

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE BIOCORREDOR DE CONECTIVIDAD  
ENTRE LA LAGUNA BUSA, SAN MARTÍN Y ZHOGRA,  
CANTONES GIRÓN Y SAN FERNANDO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

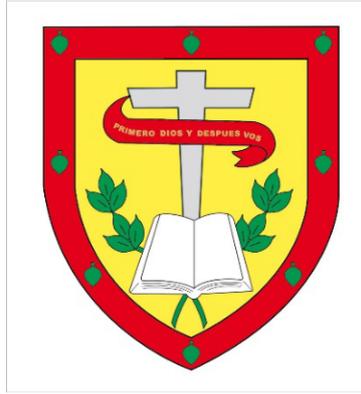
**AUTOR: SHIRAM MERCEDES SARI ANTUNISH**

**DIRECTOR: BLGA.PAULA MILENA CORDERO CUEVA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE BIOCORREDOR DE CONECTIVIDAD ENTRE  
LA LAGUNA DE BUSA, SAN MARTIN Y ZHOGRA, CANTONES  
DE GIRÓN Y SAN FERNANDO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: SHIRAM MERCEDES SARI ANTUNISH**

**DIRECTOR: BLGA.PAULA MILENA CORDERO CUEVA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Shiram Mercedes Sari Antunish portador de la cédula de ciudadanía N° 0150626703. Declaro ser el autor de la obra: "Propuesta de biocorredor de conectividad entre la laguna Busa, San Martín y Zhogra, cantones Girón y San Fernando", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 01 de abril de 2024



F: .....

Shiram Mercedes Sari Antunish  
0150626703

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Shiram Mercedes Sari Antunish, bajo mi supervisión.

PAULA MILENA  
CORDERO CUEVA



Firmado digitalmente por PAULA  
MILENA CORDERO CUEVA  
Fecha: 2024.04.03 08:02:03 -05'00'

---

**Blga. Paula Milena Cordero Cueva**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por darme la fuerza de voluntad, la guía en mi vida. También deseo agradecer a mi familia por su apoyo inquebrantable y su sacrificio. Sin su amor y aliento, no estaría donde estoy hoy.

Agradezco a la Universidad Católica de Cuenca por brindarme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación y por el apoyo constante que he recibido a lo largo de este proceso. Agradezco profundamente a todos los docentes, personal administrativo y compañeros de estudio Doménica, Daniela, Alejandra y Fabián que han contribuido a enriquecer mi formación académica y personal.

Agradezco a mi directora Bióloga Paula Cordero por su invaluable orientación y apoyo durante el proceso de elaboración de mi tesis. Su dedicación, conocimientos y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco al GAD Provincial del Azuay por la información brindada y la colaboración de su personal técnico. A la Ing. Magaly Jiménez técnica del departamento de Gestión Ambiental por su conocimiento impartido y su total disposición.

Agradezco a mis amigos Andrea, Erika, Camila y Alberto por ofrecerme su apoyo y compañía durante momentos de dificultad. Sin su presencia y solidaridad, habría sido mucho más complicado sobrellevar esas situaciones sin una sonrisa.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico a todos aquellos que han sido una parte fundamental en mi camino académico y personal. En especial, a mis padres Narcisa y Juan que han sido un gran apoyo, que con su sacrificio y respaldo constante me han ayudado para culminar este camino. También, a mi hermana Sua, a mi cuñado Fausto y sobrino Juanito que han sido un pilar fundamental para no rendirme.

A mis hermanos Suniur, Mateo, Toa y María José que me han brindado su tiempo y cariño, a mis amigas Andrea y Erika que me han brindado su cariño, su fortaleza y amor incondicional, ellas fueron mi impulso para seguir adelante y lograr mis metas.

A mi difunta Tía Mercedes, por sus buenos consejos nunca olvidare. Te dedico mi éxito de todo corazón por creer siempre en mí y decirme que un día lo iba a lograr.

## RESUMEN

Las actividades antrópicas representan un riesgo significativo para los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan en los cuerpos lacustres, lo que resalta la necesidad de proponer medidas de conservación y restauración. Este estudio fue realizado en las lagunas de: Busa, San Martín y Zhogra; propone la creación de conectores ecológicos para facilitar el desplazamiento de especies y promover la biodiversidad en paisajes fragmentados. El propósito principal de este trabajo es analizar la calidad del agua utilizando el ICA-NSF en las lagunas, e identificar las actividades humanas predominantes en las áreas circundantes. Con base en ello, se realizó un análisis de la zona de estudio con el software ArcGIS para establecer sus áreas núcleo, como bosques nativos y zonas de vegetación arbustiva y herbácea. A partir de ello se sugiere la implementación de medidas de gestión sostenibles del territorio, como: la regulación del uso del suelo y la preservación de los ecosistemas vulnerables, y la restauración pasiva e incluso activa para garantizar la funcionalidad, estructura y resiliencia de las zonas consideradas como biocorredores. De esta manera se busca proteger la biodiversidad y proporcionar servicios ecosistémicos valiosos como: la regulación climática, conservación de los recursos hídricos y del suelo, fomento del ecoturismo y la educación ambiental.

*Palabras clave:* biocorredor, ICA-NSF, restauración, conservación, lagunas.

## **ABSTRACT**

Anthropogenic activities constitute a significant risk to lacustrine ecosystems and their services, emphasizing the need to propose conservation and restoration measures. This study was conducted in the Busa, San Martín, and Zhogra lagoons, suggesting the establishment of ecological connectors to facilitate species movement and promote biodiversity in fragmented landscapes. This work mainly aims to analyze water quality using the Water Quality Index of the National Sanitation Foundation (WQI- NSF) method in the lagoons and identify prevalent human activities in the surrounding areas. Based on this, the study area was analyzed using ArcGIS software to delineate core areas, including native forests, shrublands, and herbaceous vegetation zones. From this, sustainable land management strategies are recommended, such as land use regulation, preservation of vulnerable ecosystems, and passive and active restoration efforts to ensure the functionality, structure, and resilience of areas designated as bio-corridors. In this way, the objective is to safeguard biodiversity and provide valuable ecosystem services such as climate regulation, water and soil conservation, ecotourism, and environmental education.

*Keywords:* bio-corridor, WQI- NSF, restoration, conservation, lagoons.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |        |
|--|--------|
| DECLARACIÓN  | I      |
| CERTIFICACIÓN  | II     |
| DEDICATORIA  | III    |
| AGRADECIMIENTOS  | IV     |
| RESUMEN  | V      |
| ABSTRACT   | VI     |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS   | VII    |
| LISTA DE FIGURAS   | IX     |
| LISTA DE TABLAS  | X      |
| LISTA DE ANEXOS  | XI     |
| CAPÍTULO I   | - 1 -  |
| 1. INTRODUCCIÓN  | - 1 -  |
| 1.1 OBJETIVOS  | - 3 -  |
| 1.1.1 General  | - 3 -  |
| 1.1.2 Específicos  | - 3 -  |
| CAPÍTULO II  | - 3 -  |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA  | - 3 -  |
| 2.1 CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN  | - 3 -  |
| 2.1.1 Corredor de conectividad   | - 3 -  |
| 2.1.2 Corredor ecológico   | - 3 -  |
| 2.1.3 Biocorredores en el Ecuador  | - 4 -  |
| 2.2 AGUA   | - 3 -  |
| 2.2.1 Calidad de agua  | - 3 -  |
| 2.2.2 Índice de calidad de agua  | - 4 -  |
| 2.3 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS  | - 4 -  |
| 2.3.1 Tipos de ecosistemas acuáticos                                       | - 6 -  |
| 2.4 LIMNOLOGÍA   | - 6 -  |
| 2.4.1 Laguna   | - 7 -  |
| 2.5 EUTROFIZACIÓN  | - 8 -  |
| 2.5.1 Eutrofización en las lagunas   | - 10 - |
| 2.6 SUELO  | - 10 - |
| 2.6.1 Cobertura vegetal  | - 10 - |
| 2.6.2 Cambio de uso de suelo   | - 11 - |
| 2.7 ECOSISTEMA   | - 11 - |
| 2.7.1 Bosques Andinos  | - 11 - |
| 2.8 SOFTWARE ARGIS   | - 12 - |
| 2.9 MARCO LEGAL  | - 12 - |
| 2.9.1 Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)                            | - 12 - |
| 2.9.2 Objetivos del desarrollo sostenible (Agenda 2030)                    | - 13 - |
| 2.9.3 Constitución del 2008  | - 14 - |
| 2.9.4 Código Orgánico del Ambiente   | - 14 - |
| 2.9.5 Ordenanza de la Laguna de San Martín (GAD Parroquial de San Gerardo) | - 15 - |
| CAPÍTULO III   | - 16 - |

|  |               |
|--|---------------|
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>   | <b>- 16 -</b> |
| 3.1 ZONA DE ESTUDIO  | - 16 -        |
| 3.1.1 Laguna Busa  | - 17 -        |
| 3.1.2 Laguna San Martín  | - 17 -        |
| 3.1.3 Laguna Zhogra  | - 18 -        |
| 3.2 CALIDAD DE AGUA DE LAS LAGUNAS   | - 19 -        |
| 3.2.1 Toma y conservación de las muestras  | - 22 -        |
| 3.3 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE CALIDAD ICA NSF   | - 23 -        |
| 3.3.1 Cálculo del índice NSF   | - 24 -        |
| 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA DETERMINAR CAMBIOS EN EL USO DE SUELO | - 30 -        |
| 3.4.1 Recolección de información en campo  | - 30 -        |
| 3.4.2 Procesamiento de información   | - 30 -        |
| 3.5 PROPUESTA DEL BIOCORRECTOR   | - 31 -        |
| 3.5.1 Definición de áreas potenciales para el establecimiento de un corredor biológico               | - 31 -        |
| 3.5.2 Propuesta de creación de una comisión de gestión del corredor ecológico.                       | - 34 -        |
| <b>CAPÍTULO IV</b>   | <b>- 36 -</b> |
| <b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   | <b>- 36 -</b> |
| 4.1 CALIDAD DE AGUA DE LAS LAGUNAS (ICA)   | - 36 -        |
| 4.2 CAMBIO DE USO DE SUELO EN LOS AÑOS 2000 AL 2022  | - 40 -        |
| 4.1 PROPUESTAS DE PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO                          | - 46 -        |
| 4.3 PROPUESTA DEL BIOCORRECTOR DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA   | - 47 -        |
| <b>CAPÍTULO V</b>  | <b>- 57 -</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES</b>   | <b>- 57 -</b> |
| <b>CAPÍTULO VI</b>   | <b>- 58 -</b> |
| <b>6. RECOMENDACIONES</b>  | <b>- 58 -</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>  | <b>- 60 -</b> |
| <b>ANEXOS</b>  | <b>- 67 -</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |        |
|--|--------|
| <b>Figura 1:</b> Conexiones entre áreas a través de un corredor.                     | - 4 -  |
| <b>Figura 2:</b> Conceptos de la integridad de los corredores del Buen Vivir         | - 5 -  |
| <b>Figura 3:</b> Interacción de los componentes dentro de un ecosistema acuático     | - 5 -  |
| <b>Figura 4:</b> Proceso de eutrofización  | - 9 -  |
| <b>Figura 5:</b> Mapa General de las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra            | - 16 - |
| <b>Figura 6:</b> Laguna Busa   | - 17 - |
| <b>Figura 7:</b> Laguna San Martín   | - 18 - |
| <b>Figura 8:</b> Laguna Zhogra   | - 18 - |
| <b>Figura 9:</b> Curva de valoración del oxígeno disuelto                            | - 26 - |
| <b>Figura 10:</b> Valoración de subíndice de Coliformes fecales.                     | - 27 - |
| <b>Figura 11:</b> Curva de valoración del pH   | - 27 - |
| <b>Figura 12:</b> Valoración de subíndice de DBO <sub>5</sub>                        | - 28 - |
| <b>Figura 13:</b> Curva de valoración del Cambio de Temperatura                      | - 28 - |
| <b>Figura 14:</b> Curva de valoración del Cambio de fosfatos                         | - 29 - |
| <b>Figura 15:</b> Curva de valoración del Nitratos                                   | - 29 - |
| <b>Figura 16:</b> Curva de valoración del Turbidez                                   | - 30 - |
| <b>Figura 17:</b> Microcuenca de la subcuenca del río Rircay.                        | - 31 - |
| <b>Figura 18:</b> Variación del ICA en la Laguna de Busa.                            | - 36 - |
| <b>Figura 19:</b> ICA NSF de la laguna San Martín (cambiar gráficas)                 | - 37 - |
| <b>Figura 20:</b> ICA NSF de la laguna Zhogra.                                       | - 38 - |
| <b>Figura 21:</b> ICA'S NSF de las lagunas de estudio.                               | - 39 - |
| <b>Figura 22:</b> Mapa de cobertura vegetal año 2000.                                | - 41 - |
| <b>Figura 23:</b> Mapa de cobertura vegetal año 2008.                                | - 41 - |
| <b>Figura 24:</b> Mapa de cobertura vegetal año 2018.                                | - 42 - |
| <b>Figura 25:</b> Mapa de cobertura vegetal año 2022.                                | - 42 - |
| <b>Figura 26:</b> Cambio de cobertura vegetal porcentual en los años de 2000 y 2022. | - 43 - |
| <b>Figura 27:</b> Mapa de ecosistemas de la microcuenca del río del Rircay.          | - 47 - |
| <b>Figura 28:</b> Mapa de cobertura vegetal año 2022.                                | - 48 - |
| <b>Figura 29:</b> Mapa de las áreas núcleo.  | - 48 - |
| <b>Figura 30:</b> Porcentaje de cobertura vegetal de las áreas núcleo.               | - 49 - |
| <b>Figura 31:</b> Mapa de poblaciones y cercanía a las vías.                         | - 50 - |
| <b>Figura 32:</b> Mapa de la zona apta para conectores en base a sus criterios.      | - 52 - |
| <b>Figura 33:</b> Mapa del biocorredor en base a sus áreas núcleos de conservación.  | - 53 - |

