>

Diaz del Castillo-Koch, D. (2015). *B Eco-encano: complejo educacional turístico para la potencialización y recuperación del patrimonio ambiental y cultural en la Laguna de La Cocha, Nariño* (Trabajo de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana).

Fundación Aquae. (2022). *Eutrofización: definición y consecuencias*. Fundacion Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/eutrofizacion/>

- Garrido, S. (1993). *Interpretación de análisis de suelos*. Editorial Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación de España.
- Ginocchio, R., Sánchez, P., De La Fuente, L. M., Camus, I., Bustamante, E., Silva, Y., Urrestarazu, P., Torres, J. C., y Rodríguez, P. H. (2006). Agricultural soils spiked with copper mine wastes and copper concentrate: Implications for copper bioavailability and bioaccumulation. *Rev. Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(3), 712–718. <https://doi.org/10.1897/05-105R.1>
- González, F. (2015). *Manual Introductorio ArcGis 10.2* (Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de Colombia).
- Gutierrez, A. (2022). *Preocupacion por las Totoras de La Cocha* (Entrevista)
- Graetz, H. (2002). *Suelos y Fertilización*. Editorial Trillas.
- Hansen, A. M., Zavala, A. L., y Inclan, L. B. (1995). Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales en sedimentos de la cuenca Lerma-Chapala. *Rev. Ingeniería Hidráulica En Mexico*, 10(3), 55–69.
- Huerta-Cantera, H. E. (2010). *Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Qro, y su relación con el crecimiento microbiano* (Trabajo de pregrado, Universidad Autónoma de Querétaro).
- Herrera-Hernández, D. (2011). *Estratigrafía y análisis de facies de los sedimentos lacustres del Cuaternario tardío de la cuenca de Chalco, México* (Tesis de magister, Universidad Autónoma Nacional de Mexico).
- Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J., y Rodríguez, O. (2005). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Rev. Bioagro*, 59-62.

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA (1992). *Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios*. Editorial ICA.

Ibáñez, J. J. (2007). *pH del Suelo*. Editorial Fundación para el Conocimiento Madrid.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. (2006). *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos*. Editorial IGAC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC. (2005). *Norma Técnica Colombiana 5350. Calidad de Suelo. Determinación de Fósforo Disponible*. ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC. (2008). *Norma Técnica Colombiana 5264. Calidad de Suelo, Determinación del pH*. ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC. (2011). *Norma Técnica Colombiana 5889. Análisis de Suelos, Determinación del Nitrógeno Total*. ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC. (2014). *Norma Técnica Colombiana 5268. Calidad de Suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico*. ICONTEC.

Jaramillo, D. (2002). *La textura del suelo. Introducción a la ciencia de los suelos* (Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de Colombia).

Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., y Contreras, J. (2013). *Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. Rev. Bioagro 25(1), 47-56.*

Larson, W., y Pierce, F. (1991). *Conservation and enhancement of soil quality. Rev. Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, International Board for Soil Research and Management, Bangkok, 175-203.*



- Laskov, C., Amelung, W., y Peiffer, S. (2002). Organic matter preservation in the sediment of an acidic mining lake. *Rev. Environmental Science and Technology*, 36(20), 4218–4223. <https://doi.org/10.1021/es010320y>
- López-Martínez, M. L. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. *Rev. Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 21-42.
- Lopez de Viles, N., Muñoz-Martínez., L. J., Zambrano-Rodríguez, J. O., Castro-Matabanchoy, J. e., Miramag-Guapucal, O. A., y Pimiento, E. (2019). *Plan de manejo 2006-2010 Santuario de flora isla Corota. Pasto*. Parques Nacionales. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-del-sf-isla-de-la-corota.pdf>
- Martínez, E., Fuentes, J. P., y Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Rev. de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 68-96.
- Miralles-Mellado, I. (2006). *Calidad de suelos en ambientes calizos mediterráneos: Parque Natural de Sierra María los Vélez* (Tesis de doctorado, Universidad de Granada).
- Mora, A. (2015). *Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos*. AQM laboratorios. <https://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/>
- Moreno, A., y Peñaranda, M. I. (2019). *FITOTOXICIDAD: Más que un culpable, una mirada a los múltiples factores en interacción*. Metroflor Colombia. <https://www.metroflorcolombia.com/fitotoxicidad-mas-que-un-culpable-una-mirada-a-los-multiples-factores-en-interaccion/>
- Munera, G., y Meza, D. (2012). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal* (Trabajo de pregrado, Universidad tecnológica de Pereira).

