



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE MATERIAL ORGÁNICO PROVENIENTE  
DE LA RESTAURACIÓN DE LA LAGUNA SAN MARTÍN EN SAN GERARDO,  
GIRÓN.

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Ambiental

AUTORA: MARÍA BELÉN ROMÁN MOTOCHÉ.

TUTORA: ING. KATERINE ELIZABETH PONCE OCHOA, MGS.

Cuenca - Ecuador

2025

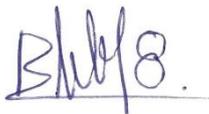
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Belén Román Motoche con documento de identificación N° 0104924774 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de febrero del 2025

Atentamente,



---

María Belén Román Motoche

0104924774

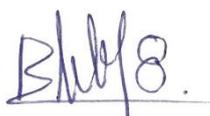
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, María Belén Román Motoche con documento de identificación N° 0104924774, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Gestión y aprovechamiento de material orgánico proveniente de la restauración de la Laguna San Martín en San Gerardo, Girón.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de febrero del 2025

Atentamente,



---

María Belén Román Motoche

0104924774

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Katerine Elizabeth Ponce Ochoa con documento de identificación N° 1104167265, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE MATERIAL ORGÁNICO PROVENIENTE DE LA RESTAURACIÓN DE LA LAGUNA SAN MARTÍN EN SAN GERARDO, GIRÓN., realizado por María Belén Román Motoche con documento de identificación N° 0104924774, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Ing. Katerine Elizabeth Ponce Ochoa, Mgs.

1104167265

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.**

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, quien me ha dado vida, salud y fortaleza para culminar mis estudios universitarios. Sin Él a mi lado, nada habría sido posible. A mis papis, Juan y Anita, por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo constante en cada paso de mi camino. A mi querida ñaña Cristina, por su cariño y apoyo incondicional. A mis tíos Guilda, Marco y Byron, por confiar en mí y brindarme su apoyo económico y emocional sin dudarlos. A mis abuelitos Arturo, Mirian y Amada, y especialmente a mi papito Vichi, quien me enseñó que no hay imposibles. A Christopher por su ayuda invaluable en la realización de esta tesis, por su cariño incondicional y por esas palabras de aliento que me impulsaron a seguir adelante. A Christian, mi jefe y amigo, por su comprensión y por facilitarme la conciliación entre el trabajo y la universidad. A mi querida universidad y a mis profesores, por compartir sus conocimientos con pasión y dedicación. A mi querida Canelita, por ser mi fiel compañía. Y, finalmente, me dedico este logro a mí misma, por nunca rendirme, por levantarme cada vez que caí, por aprender a administrar mi tiempo y, sobre todo, por aprender a amarme en este proceso.

## **RESUMEN.**

La sedimentación, la eutrofización y la pérdida de biodiversidad en la Laguna San Martín, ubicada en San Gerardo, Girón, Ecuador; son problemáticas derivadas de actividades agropecuarias no sostenibles. Estos factores afectan el equilibrio ecológico del humedal y reducen su funcionalidad ambiental. Para abordar esta situación, la investigación desarrolla un sistema de gestión sostenible para el manejo del material orgánico proveniente de la restauración de la laguna. Se sustenta en enfoques de aprovechamiento de sedimentos y totora para mejorar las condiciones ecológicas y generar valor económico, contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades locales. La metodología incluyó el análisis químico de suelos y sedimentos, el diseño de estrategias de reutilización de estos recursos y la implementación de talleres comunitarios para el aprovechamiento artesanal de la totora. Los resultados indicaron bajos niveles de contaminación química, aunque con deficiencias de nutrientes esenciales y alta sodicidad en ciertos puntos, lo que afecta la estructura del suelo y su viabilidad agrícola. Los hallazgos destacan que un manejo integrado de los recursos orgánicos puede transformar problemáticas ambientales en oportunidades sostenibles. Se proponen estrategias concretas, como talleres de capacitación comunitaria y esquemas de reutilización de sedimentos y totora. La investigación demuestra que este enfoque es replicable para la gestión de humedales, ofreciendo beneficios ambientales, sociales y económicos, aunque enfrenta desafíos logísticos y comunitarios.

## **ABSTRACT.**

Sedimentation, eutrophication and loss of biodiversity in Laguna San Martín, located in San Gerardo, Girón, Ecuador, are problems caused by unsustainable agricultural activities. These factors affect the ecological balance of the wetland and reduce its environmental functionality. To address this situation, the research develops a sustainable management system for the management of organic material from the lagoon restoration. It is based on sediment and cattail utilization approaches to improve ecological conditions and generate economic value, contributing to the sustainable development of local communities. The methodology included the chemical analysis of soils and sediments, the design of reuse strategies for these resources, and the implementation of community workshops on the artisanal use of cattails. The results indicated low levels of chemical contamination, although there were deficiencies of essential nutrients and high sodicity at certain points, which affect soil structure and agricultural viability. The results show that integrated management of biological resources can turn environmental problems into sustainable opportunities. Concrete strategies are proposed, such as community training workshops and sediment and cattail reuse programs. The research shows that this approach is replicable for wetland management and offers environmental, social and economic benefits, although it faces logistical and community challenges.

## ÍNDICE.

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	4
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS. ....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT. ....	7
ÍNDICE.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	12
INIDICE DE MAPAS. ....	14
ÍNDICE DE GRÁFICOS. ....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Población.....	17
1.2. Explicación del problema.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo general.....	19
2.2. Objetivos específicos.....	19

CAPITULO I.....	20
3. MARCO TEÓRICO .....	20
3.1. Cuerpos lacustres.....	20
3.1.1. Laguna.....	21
3.1.2. Lago. ....	22
3.1.3. Humedal. ....	22
3.2. Servicios ecosistémicos de cuerpos lacustres.....	23
3.2.1. Biodiversidad. ....	23
3.2.2. Regulación hídrica. ....	24
3.3. Problemas que afectan las lagunas. ....	25
3.3.1. Sedimentación.....	25
3.3.2. Eutrofización.....	27
3.3.3. Contaminación. ....	27
3.4. Suelos. ....	28
3.4.1. Tipos de suelo. ....	29
3.4.2. Características físico – químicas del suelo en lagunas. ....	30
3.4.3. Textura del suelo.....	30
3.4.4. Capacidad de intercambio catiónico. ....	30
3.4.5. Ph del suelo. ....	31
3.4.6. Contenido de materia orgánica. ....	31
3.4.7. Conductividad eléctrica.....	31
3.4.8. Disponibilidad de nutrientes y metales pesados. ....	31

3.5. Vegetación acuática.....	32
3.5.1. Usos.....	32
3.6. Sedimentos de cuerpos de agua.....	34
3.6.1. Reutilización de sedimentos.....	34
3.7. Totorá.....	35
3.7.1. Características morfológicas de la totora.....	36
3.7.2. Reutilización de la totora.....	37
3.7.3. Casos documentados de aplicación.....	38
CAPITULO II.....	39
4. Materiales y métodos.....	39
4.1. Descripción del área de estudio de la laguna de San Martín.....	39
4.1.1. Ubicación del estudio.....	39
4.1.2. Alcance del estudio.....	39
4.1.3. Aspectos Ambientales.....	40
4.2. Metodología para el manejo del material orgánico de la laguna de San Martín.....	42
4.2.1. Manejo de sedimentos.....	42
4.2.2. Manejo de totora.....	53
CAPITULO III.....	62
5. Resultados y discusión.....	62
5.1. Muestras de suelo.....	62
5.1.1. Reutilización de los sedimentos.....	70
5.2. Reutilización de la totora.....	71

CAPITULO IV .....	78
6. Conclusiones y recomendaciones.....	78
6.1. Conclusiones .....	78
6.2. Recomendaciones.....	80
6.3. Bibliografía.....	80
CAPITULO V. ....	85
7. Anexos.....	85
7.1. Convocatoria a talleres .....	85
7.2. Recursos didácticos utilizados en las capacitaciones .....	85
7.3. Participación comunitaria .....	90
91	
91	
7.4. Registro de asistencia a los talleres de capacitación .....	92
7.5. Toma de muestras de suelo.....	93
7.6. Registro de firmas de participantes en talleres de capacitación .....	102
7.7. Presupuesto del proyecto.....	102
<b>ÍNDICE DE TABLAS.</b>	
Tabla 1. Demografía de la parroquia San Gerardo.....	17
Tabla 2. Estadísticas de Censo 2022 .....	41
Tabla 3. Criterios de calidad del suelo. ....	42
Tabla 4. Puntos de muestreo.....	45
Tabla 5. Puntos de extracción de Totora .....	53
Tabla 6. Tabla 5. Resultados de análisis de muestras de la laguna de San Martín.....	62

Tabla 7. Datos en Excel para realizar mapas en Arc Gis. ....	94
Tabla 8. Tabla 1 del ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2-TABLA 1, publicada en la Edición Especial N.º 387 del 4 de noviembre de 2015. ....	96
Tabla 9. Presupuesto.....	102

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.**

Ilustración 1 Representación esquemática del proceso de sedimentación. ....	26
Ilustración 2. Totora. ....	37
Ilustración 3. Punto P1 para la toma de muestras.....	47
Ilustración 4. Punto P2 para la toma de muestras.....	47
Ilustración 5. . Punto P3 para la toma de muestras.....	48
Ilustración 6. Punto P4 para la toma de muestras.....	49
Ilustración 7. Punto P5 para tome de muestras.....	49
Ilustración 8. Ingreso a la laguna San Martin en San Gerardo, Girón Ecuador. ....	51
Ilustración 9. Bolsas con muestras de suelo. ....	52
Ilustración 10. Preservación de las muestras. ....	52
Ilustración 11. Punto T1 para la extracción de Totora ....	55
Ilustración 12. Punto T2 para la extracción de Totora. ....	55
Ilustración 13. Punto T3 para la extracción de Totora. ....	56
Ilustración 14. Punto T4 para la extracción de Totora. ....	56
Ilustración 15. Punto T5 para la extracción de Totora. ....	57
Ilustración 16. Día de extracción de totora.....	58
Ilustración 17. Flyer informativo de la impartición de talleres. ....	59
Ilustración 18. Elaboración de primera.....	59
Ilustración 19. Secado de la totora. ....	60
Ilustración 20. Totora seca. ....	60

Ilustración 21. Capacitación. ....	60
Ilustración 22. Elaboración de artesanías para hogar. ....	61
Ilustración 23. Realización de artesanías mixtas. ....	61
Ilustración 24. . Impartición de segunda capacitación.....	61
Ilustración 25. Elaboración de esteras. ....	72
Ilustración 26. Elaboración de cestas. ....	72
Ilustración 27. Sopladores. ....	73
Ilustración 28. Botella forrada con totora.....	73
Ilustración 29. Ángeles de totora y carrizo.....	73
Ilustración 30. Cruz de totora y madera. ....	73
Ilustración 31. Tríptico de primera capacitación. ....	75
Ilustración 32. Tríptico segunda capacitación. ....	76
Ilustración 33. Publicidad de talleres con totora. ....	85
Ilustración 34. Primer tríptico informativo lado frontal. ....	86
Ilustración 35. Primero tríptico de informativo lado posterior.....	87
Ilustración 36. Segundo tríptico informativo lado frontal. ....	88
Ilustración 37. Segundo tríptico informativo lado posterior.....	89
Ilustración 38. Tríptico entregado. ....	90
Ilustración 39. Participación comunitaria. ....	90
Ilustración 40. Integrante de la comunidad de San Gerardo con tríptico de capacitaciones. .....	91
Ilustración 41. Comunidad de San Gerardo en los talleres de artesanías.....	91
Ilustración 42. Integrante del taller de artesanías con tríptico informativo. ....	91
Ilustración 43. Registro de asistencia de talleres lado frontal. ....	92
Ilustración 44. Registro de asistencia de talleres lado posterior.....	93

Ilustración 45. Puntos en Google earth pro. ....	94
Ilustración 46. Formato de resultados de muestras de suelo del laboratorio. ....	101

**INDICE DE MAPAS.**

Mapa. 1. Ubicación Geográfica de la laguna San Martin.....	16
Mapa. 2. Mapa de los cinco puntos de muestreo.....	46
Mapa. 3. Puntos de extracción de la totora.....	54

**ÍNDICE DE GRÁFICOS.**

Gráfico 1. Resultados de la muestra P1.....	64
Gráfico 2. Resultados de la muestra P2.....	65
Gráfico 3. Resultados de la muestra P3.....	66
Gráfico 4. . Resultados de la muestra P4.....	67
Gráfico 5. Resultados de la muestra P5.....	68
Gráfico 6. Comparación de parámetros principales. ....	69

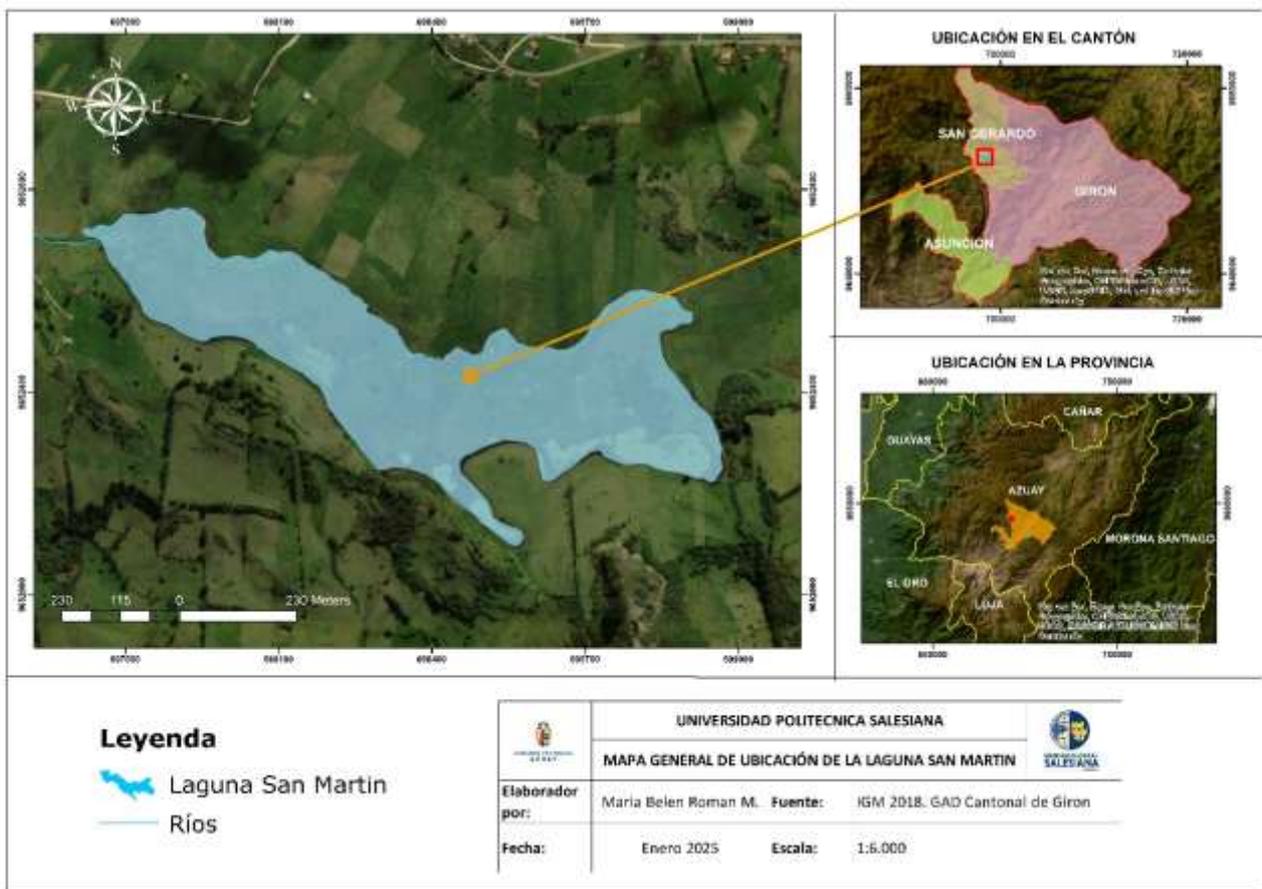
## 1. INTRODUCCIÓN.

La laguna de San Martín ubicada en San Gerardo, en los últimos años, ha enfrentado varios desafíos como la sedimentación, la contaminación de agua y la pérdida de capacidad hídrica gracias a las actividades agropecuarias de la zona y la falta de gestión de estos sedimentos. Además, existe proliferación de totora dentro de la laguna. Estos factores han alterado el equilibrio ecológico y esto a su vez afecta la biodiversidad. La gestión de recursos orgánicos es un tema de creciente importancia en la sostenibilidad ambiental, especialmente en el contexto de la restauración ecológica. En Ecuador, la "Política y Estrategia Nacional para la conservación y el uso racional de los humedales del Ecuador" busca la preservación y manejo integral de cuerpos lénticos como lagunas, lagos y humedales (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014). Esta política enfatiza la importancia de conservar estos ecosistemas por su valor ambiental y social. El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Girón y el Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección Provincial del Ambiente de Azuay, han documentado el deterioro y la posible desaparición de la Laguna San Martín. Este cuerpo de agua, localizado en la provincia del Azuay, cantón Girón, parroquia San Gerardo, forma parte de la microcuenca del río Rircay y, a su vez, de la cuenca del río Jubones (Álvarez, 2015).

Durante los últimos tres años, se han implementado acciones para la restauración de la laguna, incluyendo estudios sobre su calidad y estado ecológico. Sin embargo, el manejo de los sedimentos resultantes de la restauración ha recibido poca atención. Según investigaciones recientes, la laguna presenta altas concentraciones de metales pesados como cobre, zinc y plomo, así como altos niveles de demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO), lo que evidencia una degradación significativa del ecosistema (Loja & Sigüenza, 2022).

La sedimentación, producto de actividades agropecuarias no sostenibles y erosión del suelo, es uno de los principales factores que amenazan a la laguna. En este sentido, estudios en América Latina han destacado el potencial de reutilizar sedimentos y residuos orgánicos en la producción de abonos, materiales de construcción y energía renovable, contribuyendo al desarrollo local (Altieri & Nicholls, 2017). Estas iniciativas permiten transformar un problema ambiental en una oportunidad para mejorar las condiciones ecológicas y socioeconómicas de las comunidades cercanas. La presente investigación aborda la problemática de la acumulación de sedimentos y residuos orgánicos en la Laguna San Martín desde un enfoque integrador. Su objetivo es

proponer estrategias de gestión que no solo restauren la laguna, sino que también generen valor a partir de estos recursos, contribuyendo al bienestar de las comunidades locales y al equilibrio ecológico del páramo andino. El plan de ordenamiento territorial del GAD del cantón Girón delimita al humedal como un espejo de agua de 28 hectáreas ubicado en las coordenadas UTM 17S, 698823.53 este y 9652915.07 norte. A una altitud que va desde los 2720 msnm en la margen del humedal hasta los 2800 msnm en la línea divisoria de aguas. El efluente es descargado en la quebrada San Martín, en cuanto al catastro de tierras del GAD; los principales centros poblados que se asientan alrededor de la laguna son: San, Martín Chico, Bestión, San Martín Grande y toda el área que circunda a la laguna que esta está distribuida en 49 propiedades colindantes de diferentes superficies.



Mapa. 1. Ubicación Geográfica de la laguna San Martín  
Fuente: Autor, basado en el sistema de información (SIN), 2025

### 1.1.Población.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) realizado en los años 2014 – 2019 del cantón Girón, se verificó que la población de la parroquia es un total de 1.159 habitantes que incrementa con rapidez. Esta población se distribuye en 7 comunidades de acuerdo con la siguiente tabla.

*Tabla 1. Demografía de la parroquia San Gerardo*

COMUNIDAD	FAMILIAS	POBLACION
SANTA ANA	19	84
BESTION	28	87
CAUQUIL	71	238
SAN MARTÍN CHICO	14	65
SAN MARTÍN GRANDE	32	120
CRISTAL AGUARONGO	7	62
SAN GERARDO CENTRO	115	503
<b>TOTAL</b>	<b>286</b>	<b>1159</b>

*Fuente: INEC CENTRO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010 PROYECCIÓN 2014.*

### 1.2.Explicación del problema.

#### **Causa 1:**

Hipótesis: El incremento en la cantidad de materia orgánica y nutrientes, como el fósforo y el nitrógeno, en el agua de la Laguna San Martín favorece el crecimiento descontrolado de la tatora, afectando el equilibrio ecológico del humedal y reduciendo el espejo de agua disponible.

El incremento en la cantidad de materia orgánica y nutrientes, como el fósforo y el nitrógeno, en el agua de la Laguna San Martín no favorece el crecimiento descontrolado de la tatora, afectando el equilibrio ecológico del humedal y reduciendo el espejo de agua disponible.