## LISTA DE TABLAS

|  |        |
|--|--------|
| <b>Tabla 1:</b> <i>Biocorredores en el territorio de Ecuador</i>                                   | - 3 -  |
| <b>Tabla 2:</b> <i>Puntos de monitoreo en la Laguna Busa en los años 2021-2022</i>                 | - 19 - |
| <b>Tabla 3:</b> <i>Puntos de monitoreo en la laguna Busa año 2023</i>                              | - 20 - |
| <b>Tabla 4:</b> <i>Puntos de monitoreo de Laguna San Martín (año 2021-2022)</i>                    | - 20 - |
| <b>Tabla 5:</b> <i>Puntos de monitoreo de Laguna Zhogra</i>  | - 21 - |
| <b>Tabla 6:</b> <i>Tabla de métodos empleados a los parámetros y la técnica utilizada.</i>         | - 23 - |
| <b>Tabla 7:</b> <i>Tabla de factor de ponderación</i>  | - 25 - |
| <b>Tabla 8:</b> <i>Tabla de factor de ponderación ajustado</i>                                     | - 25 - |
| <b>Tabla 9:</b> <i>Tabla de valores del oxígeno disuelto en función de la altura y temperatura</i> | - 26 - |
| <b>Tabla 12:</b> <i>Puntos de muestreo de Laguna Zhogra</i>  | - 45 - |
| <b>Tabla 11:</b> <i>Propuestas de protección y restauración ecológica</i>                          | - 46 - |
| <b>Tabla 13:</b> <i>Resultados del FODA.</i>   | - 51 - |

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1:** *Ficha de Campo* \_\_\_\_\_ - 67 -  
**Anexo 2:** *Visita Insitu de las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra* \_\_\_\_\_ - 70 -  
**Anexo 3:** *Datos de los parámetros Fisco químico proporcionado por el GAD provincial.* \_\_\_\_\_ - 75 -

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la conservación y restauración se consideran aspectos esenciales que busca preservar la totalidad de las formas de vida, abarcando diversos niveles de organización y funciones ecológicas. Cuando se aborda la biodiversidad, se examinan tres aspectos: la variedad de especies, la diversidad genética y la heterogeneidad de ecosistemas (Rovere et al., 2014). A causa de las alteraciones en los sistemas naturales, las comunidades biológicas que han experimentado un desarrollo a lo largo de años están siendo severamente afectadas por la actividad humana a nivel global. Las consecuencias primordiales de dicha actividad incluyen la disminución de la diversidad biológica, el deterioro y división del hábitat, la explotación excesiva de especies y la incorporación de organismos exóticos.

El agua representa un componente esencial en la totalidad de los ecosistemas, tanto en aspectos cualitativos como cuantitativos. La reducción en la accesibilidad al agua, ya sea en cantidad, calidad o ambos, conlleva consecuencias adversas significativas para los ecosistemas. Aunque el entorno posee una capacidad intrínseca de absorción y autorregulación, superar sus límites resulta en: la pérdida de biodiversidad, la disminución de los medios de vida, el deterioro de suministros naturales de alimentos como los peces, y la generación de costos de limpieza sumamente elevados (UNESCO, 2003). Igualmente, el adecuado funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y sus zonas adyacentes es crucial para el desarrollo económico y social. No obstante, la seguridad hídrica se encuentra en peligro, reflejando un incremento duplicado del consumo mundial de agua cada dos décadas, con la proyección de que para 2025 al menos dos tercios de la población global podría residir en áreas afectadas por escasez de agua.

El agua, aunque constituye el elemento predominante en la Tierra, presenta una distribución desigual, siendo solo un 2,53% de la totalidad de agua disponible clasificada como dulce, mientras que la mayor parte restante es agua salada (UNESCO, 2003). En la actualidad, el consumo de agua dulce ha aumentado seis veces en los últimos 100 años y sigue creciendo a un ritmo de aproximadamente el 1 % anual desde la década de 1980 (INEC, 2016).

Por ende, un enfoque convencional para salvaguardar la biodiversidad y los recursos acuíferos presentes en los ecosistemas implica la instauración de áreas protegidas (AP). No obstante, en el contexto específico de Costa Rica, a pesar de dedicar más del 25% de su territorio a diversas categorías de gestión de áreas protegidas, muchas de ellas exhiben dimensiones reducidas, se encuentran ubicadas de manera aislada y carecen de la capacidad necesaria para sostener poblaciones viables a largo plazo (Schlönvoigt, 2019). Asimismo, otro de estos mecanismos son los corredores biológicos (CB), los cuales son áreas claramente definidas con el propósito de facilitar la conexión entre paisajes, ecosistemas y hábitats, ya sean de naturaleza natural o modificada, con el objetivo de asegurar la conservación de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos (Murillo y Muñoz, 2017).

La conectividad ecológica se refiere a la movilidad sin restricciones de las especies y al desplazamiento continuo de los procesos naturales que son fundamentales para mantener la vida en la Tierra (Ríos-Vargas, 2011). La afirmación no exagera, dado que la falta de vinculación impide el funcionamiento adecuado de los ecosistemas, y sin ecosistemas plenamente operativos, se encuentra en riesgo la biodiversidad y otros elementos esenciales para la vida (Hilty et al., 2021). En los recientes años en Ecuador, el turismo ha emergido como una de las esenciales fuentes de ingresos económicos para el país, con resultados evidentes en el aumento de oportunidades laborales que han contribuido a elevar el nivel de vida de la población local. Esta actividad ha propiciado la creación de una cultura turística entre los habitantes, ofreciéndoles la posibilidad de compartir sus costumbres, creencias y tradiciones con los visitantes. Este intercambio cultural, a su vez, ha generado una alternativa económica significativa, consolidando al turismo como un componente crucial para el desarrollo sostenible (Cabrera, 2006).

Adicionalmente, un biocorredor introduce un enfoque territorial innovador que facilita la integración de iniciativas en el procedimiento de desarrollo del Buen Vivir desde una perspectiva de biocorredores para el Buen Vivir “Un territorio para nosotros es una llacta, y la llacta incluye todo, no debe verse sólo desde el tema ambientalista, para que se regenere como territorios es necesario entender como todo es uno sólo para la vida” (PPD, 2012, pag 16). Esto implica un abordaje sistémico y participativa en los territorios identificados, incorporando los enfoques: ambiental, sociocultural, económico, político e institucional. Al mismo tiempo, busca contribuir a la aplicación de los Derechos de la Naturaleza. Las áreas prioritarias de actuación comprenden la conservación de la biodiversidad, la reducción de los efectos del cambio climático, la prevención del deterioro del suelo y la preservación de aguas internacionales (PPD, 2015).

La contaminación es uno de los principales desafíos a nivel global ya que las actividades antrópicas provocan la pérdida de calidad del agua en sus diferentes ecosistemas acuáticos de agua dulce, teniendo en cuenta que este líquido vital es limitante por su escasa disponibilidad. De manera que, en un mundo donde la degradación de ecosistemas y el cambio climático son desafíos críticos, la conservación y promoción de la conectividad ecológica se han convertido en prioridades esenciales. Los biocorredores de conectividad ecológica son una respuesta innovadora y efectiva a estos desafíos. Estas rutas de tierra y agua interconectan áreas naturales, permitiendo que la vida silvestre se desplace, se reproduzca y acceda a hábitats adecuados, lo que contribuye al bienestar de los ecosistemas y comunidades (Gómez-Baggethun y Groot, 2007).

Esta propuesta de biocorredor de conectividad ecológica se presenta como una iniciativa integral y estratégica para abordar los desafíos ambientales y sociales que enfrenta en las ciudades de San Fernando y Girón, puesto que ahí se encuentran las lagunas a estudiar: la laguna Busa, San Martín y Zhogra. En el transcurso de este documento, se examinará minuciosamente la relevancia de los biocorredores, su efecto en la preservación de la biodiversidad y su capacidad para hacer frente al cambio climático, así como su influencia en la condición de vida de las comunidades locales.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 General**

Plantear una propuesta de biocorredor ecológico de conectividad entre los ecosistemas adyacentes a las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra, en las ciudades de Girón y San Fernando en base su uso actual de suelo para restaurar la calidad el medio y la continuidad de sus servicios ecosistémico.

### **1.1.2 Específicos**

- Establecer la calidad del agua de las lagunas mediante análisis físico-químicos para proponer medidas de protección y restauración ecológica de las lagunas y sus zonas adyacentes.
- Recopilar información sobre el funcionamiento y uso actual del suelo de las áreas aledañas a las lagunas a través de visitas y formularios de observación, con el fin de evaluar el estado actual de los ecosistemas.
- Proponer áreas de conectividad o biocorredores ecológicos utilizando el software ArcGIS para que a futuro se preserve los servicios ecosistémicos y se incremente el valor del recurso turístico existente.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Conservación y restauración

La conservación se define como el acto sistemático y responsable de preservar y resguardar los recursos naturales y el medio ambiente. Se enfoca en la aplicación de medidas destinadas a proteger y gestionar de manera apropiada los elementos fundamentales de la naturaleza, tales como: la tierra, el recurso hídrico, el aire, la biodiversidad de especies, con el objetivo primordial de garantizar su uso de manera sostenible a lo largo del tiempo (Rovere et al., 2014). La premisa fundamental de la conservación radica en el reconocimiento de la restricción de los recursos naturales, lo que implica su utilización con criterios de responsabilidad. Este enfoque se extiende a diversas categorías de recursos naturales, abarcando desde la biodiversidad hasta los recursos minerales (ONU, 1992). El desafío central reside en el hecho de que una parte significativa del territorio terrestre ya ha sufrido degradación y división debido a la influencia humana. Se calcula que más del 75 % de los ecosistemas terrestres (excluyendo la Antártida) han sido alterados por la actividad antropogénica (Hilty et al., 2021).

El objetivo de la conservación debe ser mantener los ecosistemas en su estado original, ya que estos proporcionan la mejor oportunidad para salvaguardar la biodiversidad en un mundo que está experimentando cambios rápidos. Actualmente, se reconoce la necesidad de tomar acciones para conservar, restaurar o fortalecer la conectividad ecológica (Hilty et al., 2021). El indicio científico respalda la idea de que la unión ecológica es esencial para alcanzar los objetivos de conservación de la biodiversidad a largo plazo, especialmente adoptar acciones ante el contexto del cambio climático (Foden y Young, 2020; Gross et al., 2017).