- Narvaez, G., Caicedo, Y., Guerrero, G., Benavides, D., y Garcia, P. (2013). *Caracterización de la cobertura de totorales y su dinámica ambiental en el lago andino de La Cocha (Nariño–Colombia)*. Academia.edu.  
[https://www.academia.edu/33621556/Caracterizaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_cobertura\\_de\\_totorales\\_y\\_su\\_din%C3%A1mica\\_ambiental\\_en\\_el\\_lago\\_andino\\_de\\_La\\_Cocha\\_Nari%C3%B1o\\_Colombia\\_](https://www.academia.edu/33621556/Caracterizaci%C3%B3n_de_la_cobertura_de_totorales_y_su_din%C3%A1mica_ambiental_en_el_lago_andino_de_La_Cocha_Nari%C3%B1o_Colombia_)
- Otero, L., Francisco, A. G., Morales, R., Inalvis, S., Labaut, M., Vento, M., y Rivero, L. (2007). *Caracterización y Evaluación de la Salinidad*. Editorial Instituto de Suelos de Cuba.
- Osorio, N. (2012). Como interpretar los resultados del analisis de fertilidad del suelo. *Rev. Boletín del Manejo Integral del Suelo y la Nutrición Vegeta, 1(6)*.
- Poerschmann, J., Koschorreck, M., y Górecki, T. (2017). Organic matter in sediment layers of an acidic mining lake as assessed by lipid analysis. Part II: Neutral lipids. *Rev. Science of the Total Environment, 578, 219–227*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.116>
- Ramírez, J. J., y Noreña, R. J. F. (2004). GUNA TROPICAL RASA Characterization of the sediment in a tropical shallow lake. *Rev. Caldasia, 26(1), 173–184*.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39360/41255>
- Roulet, M., Sacaca, S., y Iñiguez, V. (2009). Diversidad y distribución de bacterias sulfato reductoras en sedimentos de lagunas de la cuenca Milluni contaminada por desechos mineros. *Rev. BIOFARBO, 17(2), 39-50*.
- Rubio, M., y Berlanga, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *REIRE Revista d'Innovació I Recerca En Educació, 5(2), 83–100*. <https://doi.org/10.1344/reire2012.5.2527>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000*. SEMARNAT.

- Sepúlveda, E. G., Cifuentes, M. R., Pedreros, V. M., Bermúdez, R. A., Y Hinojosa, J. N. (2009). Enriquecimiento, disponibilidad y contaminación de metales TRAZA (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos de lagunas urbanas de concepción-chile. *Rev. Química Nova*, 32(4), 902–907. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422009000400014>
- Solé, A., y Cantón, Y. (2005). *Mejora de suelos salinos y control de la erosión en zonas áridas*. Estación Experimental de Zonas Áridas. [http://www.eeza.csic.es/Documentos/Publicaciones/Sole%20y%20Canton\(PARJAP-2005\).pdf](http://www.eeza.csic.es/Documentos/Publicaciones/Sole%20y%20Canton(PARJAP-2005).pdf)
- Torres-Bejarano, F., Padilla-Coba, J., Rodríguez-Cuevas, C., Ramírez-León, H., y Cantero-Rodelo, R. (2016). La modelación hidrodinámica para la gestión hídrica del embalse del Guájaro, Colombia. *Rev. Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño de Ingeniería*, 32(3), 163-172.
- Xu, F. L., Yang, C., He, W., He, Q. S., Li, Y. L., Kang, L., Liu, W. X., Xiong, Y. Q., y Xing, B. (2017). Bias and association of sediment organic matter source apportionment indicators: A case study in a eutrophic Lake Chaohu, China. *Rev. Science of the Total Environment*, 581–582, 874–884. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.037>