#### **Causa 2:**

Hipótesis: Los altos índices de SAR (relación de adsorción de sodio) en los suelos del área de estudio dificultan la infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, limitando el uso agrícola del suelo.

Los altos índices de SAR (relación de adsorción de sodio) en los suelos del área de estudio no dificultan la infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, limitando el uso agrícola del suelo.

**Causa 3:**

Hipótesis: Los sedimentos acumulados en la laguna presentan baja concentración de nutrientes como azufre y boro debido a condiciones anaeróbicas generadas por el proceso de eutrofización, lo que limita su capacidad como enmienda agrícola.

Los sedimentos acumulados en la laguna no presentan baja concentración de nutrientes como azufre y boro debido a condiciones anaeróbicas generadas por el proceso de eutrofización, lo que limita su capacidad como enmienda agrícola.

**Causa 4:**

Hipótesis: El uso intensivo del suelo para actividades agrícolas en las zonas aledañas a la laguna ha reducido la cobertura vegetal nativa, lo que contribuye a la degradación del suelo y al aumento de la acumulación de sedimentos en el humedal.

El uso intensivo del suelo para actividades agrícolas en las zonas aledañas a la laguna no ha reducido la cobertura vegetal nativa, lo que contribuye a la degradación del suelo y al aumento de la acumulación de sedimentos en el humedal.

**Causa 5:**

Hipótesis: La ausencia de estrategias de manejo sostenible que integren la conservación de la biodiversidad, el control de nutrientes y la participación comunitaria ha exacerbado los problemas de la Laguna San Martín, limitando su capacidad de recuperación natural.

La ausencia de estrategias de manejo sostenible que integren la conservación de la biodiversidad, el control de nutrientes y la participación comunitaria no ha exacerbado los problemas de la Laguna San Martín, limitando su capacidad de recuperación natural.

**Causa 6:** Impacto de actividades ganaderas en el humedal

Hipótesis: El sobrepastoreo y la introducción de ganado en las áreas adyacentes al humedal han incrementado la compactación del suelo y el aporte de nutrientes al agua, contribuyendo a la degradación ambiental del ecosistema.

El sobrepastoreo y la introducción de ganado en las áreas adyacentes al humedal no han incrementado la compactación del suelo y el aporte de nutrientes al agua, contribuyendo a la degradación ambiental del ecosistema.

**Causa 7:**

Hipótesis: Las variaciones climáticas, como la disminución de las precipitaciones y el aumento de temperaturas, han reducido la recarga hídrica de la laguna, agravando los efectos de la eutrofización y disminuyendo la calidad de los sedimentos.

Las variaciones climáticas, como la disminución de las precipitaciones y el aumento de temperaturas, no han reducido la recarga hídrica de la laguna, agravando los efectos de la eutrofización y disminuyendo la calidad de los sedimentos.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1.Objetivo general.**

Gestionar y aprovechar de manera sostenible el material orgánico, como sedimentos y totora, extraídos durante la restauración de la Laguna San Martín, San Gerardo, Girón - Ecuador, con el fin de mejorar las condiciones ecológicas del humedal y generar productos de valor económico que contribuyan al desarrollo sostenible de las comunidades locales.

### **2.2.Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades químicas de los sedimentos extraídos de la Laguna San Martín en 5 puntos diferentes.
- Plantear una propuesta sostenible para el aprovechamiento de los sedimentos.
- Proponer un modelo para el uso de la totora extraída de la laguna de San Martín para la elaboración de artesanías.
- Ejecutar talleres de capacitación para las comunidades de la zona de influencia sobre el manejo sostenible de totora y su aplicación.

## CAPITULO I

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Cuerpos lacustres.

Según Castillo, C. A. (2005) El ecosistema lacustre es un espacio definido y complejo, caracterizado por la presencia tanto de agua como de tierra en un lugar específico dentro de un territorio. En él convergen múltiples usos y actividades, incluyendo aspectos sociales, urbanos, políticos, administrativos y económicos. Sin embargo, la interacción entre estos elementos y sus posibles implicaciones a futuro aún no ha sido completamente estudiada.

Los cuerpos lacustres como los lagos, lagunas y estanques son ecosistemas acuáticos que se encuentran en depresiones de terreno. Estos cuerpos de agua se caracterizan por no tener conexión directa con el mar u océano y son conocidos como recursos acuáticos lacustres lénticos. Los cuerpos lacustres se caracterizan por presentar velocidades de arrastre bastante bajas o nulas, varían de 0.001 a 0.01 m/s estos siendo valores superficiales. Debido a esto, los tiempos de residencia del agua o de sus elementos pueden ir desde un mes hasta muchos años. Esta propiedad es esencial para cuantificar los movimientos masivos de material dentro de estos ecosistemas. (Meybeck & Helmer, 1996). Para la formación de cuerpos lacustres deben existir dos elementos esenciales: una fuente de agua ya sea ríos, riachuelos, escorrentías, etc. y una depresión de terreno capaz de almacenar agua. Pueden ocurrir en cualquier lugar dentro de una cuenca fluvial, aunque el origen de estos se debe a procesos como vulcanismo, actividad tectónica, actividad glacial, y debe ir de la mano con acción fluvial, eólica, marina, humana o combinada. (Llames & Zagare, 2009).

En términos ecológicos, los lagos y lagunas ofrecen hábitats esenciales para la diversidad de especies acuáticas y terrestres. Pueden albergar microorganismos, peces, aves migratorias, plantas acuáticas, etc. lo que les otorga un papel fundamental en la biodiversidad de muchas regiones. (Wetzel, 2001).

Los cuerpos lacustres a menudo son amenazados por la contaminación humana, la eutrofización y la invasión de especies exóticas, de estas las más importante y la que más daño hace es la eutrofización causada por un exceso de nutrientes en el agua que pueden llegar a alterar la estructura del ecosistema y reducir la calidad del agua, además de esta, el cambio climático crea alteraciones en los patrones de temperatura y precipitación que afectan directamente a estos ecosistemas. (Schidler, 1998).

Una de las clasificaciones de cuerpos lacustres más aceptadas es la de Hutchinson, G, E. Dicho autor describe diferentes formas de clasificar siendo la más aceptada la siguiente:

Clasificación por su productividad biológica

- Lagos oligotróficos: bajo en nutrientes con aguas claras con poca vegetación y baja biodiversidad.
- Lagos mesotróficos: nivel intermedio con mediana cantidad de nutrientes y una moderada biodiversidad.
- Lagos eutróficos: alto en nutrientes, favorece al crecimiento de algas lo que lleva a que sea un cuerpo de agua eutrofizado.
- Lagos hipertróficos: excesiva cantidad de nutrientes y con gran cantidad de contaminación eutrófica.

La productividad ecológica está influenciada por varios factores clave, según Hutchinson (1957), los factores más importantes son: disponibilidad de nutrientes tales como fósforo y nitrógeno, la luz solar que es fundamental para la fotosíntesis, condiciones físicas y químicas como la temperatura y el Ph y la presión urbana como la urbanización y la contaminación que altera los ciclos de los nutrientes.

### **3.1.1. Laguna.**

Según la Sociedad Geográfica de Colombia y la Academia de Ciencias Geográficas una laguna se define como “Depósito de agua que abastece y es abastecido y cuyas características son iguales a las de los lagos, pero su profundidad inferior a 10 metros”.

La laguna es un cuerpo de agua básicamente estancada, generalmente es más pequeño y menos profundo que un lago y sus características varían según la ubicación y el tipo de agua que puede ser salada o dulce. Según Wetzel (2001), las lagunas pueden estar formadas por procesos naturales como la acumulación de agua en zonas bajas o también por factores humanos como la construcción de embalses. Las lagunas son cuerpos lénticos, es decir, con aguas que tienen movimiento lento casi nulo que favorece a la acumulación de nutrientes y por eso son más propensas a eutrofización.

Las lagunas pueden clasificarse en lagunas costeras, que están separadas del mar por barreras naturales y lagunas interiores que son las que se encuentran en áreas interiores o en valles fluviales. (Sánchez, 2006).

En cuanto a la vegetación acuática en las lagunas son influenciadas por su carencia de profundidad que permite una mayor presentación de la luz solar y favorece el crecimiento de plantas acuáticas, sin embargo, las lagunas son vulnerables a los procesos de

eutrofización debido a la gran cantidad de nutrientes, especialmente si estas se encuentran cerca de las áreas urbanas o agrícolas. (Carpenter, 2003).

### **3.1.2. Lago.**

Un lago se puede entender como un cuerpo de agua donde el movimiento interno es sutil y, desde una perspectiva naturalista, casi imperceptible desde el exterior. La percepción del agua se basa en la experiencia de quienes viven en sus alrededores, y se desarrolla de manera ajena a influencias externas. La relación entre los habitantes y el comportamiento de las aguas permite organizar sus actividades diarias en función de lo que consideran esencial para la comunidad. En contraste, la visión de inversionistas y empresarios se centra en dominar los cuerpos de agua y sus entornos para obtener beneficios económicos. Así, se contraponen una visión relacional, donde se vive en armonía con el agua, y otra que ve el agua como un recurso para explotación. Guerra, D., Riquelme, W., & Skewes, J. C. (2019).

De acuerdo con las características de los lagos, Wetzel (2001) menciona que son cuerpos de agua que tiene una estratificación térmica en la que el agua se divide en capas con diferentes temperaturas y composición de oxígeno. Los lagos actúan como reguladores del ciclo hidrológico y el clima local. La clasificación comúnmente utilizada en limnología es de la siguiente forma:

- Origen: glaciales, tectónicos, volcánicos, casticos.
- Tamaño: grandes y pequeños.
- Composición del agua: dulce o salada.
- Productividad: oligotróficos o eutróficos.
- Permanencia: perenne o temporal.

### **3.1.3. Humedal.**

Los humedales son ecosistemas únicos donde el agua y la tierra se encuentran, creando ambientes que permiten la existencia de especies de gran importancia tanto para los entornos naturales como humanos. Según Briones (2010), estos espacios son fundamentales por sus características distintivas que sustentan una rica biodiversidad. Por su parte, la Convención de Ramsar (2018) define los humedales como áreas que incluyen marismas, pantanos, turberas o cuerpos de agua, ya sean naturales o artificiales, permanentes o temporales, de aguas. Los humedales son vitales para la regulación del clima y del ciclo del agua. Actúan como filtros naturales, depurando contaminantes y regulando el flujo del agua lluvia. También se les conoce como importantes sumideros de

carbono ya que almacenan grandes cantidades de carbono y como consecuencia contribuye al cambio climático.

Según Eddy, P. A. (2010), los humedales desempeñan un papel importante en la mitigación de desastres naturales ya que ayudan a controlar la erosión y la sedimentación, además de proporcionar refugio a una variedad de especies. La mayoría de los humedales se ven amenazados por la urbanización lo que hace urgente su conservación.

### **3.2. Servicios ecosistémicos de cuerpos lacustres.**

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los ecosistemas dan a los seres humanos, generalmente estos se dividen en cuatro categorías:

- Servicios de provisión: son recursos como alimentos, agua, madera, entre otros.
- Servicios de regulación: trata acerca de regulación del clima, purificación del agua, polinización y control de plagas.
- Servicios culturales: son todos aquellos que tienen un valor recreativo y educativo acerca de cualquier ecosistema.
- Servicio de soporte: se refiere a procesos que mantienen la vida como la formación del suelo, ciclo del agua, entre otros.

Constanza et al. (1997) sostiene que la degradación de los ecosistemas y la pérdida de sus servicios pueden ocasionar impactos económicos negativos. Ya que los mismos desempeñan funciones como reguladores de agua y aire y al estar en peligro de extinción esto incrementa la vulnerabilidad de las comunidades a desastres como enfermedades o inundaciones.

Daily (1997) menciona que los servicios ecosistémicos son dinámicos ya que tienen la capacidad de adaptarse. Los ecosistemas responden y cambian según sean las condiciones y presiones que se presenten como el cambio climático y sobre todo las actividades humanas.

#### **3.2.1. Biodiversidad.**

La biodiversidad es un concepto integral que abarca desde la variedad de especies hasta la diversidad genética y la diversidad de ecosistemas, los mismos que interactúan para mantener el equilibrio natural. Según Gaston & Spicer (2004), la biodiversidad juega un papel importante en la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. Esta diversidad biológica proporciona beneficios directos, como alimentos y medicinas y garantiza la

regulación de procesos ecológicos vitales tales como como la purificación del agua, el ciclo del carbono y la polinización.

Wilson (1988) enfatiza la importancia de la biodiversidad en la salud del planeta en general, al mencionar que la pérdida de biodiversidad puede debilitar la capacidad de los ecosistemas para enfrentar perturbaciones. En su libro *Biodiversity*, Wilson alerta sobre el impacto negativo de las actividades humanas, como la deforestación y el cambio climático, en la biodiversidad.

Además, Sala et al. (2000), en su estudio acerca de escenarios globales de biodiversidad, demuestran que los cambios en la biodiversidad pueden influir directamente en la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales. Si bien la pérdida de biodiversidad no es acelerada, sus efectos acumulativos sobre los ecosistemas son de largo alcance, afectando a la naturaleza y por ende a la economía global y calidad de vida humana.

### **3.2.2. Regulación hídrica.**

La regulación hídrica es uno de los servicios ecosistémicos más importante que los ecosistemas pueden proporcionar, ya que este ayuda a mantener el ciclo de agua y a regular su flujo, además reduce el riesgo de sequías gracias al proceso de absorción, retención y liberación. La regulación hídrica contribuye a la purificación del agua, recarga de acuíferos, mantenimiento de calidad de, agua, entre otros factores que son de mucha importancia para la flora, fauna y para los humanos.

Según el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de la República de Colombia (IDEMA) Bernal, F. A. y Casallas, J. J. (2014) dice que el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) se calcula como la relación entre un volumen parcial, que corresponde al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios, y el volumen total, que se obtiene al calcular el área bajo dicha curva. Este índice refleja la capacidad de una unidad hidrográfica para retener y regular el agua, siendo representado por la forma de la curva de duración de caudales medios diarios.

El objetivo de la regulación hídrica es representar la regulación del agua, destacando las áreas con condiciones más estables de escurrimiento y regulación de caudales. Además, a través de la curva de duración de caudales medios diarios, se muestra la frecuencia de caudales altos y bajos. Su propósito es apoyar la evaluación de la disponibilidad hídrica en el país, integrando indicadores del régimen hidrológico y reflejando las interacciones

del agua con factores como topografía, geología, suelos, vegetación y clima en las unidades hidrográficas. Bernal, F. A. y Casallas, J. J. (2014).

### **3.3. Problemas que afectan las lagunas.**

Una problemática ambiental es cualquier factor o condición que compromete de manera negativa en el funcionamiento natural de un ecosistema cualquiera. Estos componentes pueden ser la contaminación, pérdida de biodiversidad o el cambio climático. Estos problemas ambientales tienen su origen principalmente por las actividades antropogénicas que alteran el equilibrio natural. World Health Organization. (2021).

Según Cuello Gijón (2003) los problemas ambientales se caracterizan por: ser persistentes, estar en continuo aumento, ser de difícil reversibilidad, responder a múltiples factores, tener consecuencias más allá del tiempo y el espacio donde se generan, ser parte de otro problema más complejo y a la vez suma de numerosos y pequeños problemas.

#### **3.3.1. Sedimentación.**

La sedimentación se refiere al proceso mediante el cual partículas sólidas, como arena, arcilla y materia orgánica, se depositan en el fondo de un cuerpo de agua debido a la acción de la gravedad. Este fenómeno ocurre cuando disminuye la energía del agua que transporta las partículas, como sucede en lagunas, lagos, embalses y otros ecosistemas acuáticos con flujo lento (Spancold, 2020).

Los sedimentos pueden ser de origen natural que son partículas minerales y orgánicas que se pueden desprender de del suelo o de las rocas debido a la erosión o el transporte del agua, viento o por el hielo. Y de origen antropogénico que Resultan de actividades humanas como la agricultura, la deforestación, la minería y la construcción, que incrementan la carga de sedimentos transportados hacia los cuerpos de agua (Marc, 2022).

Existen 2 tipos principales de sedimentación:

- Sedimentación discreta: Es cuando las partículas no sufren cambios en sus características durante la caída, además se presenta en suspensiones con bajas concentraciones de sólidos, cada una de las partículas se comportan de manera individual y casi no hay interacción entre las mismas.
- Sedimentación partículas floculentas: Ésta es producida por la aglomeración de partículas coloidales desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos. A diferencia de las partículas discretas, las características de este tipo de partículas sí cambian durante la caída. Este tipo de sedimentación ocurre

cuando tenemos bajas concentraciones de partículas que son susceptibles de flocular.

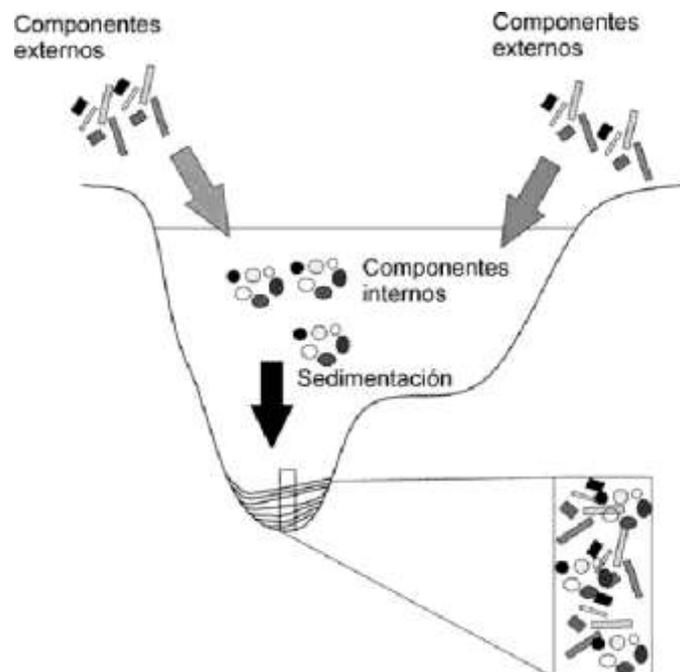
La sedimentación excesiva puede generar problemas ambientales como la disminución de la capacidad de almacenamiento, la alteración de hábitats la clara eutrofización y la obstrucción de canales.

Según Lahnsteiner, (2024), en su libro Handbook of Waterand Used Water Purification el diseño de una cuenca de sedimentación depende de las características como la concentración el tamaño y su comportamiento, existen cuatro tipos principales:

Sedimentación discreta que se da en bajas concentraciones de partículas que se sedimentan de manera individual y sin interacción, la sedimentación floculante que ocurre mayores de partículas que tienden a la aglomeración mientras se sedimentan. Sedimentación por zona que es cuando las partículas en suspensión altamente concentradas y se sedimentan como una masa y no se separan

Sedimentación por compresión que tiene característica con concentraciones tan elevadas que las partículas están en contacto entre su y el aislamiento como ocurre mediante la compresión de la masa.

El proceso de sedimentación se puede resumir en la siguiente imagen.



*Ilustración 1 Representación esquemática del proceso de sedimentación.  
Fuente: García-Rodríguez et al., (2011)*

La ilustración 1, describe cómo las partículas transportadas por diferentes agentes, como el agua, el viento o el hielo, se depositan y acumulan sobre la superficie del sedimento. Estas partículas pueden provenir tanto del cuerpo de agua como de la cuenca de drenaje circundante, y su disposición en capas refleja un registro cronológico de eventos y condiciones ambientales.

### **3.3.2. Eutrofización.**

La eutrofización hace referencia al proceso de excesivo enriquecimiento de nutrientes en cuerpos de agua lo que genera tasas elevadas de producción primaria, es decir, un crecimiento acelerado y abundante de organismos fotosintéticos como algas y plantas acuáticas (Paerl et al., 2001). Este fenómeno puede ocurrir de manera natural, influido por diversos factores físicos y químicos como el volumen del cuerpo de agua, el tiempo que el agua permanece en él, y la disponibilidad de nutrientes derivados del lecho rocoso y los suelos locales. Estos elementos determinan, en gran medida, la capacidad natural de un ecosistema acuático para manejar el ingreso de nutrientes.

Sin embargo, la eutrofización cultural, que tiene su origen en actividades humanas dentro de la cuenca, se ha convertido en una preocupación global debido a su impacto significativo en la calidad del agua (Njagi et al., 2022). Actividades como la agricultura intensiva, el uso de fertilizantes y la descarga de aguas residuales aumentan la carga de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, en los cuerpos de agua. Este tipo de eutrofización ha afectado gravemente ecosistemas acuáticos económicamente relevantes, como el lago Victoria en África, el lago Kasumigaura en Japón, el lago Taihu en China y el lago Erie, ubicado en la frontera entre Estados Unidos y Canadá (Nwankwegu et al., 2019).