##### 2.1.1 Corredor de conectividad

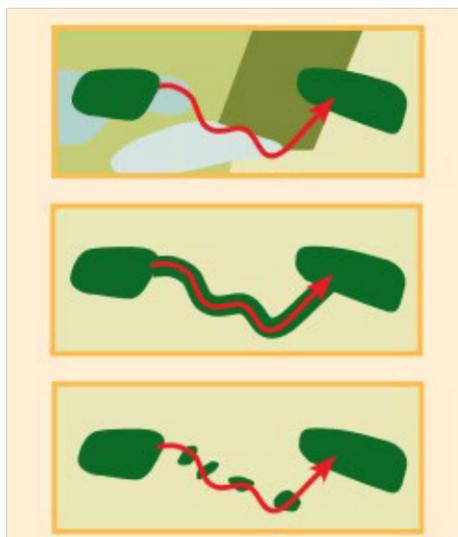
La conectividad se define como la medida en que el paisaje facilita el movimiento de especies y asegura su persistencia en un entorno fragmentado (Godínez-Serracín, 2014). Se utiliza para explicar cómo la disposición espacial y la calidad de los componentes presentes en el paisaje afectan el movimiento de los organismos entre distintos fragmentos de hábitat. Se define como el grado en que el paisaje promueve o limita el desplazamiento entre distintos fragmentos de recursos (Bennett, 2003).

##### 2.1.2 Corredor ecológico

Un corredor ecológico es un tramo lineal o en bandas de tierra que conecta dos o más áreas naturales. Estos corredores brindan una serie de servicios ecológicos, como proteger la biodiversidad, filtrar contaminantes, evitar la erosión del suelo y controlar las inundaciones (Han et al., 2022).

Un corredor ecológico se caracteriza por ser un área geográfica, una franja que conserva paisajes en su estado original o con mínima alteración, destinada a facilitar la conexión entre distintos paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados (Cuentas-Romero, 2016). Su estructura está diseñada para promover la preservación de la diversidad biológica al facilitar el intercambio genético de especies. Asimismo, contribuye a mantener los flujos biogeoquímicos necesarios para la integridad del paisaje (Martínez-Sancán, 2014).

Además, el Programa de Pequeñas Donaciones (2012) afirma que: los corredores ecológicos buscan contrarrestar la fragmentación y pérdida de los hábitats, enlazando zonas protegidas y áreas con una biodiversidad importante. Lo que permite aumentar las posibilidades de supervivencia a largo plazo de las especies de la zona (FMAM, 2013). De igual manera puede enlazar dos áreas protegidas o zonas con una importante biodiversidad, sean estas partes del SNAP o no, a través de un corredor o vinculándolas a través de zonas de producción sostenible que reduzcan la presión sobre las áreas conservadas como se muestra en la **Figura 1**.



**Figura 1:** Conexiones entre áreas a través de un corredor.

**Fuente:**(PPD, 2012)

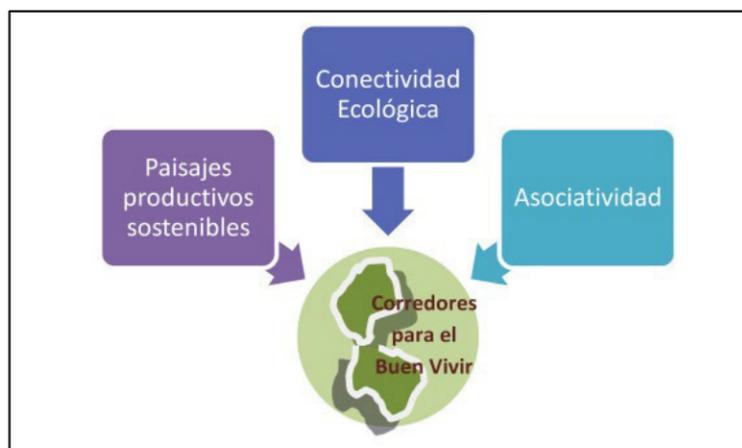
Existen dos formas de conexión: la organización y el funcionamiento. La conectividad estructural se refiere a la disposición espacial de distintos tipos de hábitats en el paisaje, evaluando su idoneidad para las especies, el tamaño de las separaciones entre ellos, la distancia que las especies necesitan recorrer entre un fragmento y otro, así como la presencia de caminos o redes alternativas que posibiliten el movimiento de los individuos (Martínez-Sancán, 2014).

### 2.1.3 Biocorredores en el Ecuador

Los biocorredores se presentan como una opción enriquecedora y ampliamente aceptada para establecer una conexión entre la sociedad y destinos turísticos que ofrecen atractivos naturales. Se define un corredor biológico o biocorredor como una configuración territorial o un

mosaico de usos de la tierra que permite la conexión entre fragmentos de hábitats naturales a lo largo del paisaje (Hilty et al., 2021; Walter y Gallo, 2021).

En la **Figura 2** se puede observar los conceptos indisolubles a su integridad como el de conectividad ecológica, el de paisajes productivos sostenibles y el de asociatividad, los mismos que también pasan a constituirse en las estrategias para su gestión.



**Figura 2:** Conceptos de la integridad de los corredores del Buen Vivir

**Fuente:** (PPD, 2015)

Los corredores sirven como reserva de recursos y material vegetativo para la reproducción en viveros de plantas medicinales, ornamentales y maderables, así como en bancos genéticos y como controladores biológicos. Además, aporta al mejoramiento de las condiciones económicas de las poblaciones ubicadas en el corredor y a su alrededor, ofrecen oportunidades para la recreación y el esparcimiento, la investigación científica, la generación de conocimiento y la educación ambiental. También respaldan la consolidación de territorios indígenas y de áreas protegidas (García y Mendoza, 2018).

En Ecuador, por medio del Programa de pequeñas donaciones, los biocorredores ofrecen la oportunidad de integrar la opción constitucional del Buen Vivir o Sumak Kawsay en la gestión territorial, adoptando una perspectiva sistémica e interactiva que abarca aspectos ecológicos, socioculturales, económicos, políticos e institucionales. Esto facilita la viabilización de los derechos de la naturaleza y contribuye a la construcción de las equidades y desarrollo de soberanías en una sociedad inclusiva y democrática (MAE, 2013; PPD, 2015). A continuación, se muestran algunos biocorredores de las diferentes partes del Ecuador en la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Biocorredores en el territorio de Ecuador

|                   | Biocorredores  | Ubicación   | Logros   |
|-------------------|--|---|--|
| Costa             | Biocorredor Chongón Colonche   | Se encuentra ubicado en las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí  | Recuperación y gestión de cuencas hidrográficas. Las actividades de reforestación se han iniciado con el establecimiento participativo de la demanda de plantas nativas diversas. Conservación, restauración y manejo de ecosistemas. Para el ecosistema manglar en Manabí se inició un proceso de restauración. |
|                   | Biocorredor Estuario del Río: Islas Corazón y Fragatas, La Segua   | Parroquia de San Isidro del cantón Sucre  |  |
| Sierra Norte      | Biocorredor de la zona de amortiguamiento de la reserva ecológica Cotacachi-Cayapas, Cayambe-Coca y Pisque-Mojanda-San Pablo | Se encuentra entre las estribaciones occidentales de los Andes ecuatorianos y la cordillera del Toisán, y forma parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi – Cayapas y de la biorregión del Chocó ecuatoriano. | Implementación de acciones para el manejo de ganadería y de sistemas agroecológicos para disminuir las presiones a ecosistemas frágiles y de fortalecimiento de la economía local.   |
| Sierra centro Sur | Biocorredor Cóndor Chingiraua  | Se encuentra ubicado en la parte Nororiental de la Provincia del Cañar, Región Sierra.  | Manejo y conservación del páramo, a través de acciones de conservación, restauración y prácticas económicas amigables con el ambiente. Regulación de la ocupación del suelo y control de su uso, bajo un enfoque de respeto por el ambiente.   |
|                   | Biocorredor Yanuncay   | Abarca las parroquias rurales de Baños y San Joaquín del cantón Cuenca, provincia del Azuay   | Manejo integrado de cuencas hidrográficas. Fomento y apoyo de Programas de Educación Ambiental   |

Fuente: De (PPD, 2018)

## 2.2 Agua

El agua se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). El 71% de la superficie de la Tierra está compuesta por él. Puede existir en tres estados: sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua). En estado líquido, el agua es incolora, insípida e inodora. Es un líquido muy polar, lo que significa que sus moléculas tienen una carga eléctrica desigual. Esta polaridad confiere al agua una serie de propiedades únicas, como su gran capacidad para disolver sustancias, su elevada conductividad térmica y eléctrica y su tensión superficial (Guerrero, 2012).

El agua cumple un rol primordial al momento de transportar nutrientes y oxígeno; ayuda en la eliminación de residuos y la regulación de la temperatura corporal. Además, el agua desempeña un papel crucial en la operatividad de los ecosistemas. Es necesaria para la fotosíntesis, la circulación de nutrientes y con el control de la erosión. Como recurso limitado, la disponibilidad de agua es un factor decisivo en el crecimiento de las sociedades humanas (Villena-Chávez, 2018).

El agua también es necesaria para los siguientes procesos ecológicos:

- Regulación del clima: el agua ayuda a regular la temperatura del planeta.
- Limpieza de la atmósfera: el agua contribuye a la eliminación de contaminantes atmosféricos.
- Suministro de nutrientes: donde el agua transporta los nutrientes a los organismos vivos.

Es ampliamente conocido que más del 97% de la cantidad total de agua en el planeta está contenido en los océanos y otros cuerpos de agua salada, que se pueden considerar inutilizables. Del 3 % restante, aproximadamente el 2,38% se encuentra en forma sólida, lo que la hace prácticamente inaccesible. El 0,62% restante se puede hallar en ríos, lagunas y acuíferos. Es esencial preservar este recurso para garantizar la continuidad de la vida en la Tierra (Jaramillo, 2022).

### 2.2.1 Calidad de agua

La calidad del agua hace referencia a las características químicas, físicas y biológicas del agua, las cuales difieren según su uso previsto. Este concepto adquiere una importancia fundamental dada la expansión de la población mundial, el desarrollo urbano y actividad agrícola. La evaluación donde la calidad del agua involucra analizar su origen, tratamiento y distribución (Baeza-Gómez, 2016). Se puede evaluar mediante un análisis de laboratorio que mide una serie de factores, incluyendo:

- Características físicas: color, olor, sabor, turbidez, pH, conductividad eléctrica, temperatura, etc.

- Características químicas: concentración de minerales, metales pesados, compuestos orgánicos, etc.
- Características biológicas: concentración de bacterias, virus, protozoos, etc.

Los valores aceptables para cada parámetro varían según el uso que se le va a dar al agua. Por ejemplo; los criterios de calidad para el agua potable son más estrictos en comparación con los estándares para el agua destinada al riego o uso industrial (Mihelcic y Zimmerman, 2011).

La calidad del agua puede sufrir alteraciones debido a diversos factores, lo cual puede conllevar riesgos para la salud, incluyendo:

- Actividad humana: contaminación industrial, agrícola, doméstica, etc.
- Procesos naturales: erosión, sedimentación, etc.
- Cambio climático: incremento de la temperatura, reducción de las lluvias, etc.

La polución del agua constituye una de las principales preocupaciones medioambientales a escala mundial. Dónde puede provocar una multitud de molestias a la salud, como afecciones gastrointestinales, respiratorias, neurológicas, etc. También puede afectar a los ecosistemas, causando la muerte de plantas y animales (Glynn y Heinke, 1996).

### **2.2.2 Índice de calidad de agua**

Un indicador de calidad del agua es simplemente una representación de una serie de parámetros más o menos complejos que sirven como medidas del estándar del agua. Este indicador puede ser expresado mediante un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. El principal beneficio radica en que este tipo de indicador permite una interpretación más sencilla de la información en comparación con una lista de valores numéricos. En consecuencia, el indicador de calidad del agua se convierte en una herramienta comunicativa efectiva para transmitir información de manera clara y comprensible (Zapata et al., 2006).