**Anexos**

**Anexo A. Prueba resultados laboratorio especializado de la Universidad De Nariño**

Parámetros fisicoquímicos laboratorio especializado de la universidad de Nariño

Punto 1 Puerto (Afectado)

PARAMETROS QUIMICOS				Código muestra - Identificación Lote
ENSAYOS	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-114-2023 P1 PUERTO AFECTADO
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:2) NTC 5264	Potenciométrica		5,92
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométric a uv-vis	%	15,5
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométric a uv-vis	mg/Kg	2,62
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		42,1
Calcio de Cambio		Espectrofotometría		19,0
Magnesio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	de Absorción	cmol <sup>+</sup> /Kg	2,15
Potasio de Cambio		Atómica		0,47
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Nitrógeno Total	Con base en la materia orgánica	Cálculo	%	0,53

Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black (Colorimétrico) NTC5403	Espectrofotométric a uv-vis	%	8,97
---------------------------	---	--------------------------------	---	------

---



---

**PARAMETROS FISICOS**

---



---

F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		Ar
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,55

Punto 2 Sindamanoy (Afectado)

---



---

**PARAMETROS QUIMICOS**

---



---

				<b>Código muestra - Identificación Lote</b>
				LSIA-115-2023
				P2 SINDAMAN OY AFECTADO
<b>ENSAYOS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:3) NTC 5264	Potenciometrica		5,95
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	35,5
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	51,0
		Volumétrica	cmol <sup>+</sup> /Kg	49,4

Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7			
Calcio de Cambio		Espectrofotometría		27,1
Magnesio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	de Absorción		8,60
Potasio de Cambio		Atómica		0,63
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Hierro disponible				705
Manganeso disponible		Espectrofotometría		73,4
Cobre disponible	DTPA -	de Absorción		1,73
Zinc disponible		Atómica	mg/Kg	2,12
Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,26
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,79
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	20,6
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		F-A
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,30

## Punto 5 Motilon (Afectado)

PARAMETROS QUIMICOS				Código muestra - Identificación Lote	
ENSAYOS	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-116- 2023 P5 MOTILÓN AFECTADO	
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:2) NTC 5264	Potenciometrica		5,42	
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	4,54	
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	1,88	
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		11,9	
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotometría	cmol <sup>+</sup> /Kg	3,04	
Magnesio de Cambio		de Absorción		0,94	
Potasio de Cambio		Atómica		0,02	
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		0,14	
Hierro disponible				402	
Manganeso disponible	DTPA -	Espectrofotometría de Absorción	mg/Kg	126	
Cobre disponible		Atómica		2,64	
Zinc disponible				1,41	



Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,31
Nitrógeno Total	Con base en la materia <u>Orgánica</u>	Cálculo	%	0,18
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	2,63
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto		Grado Textural	Ar
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,61

Punto 6 Santa Teresita (Afectado)

<b>PARAMETROS QUIMICOS</b>				<b>Código muestra - Identificación Lote</b>
<b>ENSAYOS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	LSIA-117- 2023
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:3) NTC 5264	Potenciometrica		5,73
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	16,0

Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	12,5
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		35,9
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotometría de Absorción	cmol <sup>+</sup> /Kg	12,6
Magnesio de Cambio		Atómica		4,37
Potasio de Cambio				0,74
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Hierro disponible				773
Manganeso disponible	DTPA -	Espectrofotometría de Absorción	mg/Kg	41,1
Cobre disponible		Atómica		4,24
Zinc disponible				4,12
Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,37
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,55
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	9,28
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		Ar
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,34

## Punto 11 Romerillo (Afectado)

PARAMETROS QUIMICOS				Código muestra - Identificación Lote
ENSAYOS	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-121- 2023
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:2) NTC 5264	Potenciometrica		5,66
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	12,6
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	14,9
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		31,9
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotometría de Absorción	cmol <sup>+</sup> /Kg	10,3
Magnesio de Cambio		Atómica		0,88
Potasio de Cambio				0,20
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Hierro disponible				344
Manganeso disponible	DTPA -	Espectrofotometría de Absorción	mg/Kg	22,4
Cobre disponible		Atómica		0,19
Zinc disponible				0,15

Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,62
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,45
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	7,29
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		Ar-A
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,70

Punto 7 Entre Corota y Sindamanoy (Afectado)

<b>PARAMETROS QUIMICOS</b>				<b>Código muestra - Identificación Lote</b>
			<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	LSIA-122- 2023
<b>ENSAYOS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:2) NTC 5264	Potenciometrica		5,46
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	11,7

Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	6,85
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		32,4
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotometría de Absorción	cmol <sup>+</sup> /Kg	9,09
Magnesio de Cambio		Atómica		3,05
Potasio de Cambio				0,61
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		0,21
Hierro disponible				307
Manganeso disponible	DTPA -	Espectrofotometría de Absorción	mg/Kg	26,7
Cobre disponible		Atómica		0,38
Zinc disponible				0,20
Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,40
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,43
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	6,79
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		Ar-A
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,62

## Punto 8 Santa Isabel (No Afectado)

PARAMETROS QUIMICOS				Código muestra - Identificación Lote
ENSAYOS	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-118- 2023 P7 STA ISABEL NO AFECTADO
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:2) NTC 5264	Potenciometrica		5,75
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	12,0
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	1,55
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		10,4
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	Espectrofotometría de Absorción Atómica	cmol <sup>+</sup> /Kg	11,9
Magnesio de Cambio	1NpH7 NTC			3,86
Potasio de Cambio	5349			0,69
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Hierro disponible		Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/Kg	326
Manganeso disponible	DTPA -			42,9
Cobre disponible				0,39

Zinc disponible				0,35
Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,16
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,43
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	6,94
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		F-A
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,54

Punto 9 San Hisidro 1 (No Afectado)

<b>PARAMETROS QUIMICOS</b>				<b>Código muestra - Identificación Lote</b>
<b>ENSAYOS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	LSIA-119- 2023
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:2) NTC 5264	Potenciometrica		5,64
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	14,8
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	8,24

Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		34,2
Calcio de Cambio				12,9
Magnesio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotometría de Absorción Atómica	cmol <sup>+</sup> /Kg	4,65
Potasio de Cambio				0,36
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Hierro disponible				317
Manganeso disponible	DTPA -	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/Kg	88,4
Cobre disponible				0,48
Zinc disponible				0,31
Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,51
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,51
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	8,58
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		Ar-A
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,54



## Punto 10 San Hisidro 2 (No Afectado)

PARAMETROS QUIMICOS				Código muestra - Identificación Lote
ENSAYOS	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-120-2023
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua	(1:3) NTC 5264	Potenciometrica		5,90
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	22,7
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	6,27
Capacidad Intercambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Volumétrica		39,5
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	Espectrofotometría		13,4
Magnesio de Cambio	1NpH7 NTC	de Absorción	cmol <sup>+</sup> /Kg	5,98
Potasio de Cambio	5349	Atómica		0,59
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		ND
Hierro disponible		Espectrofotometría		965
Manganeso disponible	DTPA -	de Absorción	mg/Kg	38,0
Cobre disponible		Atómica		2,51
Zinc disponible				1,56

Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,38
Nitrógeno Total	Con base en la materia	Cálculo	%	0,68
Carbono Orgánico Oxidable	Walkley-Black	Espectrofotométrica uv-vis	%	13,2
<b>PARAMETROS FISICOS</b>				
F=Franco - Ar=Arcilloso A=Arenoso - L=Limoso	Al Tacto	Grado Textural		A
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,32

**Anexo B. Análisis estadístico con el método T de Student de cada uno de los 15 parámetros cuantitativos**

Parámetro 1. Datos pH

<b>pH</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
5.92	5.75
5.95	5.64
5.42	5.9
5.73	-
5.66	-
5.46	-

Parámetro 1. Prueba T-Student

**Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales**

<b>PH</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	5.69	5.76
Varianza	0.05	0.02
Observaciones	6.00	3.00
Varianza agrupada	0.04	-
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	7.00	-
Estadístico t	-0.52	-
P(T<=t) una cola	0.31	-
Valor crítico de t (una cola)	1.89	
<b>Pi(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.62</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.36	