Las consecuencias de la eutrofización son amplias y negativas, tanto desde el punto de vista ecológico como económico. Los ecosistemas acuáticos sufren alteraciones en sus comunidades biológicas, pérdida de biodiversidad y proliferación de zonas muertas, donde el oxígeno se agota completamente. Estas condiciones impactan actividades humanas como la pesca, el turismo y el abastecimiento de agua potable. La gravedad de estos efectos subraya la necesidad urgente de priorizar acciones a nivel mundial para prevenir, manejar y controlar este problema ambiental (Qin et al., 2013).

### **3.3.3. Contaminación.**

Según Miller y Spoolman (2020), "la contaminación ambiental es cualquier cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, el agua, el suelo o

los alimentos que afecta negativamente a los organismos vivos o a las actividades humanas".

La contaminación ambiental es la introducción de sustancias materiales o energía en el medio ambiente que provocan efectos negativos en la calidad de un ecosistema, tanto en el aire agua y suelo, afectando así a la salud humana y a la biodiversidad. Estas alteraciones pueden ser causadas por actividades humanas tales como industria, agricultura, urbanización o fenómenos naturales como erupciones volcánicas, polvo, entre otros. Miller y Spoolman (2020).

Entre los tipos de contaminación existen tres tipos que son los principales:

- Contaminación del aire que es la liberación de gases tóxicos, partículas y compuestos químicos como son el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y el NO<sub>x</sub>.
- Contaminación del agua que es la descarga de desechos químicos, plásticos, aceites y aguas residuales en ríos, lagos, océanos y acuíferos.
- Contaminación del suelo debido a la acumulación de productos químicos, pesticidas, fertilizantes y desechos sólidos en el suelo, lo que reduce su fertilidad y afecta a los cultivos.
- Contaminación acústica que se el exceso de ruido generado por actividades humanas, como el tráfico, la construcción y la industria.
- Contaminación lumínica que altera los ciclos naturales de los organismos y afecta la observación astronómica con el exceso de luz artificial
- Contaminación por desecho que se refiere a la mala gestión de residuos sólidos y electrónicos, que generan acumulaciones nocivas para el entorno.

### **3.4.Suelos.**

Los suelos se forman a partir de la interacción de diversos factores ambientales como son el clima, la topografía, el material parental, el tiempo y factores biológicos como la vegetación, uso de suelo y actividades de organismos. Las combinaciones distintas de estos factores generan procesos específicos que pueden llegar a modificar las propiedades del suelo. Por otro lado, las diferencias espaciales en las condiciones ambientales y sus interacciones pueden resultar en variaciones de características del suelo. (Buol et al., 1989)

### 3.4.1. Tipos de suelo.

Los suelos son fundamentales para la vida terrestre ya que estos proporcionan soporte para plantas y biodiversidad a la par que regulan el ciclo del agua. Los tipos de suelos más comunes son:

- Suelos arenosos: están formados de partículas de gran tamaño lo que da textura suelta y porosa, tiene muy baja retención de agua y nutrientes debido a los poros lo que facilita al drenaje rápido del agua u otros líquidos. Estos suelos se forman en climas áridos y semiáridos. La fragmentación de rocas grandes en partículas más pequeñas debido a la acción del viento y el agua es un proceso típico en la formación de suelos arenosos (Brady & Weil, 2008).

El suelo arenoso es ideal para cultivo que requieren drenaje rápido como críticos u hortalizas, sin embargo, es importante el manejo cuidadoso de fertilización para evitar lixiviación.

- Suelos arcillosos: están compuestos de partículas de arcilla que son más pequeñas que las de arena lo que hace que este tipo de suelo sea compacto y por lo tanto tenga una alta capacidad de retención de agua y nutrientes. Estos suelos existen en climas húmedos donde la intemperización química es intensa y los minerales se descomponen (Boul et al., 2011). Los suelos arcillosos son difíciles para la agricultura, pero pueden beneficiarse del uso de prácticas como el laboreo profundo para mejorar el drenaje y la aireación.

- Suelos francos: este tipo de suelo es considerado como el ideal para la agricultura debido a su equilibrio en particular de arena limo y arcilla, tiene una buena capacidad de retención de agua y nutrientes y a su vez un buen drenaje. Los suelos francos son fáciles de trabajar y se adaptan bien a una amplia variedad de cultivos (Jenny, 1994).

Estos suelos son ideales para el cultivo de hortalizas, cereales y fresas gracias a su equilibrio en propiedades físicas y químicas.

- Suelos limosos: están compuestos de partículas muy pequeñas, más pequeñas que la arena, pero un poco más grandes que la arcilla. Tienen una textura suave, lo que hace que tenga buena retención de agua, pero son propensos a la compactación y la erosión (Brady & Weil, 2008). Debido a lo anterior mencionado estos suelos son fértiles y retienen más nutrientes, muy adecuados para el cultivo de arroz u otros cereales.

- Suelos calcáreos: este tipo de suelo contiene altos niveles de carbonato de calcio lo que da como resultado un pH alcalino, son típicos de regiones áridas y semiáridas y pueden presentar dificultades para el cultivo debido a la baja disponibilidad de ciertos nutrientes como son el hierro y el zinc, que son de suma importancia para el crecimiento de las plantas (Wild, 1993). En cuanto a su uso tiene que ser enriquecido con azufre o fertilizantes acidificantes para corregir la alcalinidad que tiene y así poder corregir la alcalinidad y mejorar la disponibilidad de nutrientes.
- Suelos húmicos: estos son ricos en materia orgánica y de ahí su color característico oscuro. Se forman en regiones con alta vegetación y clima húmedo lo que hace que tengas una buena retención de agua. Estos suelos son altamente fértiles y capacidad para cultivo intenso (Buol et al., 2011). Estos suelos son ideales para sembrar flores y vegetales.

#### **3.4.2. Características físico – químicas del suelo en lagunas.**

Las características fisicoquímicas de los suelos lacustres abarcan propiedades como textura, pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, entre otros. Estas propiedades son las que determinan la capacidad del suelo para poder sostener la vida acuática y vegetal influenciando procesos como la retención de agua y la interacción con los contaminantes. McLean (1982) en su libro sobre métodos de análisis de suelos, resalta que los suelos lacustres son especialmente sensibles a los cambios en la composición química gracias a la acumulación de sedimentos y materia orgánica lo que resulta en indicadores clave de la salud ambiental y ecosistemas acuáticos.

#### **3.4.3. Textura del suelo.**

Esa característica hace referencia a la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla. Los suelos lacustres por lo general son ricos en estos tres componentes lo que resulta en una textura fina. Brady y Weil (2008) señalan que la textura influye en la dinámica del agua y como los nutrientes se mueven en el suelo. Los suelos que tienen una buena textura tienen una alta capacidad de retención de agua, pero a su vez hace que el suelo sea más susceptible a la compactación lo que reduce la porosidad y aireación.

#### **3.4.4. Capacidad de intercambio catiónico.**

La CIC es un parámetro que mide la capacidad del suelo para retener y liberar cationes que son esenciales para las plantas. En los suelos lacustres por lo general la CIC es beneficiosa ya que permite retención de nutrientes y suministros de manera continua a las

plantas. La capacidad de intercambio catiónico es influenciada por el contenido de materia orgánica que exista en el suelo ya que esto es el indicador clave de que un suelo sea fértil. (Yong et al., 1990).

#### **3.4.5. Ph del suelo.**

PH del suelo: esta característica es una de las propiedades químicas más críticas ya que influyen en la disponibilidad de nutrientes y puede variar dependiendo de factores como la composición del agua, la materia orgánica y la interacción que tenga con los minerales del sedimento. En los suelos de lagunas, el pH puede variar ampliamente, un pH ácido, es decir menor a 7 puede incrementar la solubilidad de metales tóxicos, por otra parte, un pH alcalino que es mayor a 7 puede llevar a la precipitación de nutrientes esenciales lo que hace que sea menos apto para plantas acuáticas. Según Ponnampetuma (1972) el pH de los suelos lacustres puede influir significativamente en la química y solubilidad del hierro y el magnesio que son esenciales para las plantas acuáticas.

#### **3.4.6. Contenido de materia orgánica.**

Stevenson (1994) habla acerca de los suelos ricos en materia orgánica y como estos tienen una mayor cantidad de intercambio catiónico, lo que mejora la capacidad para suministrar nutrientes a las plantas. Este parámetro es fundamental cuando se trata de fertilidad y mantenimiento de estructura del suelo. La materia orgánica es un componente que proviene principalmente de la descomposición de restos de vegetales o animales y su presencia mejora la capacidad del suelo para poder retener agua y nutrientes en suelos lacustres. Este componente puede ayudar a la formación de humus y esto influye en la textura y la estructura del suelo.

#### **3.4.7. Conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica o por sus siglas CE, se utiliza para medir la concentración de sales solubles en el suelo, una CE alta puede ser indicativo de salinidad, lo que podría afectar a la biota acuática, estos suelos con niveles altos de salinidad suelen tener menor capacidad para sustentar especies. Breckle (2002) menciona que el manejo adecuado de los suelos acuáticos es crucial para evitar una degradación por salinización de ecosistemas acuáticos.

#### **3.4.8. Disponibilidad de nutrientes y metales pesados.**

Los nutrientes son muy importantes para los suelos lacustres, la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo o potasio son esenciales para que estos ecosistemas sean productivos. Por otro lado, la eutrofización es un problema en las lagunas y se debe

justamente a el exceso de nutrientes por lo que para Smith et al. (1999) la gestión adecuada de nutrientes es crucial para evitar que el ecosistema lacustre se degrade.

Los metales pesados en los suelos lacustres pueden tener origen natural o también pueden ser el resultado de actividades humanas como la agricultura. Los metales pueden acumularse en los sedimentos de la laguna y ser tóxicos para la vida acuática, los principales metales pesados suelen ser metales pueden ser mercurio y cadmio.

### **3.5. Vegetación acuática.**

La vegetación acuática hace alusión a las plantas que crecen en ambientes acuáticos como lagos, lagunas, ríos, etc. Estas plantas son esenciales para ecosistemas acuáticos ya que proporcionan una variedad de servicios ecosistémicos como mejorar la calidad de agua, la estabilización de sedimentos y el apoyo a la biodiversidad. La vegetación acuática juega un papel clave en los ecosistemas lacustres, ya que está formada por importantes productores primarios y esto fomenta una alta biodiversidad que tiene un lugar central en los biogeoquímicos de agua dulce. La vegetación de tipo acuática de puede dividir en tres categorías taxonómicas: macroalgas, briofitas, macrófitos. El primer grupo está representado principalmente en agua dulce por Chlorophyta y Charophyta que pueden producir grandes cantidades de biomasa en un sistema que esta eutrofizado (Messyasz et al. 2018). El segundo grupo que son las briofitas que también son llamadas musgos, sirven como bioindicadores para monitorear la calidad del agua y bioacumulares para evaluar la contaminación por metales pesados (Vásquez et al. 2019). El último grupo que es el de las macrófitas éstas muestras endemicidad relativamente alta y gran variedad de formas de crecimiento. En general las plantas acuáticas contribuyen al carbono y el ciclo de nutrientes en los cuerpos de agua. (Dan et al. 2021 ; Zhang et al. 2021 ; Wang et al. 2022).

#### **3.5.1. Usos**

La vegetación acuática tiene varios usos según el contexto y las necesidades humanas y de ecosistema, además de su papel ecológico tiene varios múltiples usos prácticos y beneficios para las comunidades humanas.

##### **3.5.1.1. Filtración de Agua.**

La vegetación acuática actúa con un filtro natural que mejora la calidad del agua ya que absorbe contaminantes y nutrientes que puedan estar excesivos tales como nitrógeno y fosforo que son químicos provenientes de actividades antropogénicas, de manera agrícola o industrial. Este proceso mencionado antes es conocido como biofiltración y esto es de suma importancia para contrarrestar la eutrofización. (Seven Seas Water Group, 2024).

### **3.5.1.2.Hábitat para la Fauna.**

La vegetación acuática proporciona un hábitat para varias especies de fauna acuática esto incluye animales como peces anfibios y aves. Estas plantas dan refugio ya que algunos organismos acuáticos, utilizan la vegetación para protegerse de depredadores o de alguna condición ambiental adversa, esto es fundamental para la supervivencia de especies en etapas vulnerables, también muchas especies dependen de esta vegetación para su alimento creando así una base para la cadena alimenticia. La vegetación acuática también es importante al momento de la reproducción ya que sirve como lugar de anidación. (Rico, 2023).

### **3.5.1.3. Uso en la agricultura.**

La vegetación acuática es importante para mejorar el suelo, plantas como la totora se utiliza para mejorar la calidad del suelo en las áreas agrícolas, también esta planta cuando se descompone aporta materia orgánica enriqueciendo el suelo y aumentando la capacidad de retención de agua y nutrientes. Este tipo de plantas a menudo pueden ser abono verde donde la biomasa se entierra en el suelo antes de la siembra para aumentar los nutrientes, también en algunos casos algunas plantas tienen propiedades repelentes de plagas y puede beneficiar a la agricultura. (Aza, 2020).

### **3.5.1.4.Control de Eutrofización.**

Las plantas acuáticas son importantes para el control de la eutrofización en los cuerpos de agua ya que las plantas absorben nutrientes y esto ayuda a el crecimiento de las algas que son nocivas para el ecosistema. Para el control de la eutrofización se necesita un monitoreo continuo, esto implica la recolección sistemática de datos sobre la calidad del agua, este proceso permite una detección temprana, evaluación de invertebrados, entre otros. Para estos monitoreos se pueden realizar con sensores remotos, estaciones de monitoreo In Situ y análisis de laboratorio. (Sewervac Ibérica, 2023).

### **3.5.1.5.Usos Culturales y Económicos.**

Las plantas que crecen en sistemas acuáticos tales como la totora, que tiene un papel significativo tanto cultural como económico y diversas regiones. En cuanto a usos culturales se puede ocupar para materiales de construcción tradicionales como la construcción de viviendas o embarcaciones. También se puede utilizar para la elaboración de artesanías como alfombras, sombreros, sopladores o figuras decorativas, algunas son funcionales, sino que son representativas del patrimonio cultural. En cuanto al uso

económico se puede ocupar en la agricultura como compost fertilizante. (FUNPROEIBANDES, 2024).

### **3.6.Sedimentos de cuerpos de agua.**

(Mid-America Regional Council, 2022) sugiere que los sedimentos de agua se refieren a las partículas sólidas que son depositadas o que están suspendidas en el fondo de cuerpo de agua. Los sedimentos de los cuerpos de agua incluyen sedimentos del entorno natural y también de actividades antropogénicas, estos sedimentos provienen generalmente de la erosión del suelo, también puede derivarse de las actividades biológicas, fragmentación de rocas, vertidos de agua residuales, industriales, etc.

Los sedimentos en cuerpos lacustres tienen algunos efectos como los que se detallan a continuación :

- Turbidez en el agua
- Deterior en la calidad del agua
- Daños al ecosistema acuático
- Dificultades en el tratamiento del agua
- Uso limitado de recursos hídricos

#### **3.6.1. Reutilización de sedimentos.**

La reutilización de sedimentos en cuerpos lacustres se ha implementado en varias partes del mundo y con diferentes propósitos incluyendo la recuperación del suelo y la restauración del ecosistema.

- Restauración de humedales en Dinamarca: en Dinamarca, los sedimentos de los lagos eutrofizados se han utilizado para la restauración de los humedales esto ayuda mucho para abordar problemas ambientales como la eutrofización y degradación de ecosistemas acuáticos. Para el proceso de restauración primero se realiza la extracción de sedimentos que han acumulado altos niveles de nutrientes, esta extracción ayuda a reducir la cantidad de nutrientes en el agua, una vez extraídos estos sedimentos son transportados a humedales que requieren restauración. El uso de sedimentos para restaurar humedales en Dinamarca ha generado resultados positivos en términos ecológicos y ambientales. Frederiksen et al. (2020) documentó que esta práctica no solo mejora la calidad del agua en los ríos o lagunas, sino que también refuerza servicios ecosistémicos como almacenamiento de carbono y también una protección contra inundaciones.

- Reutilización de sedimentos lacustres en la agricultura en China: esta estrategia se ha convertido en una solución innovadora para poder mejorar la fertilidad del suelo, también reduce la dependencia de fertilizantes químicas y mitiga problemas ambientales como la eutrofización que es el problema más grande. El lago Taihu en China es conocido por que los sedimentos extraídos del lago que son afectados por la eutrofización son utilizados para enriquecer campos cercanos y así se mejora la calidad del agua y también la productividad agrícola. (Qin et al., 2013). En cuanto a los beneficios que tienen estos procedimientos esta la sostenibilidad que fomenta una economía circular al reutilizar residuos como recursos agrícolas, también es una fuente gratuita en cuanto a nutrientes para suelos y también el control ambiental ya que ayuda a prevenir lixiviación de contaminantes a cuerpos de agua.
- Proyectos de recuperación de tierras en Singapur: estos proyectos son un ejemplo significativo de sedimentos para expandir su territorio debido a la escasa disponibilidad de tierra en el país. En cuanto al proceso en primer lugar se dragan los sedimentos que se extraen en el fondo del mar, estos materiales incluyen arena, limo, arcilla entre otros, después de esto los sedimentos se depositan y se compactan en capas lo que hace que se estabiliza en terreno y prepara para el desarrollo, en casos puntuales los sedimentos dragados contienen sal y requieren por lo tanto más tratamientos para ser aptos para la agricultura y también para la construcción. Algunos ejemplos de este proceso pueden ser el de la isla Jurong Island que es una isla artificial que está formada por varias islas pequeñas mediante la recuperación de tierras. Y también existe un proyecto llamado "Marina Bay" que es un área recuperada donde se ha construido desarrollos comerciales y residenciales.

### **3.7. Totorá.**

La totora, generalmente identificada como (*Juncos rigidus*), es una planta acuática perenne de la familia de las ciperáceas. Se caracteriza por su tallo que son largos y cilíndricos que pueden alcanzar hasta más de tres metros de altura. Esta es una especie que crece en zonas húmedas generalmente lagunas, humedales y desempeñan un papel ecológico importante para proporcionar hábitat para especies y también para contribuir a la estabilidad de ecosistemas acuáticos.

En Ecuador, la totora se encuentra principalmente en las regiones andinas como Imbabura. Existen lagunas como la de San Pablo y Colta que son de los mejores ejemplos destacados donde esta planta prolifera y es fundamental para comunidades locales y se utilizan para diversas aplicaciones artesanales o para construcción.

En el artículo de Artesanía y ecología de la totora de la Provincia de Imbabura, Ecuador. Mardorf. C. (1985) hablar acerca de la totora en varios aspectos. En la ecología la totora en una planta que se adapta a ambientes acuáticos, formando mantos flotantes que contribuyen al equilibrio ecológico y este tipo de plantas juegan un papel importante en la purificación de agua al absorber nutrientes y metales pesados. En el tema cultural la totora es utilizada en comunidades indígenas para la construcción de viviendas tradicionales o también para la elaboración de canoas y artesanías. En el aspecto económico, esta planta tiene un valor importante para la producción artesanal por lo que se vende a lugares donde la totora no se adapta bien como Loja.

### **3.7.1. Características morfológicas de la totora.**

La planta de totora se planta en zonas que son relativamente profundas, pero su funcionamiento metabólico de esta planta es aéreo. Las partes de la totora son las siguientes:

**Rizoma:** Tiene un tallo bastante grueso con hojas que escamosas que crecen bajo la tierra, tiene una textura esponjosa y de color oscuro.

**Tallo:** El tallo es generalmente erguido, bastante flexible y liviano, no tiene ramificaciones por lo que no existen nudos. En cuanto a su estructura el tallo es cilíndrico cortical provisto de parénquima esponjoso y aerífero, rico en parénquima clorofiliano que le da el color verde característico (Goyzueta Camacho et al., 2010).

**Hojas:** Estas hojas se forman en el nacimiento de los tallos, tienen forma de la vaina que rodean la base. Las hojas están en dos sectores de la planta: en la parte inferior que presentan vainas foliares que no tienen laminas y en la parte superior se desarrollan en algunas ocasiones.

**Inflorescencia:** Presente en la parte alta de la planta, en umbela que es una forma de inflorescencia en la que las flores surgen desde un punto común en el extremo de un pedúnculo, dando lugar a una forma de "paraguas" Cabrera, A. L. (1994) , con umbelilas que están en ejes terminales. La totora desarrolla esto durante todo el año y con mayor intensidad en épocas de lluvia.

Flores: Para (Goyzueta Camacho et al., 2010), la totora tiene flores completas, sus verticilos en la parte externa está compuesta por cuatro escamas que hacen de perigonio hapliodeo y en algunas dicotiledóneas que vendrían a ser como glumas de las gramíneas tomando una disposición que es parecida al trigo. Su envoltura floral está compuesta por aproximadamente 2 a 6 escamas y el fruto que tienen adentro es plano y convexo.