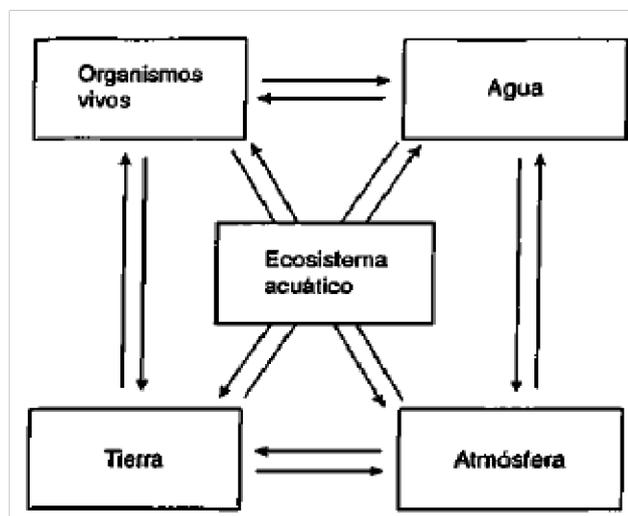
Horton elaboró el primer modelo de Índice de Calidad del Agua (ICA) en la década de 1960, basándose en 10 parámetros que se consideran significativos en la mayoría de los cuerpos de agua (Uddin et al., 2021). Con el respaldo de la Fundación Nacional de Saneamiento, Brown refinó el modelo ICA de Horton, presentando una versión más rigurosa denominada NSF-WQI. En este proceso, se contó con la participación de 142 expertos en calidad del agua para realizar la selección y ponderación de los parámetros (Li, 2014; Uddin et al., 2021).

### **2.3 Ecosistemas acuáticos**

Un ecosistema se define como un conjunto que comprende un espacio específico y todos los organismos vivos que lo ocupan. Por consiguiente, está compuesto por el medio físico y las formas

de vida que lo habitan. Los ecosistemas pueden ser categorizados como terrestres tales como: bosques, praderas o desiertos; o acuáticos incluyendo cuerpos de agua dulce o salada (Sánchez - Martínez, 2015).

Los ecosistemas de agua dulce, también conocido como "ambientes dulceacuícolas", albergan una variedad de grupos macroinvertebrados. Estos organismos pueden habitar en diferentes nichos dentro del ecosistema: algunos se encuentran enterrados en el sustrato, mientras que otros se adhieren a rocas, piedras y restos de vegetación. También hay especies que prefieren las orillas de ríos y lagos, donde se aferran a la vegetación ribereña. Algunas macroinvertebrados nadan sobre la superficie del agua, mientras que otros lo hacen de manera similar a los peces. Por último, hay especies que se desarrollan en fondos lodosos, arenosos o pedregosos (Roldán-Pérez y Ramírez, 2008). En la **Figura 3** representa la interacción de los componentes de mayor importancia dentro de un ecosistema acuático.



**Figura 3:** Interacción de los componentes dentro de un ecosistema acuático

**Fuente:** (Roldán-Pérez y Ramírez, 2008)

Un ecosistema acuático engloban una amplia variedad de hábitats de agua dulce abarca diversos hábitats de agua dulce, que incluye lagos, estanques, ríos océanos, arroyos, humedales, pantanos, entre otros (Martínez- Piñeros, 2021). Este tipo de ecosistema sirve como entorno para diversas especies que requieren agua para sobrevivir, entre las que se incluyen animales, plantas y microorganismos (Parga y Romero, 2013).

Además, estos ecosistemas de agua dulce están desapareciendo a un ritmo tres veces más rápido que los bosques en todo el mundo. Aunque difieren en tipo, ubicación y clima, comparten características importantes que los hacen vitales para la salud del planeta y el bienestar humano (Baron et al., 2003).

### **2.3.1 Tipos de ecosistemas acuáticos**

#### ***Ecosistema lótico***

Los ecosistemas lóticos (latín Lotus: lavar): se refieren a sistemas de agua en movimiento, presentes en ríos, arroyos y manantiales (Roldán-Pérez y Ramírez, 2008). Se distinguen por el hecho de que, en estos entornos, el agua exhibe un flujo claramente definido, constante e irreversible. Además, se dividen en categorías de naturales y artificiales. En estos sistemas, la corriente desempeña un papel crucial y actúa como un factor selectivo en relación con las comunidades que los habitan. Estos ecosistemas son considerados abiertos, dado su estrecho vínculo con el sistema terrestre circundante, dado que estos ecosistemas confían en él de manera importante para obtener una parte esencial del suministro primario de energía mediante la entrada de materia orgánica (Leal, 2020).

#### ***Ecosistema léntico***

Los ecosistemas lénticos se caracterizan por la existencia de agua estancada o falta de corrientes continuas. En estos entornos, los aspectos ecológicos más importantes están relacionados con la columna de agua, una estructura vertical, y la distinción entre la zona cercana a la orilla y la zona de aguas abiertas o limnéticas (Martínez- Piñeros, 2021).

Los cuerpos lénticos de agua, como lagos, lagunas, humedales o charcas, son aquellos en los que el agua se encuentra estancada. Es fundamental estudiarlos porque se puede determinar su capacidad de producción primaria y la calidad de recurso hídrico evaluando sus aspectos químicos, físicos y biológicos (Solanki, 2007).

A continuación, se define algunas características según Martínez- Piñeros (2021), entre ellas están:

- Velocidad reducida del flujo
- Periodo prolongado de estancamiento
- La configuración del litoral puede afectar negativamente el funcionamiento del sistema
- Abundancia de comunidades planctónicas
- Los macrófitos llegan a cumplir un papel importante
- Tendencia a acumular sustancias (nutrientes, sedimentos)

### **2.4 Limnología**

Hay muchas formas de interpretar la Limnología, que van desde descripciones detalladas hasta su utilización en la práctica. Algunas áreas de estudio abarcan una amplia variedad de ecosistemas acuáticos, mientras que otras se concentran en un objeto de estudio más específico (Vidal y Guiti, 2005). El término de limnología deriva del griego *λίμνη*; pantano o lago. Wetzel (1983) definiéndose como el examen de las interacciones funcionales y productivas de las poblaciones

acuáticas de agua dulce, así como su influencia por parte del entorno físico, químico y biológico. En la actualidad, se ha aceptado el uso del término limnología para referirse a la investigación de las aguas continentales o interiores, ya sean lagos o ríos, según el concepto de Guerrero (1998) (Roldán-Pérez y Ramírez, 2008).

La Limnología, integrada en el campo de la Ecología, constituye una ciencia integral que examina tales como lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales, considerándolos como sistemas completos. Esta disciplina es multidisciplinaria, abarca todos los campos científicos relevantes para comprender los cuerpos de agua naturales, como física, química, geología, biología y matemáticas (Vidal y Guiti, 2005).

#### **2.4.1 Laguna**

Las lagunas son cuerpos de agua, generalmente de origen dulce, que experimentan variaciones en su nivel. Por lo general, no están alimentadas por ríos de gran caudal y, a diferencia de los lagos, no muestran estratificación térmica, lo que facilita una circulación constante a lo largo del año (Sigüenza y Loja, 2022). Poseen atributos idénticos a los de un lago, pero se caracterizan por tener una profundidad menor y tienden a ser menos estables en términos de condiciones ambientales.

Debido a su escasa profundidad, las lagunas exhiben rasgos distintivos que las distinguen de otros cuerpos de agua estancada. Son altamente sensibles a variaciones en la precipitación, la evaporación y la acción del viento, lo que conlleva cambios en su salinidad y temperatura (Miththapala, 2013).

##### **2.4.2.1 Tipos de lagunas**

De acuerdo a Roldán-Pérez y Ramírez (2008), las lagunas se clasifican de acuerdo a su origen en:

**Lagunas tectónicas:** Son las que están formados por la acción de fallas, subsidencia, pliegues, fracturas y movimientos tectónicos de la corteza terrestre. La epirogénesis es un fenómeno de levantamiento de grandes extensiones de la corteza terrestre, donde la topografía crea cuencas o depresiones que pueden albergar lagunas.

**Lagunas volcánicas:** Las actividades volcánicas han tenido una influencia significativa en la creación de lagunas en diversas partes del mundo. Estos cuerpos de agua son caracterizados por su forma circular.

**Lagunas glaciares:** Son aquellas que se formaron durante el periodo del deshielo, al final del período Pleistoceno y al inicio del Holoceno. Así mismo, son todas aquellas localizadas en los páramos andinos.

Lagunas derivadas por acción de los ríos: Las corrientes fluviales forman cuencas a través de la deposición de sedimentos y el proceso de erosión. Existen diversas formas en que los ríos pueden originar lagunas.

Ciénagas de origen fluvial: son masas de agua situadas en áreas deprimidas y conectadas a un río a través de canales estrechos y sinuosos. Se originan cuando el río inunda terrenos bajos cercanos y continúa la erosión, formando ramificaciones que eventualmente se transforman en ciénagas, manteniendo conexiones con el río a través de uno o más canales.

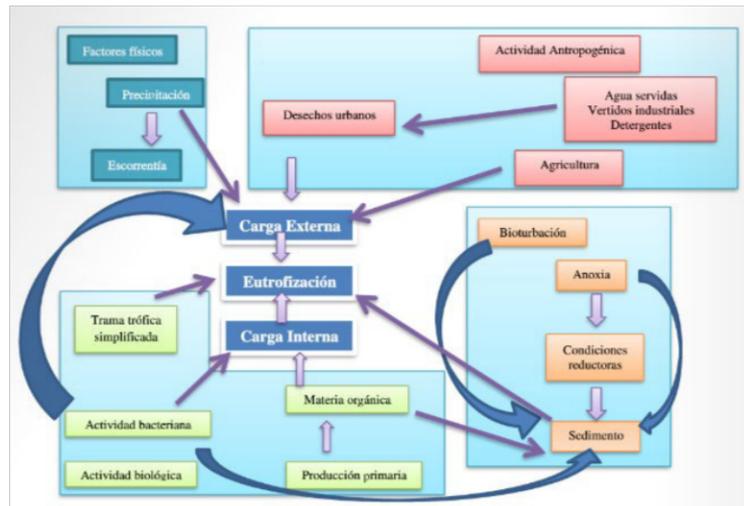
## **2.5 Eutrofización**

La eutrofización en las fuentes de agua es un proceso, tanto natural como inducido por la actividad humana, que implica el enriquecimiento de nutrientes en el agua. Cuando los nutrientes disponibles no pueden ser completamente absorbidos, se produce un aumento excesivo de algas y otras plantas acuáticas. A medida que estas plantas mueren y se alojan en el fondo de los lagos, generan residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen una gran cantidad de oxígeno disuelto. Como resultado, puede producirse un descenso de oxígeno en el agua, lo que afecta la vida acuática y puede provocar la pérdida de la flora y fauna debido a la congestión (Soncco y Alvarez, 2020).

La eutrofización es un fenómeno en su mayoría inducido por actividades humanas, que ha experimentado un notable avance en las últimas décadas debido a la expansión de áreas urbanas y el consiguiente incremento en la generación de desechos sólidos y líquidos. Estos desechos elevan la focalización de ciertos nutrientes en los cuerpos hídricos estancadas, lo que conduce a una degradación ambiental que, en muchos casos, resulta irreversible (Fontúrbel-Rada, 2016).

La razón clave es el ascenso en la cantidad de nutrientes (fundamentalmente fósforo y nitrógeno) a través de varias fuentes. Este fenómeno puede ser desencadenado por aportes externos, como materiales trasladados por la lluvia y la erosión en una cuenca, así como vertidos de origen agrícola, industrial y doméstico. Cada año, los ríos y otros cuerpos de agua acumulan nutrientes dependiendo de la carga que disponen, la cual está determinada por el lecho, el caudal, la vegetación ribereña y la litología. Además, en los sistemas acuáticos estancados se almacenan una mayor cantidad de materiales provenientes de la cuenca, lo que resulta en un cambio en el estado trófico (Cuenca, 2016; Gutiérrez-Segovia, 2015).

En la **Figura 4** se observa las cargas externas e internas, que repercuten para que se realice los procesos de eutrofización.