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

Parámetro 2. Datos Materia Orgánica

<b>Materia Orgánica (%)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
15.5	12
35.5	14.8
16	22.7
12.6	-
11.7	-
4.54	-

Parámetro 2. Prueba T-Student

**Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales**

<b>M.O</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	15.97	16.50
Varianza	108.38	30.79
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	7.00	-
Estadístico t	-0.10	-
P(T<=t) una cola	0.46	-
Valor crítico de t (una cola)	1.89	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.92</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.36	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

Parámetro 3. Datos Materia fosforo disponible

<b>Fosforo Disponible (mg/kg)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
2.62	1.55
51	8.24
1.88	6.27
12.5	-
14.9	-
6.85	-

Parámetro 3. Prueba T-Student

**Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales**

<b>Fosforo Disponible</b>	<b>Afectados</b>	<b>No afectados</b>
Media	14.96	5.35
Varianza	338.81	11.82
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	6.00	-
Estadístico t	1.24	-
P(T<=t) una cola	0.13	-
Valor crítico de t (una cola)	1.94	-
P(T<=t) dos colas	0.26	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.45	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

Parámetro 4. Datos Capacidad de intercambio catiónico

<b>Capacidad De intercambio Catiónico (cmol+/Kg)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
42.1	10.4
49.4	34.2
11.9	39.5
35.9	-
31.9	-
32.4	-

Parámetro 4. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales</b>		
<b>Capacidad De intercambio Catiónico</b>	<b>Afectados</b>	<b>No afectados</b>
Media	33.93	28.03
Varianza	160.35	240.22
Observaciones	6.00	3.00
Varianza agrupada	183.17	-
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	7.00	-
Estadístico t	0.62	-
P(T<=t) una cola	0.28	-
Valor crítico de t (una cola)	1.89	-
P(T<=t) dos colas	0.56	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.36	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

Parámetro 5. Datos Calcio de cambio

<b>Calcio de Cambio (cmol+/Kg)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
19	11.9
27.1	12.9
3.04	13.4
12.6	-
10.3	-
9.09	-

Parámetro 5. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Calcio de Cambio</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	13.52	12.73
Varianza	71.02	0.58
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	5.00	-
Estadístico t	0.23	-
P(T<=t) una cola	0.41	-
Valor crítico de t (una cola)	2.02	-
P(T<=t) dos colas	0.83	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.57	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

Parámetro 6. Datos Calcio Magnesio de cambio

<b>Magnesio de Cambio (cmol+/Kg)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
2.15	3.86
8.6	4.65
0.94	5.98
4.37	-
0.88	-
3.05	-

Parámetro 6. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Magnesio de Cambio</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	3.33	4.83
Varianza	8.41	1.15
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	7.00	-
Estadístico t	-1.12	-
P(T<=t) una cola	0.15	-
Valor crítico de t (una cola)	1.89	-
P(T<=t) dos colas	0.30	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.36	-



**Alfa= 0.05**

**P > Alfa** Acepta la hipótesis nula

**P < Alfa** Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

Parámetro 7. Potasio de Cambio

<b>Potasio de Cambio (cmol+/Kg)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
0.47	0.69
0.63	0.36
0.02	0.59
0.74	-
0.2	-
0.61	-

## Parámetro 7. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Potasio de Cambio</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	0.45	0.55
Varianza	0.08	0.03
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	6.00	-
Estadístico t	-0.68	-
P(T<=t) una cola	0.26	-
Valor crítico de t (una cola)	1.94	-
P(T<=t) dos colas	0.52	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.45	-

**P > Alfa**    **Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa**    **Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 8. Nitrógeno Total %

<b>Nitrógeno Total %</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
0.53	0.43
0.79	0.51
0.18	0.68
0.55	-
0.45	-
0.43	-

## Parámetro 8. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Nitrógeno Total %</b>	<b>Afectados</b>	<b>No afectados</b>
Media	0.488	0.540
Varianza	0.039	0.016
Observaciones	6.000	3.000
Diferencia hipotética de las medias	0.000	-
Grados de libertad	6.000	-
Estadístico t	-0.472	-
P(T<=t) una cola	0.327	-
Valor crítico de t (una cola)	1.943	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.654</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