Frutos: La totora produce frutos secos aplanados convexos con un pericarpio no soldado a ellos, el fruto contiene solo una semilla y su forma es similar a la de una lenteja.



*Ilustración 2. Totora.  
Fuente: Autor, 2024.*

### **3.7.2. Reutilización de la totora.**

En cuanto a la reutilización de la totora ha sido muy documentada especialmente en el contexto de comunidades aledañas a lagunas y humedales en general. A continuación, algunos ejemplos de reutilización:

#### **Usos tradicionales.**

Artesanías y construcción: en la región andina en el Lago Titicaca, por ejemplo, la totora se utiliza para fabricar balsas, casas flotantes y objetos artesanales como canastas o alfombras. Este uso es importante para la integración cultural y económica de esta planta en la vida cotidiana de las comunidades. En un contexto diferente también se emplea para la elaboración de bioconstrucciones aprovechando así propiedades de esta planta como aislante térmico y acústico.

#### **Usos para alimentación y medicina.**

Cuando la base de la totora es joven se puede consumir como fuente de carbohidratos, también se pueden mezclar con aditivos como la melaza para el consumo de ganado.

Alunas partes de la planta se usan de forma medicinal para tratar dolencias como heridas o problemas de digestión.

#### **Usos para control de erosión y estabilización de suelos.**

Las raíces de la totora contribuyen en gran manera a estabilizar los márgenes del cuerpo lacustre, reduciendo así de erosión y también reteniendo posibles sedimentos, esto es útil en humedales que están afectados principalmente por actividades antrópicas como por ejemplo el pastoreo o la agricultura cercana.

#### **Usos para purificación del agua y mitigación de contaminantes.**

Para sistemas de humedales de carácter artificial. La totora se ha utilizado para fitorremediación ya que absorben nutrientes como nitrógeno o fosforo además de varios contaminantes mejorando así la calidad del agua.

#### **Usos para producción de biocombustibles.**

Existen recientes investigaciones que afirman que a totora es excelente materia prima para la producción de biogás mediante la digestión anaeróbica aprovechando el alto contenido de biomasa que tiene esta planta.

#### **3.7.3. Casos documentados de aplicación.**

Laguna Colta, Ecuador: en la laguna de Colta se han utilizado la totora como abonos orgánicos para mejorar la fertilidad de los suelos en cultivos como el cilantro, demostrando así el impacto que tiene en la textura del suelo y en los nutrientes que aporta.

Humedales en Florida, EE. UU.: existen proyectos de restauración en marismas, la vegetación acuática incluida la totora, se usa en combinación de sedimentos dragados para poder estabilizar y restaurar hábitats costeros.

## CAPITULO II

### 4. Materiales y métodos.

#### 4.1. Descripción del área de estudio de la laguna de San Martín.

La laguna de San Martín, localizada en la parroquia de San Gerardo en el cantón de Girón, constituye un humedal de suma importancia ecológica, social y económica. Este cuerpo lacustre está integrado en la microcuenca del río Rircay, que forma parte de la cuenca del Río Jubones. Esta laguna representa un reservorio hídrico crucial y también es un ecosistema que sustenta biodiversidad significativa y provee servicios a la comunidad que son vitales como la regulación hídrica, mitigación de inundaciones y el soporte para actividades agropecuarias de la zona.

Con el pasar de los años las actividades humanas como el pastoreo, agricultura y sobre todo la apertura de zanjas de drenaje, ha reducido el espejo de agua intensificando problemas como la eutrofización y disminución de calidad ecológica. La degradación de este humedal afecta directamente a la comunidad que depende de la laguna para el suministro de agua, producción agrícola y también afecta a la biodiversidad.

##### 4.1.1. Ubicación del estudio.

La Laguna San Martín se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 17s 697000–700000 Este y 9652000–9654000 Norte. El área de influencia del humedal abarca una altitud que varía desde los 2720 m.s.n.m. en la margen inferior hasta los 2800 m.s.n.m. en la línea divisoria de aguas. Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del GAD Municipal de Girón (1985, como se cita en Guamán, 2015), la laguna fue delimitada en primera estancia con un espejo de agua de 28 hectáreas en la carta topográfica del Instituto Geológico Militar (IGM) de 1985, sin embargo, estudios recientes indican que su superficie se ha reducido a 25.97 hectáreas ya que el cuerpo de agua ha sufrido cierta degradación ambiental y reducción de área.

##### 4.1.2. Alcance del estudio

El área total comprende de 188,88 hectáreas que incluyen el cuerpo lacustre y la zona de recarga hídrica distribuida de la siguiente manera.

- 16,92 hectáreas que corresponden al cuerpo de agua de la laguna.
- 152,95 hectáreas que son tierras agropecuarias donde predominan los pastizales circundantes.
- 19,01 hectáreas que presentan remanentes de vegetación de carácter herbácea.

### **4.1.3. Aspectos Ambientales**

#### **4.1.3.1. Aspecto Climático**

- Precipitación

La laguna de San Martín se encuentra en una región en donde el clima es montano húmedo, este se caracteriza por precipitaciones anuales entre 750 y 1000 mm. Dichas lluvias se distribuyen de manera desigual a lo largo del año, pero la época más intensa de lluvias generalmente es en meses de invierno (de noviembre a abril). Los caudales registrados en época de lluvia son entre 0,49 l/s y 4.7 l/s.

- Temperatura

La temperatura oscila entre 8 y 18°C, dependiente de factores como la altitud y las estaciones del año. La temperatura de la zona esta influenciada por las ubicaciones que geográficamente pertenece a humedales de los Andes ecuatorianos. En época seca que es de mayo a septiembre las temperaturas tienden a bajar especialmente en la noche y en apocas de lluvias las temperaturas don más estables.

#### **4.1.3.2. Aspecto biológico**

- Flora

En la laguna de San Martín predominan especies como la totora (*Juncos rigidus*), juncos (*Scirpus sp*), lechuguines (*Eichhornia crassipes*), Cyperus sp. y el sigsal (*Cortaderia sp.*). Además, en las áreas ribereñas, que han sido modificadas por actividades agrícolas desde hace tiempo se encuentran pastizales, arboles aislados y pequeños remanentes de chaparro en zonas elevadas. Debido a estas condiciones la diversidad de especies vegetales en el para es relativamente baja. (Guamán Álvarez, 2015).

- Fauna

Aves: las especies más destacadas son patos serranos (*Anas andium*), pájaro brujo (*Pyrocephalus rubinus*), mirlos grandes (*Turdus fuscater*), mirlo chiguanco (*Turdus chiguanco*), chugo (*Pheucticus chrysogaster*), gallinazos negros (*Coragyps atratus*), gavilán variable (*Buteo polyosoma*) y águila pechinegra (*Geranoaetus melanoleucus*). (Guamán Álvarez, 2015).

Anfibios: Según (Guamán Álvarez, 2015) se registraron 2 familias de anfibios la rana marsupial (*Gastrotheca spp.*) y el cutín (*Pristimantis spp.*).

#### **4.1.3.3. Aspecto socioeconómico**

- Demografía

La parroquia de San Gerardo tiene un total de 1.058 según el VIII Censo y VII de Vivienda realizado en 2022 por el Instituto de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador.

A continuación, su distribución poblacional:

*Tabla 2. Estadísticas de Censo 2022*

GÉNERO	POBLACIÓN	PORCENTAJE
HOMBRES	463	43,76%
MUJERES	595	56,24%
TOTAL	1.058	100%

*Elaborado por: Autor, 2025.*

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). VIII Censo de Población y VII de Vivienda, Ecuador. Recuperado de <https://www.inec.gob.ec>.*

- **Economía**

La principal actividad económica de esta zona es la ganadería, ya que representa el sustento de la mayoría de las familias locales. Principalmente con la cría y bovinos para producción de leche y carne. En cuanto a la agricultura, aunque es una de las actividades secundarias algunas familias utilizan el área para cultivos, por otro lado, según el POT, más del 65% de la población económicamente activa trabaja en el sector primario, en la agricultura y silvicultura.

- **Uso de suelo**

Actualmente existe un enfoque planteado en el Plan de Manejo de la Laguna de San Martín, que se basa en los lineamientos que ofrece el MAATE, según este esquema el suelo se clasifica en tres categorías principales:

- Zona de uso agropecuario: comprende 152,95 hectáreas, utilizado para pastizales y actividades ganaderas.
- Zona de recuperación natural: abarca 32,25 hectáreas incluyendo áreas del humedal
- Zona de protección permanente: cubre 3,94 hectáreas que establecen franjas vegetativas alrededor de la laguna y vertientes.

## **4.2. Metodología para el manejo del material orgánico de la laguna de San Martín.**

El presente trabajo de investigación se estructurará a continuación en dos enfoques metodológicos que se complementan entre sí. Este modelo permitirá tratar de manera integral el manejo de los recursos orgánicos de la laguna de San Martín.

En primer lugar, se desarrolló una metodología orientada al análisis de las muestras de suelo y sedimentos del cuerpo de agua, enfocada en caracterizar sus propiedades fisicoquímicas, entre otras.

En segundo lugar, se realizó un enfoque para la gestión de la totora (*Juncus sp.*), considerando la extracción, procesamiento y aprovechamiento de este.

Estas dos metodologías están respaldadas por muestreos representativos, análisis de laboratorio y talleres de capacitación y prácticos, respectivamente.

### **4.2.1. Manejo de sedimentos.**

Este análisis de suelos y sedimentos permitió evaluar la composición fisicoquímica información que es esencial para determinar la reutilización como abono. A continuación, la metodología.

#### **4.2.1.1. Muestreo y análisis de la calidad del suelo de la laguna San Martín.**

Para la recolección de las 5 muestras de suelo se siguió los parámetros del ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2-TABLA 1, publicada en la Edición Especial N.º 387 del 4 de noviembre de 2015. Esta normativa establece los criterios de calidad del suelo aplicables en Ecuador para evaluar su estado fisicoquímico, enmiendas y manejo sostenible.

A continuación, la tabla 3 del acuerdo ministerial mencionado anteriormente con todos los parámetros para aplicar a las muestras:

*Tabla 3. Criterios de calidad del suelo.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades*</b>	<b>Valor</b>
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	uS/cm	200
pH		6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*

<b>Parámetros inorgánicos</b>		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60

<b>Parámetros orgánicos</b>		
Benceno	mg/kg	0.03
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.05
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/kg	<150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

*Autor: Ministerio del Ambiente de Ecuador*

*Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial 097, Anexo 2, Tabla 1: Criterios de calidad de suelo. Registro Oficial Edición Especial N.º 387.*

*Recuperado de <https://www.gob.ec>.*

#### **4.2.1.2. Metodología para la toma de muestras**

La recolección de las muestras de suelo en la laguna de San Martín se ejecutó de acuerdo con la metodología descrita en el “Instructivo muestreo para análisis de suelos” de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad) y en la “Guía para el muestreo de los suelos” del Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM).

El muestreo se llevó a cabo de la mano de la Prefectura del Azuay y se consideraron los siguientes aspectos para la ubicación correcto de los puntos de muestreo:

- **Accesibilidad**

Se identificaron los puntos de muestreo que sean fáciles de acceder para llevar equipos y materiales de muestreo y que permitan obtener muestras útiles.

Para la determinación de la ubicación de los puntos, se tomó en cuenta los aspectos que corresponden accesibilidad mediante la elaboración de un mapa de delimitación de la laguna en ArcGIS y se dividió el mismo en las zonas antes mencionadas.

Mediante ortofotos e imágenes satelitales, se determinó el muestreo en 5 puntos de la laguna, en los principales sectores que presentan algunas diferencias. La primera muestra fue tomada en la salida de agua de la laguna, la segunda fue, en cambio, en la entrada de agua de la laguna. La tercera muestra de suelo se tomó en la zona ganadera, el cuarto punto se tomó en el área interna de la laguna y el quinto y última muestra en la zona no ganadera.

- **Representación y prevención de riegos**

Para que el muestreo sea representativo se exigen que las muestras recolectadas sean representativas y en diferentes características físicas y químicas del humedal. Para ello, se establecieron cinco puntos de muestreo estratégicamente distribuidos en áreas clave de la laguna, considerando aspectos como:

- Zonas afectadas por ganadería.
- Niveles de materia orgánica.
- Áreas afectadas por procesos de eutrofización.
- Zonas cercanas a entradas y salidas de efluentes.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados teniendo en cuenta la seguridad de los equipos técnicos y del equipo técnico, asegurando accesibilidad mediante embarcaciones para los puntos que ameritaban y rutas adecuadas para minimizar riesgos asociados al ingreso a zonas inestables.

En la tabla se presentan los 5 puntos de muestres junto con la referencia y las coordenadas geográficos y códigos de identificación que serán útiles a lo largo del estudio presente.

*Tabla 4. Puntos de muestreo*

PUNTOS	REFERENCIA	CODIGO	COORDENADAS	
			X	Y
1	salida de agua de laguna	P1	697751.33	9652707.07
2	entrada de agua de la laguna	P2	698954.46	9652465.53
3	zona ganadera	P3	698089.2	9652692.93
4	área interna de la laguna	P4	697792.84	9652731.11
5	zona no ganadera	P5	698587.1	9652126.8

*Fuente: Autor, 2025.*

En el mapa 2 se representa la distribución de los puntos cinco puntos a lo largo de la laguna.



Mapa. 2. Mapa de los cinco puntos de muestreo.  
Elaborado por: Autor 2025.

#### 4.2.1.3. Descripción de puntos de muestreo

- Punto 1 (P1)

El punto 1 se encuentra ubicado en la zona de salida de agua de la laguna, específicamente en el área de ingreso principal del humedal. Esta ubicación corresponde al punto de primer acceso y constituye la zona más frecuentada de la laguna. Su ubicación permite evaluar las características fisicoquímicas del suelo y evaluar el impacto de las actividades recurrentes como el tránsito. Este punto es clave para comprender relaciones humanas y condiciones del ambiente.



*Ilustración 3. Punto P1 para la toma de muestras.  
Fuente: Autor, 2024.*

- Punto 2 (P2)

El punto 2 es el más alejado con respecto a la entrada principal de la laguna y se encuentra en una zona donde el cuerpo de agua recibe aportes hídricos que entrar en el cuerpo lacustre. La localidad se caracteriza por ser una de las áreas menos accesibles de la laguna debido a la dificultad del terreno y a las condiciones del entorno, lo que presenta un desafío menor para actividades de muestreo.



*Ilustración 4. Punto P2 para la toma de muestras.  
Fuente: Autor, 2024.*

- Punto 3 (P3)

este punto de muestreo se caracteriza por la presencia de material orgánico y residuos vegetales en sus alrededores. Este punto está ubicado en una zona de intensa actividad

ganadera, donde el pastoreo se realiza a diario durante todo el año. Con resultado de esta actividad el área presenta alta concentración de material de origen fecal el cual aporta nutrientes al ecosistema y por ende cambia sus características.

Según moradores de la zona, el suelo en esta zona es tratado frecuentemente con productos químicos para el mantenimiento del pasto, estos insumos con aportes fecales, generan una carga de nutrientes que afectan a la calidad ecológicas del humedal.



*Ilustración 5. . Punto P3 para la toma de muestras.*

*Fuente: Autor, 2024.*

- Punto 4 (P4)

Este punto de muestreo está localizado dentro del cuerpo de agua, específicamente en una zona medianamente accesible debido a las condiciones de estiaje presentes durante el periodo de muestreo. La notable reducción del nivel del espejo de agua que se asocia a factores hidrometeorológicos como falta de lluvia, facilitó el acceso y permitió la recolección de la muestra de sedimentos con la ayuda de un bote. La ubicación de este punto está cerca del punto P1, pero con características diferentes como la ausencia de vegetación como se muestra en la imagen

La selección de este punto se justifica por la representatividad para análisis de características fisicoquímicas y para posteriormente poder comparar muestras.



*Ilustración 6. Punto P4 para la toma de muestras.  
Fuente: Autor, 2024.*

- Punto 5 (P5)

Este punto está ubicado en la zona no ganadera de la laguna, aproximadamente en la mitad de su longitud. Se caracteriza por ser de fácil acceso gracias a las mejoras y restauración de la laguna por el GAD y la prefectura, que han implementado caminos adecuados para facilitar el ingreso vehicular. Estas obras de infraestructura optimizaron la logística del muestreo en esta área permitiendo una recolección eficiente.



*Ilustración 7. Punto P5 para tome de muestras.  
Fuente: Autor, 2024.*

#### **4.2.1.4. Equipos y materiales**

Para la toma de muestras de suelo y sedimentos de la laguna se utilizaron los siguientes implementos:

- Vehículo proporcionado por la Gobierno Provincial del Azuay.
- Bote de muestreo.
- Fundas de plástico transparentes herméticas.
- Pala.
- Barreta.
- Nevera de almacenamiento.
- Marcador permanente.
- Etiquetas de rotulación adhesivas.
- GPS.
- Alcohol isopropílico.
- Cuaderno de campo
- Cámara fotográfica.
- chaleco reflectivo.
- Gorra.
- Gafas de seguridad.

#### **4.2.1.5. Toma y conservación de muestras**

Para acceder a los puntos de muestreo se utilizó un vehículo proporcionado por la prefectura del Azuay para poder acercarse a áreas cercanas a los puntos seleccionados y en algunos fue necesario realizar desplazamiento a pie para poder tener total acceso a los mismos.

Para el punto de muestreo ubicado dentro del cuerpo de agua, a pesar de contar con un bote propio se optó por utilizar una embarcación disponible en la laguna con capacidad aproximada de 5 personas, de las cuales ingresaron tres personas para una toma de muestras eficiente y segura en las condiciones del humedal.



*Ilustración 8. Ingreso a la laguna San Martín en San Gerardo, Girón Ecuador.  
Fuente: Autor, 2024.*

Para la toma de muestras de suelo, inicialmente se preparó el sitio mediante la limpieza de la superficie, eliminando cualquier residuo vegetal, animal, piedras u otros materiales que pudieran alterar las propiedades del suelo a analizar.

Posteriormente, se realiza una excavación de 20 cm aproximadamente y extrayendo alrededor de 1 kg de suelo por cada muestra.

Para el almacenamiento de las muestras, se emplearon bolsas de plástico transparentes esterilizadas con dimensiones 16,5 cm x 8,2 cm, recolectando dos muestras por cada punto de muestreo. Durante el proceso de toma, cada muestra fue identificada inicialmente con un número asignado mediante un marcador permanente para garantizar el trazo de este. Posteriormente, se añadieron las etiquetas detalladas que incluyeron información clave como la fecha, hora, datos del lugar, coordenadas geográficas y nombre asignado de la muestra. Este proceso asegura una organización adecuada y facilitando su identificación para el posterior análisis.



Ilustración 9. Bolsas con muestras de suelo.  
Fuente: Autor, 2024.

Las muestras recolectadas fueron preservadas en una nevera portátil, manteniendo una temperatura adecuada y controlada para evitar alteraciones en las propiedades de estas. Finalmente se procedió al envío de las muestras al laboratorio MSV Lab Cía. Ltda., ubicado en la ciudad de Cuenca, en la Av. de las Américas y Av. Turuhuayco, para su análisis específica según la normativa antes mencionada.



Ilustración 10. Preservación de las muestras.  
Fuente: Autor, 2024.



Ilustración 10. Cadena de custodia  
Fuente: Autor, 2024

#### 4.2.1.6. Análisis de laboratorio.

Las muestras fueron enviadas a el laboratorio MSV Lab Cía. Ltda., en Cuenca. La tabla 5, muestra los resultados de los parámetros que se muestran en la del ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2-TABLA 1, publicada en la Edición Especial N.º 387 del 4 de noviembre de 2015.

#### 4.2.2. Manejo de totora.

La reutilización de la totora (*Juncus rigidus*) extraída de la laguna requiere enfoque estructurado que abarque los diferentes pasos que se deben seguir para su transformación. A continuación, la metodología de la totora.