**Figura 4:** Proceso de eutrofización

**Fuente:** (Gutiérrez-Segovia, 2015)

El incremento en la carga de nutrientes se origina debido a la descomposición de la materia orgánica en el sistema. Mediante diversos procesos físico-químicos, los nutrientes se retienen en el depósito, al tiempo que se agrega masa orgánica proveniente de plantas y animales. El depósito puede constituir una significativa fuente de nutrientes, funcionando como un captador conforme con las circunstancias redox (Cuenca, 2016).

El principal resultante es el nivel trófico, que provoca cambios en factores físicos, químicos y biológicos. Conforme en los compuestos de nitrógeno y fósforo, dado que son los actores principales del fenómeno de eutrofización (Cuenca, 2016; Miranda y García, 2018).

#### *Compuestos nitrogenados.*

- Amoníaco: Sus niveles varían según el pH y la temperatura del agua. El amoníaco no ionizado es altamente tóxico para las especies de peces acuáticos.

- Nitrito: Formado por iones nitrito y ácido nitroso, su concentración aumenta con el incremento del pH. Es un contaminante extremadamente perjudicial en los ecosistemas acuáticos, causando una toxicidad considerable en los animales al inhibir el transporte de oxígeno, lo que resulta en asfixia y muerte.

- Nitratos: Tienen efectos similares a los nitritos, pero son más tóxicos, siendo algunos crustáceos, insectos y peces particularmente sensibles a este contaminante. Investigaciones de campo y de laboratorio sugieren que la utilización extendida de fertilizantes nitrogenados como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$  podría favorecer notablemente al declive de las poblaciones de anfibios (Cuenca, 2016).

#### *Compuestos fosforados.*

El oxígeno es un elemento esencial para el equilibrio del hipolimnion, la capa más profunda de un lago o embalse. En esta capa, los sedimentos están llenos de pequeños poros que contienen agua. Estos poros forman una interfase con el agua, donde ocurre el intercambio de elementos como el fósforo. Si esta zona está en condiciones de anoxia, es decir, sin oxígeno, se liberan fosfatos mil veces más que si se encuentra en condiciones aeróbicas, con oxígeno (Cuenca, 2016).

El fósforo orgánico liberado por los organismos en descomposición puede ser consumido por los animales detritívoros. Estos animales luego eliminan el fósforo en las primeras capas del agua, especialmente cuando hay una gran cantidad de plancton que muere y se sedimenta. Los micrófitos, las algas y el zooplancton también desprenden fósforo cuando se descomponen (Cuenca, 2016; Gonzalo, 2015).

### **2.5.1 Eutrofización en las lagunas**

La eutrofización de una laguna ocurre cuando sus aguas se cargan de nutrientes. A primera vista, esto podría parecer beneficioso, debido a que crearía un ambiente favorable para el crecimiento de los organismos que residen en él. No obstante, la situación es más compleja; el inconveniente reside en que un incremento significativo de nutrientes que surge en un desarrollo desmedido de especies vegetales y otros microorganismos. Esto, a su vez, provoca la muerte y descomposición de estos seres vivos debido a la falta de oxígeno, generando malos olores y transformando la laguna en un entorno desagradable e inhabitable para muchas especies. Este fenómeno resulta en una marcada reducción en la calidad del agua (Moreta, 2008; Soncco y Alvarez, 2020).

## **2.6 Suelo**

El suelo es un bien escaso y finito que cumple múltiples funciones ecológicas, incluida la regulación de los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno y el fósforo. Estos elementos son transferidos entre los organismos vivos y los componentes no vivos del ecosistema, influenciados por la energía disponible en el medio ambiente (López, 2002).

Además, satisface las necesidades básicas de la población, el uso del suelo también tiene un impacto significativo sobre el entorno natural y las dinámicas sociales y económicas de los colectivos que residen en un determinado espacio. Dependiendo de la forma en que se aproveche el suelo, se pueden generar diferentes niveles de presión y degradación sobre el mismo, afectando su calidad y su capacidad de proveer servicios ecosistémicos (Altamirano, 2019; Montico et al., 2021).

### **2.6.1 Cobertura vegetal**

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo (2022), se identifica como el revestimiento de vegetación natural que ocupa el espacio de la tierra y muchas clases de biomasa con diferentes aspectos físicos y ambientales, provenientes de la vegetación en áreas cubiertas por bosques naturales. Es una fuente económica de nutrientes, pero si se maneja correctamente, también

desempeña un papel crucial en la conservación de la humedad del suelo al reducir la evaporación diaria, cuya tasa puede variar dependiendo del clima (López et al., 2010).

Además, es uno de los componentes fundamentales a través de la evaluación físico-biótico para la planificación territorial, debido a su significativa influencia en las causas de establecimiento y expansión de suelos, así como en el efecto que los cambios en dicha cobertura tiene sobre la prestación de servicios ecosistémicos. A escala local, estos cambios ocasionan el deterioro y la degradación de suelos, junto con alteraciones en los nichos ecológicos y en la resiliencia de los elementos ambientales (Sepúlveda-Varas et al., 2019).

### **2.6.2 Cambio de uso de suelo**

El concepto de uso del suelo engloba las diversas formas en que un terreno y su cobertura vegetal son empleados. Algunas áreas experimentan modificaciones significativas al ser destinadas a actividades agropecuarias o establecimientos humanos, mientras que otras permanecen relativamente inalteradas debido a la limitada intervención de la sociedad. Por otro lado, el suelo constituye el medio a través del cual las plantas obtienen los nutrientes esenciales para su desarrollo; en consecuencia, la información detallada de carácter morfológicas, físicas y químicas de este elemento adquiere gran relevancia para la planificación de su uso más racional, especialmente en actividades relacionadas con la explotación agrícola y ganadera, así como en labores de reforestación (Pineda, 2011; Trucíos et al., 2013).

## **2.7 Ecosistema**

Un ecosistema se caracteriza como una estructura natural integrado por una comuna de organismos vivos (bióticos) que cooperan entre sí y con los elementos físicos de su entorno (abióticos), dando lugar a un equilibrio dinámico. En términos simples, un ecosistema abarca la totalidad de las plantas, animales, microorganismos y elementos ambientales como el suelo, el agua, la luz solar y el clima que coexisten y se interrelacionan dentro de un área geográfica determinada (Armenteras et al., 2016). Estas interacciones son cruciales para el funcionamiento y la estabilidad del ecosistema, ya que influyen en procesos vitales como la provisión de energía, el desplazamiento de nutrientes, el control del clima local y la preservación de biodiversidad (Prado-Castillo et al., 2018).

Los ecosistemas altoandinos se refieren a los sistemas naturales que se encuentran en las altas montañas de los Andes. Estos ecosistemas son únicos y frágiles, adaptados a las condiciones extremas de altitud, clima y suelo (Anthelme et al., 2015).

### **2.7.1 Bosques Andinos**

Los Bosques Andinos son ecosistemas arbóreos que se encuentran en regiones montañosas, con un intervalo de altitud que oscila entre los 1.000 m s.n.m y la línea más alta del bosque. Se distinguen tras su admirable diversidad biológica y la presencia de especies endémicas. La relevancia de estos ecosistemas reside en los servicios ecosistémicos que proporcionan, tales

como el suministro de agua, la productividad del suelo, la provisión de carbono, entre otros (Bokkestijn, 2017).

Es importante destacar que los Bosques Andinos son ecosistemas sensibles que están experimentando una rápida reducción debido a fenómenos como el cambio climático, la deforestación y la degradación causada por la intervención humana. Esto incluye la conversión de los bosques en tierras agrícolas, pastizales o su utilización para actividades mineras (Bokkestijn, 2017; Lema-Pillalaza et al., 2021).

## **2.8 Software ARGIS**

ArcGIS, desarrollado por Esri, constituye un software de información geográfica que posibilita la creación, análisis, compartición y visualización de datos geoespaciales en diversos formatos, tales como: mapas, imágenes, gráficos y tablas. Este programa permite la exploración de relaciones espaciales, la realización de predicciones y la toma de decisiones fundamentadas en la comprensión geográfico. Además, suministra herramientas para la manipulación de mapas y datos geoespaciales, habilitando a los usuarios para llevar a cabo análisis espaciales, modelado de datos, cartografía digital y otras aplicaciones asociadas con la información geográfica. Su implementación abarca una extensa gama de áreas, como la ordenación urbana, funcionamiento ambiental, agricultura, salud pública, entre otros (Pucha-Cofrep et al., 2017).

## **2.9 Marco Legal**

### **2.9.1 Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)**

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), que se puso en marcha el 29 de diciembre de 1993, representa el principal acuerdo a nivel mundial destinado a fomentar la preservación y el aprovechamiento responsable de nuestros recursos naturales. Su propósito fundamental es garantizar la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus elementos y la equitativa distribución de los beneficios derivados de los recursos genéticos (ONU, 1992).

Art. 8.- Conservación in situ

Cada parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda:

a) Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;

b) Cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;

c) Reglamentará o administra los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para garantizar su conservación y utilización sostenible;

d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales;

f) Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación;

k) Establecerá o mantendrá la legislación necesaria y/u otras disposiciones de reglamentación para la protección de especies y poblaciones amenazadas.

### **2.9.2 Objetivos del desarrollo sostenible (Agenda 2030)**

Los Objetivos de desarrollo sostenible son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir con cada uno de estos objetivos para 2030 (Organización Mundial de las Naciones Unidas, 2023).

#### **Objetivo 6 Agua limpia y saneamiento, metas:**

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

#### **Objetivo 15- Vida de ecosistemas Terrestres, metas:**

15.4 Para 2030, velar por la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible.

15.5 Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica y, para 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.

15.6 Promover la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y promover el acceso adecuado a esos recursos, como se ha convenido internacionalmente.

### **2.9.3 Constitución del 2008**

Es la norma jurídica suprema actualmente vigente en Ecuador. Esta autoridad máxima requiere que todas las regulaciones subconstitucionales futuras estén redactadas de acuerdo con los derechos y garantías establecidos en la Constitución. De acuerdo a la Constitución (2008), se reconoce los siguientes artículos.

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 66.-** Se reconoce y garantizará a las personas:

27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

### **2.9.4 Código Orgánico del Ambiente**

Según el COA (2017), dispone los siguientes artículos:

**Artículo 24.-** Atribuciones de la Autoridad Ambiental Nacional. La Autoridad Ambiental Nacional tendrá las siguientes atribuciones:

2. Establecer los lineamientos, directrices, normas y mecanismos de control y seguimiento para la conservación, manejo sostenible y restauración de la biodiversidad y el patrimonio natural;

## **TÍTULO V**

### **SERVICIOS AMBIENTALES**

**Artículo 83.-** Generación de servicios ambientales. El mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas, así como la dinámica de los ecosistemas naturales o intervenidos, generan servicios ambientales que son indispensables para el sustento de la vida y a su vez producen beneficios directos o indirectos a la población.

### **CAPÍTULO IV**

#### **FORMACIONES VEGETALES NATURALES, PÁRAMOS, MORETALES, MANGLARES Y BOSQUES**

**Artículo 99.-** Conservación de páramos, moretales y manglares. Será de interés público la conservación, protección y restauración de los páramos, moretales y ecosistema de manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo, de conformidad con la ley.

##### **2.9.5 Ordenanza de la Laguna de San Martín (GAD Parroquial de San Gerardo)**

Ordenanza de Girón: "ORDENANZA PARA LA CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y MANEJO DE LA LAGUNA SAN MARTIN Y SU ÁREA DE INFLUENCIA - EN LA PARROQUIA SAN GERARDO – CANTÓN GIRÓN" (GAD Municipal del Cantón Girón, 2017).

**Artículo 2.-** Objetivos. - El Área de Conservación de la laguna San Martín, tendrá como objetivos:

1. Garantizar el estado de conservación del humedal y su zona de influencia directa.
2. Promover estrategias de CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y MANEJO DE LA LAGUNA SAN MARTIN Y SU ÁREA DE INFLUENCIA.
5. Promover y potencializar los recursos turísticos y recreacionales como un mecanismo alternativo de fuentes de ingresos, ligados estrechamente a la educación ambiental y valor cultural del área.