**P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa**

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 9. Carbono Orgánico Oxidable %

<b>Carbono Orgánico Oxidable %</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
8.97	6.94
26.6	8.58
2.63	13.2
9.28	-
7.29	-
6.79	-

## Parámetro 9. Prueba T-Student

<b>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Carbono Orgánico Oxidable %</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	10.26	9.57
Varianza	69.74	10.54
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	7.00	-
Estadístico t	0.18	-
P(T<=t) una cola	0.43	-
Valor crítico de t (una cola)	1.89	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.86</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.36	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa** Acepta la hipótesis nula

**P < Alfa** Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 10. Densidad Aparente

<b>Densidad Aparente (g/cc)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
0.55	0.54
0.3	0.54
0.61	0.32
0.34	-
0.7	-
0.62	-

## Parámetro 10. Prueba T-Student

<b>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Densidad Aparente</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	0.52	0.47
Varianza	0.03	0.02
Observaciones	6.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	5.00	-
Estadístico t	0.54	-
P(T<=t) una cola	0.31	-
Valor crítico de t (una cola)	2.02	-
P(T<=t) dos colas	0.61	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.57	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa** Acepta la hipótesis nula

**P < Alfa** Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 11. Hierro disponible

<b>Hierro disponible (mg/kc)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
705	326
402	317
773	965
344	-
307	-

## Parámetro 11. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Hierro disponible</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	506.20	536.00
Varianza	46887.70	138051.00
Observaciones	5.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	3.00	-
Estadístico t	-0.13	-
P(T<=t) una cola	0.45	-
Valor crítico de t (una cola)	2.35	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.91</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	3.18	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa** Acepta la hipótesis nula

**P < Alfa** Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 12. Manganeso disponible

<b>Manganeso disponible (mg/kc)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
73.4	42.9
126	88.4
41.1	38
22.4	-
26.7	-

## Parámetro 12. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Manganeso disponible</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	57.92	56.43
Varianza	1848.45	772.40
Observaciones	5.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	6.00	-
Estadístico t	0.06	-
P(T<=t) una cola	0.48	-
Valor crítico de t (una cola)	1.94	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.95</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.45	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa** Acepta la hipótesis nula

**P < Alfa** Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 13. Cobre disponible

<b>Cobre disponible (mg/kc)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
1.73	0.39
2.64	0.48
4.24	2.51
0.19	
0.38	

## Parámetro 13. Prueba T-Student

<b>Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Cobre disponible</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	1.84	1.13
Varianza	2.82	1.44
Observaciones	5.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	6.00	-
Estadístico t	0.69	-
P(T<=t) una cola	0.26	-
Valor crítico de t (una cola)	1.94	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.51</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.45	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 14. Zinc disponible

<b>Zinc disponible (mg/kc)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
2.12	0.35
1.41	0.31
4.12	1.56
0.15	-
0.2	-



## Parámetro 14. Prueba T-Student

<b>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Zinc disponible</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	1.60	0.74
Varianza	2.68	0.50
Observaciones	5.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	6.00	-
Estadístico t	1.02	-
P(T<=t) una cola	0.17	-
Valor crítico de t (una cola)	1.94	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.34</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.45	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa** Acepta la hipótesis nula

**P < Alfa** Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**

## Parámetro 15. Boro disponible

<b>Boro disponible (mg/kc)</b>	
<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
0.26	0.16
0.31	0.51
0.37	0.38
0.62	-
0.4	-

## Parámetro 15. Prueba T-Student

<b>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</b>		
<b>Boro disponible</b>	<b>Afectados</b>	<b>No Afectados</b>
Media	0.39	0.35
Varianza	0.02	0.03
Observaciones	5.00	3.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	-
Grados de libertad	4.00	-
Estadístico t	0.35	-
P(T<=t) una cola	0.37	-
Valor crítico de t (una cola)	2.13	-
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.74</b>	-
Valor crítico de t (dos colas)	2.78	-

**Alfa= 0.05**

**P > Alfa Acepta la hipótesis nula**

P < Alfa Acepta la hipótesis alternativa

**Hipótesis Nula: No existe variación significativa en los resultados.**