##### 4.2.2.1. Identificación y zonificación.

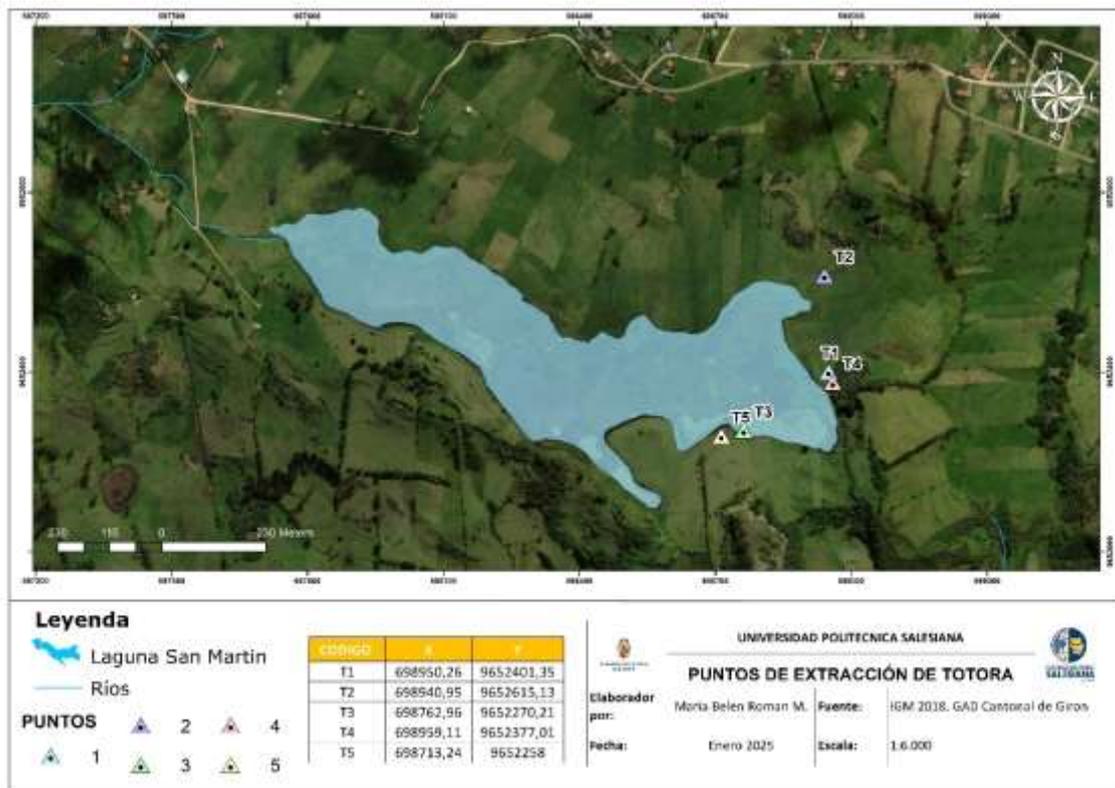
Se realizó un levantamiento de información georreferenciada mediante imágenes satelitales y ortofotos para identificar áreas de mayor densidad de totora para su posterior extracción. Se registraron coordenadas de cada punto de muestreo utilizando el formato UTM. De acuerdo con la información recopilada se identificó que la mayor densidad de la totora se encuentra en el lado Oeste de la laguna distribuidos en los puntos como muestra la siguiente tabla:

*Tabla 5. Puntos de extracción de Totora*

PUNTOS	CODIGO	COORDENADAS	
		X	Y
1	T1	698950.26	9652401.35
2	T2	698940.95	9652615.13
3	T3	698762.96	9652270.21
4	T4	698959.11	9652377.01
5	T5	698713.24	9652258.00

*Elaborado por: Autor. 2025.*

Con los puntos encontrados se realizó un mapa de la ubicación del área de extracción de la totora de la laguna de San Martín.



Mapa. 3. Puntos de extracción de la totora  
Elaborado por: Autor, 2025.

#### 4.2.2.2. Características de puntos de extracción de Totora.

- Punto 1 (T1)

Esta área se encuentra cerca de la entrada de agua de la laguna y se caracteriza por ser una zona inundada de poca profundidad, según moradores anteriormente esta zona era utilizada para pastoreo de ganado, sin embargo, con el pasar del tiempo y el aumento del agua en la laguna, la zona quedó completamente inundada integrándose así al cuerpo de la laguna. Actualmente presenta gran cantidad de lechuguines y como se observa en la figura 17, aún se pueden observar restos de postes de madera y alambres cercanos al punto de extracción, evidencia de actividades humanas en el área.



*Ilustración 11. Punto T1 para la extracción de Totorá  
Fuente: Autor, 2024*

- Punto 2 (T2)

Este punto, está ubicado en el extremo más distante de la entrada principal de la laguna, representa un punto de extracción de difícil acceso y, por ende, extracción. Esta próxima a la zona ganadera de la laguna y a aproximadamente cuatro metros de la orilla, esta zona esta influenciada por prácticas de pastoreo lo que ayuda a la acumulación de sedimentos y nutrientes favoreciendo a la eutrofización.



*Ilustración 12. Punto T2 para la extracción de Totorá.  
Fuente; Autor, 2024.*

- Punto 3 (T3)

Este punto es el más cercano a la orilla del cuerpo de agua y se caracteriza por ser un punto de fácil acceso lo que facilita las actividades de extracción. Se encuentra ubicado en la zona no ganadera de la laguna. Su ubicación favorece a la planificación logística de actividades de restauración.



*Ilustración 13. Punto T3 para la extracción de Totorá.  
Fuente: Autor, 2024.*

- Punto 4 (T4)

Este punto está ubicado cerca del T1 a la entrada de agua de la laguna, a diferencia del T1, este punto ofrece un acceso más sencillo debido a su mayor proximidad a la orilla del cuerpo de agua, su ubicación facilita las actividades de extracción.



*Ilustración 14. Punto T4 para la extracción de Totorá.  
Fuente: Autor, 2024*

- Punto 5 (T5)

Este punto se encuentra cerca del punto T3 y es el más próximo al límite de acceso vehicular, lo que facilita su llegada y manejo logístico. Está ubicado en la zona no ganadera de la laguna. Es el punto ideal para la extracción de la Totora, realización de monitoreos regulares y temas relacionados a la restauración y conservación de la laguna.



*Ilustración 15. Punto T5 para la extracción de Totora.  
Fuente: Autor, 2024.*

#### **4.2.2.3.Extracción de la Totora.**

La extracción de la totora fue realizada de manera colaborativa por los miembros de la comunidad de San Martín, con el apoyo del Gobierno Provincial del Azuay y el GAD Parroquial de San Gerardo. Esta actividad se llevó a cabo el 14 de diciembre del presente año en los puntos previamente identificados para la intervención.

El proceso de remoción controlada de la totora se realizó con el fin de mejorar la capacidad de las aguas para regular el ecosistema local. La totora, cuando crece en exceso, puede afectar negativamente la circulación del agua y reducir la cantidad de oxígeno disponible, lo cual deteriora el hábitat para muchas especies acuáticas. Al retirar de manera controlada esta vegetación, se permite que el ecosistema recupere su equilibrio natural, favoreciendo la regeneración de otras especies acuáticas y mejorando la calidad del agua para el consumo humano, la pesca y otras actividades que dependen de este recurso. Además, este tipo de intervención promueve la colaboración comunitaria,

involucrando a los habitantes de la zona en el proceso de restauración, lo que fomenta la conciencia ambiental y la participación en la protección de su entorno natural.



*Ilustración 16. Día de extracción de totora.  
Fuente: Autor, 2024*

#### **4.2.2.4. Uso de la totora en talleres y capacitaciones.**

Para el desarrollo de los talleres de artesanías se elaboró un flyer informativo a cargo del GAD Parroquial de San Gerardo, el cual detalló el lugar de impartición de los talleres junto con las fechas y el horario de estos. Se recomendó a lo comunidad llevar su propia tijera y regla para felicitar los talleres y la elaboración de artesanías.



*Ilustración 17. Flyer informativo de la impartición de talleres.  
Fuente: Autor, 2024.*

Posterior a la extraída la totora se procedió con los talleres para el uso de la totora. Las capacitaciones se encaminaron a la protección de la laguna, la restauración y el aprovechamiento de sus recursos, dichos talleres consideraron lo siguiente:

- Taller 1

Este taller fue impartido el mismo día de la extracción de la totora, se contrató una camioneta de la zona para el traslado de la totora a el parque central de San Martín. Se distribuyo a la comunidad de manera equitativa la materia prima para los talleres. Se realizó la primera artesanía con la totora aún fresca con el fin de motivar a las comunidades a ser parte de los talleres a tratar posteriormente. Acabado el proceso de construcción de dicha artesanía se realizó la socialización de la logística de los talleres y se llevó a cabo la inscripción de las personas a los mismos.



*Ilustración 18. Elaboración de primera.  
Fuente: Autor, 2024.*

- Taller 2

El segundo taller se trasladó la totora al GAD Parroquial en donde se colocó la misma todavía fresca, en grupos de aproximadamente 20 y se procedió a apilar de manera horizontal contra la pared para comenzar el proceso de secado y posteriormente ser ocupada para la elaboración de las artesanías. En este taller se impartió la primera capacitación con apoyo de trípticos de autoría propia.

En este taller se elaboraron artesanías mezclando totora fresca y totora seca. Se utilizaron baldes de plástico para dar forma.



*Ilustración 20. Totora seca.  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 19. Secado de la totora.  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 21. Capacitación.  
Fuente: Autor, 2025.*

- Taller 3

En el tercer taller, se trabajó en la reutilización de la totora para la elaboración de artesanías para el hogar, útiles y de decoración. Para estas actividades se utilizó la totora extraída de la laguna, así como totora teñida de colores como verde o morado con el objetivo de agregar un atractivo visual y realzar el diseño de artesanías.



*Ilustración 22. Elaboración de artesanías para hogar.  
Fuente: Autor, 2025.*

- Taller 4.

En el cuarto y último punto se trabajó en la elaboración de artesanías mixtas, incrementando aparte de la totora, madera y carrizo.

Por otro lado, en este taller se llevó a cabo una segunda capacitación enfocada en la reutilización de la totora, ampliando las posibilidades más allá de las artesanías que se realizaron. También se abordaron estrategias para la reutilización de sedimentos de la laguna, promoviendo prácticas sostenibles que integren el manejo de estos materiales en las actividades agrícolas y ganaderas diarias.



*Ilustración 24. . Impartición de segunda capacitación  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 23. Realización de artesanías mixtas.  
Fuente: Autor, 2025*

### CAPITULO III

#### 5. Resultados y discusión.

Los resultados y discusión están divididos en la reutilización de sedimentos y la reutilización de la totora para poder abordar cada tema de manera específica y técnica de acuerdo con los aspectos de cada material y su manejo en la Laguna San Martín. Esta estructura permitió organizar y presentar la información clara y comprensible.

##### 5.1.Muestras de suelo.

Los datos presentados a continuación pertenecen a los resultados obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo de la laguna de San Martín.

*Tabla 6. Tabla 5. Resultados de análisis de muestras de la laguna de San Martín.*

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE NORMATIVO (MAXIMO)	RESULTADO				
			P1	P2	P3	P4	P5
ARSENICO	mg/kg	12	0,204	0,152	0,195	0,222	0,208
AZUFRE	mg/kg	250	0,19	0,13	0,11	0,06	0,02
BARIO	mg/kg	200	102,766	109,283	107,739	148,504	145,795
BORO	mg/kg	1	0	0	0	0	0
CADMIO	mg/kg	0.5	0,105	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CALCIO	mg/kg	-----	80	0,8	2,4	1,6	11,2
CINURO TOTAL	mg/kg	0,9	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
COBALTO	mg/kg	10	3,982	2,989	3,978	7,969	7,957
COBRE	mg/kg	25	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	μS /cm	200	29,3	123,6	63,1	54,8	115,1
CROMO HEXAVALENTE	mg/kg	0,4	0,086	0,099	0,262	0,251	0,078
ESTAÑO	mg/kg	5,000	3,460	3,974	4,549	4,335	4,693
FLORUROS	mg/kg	200	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05

HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETROLEO	mg/kg	150	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
INDICE SAR	-----	4	0,780	6,197	8,635	10,552	4,186
MAGNESIO	mg/kg	----	3,402	3,402	2,430	3,888	2,916
MERCURIO	mg/kg	0,1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
MOLIBDENO	mg/kg	5	3,343	3,503	2,830	3,135	3,230
NIQUEL	mg/kg	19	0,996	0,000	3,977	0,996	0,000
PLOMO	mg/kg	19	0,192	0,218	<0,01	0,028	0,03
SELENIO	mg/kg	1	0	0	0	0	0
SODIO	mg/kg	----	11,310	8,982	13,419	17,466	11,121
VANADIO	mg/kg	76	20,108	20,078	20,782	13,536	13,378
ZINC	mg/kg	60	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

*Realizado por: Autor, 2025.*

En base a la tabla se realizó un análisis técnico de los resultados de los parámetros evaluados.

- **Muestra P1.**

Los resultados de la muestra P1 indican que los niveles de arsénico (0.204 mg/kg), bario (102.766 mg/kg) y cadmio (0.105 mg/kg) están muy por debajo de los límites normativos establecidos ya que la norma indica 12 mg/kg para arsénico, 200 mg/kg para bario y 0.5 mg/kg para cadmio. En cuanto a la conductividad eléctrica (29.3  $\mu$ S/cm), está muy por debajo del límite lo que indica que es un suelo bajo en concentración de sales solubles en el suelo. La ausencia de boro y las bajas concentraciones de azufre (0.19 mg/kg) sugieren una limitada presencia de nutrientes en este suelo. Esto podría estar relacionado con la constante presión ejercida por parte del ganado y la falta de vegetación nativa que puede contribuir al ciclo de nutrientes, como lo indica Gaitán et al. (2009) en su estudio "Efectos del pastoreo sobre el suelo y la vegetación" donde resalta que diferentes niveles de pastoreo afectan a la calidad del suelo y su vegetación. Los resultados indicaban que el pastoreo intensivo disminuye la cobertura vegetal y deteriora propiedades físicas y también químicas. El suelo de la muestra P1 es seguro en términos de contaminación,

pero presenta condiciones que limitan su fertilidad como indica Tituaña Yamberla (2020) que analizó los suelos alrededor de la laguna de Colta y encontró que eran suelos pobres en nutrientes debido a ausencia de vegetación nativa y a los efectos del pastoreo demostrando así que estas condiciones hacen que la fertilidad de un suelo sea baja.

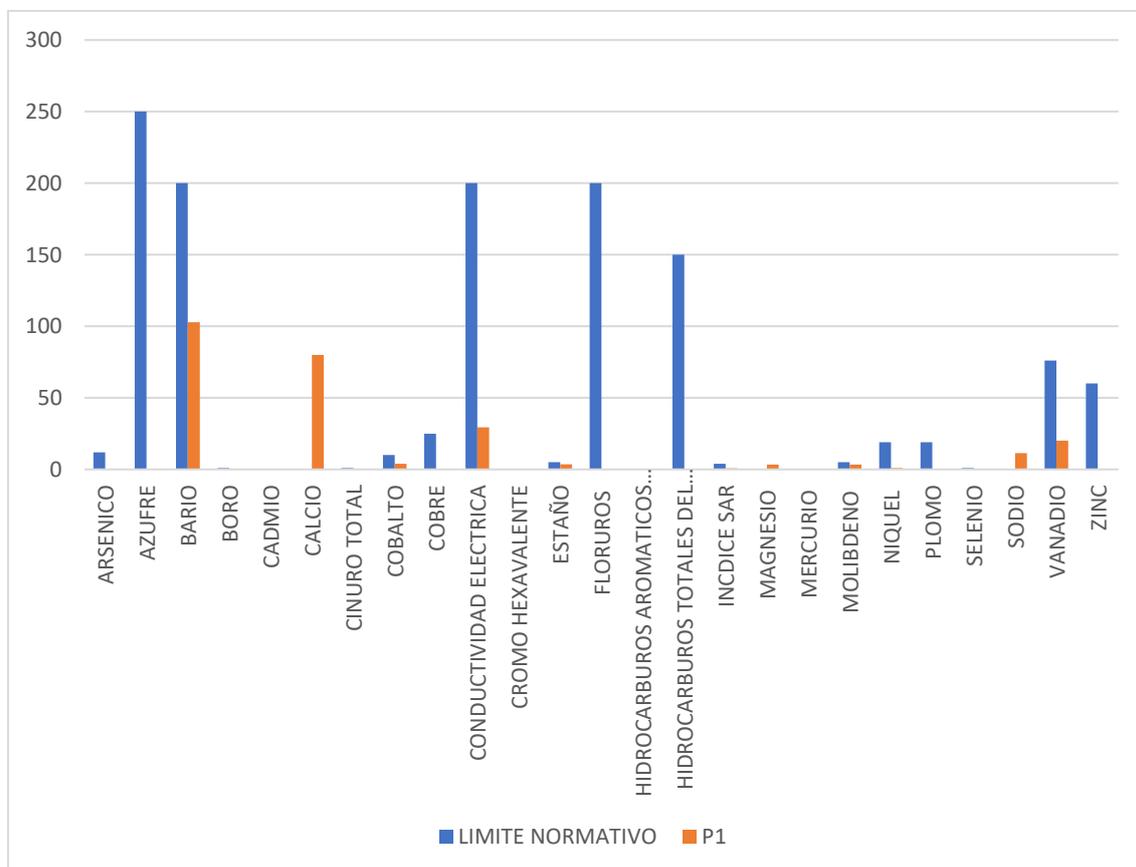


Gráfico 1. Resultados de la muestra P1.  
Fuente: Autor, 2025.

- **Muestra P2.**

Esta muestra es similar a la P1 en algunos aspectos ya que los niveles de arsénico (0.152 mg/kg), bario (109.283 mg/kg) y cadmio (<0.001) están dentro de los parámetros normativos y son bajos. A diferencia de la muestra P1, esta muestra presenta un valor de índice SAR (6.197) que excede al límite normativo indicando una moderada sodicidad, esto puede causar alteraciones en la estructura del suelo como por ejemplo la disminución de permeabilidad lo que afecta a la capacidad de las raíces la absorción de agua y nutrientes. La concentración de azufre es aún menor (0.13 mg/kg) la de CE (123.6 µS/cm) por debajo del límite y no se detectó boro en este suelo. Estos resultados refuerzan la idea

de que los suelos en esta área no presentan riesgos de contaminación química, pero tienen bajos niveles de elementos esenciales, lo que afecta su capacidad para sostener una cobertura vegetal saludable, como señala Gómez et al., (2019) en su estudio de suelos en humedales altoandinos donde los niveles de arsénico bario y otros metales pesados estaban por debajo de los límites normativos lo que indicaba baja contaminación pero presentaba problemas de fertilidad y esto era consecuencia a la limitada concentración de nutrientes como azufre o fósforo. Esta combinación limitaba la regeneración natural y la capacidad de las plantas para absorción de agua. Por otro lado, Salazar & Álvarez, (2021) en su estudio de evaluación de suelos degradados obtuvieron que había niveles aceptables de metales pesados, concentraciones moderadas de sodicidad, pero baja concentración de nutrientes como azufre, lo que dificultaba la infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes a las raíces de las plantas.

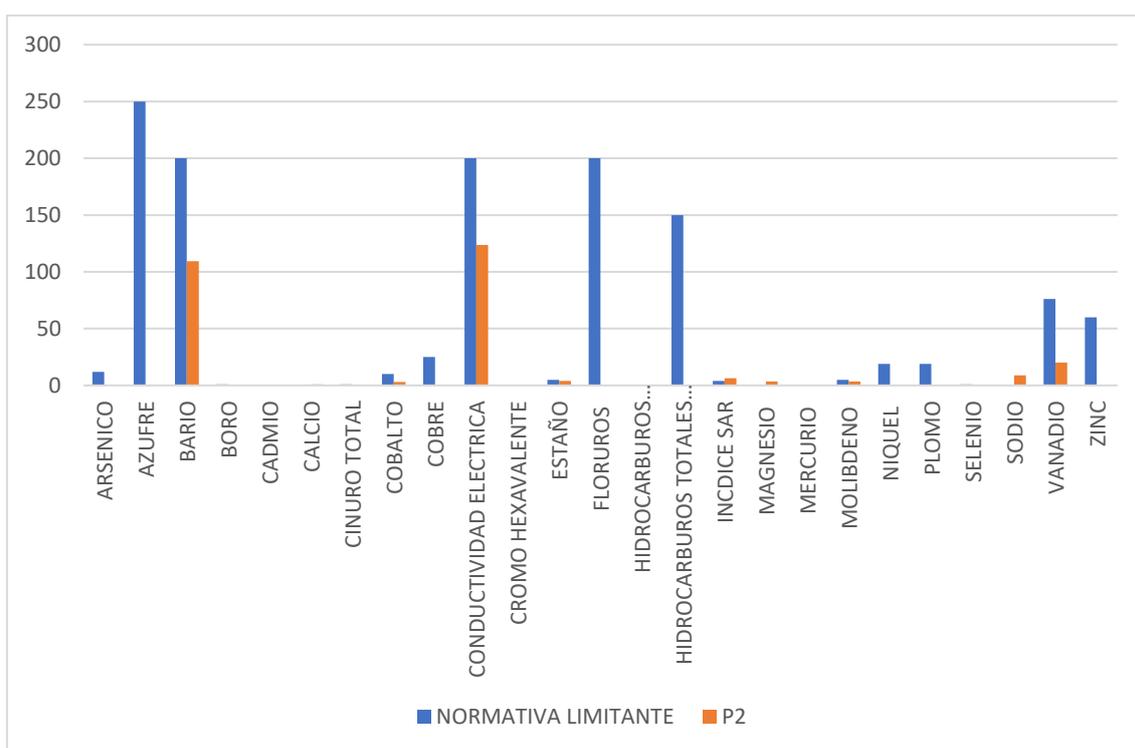


Gráfico 2. Resultados de la muestra P2.  
Fuente: Autor, 2025.