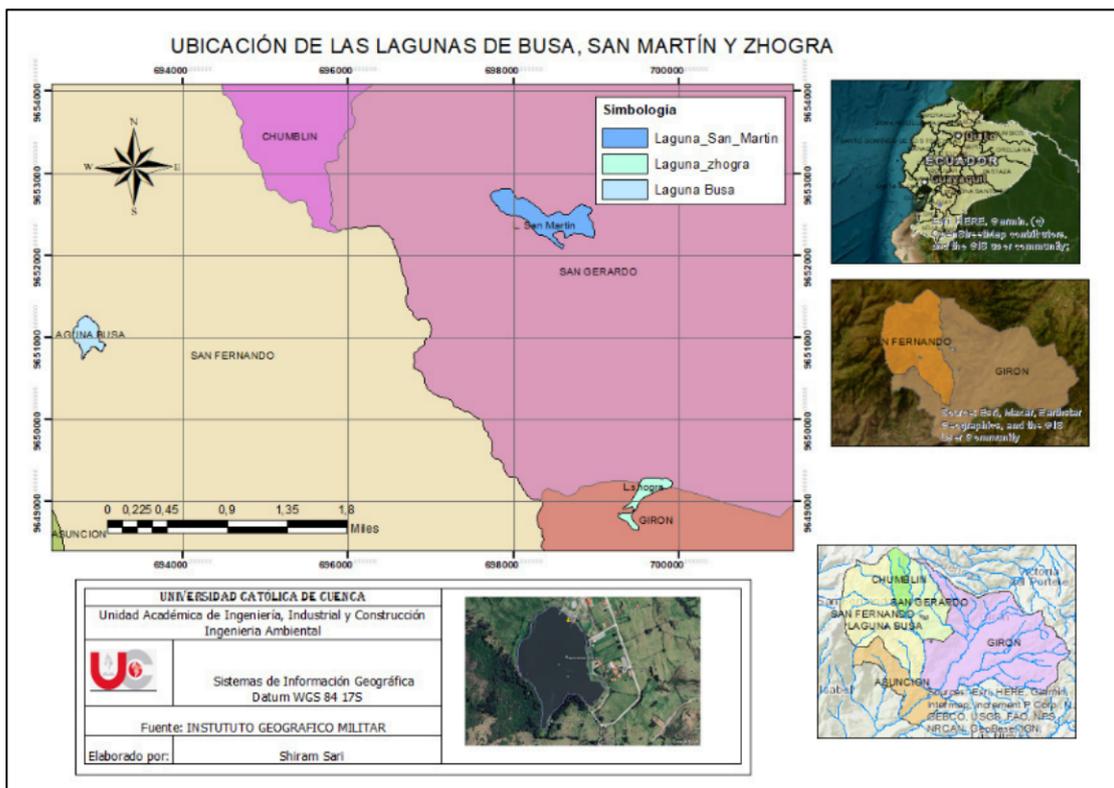
# CAPÍTULO III

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio de investigación adopta un enfoque investigativo, dirigido al análisis integral de aspectos biofísicos, sociales y ambientales en las áreas de interés. Se lleva a cabo mediante la recopilación exhaustiva de datos primarios y secundarios proporcionados por el GAD Provincial del Azuay, así como visitas de campo destinadas a verificar y validar la evolución del uso del suelo. Estas actividades se realizaron con el objetivo de evidenciar la relevancia de las zonas de conservación y su impacto en el entorno para proponer conectividad entre ellas.

### 3.1 Zona de estudio

La zona de estudio está comprendida por tres lagunas: Busa, San Martín y Zhogra. Estas se encuentran asentadas en las ciudades de San Fernando y Girón, pertenecientes a la provincia del Azuay. De acuerdo con el plan de ordenamiento territorial de la provincia del Azuay, estos cantones ocupan una extensión de 48565,31 ha, que en porcentaje es apenas el 5,84% con respecto a la provincia. En la **Figura 5**, se describe las zonas en donde se asientan las lagunas, con base a su ubicación regional, provincial, cantonal y parroquial.



**Figura 5:** Mapa General de las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra

Fuente: Sistema Nacional de Información (SIN)

### 3.1.1 Laguna Busa

La laguna está situada a una altitud de 2800 m s.n.m., al pie del cerro San Pablo, en la ciudad de San Fernando, provincia del Azuay. Se alimenta principalmente de las aguas del páramo y, muy probablemente, también de las filtraciones subterráneas del cerro San Pablo (GAD Provincial del Azuay, 2022). En la **Figura 6**, se presenta a la laguna Busa que tiene una dimensión de 11 hectáreas. Desde la perspectiva del aprovechamiento del agua de la laguna, es principalmente orientada hacia propósitos turísticos. Un aspecto a recalcar es la contaminación generada en esta fuente natural, debido a residuos sólidos, como plásticos y papeles, derivados de las actividades turísticas.



**Figura 6:** *Laguna Busa*

**Fuente:** *Google Earth, 2024*

### 3.1.2 Laguna San Martín

La laguna de San Martín está situada en la parroquia de San Gerardo, en la ciudad de Girón, en la provincia del Azuay. De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de la ciudad de Girón, la laguna se define como un cuerpo de agua de 28 hectáreas, siendo la más extensa de las tres (GAD Provincial Azuay, 2021). Su altitud varía a partir de los 2.720 m s.n.m. en el borde del humedal hasta los 2.800 m s.n.m. en la línea de división del agua. El efluente de la laguna desemboca en la quebrada San Martín, que es parte de la subcuenca del río Rircay, perteneciente a la cuenca del río Jubones (PDOT Azuay, 2018). Como se observa en la **Figura 7**, su espejo de agua ha venido disminuyendo por las actividades de las zonas colindantes a la laguna.

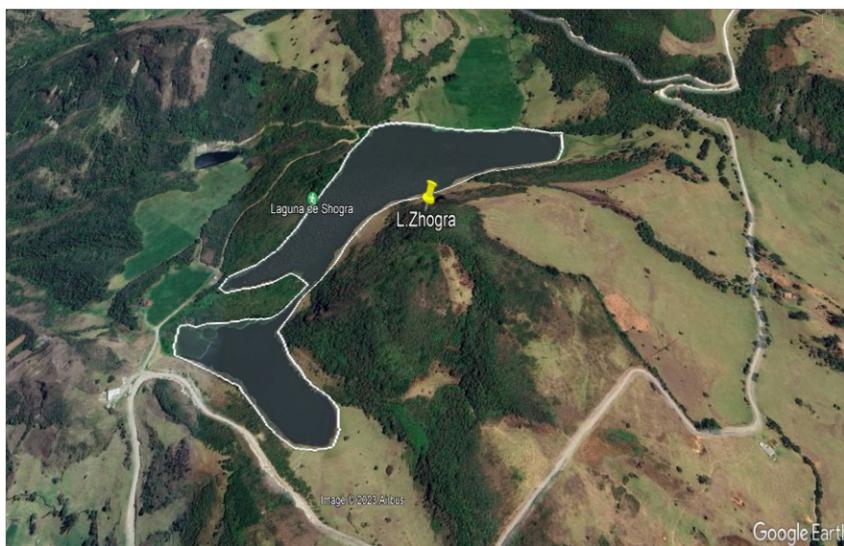


**Figura 7:** *Laguna San Martín*

**Fuente:** *Google Earth, 2024*

### **3.1.3 Laguna Zhogra**

La laguna de Zhogra se sitúa en el sector Cauquil, dentro de la parroquia y ciudad de Girón. Esta laguna conforma parte de la subcuenca del río Rircay, tributario del río Jubones. De acuerdo el GAD Provincial del Azuay (2021) es un humedal de gran importancia y relevancia para el cantón y comunidades, dado que se benefician los clientes de la junta de Agua de riego Zhogra para regar sus fincas y mejorar la producción. Se encuentra a una altitud promedio de los 2520 m s.n.m. y la superficie de estudio comprende una área de 11,2 hectáreas. En la **Figura 8** se ilustra el área que comprende la laguna, proporcionando una representación visual de su extensión geográfica.



**Figura 8:** *Laguna Zhogra*

**Fuente:** *Google Earth, 2024*

### 3.2 Calidad de agua de las Lagunas

Se recopiló la información físico-química de los resultados de agua adquiridas de las lagunas de análisis que fueron realizadas por el GAD Provincial del Azuay entre los años 2021, 2022 y 2023.

La metodología utilizada por parte del GAD Provincial para los muestreos fue: la “Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua” emitida mediante la UICN (2018), en este proceso, se tomaron en cuenta los siguientes criterios para posicionar adecuadamente los lugares de muestreo: accesibilidad, representatividad y seguridad (UICN, 2016).

Se realizó un monitoreo en varios puntos dentro y fuera de cada laguna durante las temporadas de invierno y verano, en los diferentes años ya mencionados.

Específicamente respecto a la laguna de Busa, durante los años 2021 y 2022, el GAD provincial del Azuay llevó a cabo un monitoreo durante la temporada lluviosa. Las coordenadas geográficas se exponen detalladamente en la **Tabla 2**.

**Tabla 2:** Puntos de monitoreo en la Laguna Busa en los años 2021-2022

| Laguna Busa año (2021-2022) |        |          |           |
|-----------------------------|--------|----------|-----------|
| Punto de monitoreo          | Código | x        | y         |
| Punto 1                     | AS01   | 692855   | 9651243,1 |
| Punto 2                     | AS02   | 692690,5 | 9651163,2 |
| Punto 3                     | AS03   | 692708,7 | 9650924,2 |
| Punto 4                     | AS04   | 692784,2 | 9650642,2 |
| Punto 5                     | AS05   | 692824,0 | 9651108,2 |
| Punto 6                     | AS06   | 692850,9 | 9651016,7 |

**Fuente:** (GAD Provincial Azuay, 2022).

La **Tabla 3** muestra las coordenadas geográficas del monitoreo realizado en el año 2023 por parte del GAD Provincial del Azuay. El primer punto se refiere a la entrada, el segundo a la salida, el tercero al centro de la laguna, el cuarto a las zonas de totoras y, finalmente, el quinto se encuentra entre los muelles. Este monitoreo se acogió desde los meses de octubre a diciembre, una vez al mes, teniendo como resultado 3 medidas en cada punto.

**Tabla 3:** Puntos de monitoreo en la laguna Busa año 2023

| Laguna Busa        |        |         |
|--------------------|--------|---------|
| Punto de monitoreo | x      | y       |
| Punto 1            | 692838 | 9651240 |
| Punto 2            | 692837 | 9651083 |
| Punto 3            | 692792 | 9650917 |
| Punto 4            | 692945 | 9650954 |
| Punto 5            | 692688 | 9651165 |

Fuente: (GAD Provincial del Azuay, 2022).

#### a. Laguna San Martín

El GAD Provincial del Azuay monitoreó el agua en la laguna de San Martín durante las temporadas de invierno (agosto, septiembre y octubre de 2021) y verano (febrero, marzo y abril de 2022). La **Tabla 4** presenta los puntos de monitoreo identificados en el estudio, junto con sus coordenadas geográficas y códigos respectivos. Se monitorearon un total de 6 puntos estratégicamente ubicados dentro de la laguna durante el estudio realizado.

**Tabla 4:** Puntos de monitoreo de Laguna San Martín (año 2021-2022)

| Laguna San Martín  |        |           |            |
|--------------------|--------|-----------|------------|
| Punto de monitoreo | Código | X         | Y          |
| Punto 1            | AS01   | 697890,87 | 9652561,29 |
| Punto 2            | AS02   | 697910,39 | 9652632,26 |
| Punto 3            | AS03   | 698030,24 | 9652640,59 |
| Punto 4            | AS04   | 697915,85 | 9652724,06 |
| Punto 5            | AS05   | 697841,06 | 9652724,75 |
| Punto 6            | AS06   | 697722,37 | 9652716,46 |

Fuente: (Siguienza y Loja, 2022).

### **b. Laguna Zhogra**

Durante el año 2022, el GAD Provincial del Azuay realizó un monitoreo de dos meses en la laguna Zhogra, abarcando las temporadas de verano y de invierno. En el mes de mayo, se seleccionaron cuatro puntos de monitoreo, mientras que en septiembre se añadieron dos puntos más para el monitoreo de invierno. La **Tabla 5** proporciona las coordenadas geográficas correspondientes a los meses mencionados, lo que permite una ubicación precisa de los sitios de monitoreo.