- **Muestra P3.**

Los resultados de P3 muestran tendencias similares a las de P1 y P2, con valores bajos de arsénico (0.195 mg/kg), azufre (0.11 mg/kg), bario (107.739 mg/kg) y CE (63.1  $\mu$ S/cm), todos dentro de los límites normativos. El valor del índice SAR (8.636) excede el límite normativo lo que indica un alto contenido de sodio, esto combinado con los otros

parámetros limita el uso de suelo para agricultura. No se detectó boro lo que confirma la carencia de estos elementos en los suelos de esta zona de estudio. Este suelo no presenta indicios de contaminación química, pero la baja presencia de nutrientes puede estar asociada con las prácticas agrícolas intensivas y la reducción de vegetación nativa en la zona lo que produce una degradación progresiva del suelo. Tal como lo señalan (Gómez, Briones y Manrique, 2019) en su estudio en ecosistemas lacustres donde demostraron que la pérdida de cobertura se debía al sobrepastoreo lo que resulto en una disminución de nutrientes en el suelo, estos carecían de nutrientes como boro o azufre y los índices de sodicidad eran elevados. Mitsch y Gosselink (2015) en su obra de biogeoquímica de humedales destacan que la pérdida de vegetación nativa está estrechamente ligada a la disminución de materia orgánica en los suelos lo que afecta a la capacidad de retención de nutrientes, además el uso del suelo sin medidas de conservación aporta a la compactación y reducción de permeabilidad y más aún si en este suelo existe un índice SAR elevado.

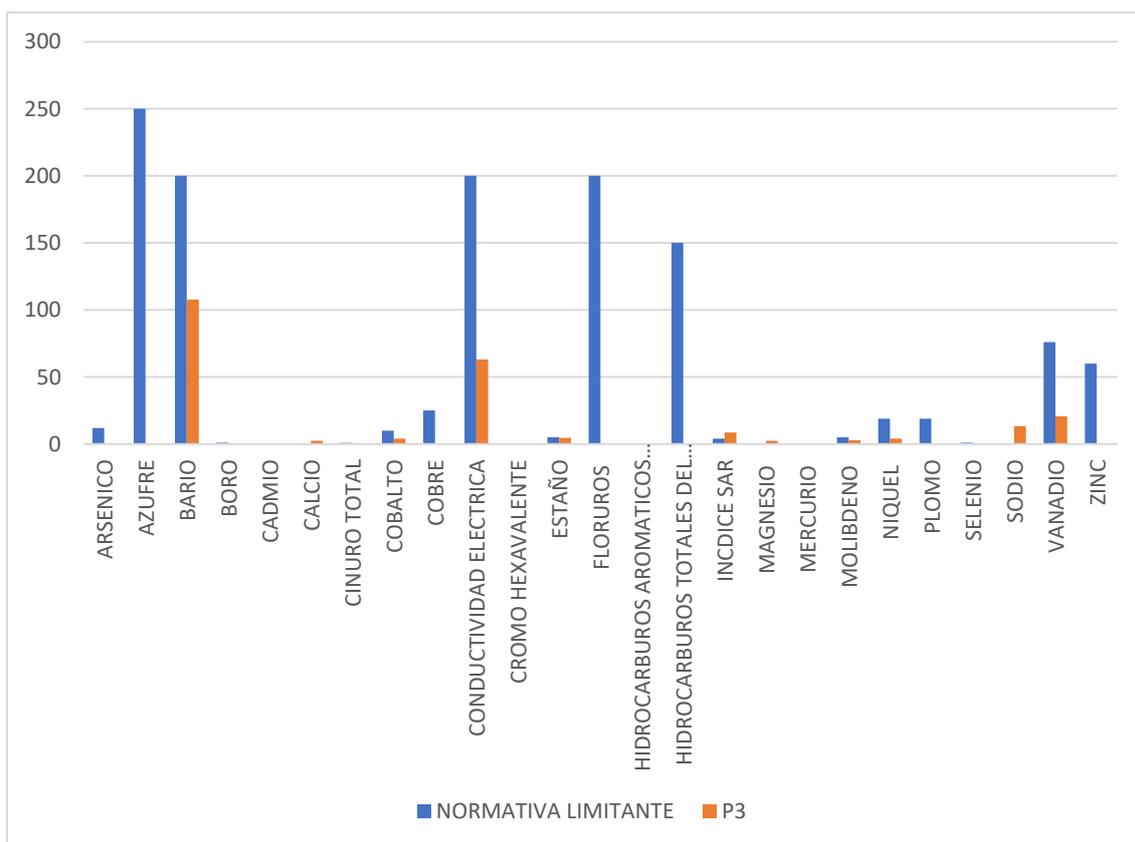


Gráfico 3. Resultados de la muestra P3.  
Fuente: Autor, 2025.

- **Muestra P4.**

La muestra P4 corresponde a la muestra de sedimentos, dicha muestra presenta niveles de arsénico (0.222 mg/kg), azufre (0.06 mg/kg), bario (148.504 mg/kg) y CE (54.8  $\mu$ S/cm), dentro de los límites permisibles según la normativa. El índice SAR (10.552) es mucho más alto en comparación de las otras muestras, esta alta concentración podría afectar a la calidad de agua y plantas que crecen en contacto con los sedimentos. La ausencia de boro y las bajas concentraciones de azufre (0.06 mg/kg), reflejan que los sedimentos no están contaminados, pero presentan una limitada disponibilidad de nutrientes esenciales. Este resultado puede estar relacionado con el proceso de eutrofización documentado en la laguna, donde la acumulación de materia orgánica no se traduce en una alta fertilidad debido a las condiciones anaeróbicas presentes. Reddy y DeLaune (2008), en su investigación sobre la biogeoquímica de humedales explican que los sedimentos en cuerpos de agua específicamente eutrofizados suelen tener una alta acumulación de materia orgánica (M.O.) pero en condiciones anaeróbicas esta materia no se descompone completamente limitando la liberación de nutrientes como el boro o azufre, también destacan que un índice de sodio elevado puede influir de manera negativa en la calidad del agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Keddy (2010), en su análisis de ecología en humedales explica que los procesos de eutrofización generan acumulación de sedimentos con baja calidad de nutrientes debido a la ausencia de oxígeno y esta condición favorece al aumento del índice SAR.

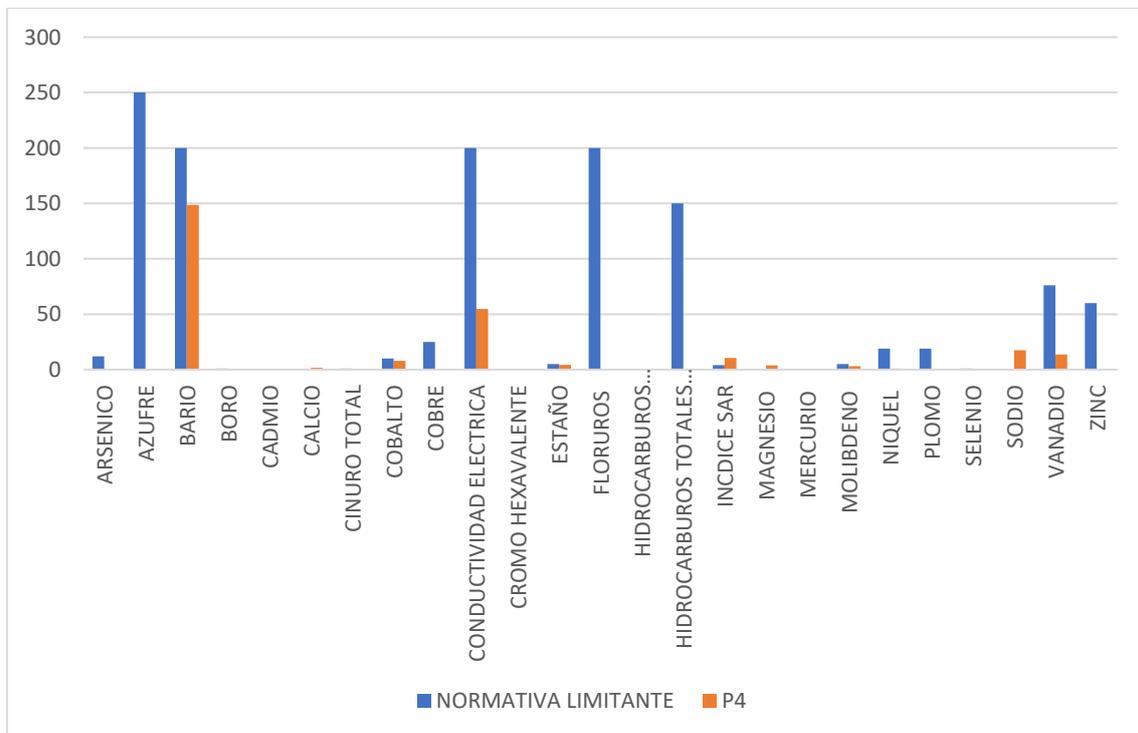


Gráfico 4. . Resultados de la muestra P4.  
Fuente: Autor, 2025.

- **Muestra P5.**

La muestra P5 revela niveles seguros de arsénico (0.208 mg/kg), azufre (0.02 mg/kg), bario (145.795 mg/kg) y CE (115.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sin superar los límites normativos. El índice SAR (4.186) supera el límite normativo, pero en menor cantidad en comparación a las otras muestras por lo tanto no es tan crítico, pero es una señal de que el suelo necesita monitoreo y manejo para prevenir problemas futuros. La ausencia de boro indica que este suelo también carece de nutrientes esenciales. Este patrón es consistente con los otros suelos analizados, mostrando que el impacto de las actividades humanas ha reducido significativamente la fertilidad del suelo sin generar contaminación química significativa. Sellami y Terribile (2023), hablan en su análisis bibliométrico sobre el impacto de las prácticas agrícolas en la salud del suelo, donde destacan que en los suelos sin contaminación química la fertilidad puede verse afectada por el manejo intensivo del suelo, además el índice SAR es un indicador de problemas en la estructura de este. Rubio (2020), analiza en su investigación de propiedades del suelo como la pérdida de fertilidad en suelos no contaminados pueden estar relacionado con los índices de sodio elevado y la ausencia de nutrientes necesarios.

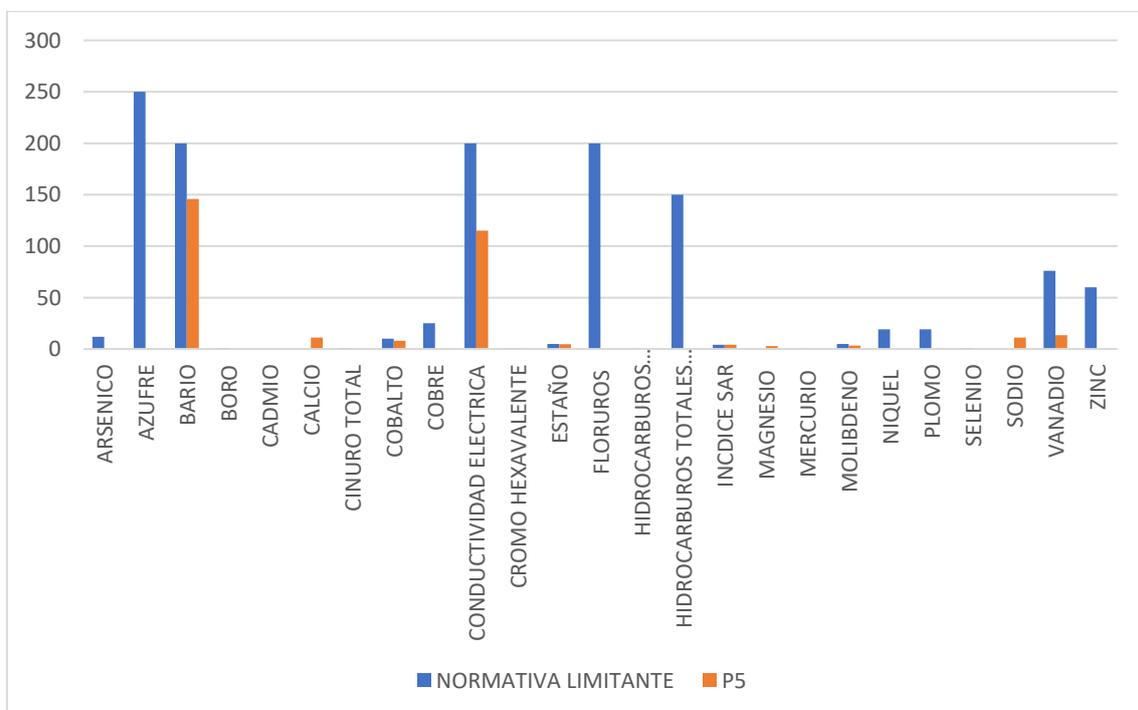


Gráfico 5. Resultados de la muestra P5.

Fuente: Autor, 2025.

Dentro del análisis de suelos con todos los parámetros presentados, existen algunos parámetros que destacan por su relevancia ambiental, agrícola y su capacidad de restauración de suelos. El arsénico (As) es importante ya que es un componente tóxico y puede ser absorbido por las plantas afectando a su salud, también determina si los suelos son seguros para usos agrícolas o restauración. El cadmio (Cd), es un metal que al acumularse en los tejidos de las plantas puede causar graves efectos en la salud y por otro lado es clave de contaminación por fuentes antropogénicas. El bario (Ba), puede afectar a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El boro (B) es un micronutriente esencial para las paredes celulares de las plantas y su reproducción. El azufre (S) es un micronutriente importante para la síntesis de proteínas en las plantas y necesario para la productividad agrícola. La conductividad eléctrica determina si el suelo es apto para cultivos sensibles a sales y ayuda a identificar si los mismos requieren tratamiento. Por último, el índice de sodicidad ajustado (SAR), que es crucial para evaluar la calidad del suelo y viabilidad para actividades agrícolas ya que un SAR elevado afecta a la estructura del suelo causando compactación y reducción de infiltración de agua.

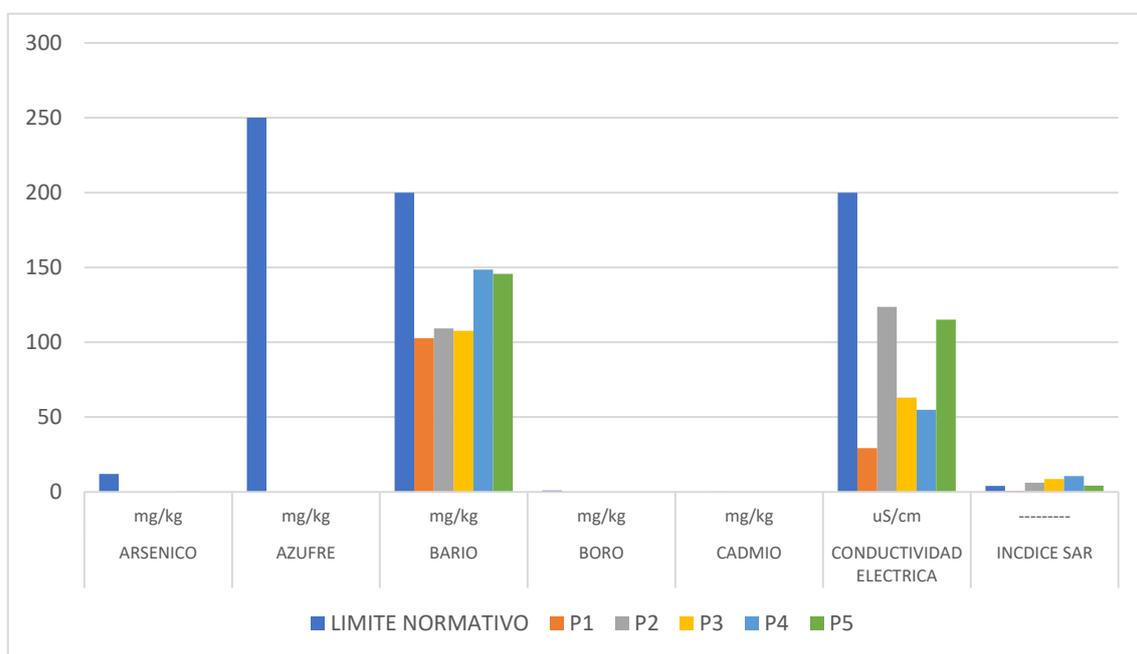


Gráfico 6. Comparación de parámetros principales.  
Elaborado por: Autor, 2025.

### 5.1.1. Reutilización de los sedimentos

La muestra P4, correspondiente a los sedimentos de la laguna San Martín, presenta un índice SAR de 10,552, superando en 6,552 el límite normativo establecido. Este valor refleja un problema de sodicidad en el sedimento, que puede afectar el establecimiento de vegetación en la zona. Según el Gobierno Provincial del Azuay, las plantas nativas de la parroquia de San Gerardo son: aliso, romerillo, guailo, arallan, cedro, sauce y pumpumaqui. Se evaluó mediante revisión científica en FAO Ecocrop, Global Plants, la tolerancia de estas especies a las condiciones de la muestra P4, con especial atención a su resistencia al índice SAR.

Aliso (*Alnus acuminata*): Tolera suelos húmedos y degradados, pero su tolerancia a la salinidad y sodio es moderada.

Pumpumaqui (*Oreopanax spp.*): Adaptada a condiciones de montaña, no tolera salinidad ni suelos con alto contenido de sodio.

Guailo (*Myrcianthes spp.*): Muestra tolerancia a suelos diversos, incluyendo ligeramente salinos, pero no a niveles excesivos de sodio.

Romerillo (*Podocarpus spp.*): Prefiere suelos ácidos y bien drenados; es sensible a suelos alcalinos y con altos niveles de sodio.

Arayán (*Luma apiculata*): Adaptada a suelos ácidos, no tiene tolerancia al sodio.

Cedro (*Cedrela montana*): Requiere suelos fértiles y bien drenados, con baja tolerancia al sodio.

Sauce (*Salix humboldtiana*): Es altamente tolerante a suelos salinos, lo que lo hace ideal para áreas con problemas de drenaje y altos índices SAR.

Con base en esta evaluación, se concluye que el sauce (*Salix humboldtiana*) es la especie más adecuada para las condiciones presentadas en la muestra P4 debido a su capacidad para tolerar suelos con alta salinidad y drenaje limitado.

### Propuesta para la Reutilización de la Muestra P4 en la Siembra de Sauce

Los sedimentos de la muestra P4 pueden ser utilizados para establecer plantaciones de sauce mediante una mejora previa de sus propiedades físicas y químicas a través de una mezcla con enmiendas. Se propone la siguiente estrategia:

Los sedimentos de la muestra P4, pueden ser reutilizados en la siembra de Sauce, una especie nativa de San Gerardo y la idónea debido a su alta tolerancia a suelos salinos y sódicos. Para optimizar las condiciones del sedimento se propone mezclarlo con materia orgánica como estiércol o compost para enriquecer con nutrientes y así mejorar su

estructura, a esto se le puede añadir sulfato de calcio o yeso agrícola conocido comúnmente para reducir la sodicidad.

El sauce ayudará a el control de la erosión, estabilización del suelo y recuperación del área. Di Bella et al. (2014), demostró que el sauce es efectivo para proyectos de rehabilitación de suelos debido a su capacidad para tolerar las condiciones de alta salinidad, además Pulford y Watson (2003) resaltan que las raíces profundas del sauce mejoran la estructura del suelo y estabilizan áreas degradadas

## **5.2.Reutilización de la totora.**

- **Extracción de la totora.**

La definición de puntos específicos de remoción de totora y la realización del mapa de extracción permitió identificar y priorizar áreas clave dentro de la Laguna asegurando el manejo eficiente del recurso.

Con el análisis georreferenciado mediante ortofotos e imágenes satelitales se revelaron las áreas con mayor densidad de totora que se encuentra predominando en el lado oeste de la laguna. Estas zonas se clasificaron como prioritarias para la extracción ya que presentan acumulación que afecta al espejo de agua negativamente.

La definición de cinco puntos específicos facilito la panificación logística de actividades considerando factores como accesibilidad, impacto ambiental e intervención humana, permitiendo una distribución equilibrada de esfuerzo y también minimización de riegos. La extracción de la totora generó resultados positivos en la recuperación parcial del espejo de agua, ya que la remoción en áreas que eran de alta densidad permitió liberar sectores significativos del espejo de agua que anteriormente estaban cubiertos por la planta de totora. Por otro lado, al eliminar la acumulación excesiva de biomasa, la extracción ayudo a disminuir la carga de nutrientes orgánicos en el agua y mejorando las condiciones generales del ecosistema.

- **Reutilización de la totora en talleres.**

La reutilización de la totora extraída de la Laguna San Martín en talleres comunitarios tuvo resultados significativos social y económicamente hablando. Las actividades promovieron el aprovechamiento sostenible de este recurso y también fomentaron la creatividad y trabajo colaborativo. Los logros de cada taller fueron:

**Taller 1:** en este primer taller se trabajó con la totora fresca para elaborar esteras, este primer producto permitió a los asistentes a familiarizarse con el manejo de la totora.



*Ilustración 25. Elaboración de esteras.  
Fuente: Autor, 2024.*

**Taller 2:** la totora fue trasladada al GAD Parroquial donde se almaceno para su adecuado secado. En este taller se trabajó con totora seca y fresca para la fabricación de cestas destacando la versatilidad del material.



*Ilustración 26. Elaboración de cestas.  
Fuente: Autor, 2024.*

**Taller 3:** En este taller se fabricaron sopladores y forrados de botellas utilizando la totora seca y también totora teñida para agregar un toque estético. Este enfoque también permite resaltar un valor cultura y también un valor creativo dependiendo de cada individuo.



*Ilustración 27. Sopladores. Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 28. Botella forrada con totora. Fuente: Autor, 2025*

**Taller 4:** Se crearon artesanías mixtas cambiando totora y madera para la elaboración de cruces y ocupando totora y carrizo para la elaboración de ángeles.



*Ilustración 30. Cruz de totora y madera. Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 29. Ángeles de totora y carrizo. Fuente: Autor, 2025.*

Estos talleres tuvieron impactos sociales, económicos, culturales y ambientales.

**Sociales:** Se fortaleció la participación comunitaria creando un espacio de aprendizaje y colaboración entre los participantes.

**Económicos:** La elaboración de artesanías a base de totora generó nuevas oportunidades de ingreso económico, diversificando las fuentes de sustento más allá de la ganadería y la agricultura. Este impulso ha favorecido el desarrollo de emprendimientos comunitarios, permitiendo la comercialización de los productos en distintos espacios. Entre ellos, destacan la Agro Feria Productiva realizada el 25 de enero en San Gerardo y la exposición

de artesanías en totora en la Casa de la Provincia en Cuenca. En estos eventos, las artesanías fueron ofertadas en un rango de precios que oscila entre los 2 y 15 dólares, contribuyendo así al fortalecimiento de la economía local.

**Culturales:** Estos talleres promovieron la transmisión de saberes tradicionales entre generaciones, permitiendo que jóvenes y adultos se reconecten con técnicas artesanales heredadas de sus ancestros. Además, contribuyó al fortalecimiento de la identidad cultural de San Gerardo, rescatando el valor de la totora no solo como recurso natural, sino como un símbolo del patrimonio local. La producción de artesanías también fomentó la participación comunitaria, generando un sentido de pertenencia y orgullo por el uso sostenible de los recursos de la laguna.

**Ambiental:** Al utilizar la totora para los talleres se contribuyó a la restauración del humedal ya que al retirarla de manera planificada y con criterios ecológicos, se permitió mantener el equilibrio del humedal y favorecer la regeneración de hábitats para diversas especies.

### **5.3. Capacitaciones y participación comunitaria.**

Dentro de los talleres impartidos con la ayuda del Gobierno Provincial del Azuay y el GAD parroquial de San Martín y se realizaron dos capacitaciones descritas a continuación:

**Taller 2:** Durante el taller, se realizó la primera capacitación enfocada en la sensibilización sobre la importancia de la laguna, también los desafíos y problemáticas que atraviesa la laguna. Se acompañó a la capacitación, un tríptico para mayor aprendizaje (ver anexo). Los resultados más destacados fueron:

- Identificación de problemáticas ambientales: la comunidad reconoció amenazas clave para la laguna, como la sedimentación, contaminación por residuos agrícolas, efectos del cambio climático y la introducción de especies exóticas como la trucha.
- Propuesta de soluciones prácticas: se dictaron medidas para la conservación del agua como la recolección de agua lluvia y el uso del suelo. Se promovió la agricultura sostenible con el uso de biofertilizantes, compost e implementación de franjas de antigüamiento para reducir contaminación por agroquímicos.
- Turismo sostenible: se dio a conocer el potencial que tiene la laguna como destino turístico promoviendo actividades como senderismo, avistamiento de aves, formación de guías locales, vinculando la conservación ambiental.

- Sensibilización sobre el cambio climático: se generó conciencia sobre el impacto de fenómenos como sequías e incendios, fortaleciendo la implementación de medidas de adaptación como son el uso de cisternas.



*Ilustración 31. Tríptico de primera capacitación.  
Fuente: Autor, 2025.*

**Taller 4:** El cuarto taller incluyó una capacitación avanzada que se centró en la reutilización de la totora más allá de artesanías y estrategias para aprovechar sedimentos de la laguna. Se fortalecieron las capacitaciones con la distribución de trípticos informativos sobre la importancia de la laguna y la reutilización del material orgánico de esta. Los resultados fueron:

- Incremento de conocimientos: La comunidad comprendió como la totora y sedimentos pueden ser reutilizados para beneficio del ecosistema y poder generar un valor económico. Se difundieron información práctica sobre el uso de la totora para elaboración de artesanías, construcción de techos y producción de alimento para ganado.
- Reutilización sostenible: Se promovió el compostaje utilizando sedimentos con residuos orgánicos, se reforzó la idea del manejo adecuado de materiales para mejora de calidad del agua y beneficio a la agricultura local.



*Ilustración 32. Tríptico segunda capacitación.  
Fuente: Autor, 2025*

Los impactos positivos que se obtuvieron del manejo de la totora fueron ecológicos ya que la extracción controlada de la totora contribuyó a la restauración de una parte del espejo de agua, la remoción de esta ayudó a mitigar efectos de eutrofización al reducir la acumulación de materia orgánica en los puntos de extracción, y socioeconómicos ya que los talleres impartidos motivaron a la comunidad a adquirir nuevas habilidades para la elaboración de artesanías generando una nueva fuente de ingresos y brindando oportunidades para la comercialización.

El manejo de la totora en la laguna de San Martín pone en evidencia como este recurso natural puede ser aprovechado como material sostenible para necesidades económicas y sociales como sugiere Aza Medina, L. C. (2016) en su trabajo de investigación sobre el manejo de la totora en el lago Titicaca que resalta como la totora posee características físico mecánicas y termoaislantes que la convierte en un material versátil con la capacidad de ser transformada en productos útiles como la construcción o elaboración de artesanías y también su potencial para lograr involucrar a la comunidades en proyectos de desarrollo sostenible.

A pesar de los logros alcanzados se identificaron varios desafíos como la zona del punto T2 que presentó dificultades logísticas debido la mayor dificultad de acceso, de la misma manera la participación comunitaria fue un reto ya que la comunidad es mayormente agricultora y ganadera, también se evidenció la necesidad de un capacitador externo para la elaboración de las artesanías lo que subraya la importancia del desarrollo de capacidades locales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estas actividades.

Por otro lado, las capacitaciones impartidas en los talleres abrieron una nueva perspectiva ambiental en la comunidad. Las actividades realizadas también evidenciaron el potencial del humedal para beneficios de la comunidad a través de la educación ambiental.

## CAPITULO IV

### 6. Conclusiones y recomendaciones.

#### 6.1. Conclusiones

Las conclusiones se basaron en los objetivos anteriormente planteados:

#### **Determinación de las propiedades químicas de los sedimentos extraídos de la Laguna San Martín en cinco puntos de muestreo.**

- Los análisis químicos realizados en los cinco puntos de la Laguna San Martín confirmaron que los sedimentos no presentan contaminación química. Sin embargo, se detectaron bajas concentraciones de nutrientes esenciales como azufre (entre los 0.02 y 0.19 mg/kg) y boro (inexistente), lo que podría limitar su potencial agrícola sin un tratamiento adecuado.
- Se evidenció la presencia de niveles elevados de sodio en los puntos P2, P3 y P4 de la laguna, lo que podría afectar la estructura del suelo y su capacidad para retener agua y nutrientes, dificultando su aprovechamiento agrícola sin estrategias de remediación.
- La Laguna San Martín cumple un rol fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos, incluyendo la regulación hídrica, el soporte de biodiversidad y la mitigación de inundaciones. No obstante, enfrenta problemas significativos como la sedimentación, la eutrofización y los efectos negativos de las actividades agropecuarias.

#### **Establecimiento de un sistema de gestión sostenible para el aprovechamiento de los sedimentos.**

- Los sedimentos extraídos de la laguna poseen un potencial de aprovechamiento como enmiendas agrícolas, siempre que sean sometidos a un proceso de tratamiento adecuado que permita mejorar sus propiedades fisicoquímicas.
- Se identificó que las prácticas agrícolas intensivas y la ganadería en la zona de influencia de la laguna son factores que contribuyen significativamente a la sedimentación y eutrofización del cuerpo de agua, lo que afecta la calidad del agua y la biodiversidad. Por ello, se recomienda la implementación de estrategias de manejo sostenible del suelo y del recurso hídrico para mitigar estos impactos.
- Los sedimentos extraídos de la laguna San Martín, específicamente los de la muestra P4, presentan un potencial de reutilización en la restauración ecológica a

través del establecimiento de plantaciones de sauce (*Salix humboldtiana*), una especie nativa de San Gerardo con alta tolerancia a la salinidad y sodicidad del suelo. La combinación de estos sedimentos con enmiendas orgánicas y sulfato de calcio permitiría mejorar sus propiedades físicas y químicas, facilitando el crecimiento del sauce. Esta estrategia contribuiría al control de la erosión, la estabilización del suelo y la recuperación del área, alineándose con enfoques de rehabilitación de ecosistemas degradados respaldados por estudios previos.

#### **Propuesta de un modelo para el uso de la totora extraída de la laguna en la elaboración de artesanías.**

- La totora extraída de la Laguna San Martín posee un alto potencial para su aprovechamiento sostenible y puede convertirse en un recurso clave para la generación de valor agregado a través de su transformación en artesanías.
- La implementación de un modelo de aprovechamiento de la totora no solo contribuye a la recuperación del ecosistema, sino que también fomenta el desarrollo de actividades económicas alternativas para la comunidad, fortaleciendo el patrimonio cultural y promoviendo la economía circular.
- La reutilización de la totora permitió revitalizar prácticas culturales tradicionales y, al mismo tiempo, generar oportunidades económicas para los pobladores a través de la comercialización de productos artesanales.

#### **Ejecución de talleres de capacitación sobre el manejo sostenible de la totora y su aplicación en la comunidad.**

- Los talleres y capacitaciones impartidos fueron fundamentales para aumentar la conciencia ambiental de la comunidad, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles en el manejo de la totora. Sin embargo, se destacó la necesidad de implementar un enfoque educativo continuo a largo plazo, ya que la comunidad requiere capacitación técnica adicional para optimizar el aprovechamiento de este recurso natural.
- La reutilización de la totora en talleres comunitarios dio paso a nuevas prácticas culturales tradicionales, y abrió camino para una fuente económica para los pobladores a través de la venta de artesanías.
- La combinación de la formación en el manejo sostenible de la totora y la creación de productos artesanales demostró ser una estrategia efectiva para promover la sostenibilidad ecológica e impulsar el desarrollo económico local. La venta de las

artesanías realizadas ha generado una fuente de ingresos adicionales, contribuyendo al bienestar económico de la comunidad.

## **6.2.Recomendaciones.**

- Implementar un programa de enmiendas para los suelos y sedimentos, utilizando compost, estiércol y yeso agrícola para mejorar su fertilidad y estructura.
- Promover cultivos resistentes al sodio, como el sauce (*Salix humboldtiana*), en áreas con suelos afectados por altos índices de sodicidad.
- Ampliar las capacitaciones sobre el uso sostenible de la totora y los sedimentos, incluyendo su aplicación en bioconstrucción, fitorremediación y artesanías avanzadas.
- Generar alianzas con instituciones educativas y ambientales para formar a capacitadores locales, asegurando la sostenibilidad de los proyectos.
- Desarrollar mercados locales y regionales para productos derivados de la totora y promoverlos como una fuente de ingresos complementaria para la comunidad.
- Fomentar el turismo sostenible basado en la riqueza natural y cultural de la laguna, integrando actividades como avistamiento de aves y talleres de artesanías.

## **6.3.Bibliografía.**

- Schindler, D. W. (1998). Repayment of the ecological debt: Natural capital and ecosystem services in a human-dominated world. In G. C. Daily (Ed.), *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems* (pp. 219-231). Island Press.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.
- Daily, G. C. (Ed.). (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.
- Bernal, F. A., & Casallas, J. J. (2014). Hoja metodológica del indicador Índice de Retención y Regulación Hídrica (Versión 1,00). Estudio Nacional del Agua. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 7 p.
- Meybeck, M., & Helmer, R. (1996). The quality of rivers: From pristine stage to global pollution. *Water Science and Technology*, 33(10), 1-10.

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2010). Censo de Población y Vivienda 2010: Resultados por parroquia. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Castillo Haege, C. A. (2011). Estudio de los ecosistemas lacustres y su importancia en la gestión del agua en la cuenca del río Llobregat (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de [https://oa.upm.es/5991/1/CLAUDIA\\_ANDREA\\_CASTILLOHAEGER.pdf](https://oa.upm.es/5991/1/CLAUDIA_ANDREA_CASTILLOHAEGER.pdf)
- Hutchinson, G. E. (1957). *A Treatise on Limnology: Geography, Physics, and Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- Carpenter, S. R. (2003). *Regime shifts in lake ecosystems: Patterns and predictability*. Ecology Institute.
- Sánchez, L. (2006). *Los ecosistemas acuáticos de la región andina: clasificación y dinámica*. Editorial Universitaria.
- Organización de la Cuenca del Río Lerma. (2011). Los lagos y su importancia en el ecosistema. Recuperado de [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc\\_pdf\\_8510.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_8510.pdf)
- Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004). *Biodiversity: An Introduction*. Blackwell Publishing.
- Wilson, E. O. (1988). *Biodiversity*. National Academy Press.
- Sala, O. E., et al. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774.
- Mejía, R. (2008). Evaluación del proceso y la eficiencia de remoción de la materia orgánica en las lagunas de estabilización del municipio de la Ceja, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 11(2). Recuperado de <https://www.proquest.com/scholarly-journals/evaluación-del-proceso-y-la-eficiencia-de/docview/1678819541/se-2>
- Otana, M. I., & Pérez Ballari, A. (2020). Problemas y conflictos ambientales. Aportes para su mitigación desde la planificación y gestión ambiental en el Partido de La Plata (2000-2020). *Revista del Departamento de Geografía. FFyH – UNC – Argentina*, 8(15), 441-458. Recuperado de <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/index>

- Marc. (2022). El impacto de la sedimentación en los cuerpos de agua y su manejo sostenible. Recuperado de [https://www.marc.org/sites/default/files/2022-06/sediment\\_espanol.pdf](https://www.marc.org/sites/default/files/2022-06/sediment_espanol.pdf)
- Lahnsteiner, J. (Ed.). (2024). Handbook of water and used water purification. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-78000-9>
- Lukhele, T., & Msagati, T. A. M. (2024). Eutrofización de las aguas superficiales continentales en Sudáfrica: una descripción general. *Int J Environ Res*, 18(27). <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2582/10.1007/s41742-024-00568-8>
- Miller, G. T., & Spoolman, S. E. (2020). *Living in the Environment*. Cengage Learning.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Prentice Hall.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2011). *Soil Genesis and Classification* (6th ed.). Wiley.
- Jenny, H. (1994). *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications.
- Wild, A. (1993). *Soils and the Environment: An Introduction*. Cambridge University Press.
- Alloway, B. J. (2012). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer Science & Business Media.
- Breckle, S. W. (2002). *Salinity, Halophytes and Saline Habitats*. Springer.
- Ponnampetuma, F. N. (1972). The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29-96.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley & Sons.
- Sumner, M. E., & Miller, W. P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* (pp. 1201-1229). American Society of Agronomy.

- McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties* (pp. 199-224). American Society of Agronomy.
- Messyasz, B., Pikosz, M., & Treska, E. (2018). Biología de las macroalgas de agua dulce y su distribución. En K. Chojnacka, P. P. Wiczorek, G. Schroeder, & I. Michalak (Eds.), *Biomasa de algas: características y aplicaciones: hacia productos a base de algas* (pp. 17-31). Springer, Cham.
- Vásquez, C., Calva, J., Morocho, R., Donoso, D. A., & Benítez, Á. (2019). Las comunidades de briófitos a lo largo de un río urbano tropical responden a la contaminación por metales pesados y arsénico. *Agua*, 11(4), 813. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2582/10.3390/w11040813>
- Dan, Z., Chuan, W., Qiaohong, Z., & Xingzhong, Y. (2021). Ciclo del nitrógeno en sedimentos influenciado por macrófitos sumergidos que crecen en invierno. *Water Sci Technol*, 83(7), 1728–1738. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2582/10.2166/wst.2021.081>
- APURE Instrument. (s.f.). How to remove water sediment. Recuperado de <https://apureinstrument.com/blogs/how-to-remove-water-sediment/>
- Mardorf, M. C. (1985). Artesanía y ecología de la totora de la Provincia de Imbabura, Ecuador. Sarance. *Revista del Instituto Otavaleño de Antropología*, 10(10), 11-78.
- Goyzueta Camacho, G., Alfaro Tapia, R., & Aparicio Saavedra, M. (2010, marzo). Totorales del Lago Titicaca: Importancia, conservación y gestión ambiental. Puno, Perú: Meru Diseño y Publicidad.
- Cabrera, A. L. (1994). *Flora de la República Argentina: Tomo XIII*. Editorial Acme.
- Guamán Álvarez, O. (2015). Plan de manejo para la restauración ambiental y mantenimiento de la Laguna San Martín, parroquia San Gerardo, cantón Girón, provincia del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Aza Medina, L. C. (2016). La totora como material de aislamiento térmico: Propiedades y potencialidades. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu>

- Di Bella, C. M., Tarchinale, L., Lattanzi, F. A., & Melchiori, R. J. M. (2014). *Salix* spp. en sistemas de fitorremediación. *Agroecología y Desarrollo*, 11(2), 20-30.
- Pulford, I. D., & Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees—a review. *Environment International*, 29(4), 529-540. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00152-6)
- Gómez, R., Briones, C., & Manrique, L. (2019). Estudio de suelos en humedales altoandinos: Contaminación por metales pesados y fertilidad limitada. *Revista de Suelos y Medio Ambiente*, 25(3), 215-227.
- Salazar, P., & Álvarez, M. (2021). Evaluación de suelos degradados: Impacto de la sodicidad y baja concentración de nutrientes. *Boletín de Ciencias Ambientales*, 18(2), 143-159.
- Yong, R. N., Warkentin, B. P., Phadungchewit, Y., & Galvez, R. (1990). Buffer capacity and lead retention in some clay. *Water, Air, and Soil Pollution*, 53, 53-67.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. John Wiley & Sons.
- Reddy, K. R., & DeLaune, R. D. (2008). *Biogeochemistry of Wetlands: Science and Applications*. CRC Press.
- Keddy, P. A. (2010). *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge University Press.
- Sellami, H., & Terribile, F. (2023). Impact of agricultural practices on soil health: A bibliometric review. *Agricultural Sciences*, 14(1), 45-60.
- Rubio, J. (2020). Propiedades del suelo y su relación con índices de sodio elevados: Un análisis de la pérdida de fertilidad. *Estudios en Ciencias del Suelo*, 12(1), 85-101.

## CAPITULO V.

### 7. Anexos.

#### 7.1.Convocatoria a talleres

Se realizó una campaña de convocatoria a los talleres de manera digital, enviando la publicidad por redes sociales del GAD parroquial de San Gerardo y también se difundió por medio del número de WhatsApp del señor presidente Henry Ordoñez.



Ilustración 33. Publicidad de talleres con totora.  
Fuente: Autor, 2025.

#### 7.2.Recursos didácticos utilizados en las capacitaciones

Las capacitaciones que se rindieron en el GAD parroquial fueron complementadas con trípticos informativos y visuales para cada miembro de la comunidad que asistió a los talleres de artesanías con totora.

## Medidas para sequías e incendios

### Sequías:

- Afectan la cantidad de agua y la agricultura.
- Medidas: Uso de cisternas, riego eficiente y protección de fuentes hídricas.