**Tabla 5:** Puntos de monitoreo de *Laguna Zhogra*

| Laguna Zhogra             |               |           |            |
|---------------------------|---------------|-----------|------------|
| <b>Punto de monitoreo</b> | <b>Código</b> | <b>x</b>  | <b>y</b>   |
| <b>Punto 1</b>            | AS001         | 699261,6  | 9648815,7  |
| <b>Punto 2</b>            | AS002         | 699448,73 | 9648697,57 |
| <b>Punto 3</b>            | AS003         | 699671,8  | 9649160,7  |
| <b>Punto 4</b>            | AS004         | 699553,7  | 9649228,04 |
| <b>Punto 5</b>            | AS05          | 699295    | 9648817    |
| <b>Punto 6</b>            | AS06          | 699423    | 9648706    |

Como se mencionó anteriormente, se llevaron a cabo períodos de monitoreo en las tres lagunas de estudio durante sus temporadas de invierno y verano llevadas a cabo del GAD Provincial del Azuay. En la laguna Busa, los monitoreos se realizaron en ambas estaciones a lo largo de los meses de agosto, septiembre y octubre de 2021, y en febrero, marzo y abril de 2022. En el año 2023, el GAD Provincial del Azuay realizó un nuevo monitoreo durante la época lluviosa, abarcando el período de octubre 2023 a marzo 2024. Sin embargo, solo se consideraron los meses de octubre hasta diciembre en el análisis. De eso permitió obtener datos relevantes sobre las condiciones ambientales de la laguna en diferentes momentos del año, facilitando una comprensión más completa de su funcionamiento y cambios estacionales.

En la laguna de San Martín, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Provincial del Azuay realizó un monitoreo durante las estaciones de verano, entre los meses de agosto, septiembre y octubre de 2021, y durante la temporada de invierno, entre febrero, marzo y abril de 2022. Se recolectaron muestras durante la última semana de cada mes, abarcando un período total de seis meses para el estudio. Por otro lado, en la laguna de Zhogra, se realizó un monitoreo durante dos meses en el año 2022: en mayo, considerando la temporada seca, y en septiembre, durante la estación lluviosa. Esto indica que la laguna de Zhogra tuvo menor intervención en términos de monitoreo en comparación con las otras lagunas analizadas.

Dado que la frecuencia de monitoreo de las lagunas de Busa y San Martín establecidas por el GAD Provincial fue durante seis meses, se espera obtener resultados más concretos sobre la calidad de los cuerpos lacustres y evidenciar la variabilidad de sus parámetros y tendencias a lo largo del tiempo, lo que contribuye a una comprensión más completa de la calidad ambiental de las lagunas.

### **3.2.1 Toma y conservación de las muestras**

El GAD provincial del Azuay tomó muestras de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana INEN 2176:2013: Agua. El estado del agua. Experimento, INEN 2169:2013 y métodos de muestreo: agua. El estado del agua. Experimento. Manejo y conservación de muestras bajo supervisión y autoría de técnicos del Gobierno Provincial de Azuay. Se utilizaron envases de plástico de 1000 ml, 500 ml y 250 ml para analizar el fósforo, el nitrógeno total, los nitritos, los nitratos, la DBO, la DQO, la OD, el pH, la turbidez y la temperatura (Sigüenza y Loja, 2022). Es importante destacar que, durante la recolección de muestras, se procedió a enjuagar los frascos dos veces con agua de las lagunas y, en la tercera ocasión, se recolectó la muestra correspondiente por los profesionales del GAD Provincial del Azuay. Los coliformes fecales se recolectaron en frascos pequeños de plástico que habían sido previamente esterilizados y sellados en bolsas para evitar que la muestra se contaminara. Todos los contenedores estaban etiquetados adecuadamente con información sobre el lugar, la fecha, la hora, el muestreador y las coordenadas.

El GAD Provincial del Azuay recolectó muestras de las lagunas durante 2021 y 2022 y las envió al laboratorio ALS ECUADOR ALSECU S.A. en Quito para su análisis. La **Tabla 6** detalla los criterios y procedimientos utilizados por el laboratorio para realizar el análisis de los parámetros especificados. Este proceso de análisis en un laboratorio especializado garantiza que los resultados obtenidos sean precisos y confiables.

**Tabla 6:** Tabla de métodos empleados a los parámetros y la técnica utilizada.

| Parámetro                     | Método de referencia                                 | Técnica                   |
|-------------------------------|--|---------------------------|
| POTENCIAL HIDROGENO           | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B | Electrometría             |
| FOSFORO                       | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C   | Espectrofotometría UV-Vis |
| NITRATOS                      | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E           | Espectrofotometría UV-Vis |
| NITRITOS                      | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO2- E           | Espectrofotometría UV-Vis |
| OXIGENO DISUELTO              | Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O A y 4500-O C   | Volumetría                |
| CLOROFILA A (*)               | Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H               |                           |
| COLIFORMES FECALES            | Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F         | Filtración por membrana   |
| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO    | Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D                |                           |
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO | Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B                |                           |
| ALCALINIDAD                   | Standard Methods Ed. 23, 2017, 2320 B                |                           |
| COLOR REAL                    | Standard Methods Ed. 23, 2017, 2120 C                |                           |
| TURBIDEZ                      | Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B       | Nefelometría              |

Fuente: (ALS, 2023; Sigüenza y Loja, 2022)

### 3.3 Metodología para determinar el Índice de calidad ICA NSF

Para la implementación del Índice de Calidad de Agua (ICA), se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de gran parte de los índices de calidad de agua disponibles a nivel mundial. El objetivo fue identificar aquellos índices más apropiados para evaluar la calidad del agua en las tres lagunas antes mencionadas. Tras el análisis, se optó por el uso del Índice ICA NSF, considerado el

más adecuado para las características particulares de estas lagunas y los objetivos de estudio planteados.

Se realizó la valoración del Índice de Calidad del Agua (ICA) utilizando los datos obtenidos de cada uno de los monitoreos de las tres lagunas de estudio llevadas a cabo por el GAD Provincial del Azuay. Estos datos fueron representados en gráficas con el propósito de visualizar y diferenciar los cambios que cada índice de calidad que representa cada laguna. El procesamiento y diagnóstico de los datos se llevó a cabo utilizando el software Excel, lo que permitió una manipulación eficiente y precisa de la información recopilada.

### 3.3.1 Cálculo del índice NSF

El cálculo del índice NSF se llevó a cabo utilizando el método aditivo, que implica la suma de los resultados de cada subíndice de los parámetros analizados, teniendo en cuenta tanto las variables fisicoquímicas como microbiológicas (Torres et al., 2009). La metodología se fundamenta en nueve parámetros de calidad del agua, que incluyen: coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto (Brown et al., 1970). El Índice de Calidad del Agua (ICA) adopta un valor máximo de 100 para condiciones óptimas, el cual va disminuyendo con el aumento de la contaminación del cuerpo de agua (Bonilla et al., 2010).

Para el cálculo del índice NSF y sus subíndices se utilizó la siguiente ecuación:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 Subi * Wi$$

En donde, según Brown et al., (1970) :

- ICA: Índice de Calidad de Agua.
- i: cada uno de los parámetros de calidad.
- Subi: subíndice del parámetro i; (se encuentra entre 0 y 100).
- Wi: pesos ponderados entre 0% y 100%, asignados a cada parámetro (li)

### Pesos ponderados

Los pesos ponderados se utilizaron en la valoración del índice del agua para obtener una medida compuesta que refleje de manera más precisa el estándar de calidad de un cuerpo de agua determinado. Estos pesos asignan valores numéricos a cada parámetro para reflejar su relevancia relativa en la evaluación de la condición del agua.

En la **Tabla 7** se visualizan los pesos ponderados que reflejan los factores de ponderación determinados según su relevancia en la aplicación del índice ICA-NSF. Estos pesos se aplican de manera individual para cada uno de los subíndices.

**Tabla 7:** Tabla de factor de ponderación

| Parámetro                | Factor de ponderación |
|--------------------------|-----------------------|
| Oxígeno disuelto         | 0,17                  |
| Coliformes fecales       | 0,16                  |
| pH                       | 0,11                  |
| DBO                      | 0,11                  |
| Variación de Temperatura | 0,10                  |
| Fosfatos                 | 0,1                   |
| Nitratos                 | 0,1                   |
| Turbidez                 | 0,08                  |
| Sólidos Totales          | 0,07                  |

Fuente:(Li, 2014; Sigüenza y Loja, 2022)

Sin embargo, no se han tenido en cuenta todos los parámetros en el análisis. Por lo tanto, se ha excluido el parámetro de sólidos totales de la **Tabla 7** de factores de ponderación. De manera que se ha realizado una corrección en sus factores para ajustar su valor en relación con los demás parámetros considerados. En la **Tabla 8** se muestra el factor de ponderación ajustado en función de los demás parámetros.

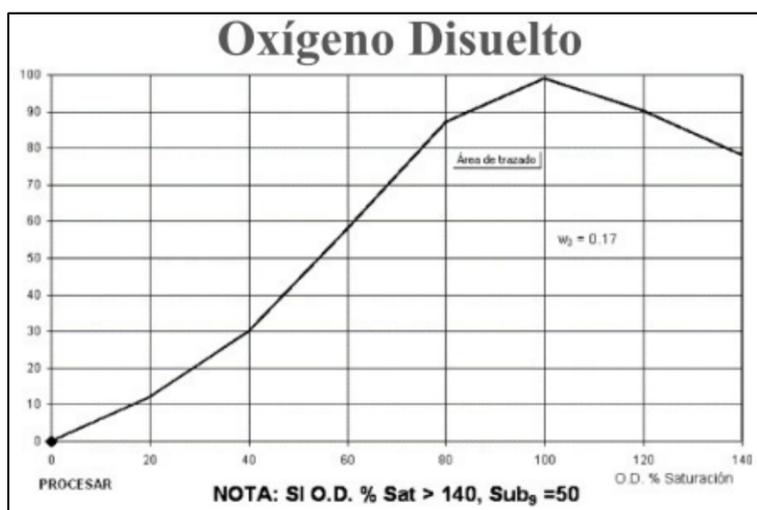
**Tabla 8:** Tabla de factor de ponderación ajustado

| Parámetro                | Factor de ponderación ajustado |
|--------------------------|--------------------------------|
| Oxígeno disuelto         | 0,17875                        |
| Coliformes fecales       | 0,16875                        |
| pH                       | 0,11875                        |
| DBO                      | 0,11875                        |
| Variación de Temperatura | 0,10875                        |
| Fosfatos                 | 0,10875                        |
| Nitratos                 | 0,10875                        |
| Turbidez                 | 0,08875                        |

Ya ajustado su factor de ponderación, se calcula sus subíndices (Sub<sub>i</sub>) mediante las curvas de valoración, que se menciona a continuación.

### Oxígeno disuelto

Si la DBO<sub>5</sub> es mayor de 30 mg/L, entonces el valor del subíndice Sub<sub>1</sub> es igual a 2. Si la DBO<sub>5</sub> es menor de 30 mg/L, se busca el valor en el eje X en la **Figura 9** y se procede a interpolar hasta el valor en el eje Y. El valor obtenido representa el Sub<sub>1</sub> de DBO<sub>5</sub>, que luego se multiplica por el peso W<sub>1</sub> (Corrales, 2018; Parada y Solano, 2007).



**Figura 9:** Curva de valoración del oxígeno disuelto

**Fuente:** (Corrales, 2018)

La **Tabla 9** permite una visualización precisa de cómo varía el oxígeno disuelto en función de la altura y la temperatura en cada ubicación monitoreada.