### Incendios forestales:

- Destruyen la vegetación protectora, causando erosión y pérdida de biodiversidad.
- Medidas: Establecer cortafuegos y restaurar áreas quemadas.

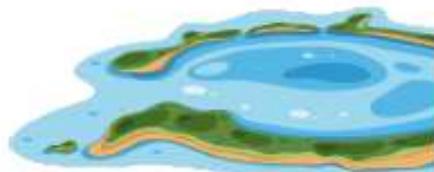
## Participación comunitaria y turismo ecológico

### Involucramiento de la comunidad

- Talleres educativos sobre la importancia de la laguna.
- Crear patrullas ecológicas para protección de la laguna.

### Turismo sostenible

- Senderos interpretativos para conocer la biodiversidad sin dañar el ecosistema.
- Formación de guías locales y promoción de actividades como avistamiento de aves.



## “PROTEJAMOS LA LAGUNA SAN MARTÍN”

## Recomendaciones

- ✓ Cuidar el agua: Recolectar lluvia y proteger riachuelos.
- ✓ Agricultura sostenible: Crear franjas verdes y usar compost.
- ✓ Restauración: Reforestar y mantener áreas limpias.
- ✓ Educación: Realizar talleres y patrullas comunitarias.
- ✓ Contra sequías e incendios: Usar cisternas.

## Llamado a la acción

¡Tu ayuda es crucial!  
Protejamos la Laguna San Martín

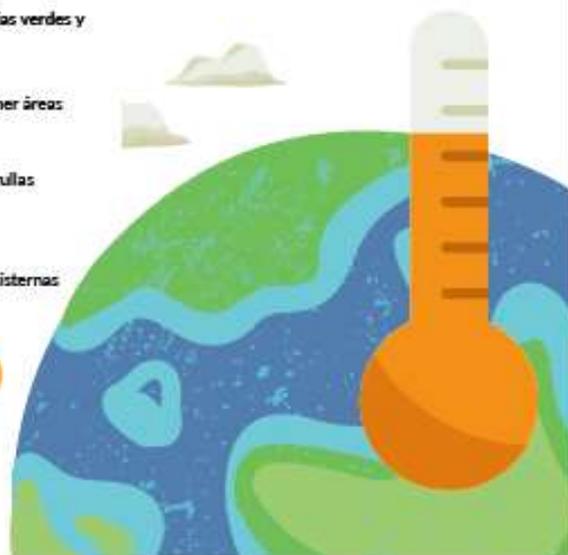


Ilustración 34. Primer tríptico informativo lado frontal.  
Fuente: Autor, 2025

## ¿Qué es una laguna?

### definición

- La Laguna San Martín es un cuerpo de agua ubicado en los Andes, clasificado como una laguna de páramo, que abastece a comunidades locales y sostiene un ecosistema único.

### Importancia

- Regulación hídrica: Funciona como una esponja natural.
- Biodiversidad: Hábitat de plantas, aves, y anfibios.
- Actividades humanas: Agua para riego, consumo y recreación.



## Problemáticas Actuales

- Sedimentación: Reduce la capacidad de almacenamiento y afecta la calidad del agua.
- Contaminación: Por prácticas agrícolas y residuos.
- Cambio climático: Aumenta sequías e incendios, alterando el equilibrio ecológico.
- Introducción de especies exóticas: La introducción de truchas afecta la biodiversidad y el ecosistema natural.

## Soluciones

### Manejo del agua:

- Controlar la captación para evitar el desperdicio.
- Recolección de agua de lluvia.



### Agricultura sostenible:

- Uso de compost y biofertilizantes.
- Crear franjas de amortiguamiento para proteger la laguna de agroquímicos.



### Protección del ecosistema:

- Reforestación con especies nativas.
- Eliminación de desechos y limpieza comunitaria.



Ilustración 35. Primero tríptico de informativo lado posterior.

Fuente: Autor, 2025.



Ilustración 36. Segundo tríptico informativo lado frontal.  
Fuente: Autor, 2025.

## Reutilización de material orgánico

### ¿Qué está pasando?

La laguna está en peligro por actividades como drenaje, ganadería y acumulación de plantas que afectan al agua y su diversidad.

### ¿Qué podemos hacer?

Aprovechar la totora y los sedimentos para ayudar al ecosistema y a su vez tener beneficios económicos.

### ¿Por qué es importante?

Porque ayuda a mejorar la calidad del agua de la laguna y creamos productos que nos benefician.

## ¿Cómo utilizar la totora?

### Artesanías

Se puede crear cestos, sopladores, adornos y alfombras que se pueden vender.



### Construcción

La totora se puede ocupar para realizar techos con el fin de mantener la casa fresca y protegida.



### Alimento

Se puede mezclar la totora en trozos con melaza y esto se puede ocupar para alimento del ganado



## ¿Qué hacer con los sedimentos?

### Abono Natural

Los sedimentos se pueden extraer, dejar secar y después mezclar con estiércol para hacer abono.



### Compostaje

Se puede mezclar sedimentos de la laguna junto con residuos orgánicos y aserrín para crear compostaje y enriquecer suelos para cultivo.



Ilustración 37. Segundo tríptico informativo lado posterior.  
Fuente: Autor, 2025.

### 7.3.Participación comunitaria

La comunidad estuvo muy abierta a recibir los talleres de artesanías en totora y de escuchar las capacitaciones acerca de la laguna, sus problemáticas y soluciones.



*Ilustración 39. Participación comunitaria.  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 38. Tríptico entregado.  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 41. Comunidad de San Gerardo en los talleres de artesanías.  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 40. Integrante de la comunidad de San Gerardo con tríptico de capacitaciones.  
Fuente: Autor, 2025.*



*Ilustración 42. Integrante del taller de artesanías con tríptico informativo.  
Fuente: Autor, 2025.*

### 7.4.Registro de asistencia a los talleres de capacitación

El registro de asistencia estuvo a cargo de la ingeniera Mariela Peñaloza con el siguiente formato:



**TALLER DEL CORRECTO MANEJO, COSECHA, POST COSECHA Y VALOR AGREGADO DE FIBRAS NATURALES DE TOTORA**

INSTRUCTORA		FECHA		LUGAR			
SAD PARROQUIAL		24/02/2025		Sulón, CAD			
Nro	NOMBRE	APELLIDO	ACTIVIDAD	HORA	CEBULA	CONTACTO	FIRMA
1	Blanca	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010527602	981075792	<i>[Firma]</i>
2	Maria	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010527601	977820492	<i>[Firma]</i>
3	Zaira	Escalante	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010525070	982820492	<i>[Firma]</i>
4	Ella	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010527360	975420492	<i>[Firma]</i>
5	Maria	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010527370	982420492	<i>[Firma]</i>
6	Maria	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010527380	982720492	<i>[Firma]</i>
7	Ella	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010528010	982820492	<i>[Firma]</i>
8	Maria	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010528020	982920492	<i>[Firma]</i>
9	Maria	Paniza	Estados y Escamadas	08:00-12:00	010528030	983020492	<i>[Firma]</i>



*[Firma]*  
Ingeniera Mariela Peñaloza

Torres, Ordóñez B-09 y Simón Bolívar  
Teléfono: (07) 2 842-588 ext. 3000  
https://www.azuay.gob.ec/  
Azuay - Ecuador



Ilustración 43. Registro de asistencia de talleres lado frontal.  
Fuente: Autor, 2025.



TALLER DEL CORRECTO MANEJO, COSECHA, POST COSECHA Y VALOR AGREGADO DE FIBRAS NATURALES DE TOTORA							
INSTRUCTORA				FECHA			
BAD PARROQUIAL				LUGAR			
Nro.	NOMBRE	APELLIDO	ACTIVIDAD	HORA	CEDULA	CONTACTO	FIRMA
10	Esther	Alvarez	Exposición y	08:00 - 12:00	0104205411	0992342411	



Ana Hernández  
COORDINADORA

Torres Orozco II - 69 y Simón Bolívar  
B. Teléfono: (071) 2 842 588 ext. 1000  
E. <https://www.azuyapref.gob.ec/>  
Azuay - Ecuador



Ilustración 44. Registro de asistencia de talleres lado posterior.  
Fuente: Autor, 2025.

### 7.5. Toma de muestras de suelo

Se empleó la aplicación de visualización geoespacial “Google Earth Pro” para la ubicación referencial de los puntos en donde se debían tomar las muestras de suelo.



Ilustración 45. Puntos en Google earth pro.  
Fuente: Autor, 2025.

Los puntos graficados en Google Earth Pro, fueron pasados a un hoja de Excel para después poder cargarlos a el programa de Arc Gis, a continuación la tabla de coordenadas con la referencia y el cogido asignado:

Tabla 7. Datos en Excel para realizar mapas en Arc Gis.  
Fuente: Autor, 2025.

PUNTOS	REFERENCIA	CODIGO	COORDENADAS	
			X	Y
1	salida de agua de laguna	P1	697751.33	9652707.07
2	entrada de agua de la laguna	P2	698954.46	9652465.53
3	zona ganadera	P3	698089.2	9652692.93
4	área interna de la laguna	P4	697792.84	9652731.11
5	zona no ganadera	P5	698587.1	9652126.8

Para el análisis de muestras de suelo se basaron en los parámetros del ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2-TABLA 1, publicada en la Edición Especial N.º 387 del 4 de noviembre de 2015.

## **4.7 REMEDIACIÓN DE SUELOS**

### **4.7.1 Del proceso de remediación**

**4.7.1.1** En el caso de determinarse la contaminación del suelo, el sujeto de control pondrá en ejecución las medidas establecidas en el programa de remediación aprobado por la Autoridad Ambiental Competente de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.3.1.5 de la presente norma y/o la normativa sectorial en el caso de que aplique, dentro de los plazos y condiciones señaladas para su adopción y ejecución. El plazo dependerá de la situación, y será definido por la Autoridad Ambiental Competente.

**4.7.1.2** La remediación del suelo se ejecutará utilizando la mejor tecnología disponible, atendiendo a las características propias de cada caso, buscando soluciones que garanticen la recuperación y el mantenimiento permanente de la calidad del suelo.

**4.7.1.3** Se privilegiarán las técnicas de remediación in situ. El traslado de suelos contaminados para tratamiento y/o disposición ex situ sólo será posible en casos especiales, debidamente justificados ante la Autoridad Ambiental Competente, quien autorizará expresamente su ejecución.

**4.7.1.4** Se utilizará la Tabla 2 para establecer los límites para la remediación de suelos contaminados de la presente norma y/o de la normativa sectorial correspondiente.

**4.7.1.5** Ante la inaplicabilidad para el caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia en la norma de un parámetro relevante para el suelo bajo estudio, la Autoridad Ambiental Competente debe obligar al sujeto de control a la remediación del suelo hasta que la relación entre la concentración presente del parámetro y su valor de fondo sea igual o menor a 1,5.

4.7.1.6 El sujeto de control debe tomar muestras superficiales y en profundidad de la manera ya señalada en el apartado 4.5.2, a fin de verificar el resultado de la remediación, en los puntos de monitoreo establecidos en el programa de remediación y/o en los que la Autoridad Ambiental Competente lo establezca.

#### 4.7.2 De los resultados de la remediación

4.7.2.1 La declaración de suelo contaminado quedará sin efecto una vez que el sujeto de control remita el respectivo informe en el cual se pueda verificar mediante análisis de laboratorio que los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles, lo cual será notificado al sujeto de control. Esto, no obstante, no lo libera de responsabilidades ulteriores.

4.7.2.2 En el caso de que la remediación no permita alcanzar los niveles establecidos en la Tabla 2 de la presente norma, ya sea por razones técnicas, ambientales o de otra índole, apropiadamente justificadas, la Autoridad Ambiental Competente podrá aceptar soluciones orientadas a reducir la exposición a los contaminantes de personas y/o ecosistemas, para lo cual se pondrán en práctica medidas de contención, de confinamiento, o de otro tipo, de los suelos afectados. Esto, no obstante, no libera al sujeto de control de responsabilidades ulteriores.

Tabla 8. Tabla 1 del ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2-TABLA 1, publicada en la Edición Especial N.º 387 del 4 de noviembre de 2015.  
Fuente: Autor, 2025.

<b>TABLA 1.- CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades*</b>	<b>Valor</b>
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	uS/cm	200
pH		6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*
<b>Parámetros inorgánicos</b>		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1

Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60
<b>Parámetros orgánicos</b>		
Benceno	mg/kg	0.03
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.05
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/kg	<150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

\*Concentración en peso seco de suelo

Las muestras se llevaron a el laboratorio y los resultados fueron con el siguiente formato:



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-2449-24  
 Orden de ingreso: OI-1095-24  
 Cuenca, 02 de Diciembre del 2024

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY  
 Dirección: SIMÓN BOLÍVAR 4-30 ENTRE VARGAS MACHUCA Y MARIANO CUEVA  
 Teléfono: 072842588

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: P4 SUELO SM - LAGUNA SAN MARTIN			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: LAGUNA SAN MARTIN- COORDENADAS X: -03.140296 - Y: -79220117	TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA	
*PRESENTACIONES: 1 kg	*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI109524	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2024-10-29	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-10-29	FECHA ANALISIS: 2024-10-29 - 2024-11-28	FECHA ENTREGA: 2024-12-02	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)	CONFORMIDAD	NORMA ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2 - TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO	
						min	Max
*ARSENICO	APHA 3114-C (MOD) - COLORIMETRIA	mg/kg	0.222	---	CUMPLE	---	12
*AZUFRE	EPA 375.4 SO42-,1978 - COLORIMETRIA	mg/kg	0.06	---	CUMPLE	---	250
**BARIO	SM 3111B - ABSORCIÓN ATÓMICA	mg/kg	148.5037	±2.2138%	CUMPLE	---	200
**BORO	HACH 8015 - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0	---	CUMPLE	---	1
*CADMIO	APHA 3500 - CD DITIZONE (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	<0.001	---	CUMPLE	---	0.5
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COMPLEXOMÉTRICA	mg/kg	1.6	---	NO APLICA	---	---

Dra. Sandra Guaraca  
 GERENTE DE LABORATORIO

**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-2449-24  
Orden de ingreso: OI-1095-24  
Cuenca, 02 de Diciembre del 2024

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY  
Dirección: SIMÓN BOLÍVAR 4-30 ENTRE VARGAS MACHUCA Y MARIANO CUEVA  
Teléfono: 072842588

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: P4 SUELO SM - LAGUNA SAN MARTIN							
*MARCA COMERCIAL: NA				*FABRICANTE: NA			
PROCEDENCIA: LAGUNA SAN MARTIN- COORDENADAS X: -03.140296 - Y: -79220117			TIPO DE MUESTRA: SUELO		*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA		
*PRESENTACIONES: 1 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO		CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%			
CODIGO MUESTRA: OI109524		*LOTE: NA		*FECHA ELAB: 2024-10-29		*FECHA CAD:	
FECHA RECEPCION: 2024-10-29		FECHA ANALISIS: 2024-10-29 - 2024-11-28		FECHA ENTREGA: 2024-12-02			
ENSAYO EN: LABORATORIO		MUESTREO: CLIENTE		NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)			
PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)	CONFORMIDAD	NORMA ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2 - TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO	
						min	Max
*CIANURO TOTAL	APHA 915.03 MOD - COLORIMETRÍA	mg/kg	<0.002	---	CUMPLE	---	0.9
**COBALTO	SM 3111B - ABSORCIÓN ATÓMICA	mg/kg	7.9689	±0.2534%	CUMPLE	---	.10
*COBRE	APHA 3500-CU (MODIF) - COLORIMETRÍA	mg/kg	<0.05	---	CUMPLE	---	25
*CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	EPA 950 A - ELECTROMETRIA	uS/cm	54.8	---	CUMPLE	---	200
*CROMO HEXAVALENTE	APHA 3500-CU - ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS	mg/kg	0.251	---	CUMPLE	---	0.4
**ESTAÑO	SM 3113 B - ABSORCIÓN ATOMICA	mg/Kg	4.3344	±0.2059%	CUMPLE	---	5



Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO

**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-2449-24  
Orden de ingreso: OI-1095-24  
Cuenca, 02 de Diciembre del 2024

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY  
Dirección: SIMÓN BOLÍVAR 4-30 ENTRE VARGAS MACHUCA Y MARIANO CUEVA  
Teléfono: 072842588

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: P4 SUELO SM - LAGUNA SAN MARTIN							
*MARCA COMERCIAL: NA				*FABRICANTE: NA			
PROCEDENCIA: LAGUNA SAN MARTIN- COORDENADAS X: -03.140296 - Y: -79220117			TIPO DE MUESTRA: SUELO		*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA		
*PRESENTACIONES: 1 kg		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO			CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%		
CODIGO MUESTRA: OI109524		*LOTE: NA		*FECHA ELAB: 2024-10-29		*FECHA CAD:	
FECHA RECEPCION: 2024-10-29			FECHA ANALISIS: 2024-10-29 - 2024-11-28			FECHA ENTREGA: 2024-12-02	
ENSAYO EN: LABORATORIO			MUESTREO: CLIENTE			NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	
PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)	CONFORMIDAD	NORMA ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2 - TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO	
						min	Max
*FLUORUROS	APHA 4500 F D - ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS	mg/kg	<0.01	---	CUMPLE	---	200
***HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS	EPA 3015 D, EPA 8270 E - CROMATOGRAFIA DE GASES	mg/kg	<0.01	---	CUMPLE	---	0.1
*HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETROLEO	EPA 8015D, EPA 3510 C, EPA 8000 D - CROMATOGRAFIA DE GASES	mg/kg	<0.01	---	CUMPLE	---	150
*INDICE SAR	CALCULO - CALCULO	---	10.552	---	NO CUMPLE	---	4
*MAGNESIO	APHA 2340 C (MOD) - VOLUMETRIA	mg/Kg	3.888	---	NO APLICA	---	---
*MERCURIO	APHA 3500 - HG DITIZONE (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	<0.006	---	CUMPLE	---	0.1



Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO

**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-2449-24  
Orden de ingreso: OI-1095-24  
Cuenca, 02 de Diciembre del 2024

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY  
Dirección: SIMÓN BOLÍVAR 4-30 ENTRE VARGAS MACHUCA Y MARIANO CUEVA  
Teléfono: 072842588

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: P4 SUELO SM - LAGUNA SAN MARTIN			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA: LAGUNA SAN MARTIN- COORDENADAS X: -03.140296 - Y: -79220117	TIPO DE MUESTRA: SUELO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA	
*PRESENTACIONES: 1 kg	*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI109524	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2024-10-29	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-10-29	FECHA ANALISIS: 2024-10-29 - 2024-11-28	FECHA ENTREGA: 2024-12-02	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)	CONFORMIDAD	NORMA ACUERDO MINISTERIAL 097-ANEXO 2 - TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO	
						min	Max
**MOLIBDENO	SM 3113 B - ABSORCIÓN ATÓMICA	mg/kg	3.1355	±0.166%	CUMPLE	---	5
**NIQUEL	SM 3111B - ABSORCIÓN ATÓMICA	mg/kg	0.9961	---	CUMPLE	---	19
*PLOMO	APHA 3500 PB (MODIF) - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/kg	0.028	---	CUMPLE	---	19
**SELENIO	SM 3113 B - ABSORCIÓN ATÓMICA	mg/kg	0	---	CUMPLE	---	1
*SODIO	APHA 3500 NA (MODIF) - VOLUMETRICO	mg/kg	17.466	---	NO APLICA	---	---
**VANADIO	SM 3111B - ABSORCIÓN ATÓMICA	mg/kg	13.5366	±0.9719%	CUMPLE	---	76
*ZINC	HACH 8009 (MODIF) - COLORIMETRIA	mg/kg	<0.01	---	CUMPLE	---	60

\*Fuera del alcance de la acreditación, \*\*Subcontratado acreditado, \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO

Ilustración 46. Formato de resultados de muestras de suelo del laboratorio.  
Fuente: Autor, 2025

### 7.6.Registro de firmas de participantes en talleres de capacitación

Se registro la asistencia de los participantes a todas las clases de capacitaciones y de los talleres de artesanías.

### 7.7. Presupuesto del proyecto

El presupuesto del proyecto fue de aproximadamente 16.600 dólares estadounidenses, repartidos en los siguientes rubros:

Tabla 9. Presupuesto

RUBROS	SUBTOTAL	
	UPS	Financia miento externo
1. Activos tangibles (equipos, dispositivos, herramientas)		5.000
2. Insumos técnicos (materiales y suministros fungibles)		500
3. Insumos administrativos		200
4. Material bibliográfico (Libros, revistas)		10.000
5. Difusión científica (productos comunicacionales)		600
6. Salidas de campo (recopilación de datos, experimentos)		300
7. Otros costos directos (especificar)		
<b>TOTAL</b>		<b>16.600</b>
<b>Porcentaje</b>		