**Tabla 9:** Tabla de valores del oxígeno disuelto en función de la altura y temperatura

**VALORACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO SATURADO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA Y TEMPERATURA**

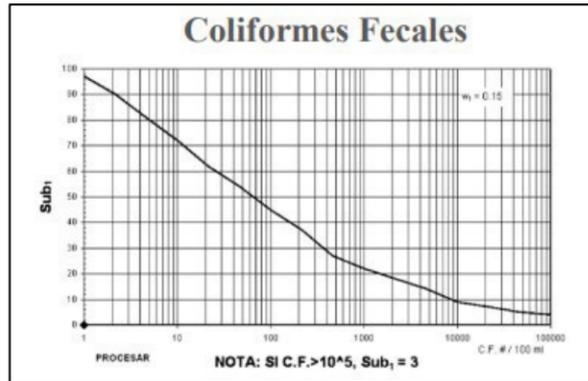
| ALTURA(m) | TEMPERATURA °C |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | 6              | 8    | 9    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |
| 1900      | 10,34          | 9,80 | 9,31 | 8,86 | 8,44 | 8,06 | 7,70 | 7,38 | 7,07 | 6,79 | 6,52 |
| 2000      | 10,21          | 9,68 | 9,20 | 8,75 | 8,34 | 7,96 | 7,61 | 7,28 | 6,98 | 6,70 | 6,44 |
| 2100      | 10,08          | 9,56 | 9,08 | 8,64 | 8,23 | 7,86 | 7,51 | 7,19 | 6,89 | 6,61 | 6,35 |
| 2200      | 9,95           | 9,44 | 8,97 | 8,53 | 8,13 | 7,76 | 7,41 | 7,10 | 6,80 | 6,53 | 6,27 |
| 2300      | 9,83           | 9,32 | 8,85 | 8,42 | 8,02 | 7,66 | 7,32 | 7,01 | 6,72 | 6,44 | 6,19 |
| 2400      | 9,70           | 9,20 | 8,74 | 8,32 | 7,92 | 7,56 | 7,23 | 6,92 | 6,63 | 6,36 | 6,11 |
| 2500      | 9,58           | 9,09 | 8,63 | 8,21 | 7,82 | 7,47 | 7,13 | 6,83 | 6,54 | 6,28 | 6,03 |
| 2600      | 9,46           | 8,97 | 8,52 | 8,11 | 7,72 | 7,37 | 7,04 | 6,74 | 6,46 | 6,20 | 5,95 |
| 2700      | 9,34           | 8,86 | 8,42 | 8,00 | 7,63 | 7,28 | 6,95 | 6,66 | 6,38 | 6,12 | 5,88 |
| 2800      | 9,23           | 8,75 | 8,31 | 7,90 | 7,53 | 7,18 | 6,87 | 6,57 | 6,30 | 6,04 | 5,80 |
| 2900      | 9,11           | 8,64 | 8,20 | 7,80 | 7,43 | 7,09 | 6,78 | 6,49 | 6,22 | 5,96 | 5,72 |
| 3000      | 9,00           | 8,53 | 8,10 | 7,71 | 7,34 | 7,00 | 6,69 | 6,40 | 6,14 | 5,89 | 5,65 |
| 3100      | 8,88           | 8,42 | 8,00 | 7,61 | 7,25 | 6,91 | 6,61 | 6,32 | 6,06 | 5,81 | 5,58 |
| 3200      | 8,76           | 8,31 | 7,90 | 7,51 | 7,16 | 6,82 | 6,53 | 6,24 | 5,98 | 5,73 | 5,51 |

Fuente:(Bonilla et al., 2010)

**Coliformes Fecales**

Si la cantidad de coliformes fecales es superior a 10 NMP/100 ml, se establece el subíndice correspondiente en 2. La **Figura 10** muestra el subíndice mediante interpolación si es inferior a 10

NMP/100 ml. El resultado final se obtiene multiplicando el valor obtenido por su peso ( $W_i$ ) (Corrales, 2018; Parada y Solano, 2007).

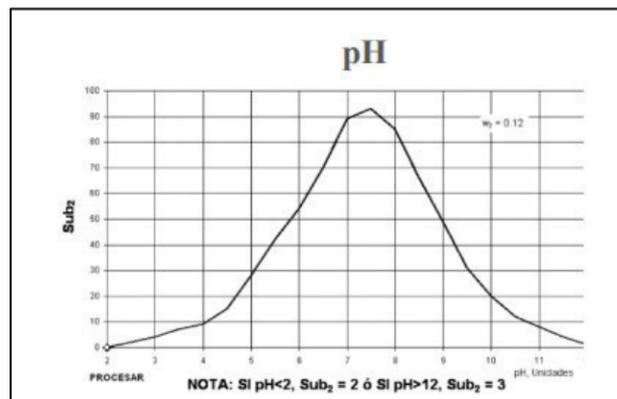


**Figura 10:** Valoración de subíndice de Coliformes fecales.

**Fuente:** (Corrales, 2018)

### Potencial hidrógeno

Si el valor de pH es inferior a 2 unidades, el ( $Sub_3$ ) es igual a 2, mientras que, si es superior a 10 unidades, el ( $Sub_3$ ) es igual a 3. Si el valor de pH está entre 2 y 10, el valor en el eje (X) de la **Figura 11** se interpola con el valor en el eje (Y). El valor de pH ( $Sub_2$ ) encontrado se multiplica por el peso  $W_2$  (Corrales, 2018; Parada y Solano, 2007).

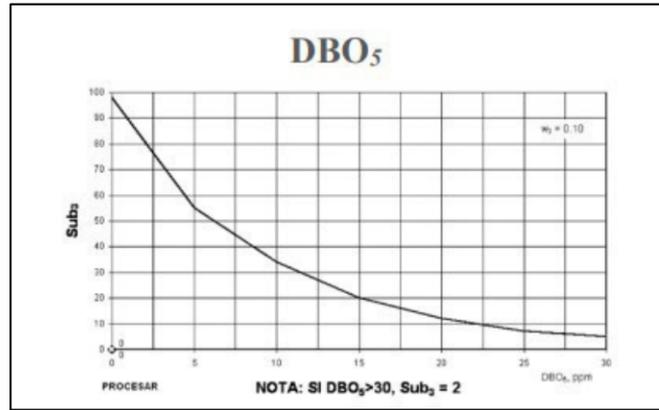


**Figura 11:** Curva de valoración del pH

**Fuente:** (Corrales, 2018)

### Demanda Bioquímica el Oxígeno

Si la DBO5 supera los 30 mg/l, se establece el subíndice correspondiente ( $li$ ) en 2. El subíndice ( $li$ ) se encuentra mediante interpolación en la Figura 12 si es inferior a 30 mg/l. El resultado final se obtiene multiplicando el valor obtenido por su peso ( $W_i$ ) (Corrales, 2018).

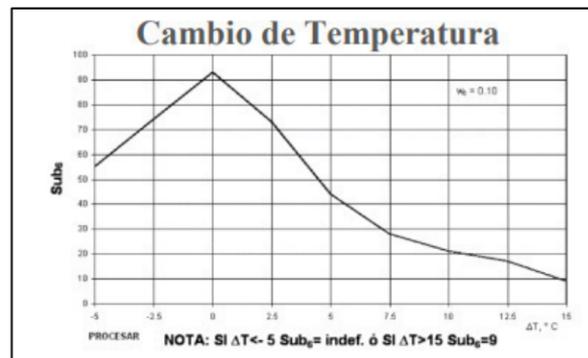


**Figura 12:** Valoración de subíndice de  $DBO_5$

Fuente: (Corrales, 2018)

### Cambio de temperatura

En el ámbito del parámetro de temperatura (Sub5), es necesario calcular la discrepancia de la temperatura entre dos puntos de monitoreo continuos. Si se trata de un único punto de muestreo, el delta es cero, y se procederá a proceder con el valor obtenido (Corrales, 2018). Si la diferencia de temperatura entre dos puntos de monitoreo continuos es mayor de  $15^{\circ}\text{C}$ , el valor del subíndice correspondiente (Sub5) es igual a 9. Si el valor obtenido está por encima de los  $15^{\circ}\text{C}$ , se utiliza el eje de las abscisas (X) de la **Figura 13** para determinar el valor correspondiente en el eje de las ordenadas (Y). Este valor obtenido es el subíndice de temperatura (Sub5), el cual se multiplica por el peso  $W_6$  para obtener el resultado final.

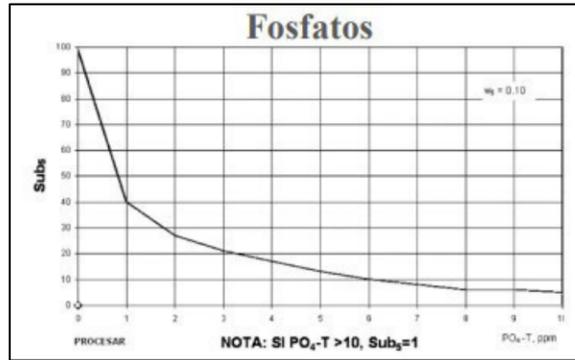


**Figura 13:** Curva de valoración del Cambio de Temperatura

Fuente: (Corrales, 2018)

### Fosfatos

Si la concentración de fosfatos es mayor de  $10\text{ mg/L}$ , el valor del subíndice correspondiente es igual a 5. Si la concentración de fosfatos es menor de  $10\text{ mg/L}$ , se busca el valor en el eje de las abscisas (X) en la **Figura 14** y se interpola para obtener el valor en el eje de las ordenadas (Y). Luego, se multiplica el valor obtenido por el peso  $W_7$  para obtener el resultado final (Corrales, 2018; Parada y Solano, 2007).

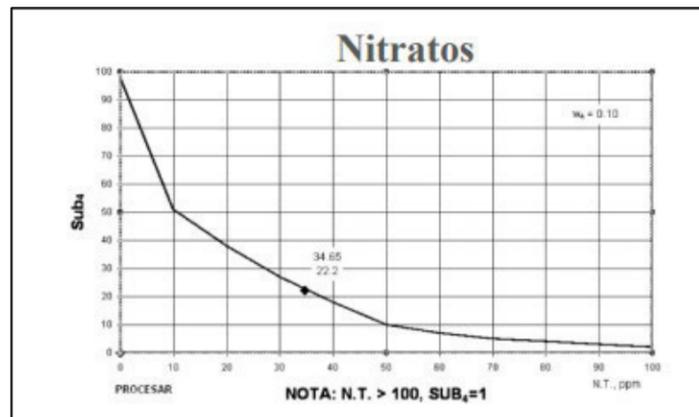


**Figura 14:** Curva de valoración del Cambio de fosfatos

Fuente: (Corrales, 2018)

### Nitratos

Si la concentración de nitratos es mayor de 100 mg/L, el subíndice correspondiente (Sub6) se establece en 2. En caso de que la concentración de nitratos sea menor de 100 mg/L, se determina el subíndice mediante interpolación en la **Figura 15**. El valor obtenido se utiliza como el subíndice (Sub6) de nitratos y se multiplica por el peso W4 correspondiente (Corrales, 2018; Parada y Solano, 2007).

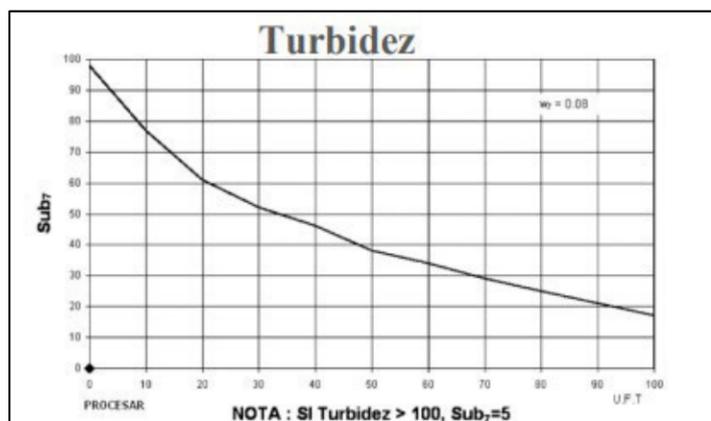


**Figura 15:** Curva de valoración del Nitratos

Fuente: (Corrales, 2018)

### Turbiedad

Si la turbidez es mayor de 100 NTU, el subíndice correspondiente se establece en 5. En caso de que la turbidez sea menor de 100 NTU, se determina el subíndice mediante interpolación en la **Figura 16**. El valor obtenido se utiliza como el subíndice (Sub8) y se procede a aplicar el peso correspondiente (Corrales, 2018; Parada y Solano, 2007).



**Figura 16:** Curva de valoración del Turbidez

Fuente: (Corrales, 2018)

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información para determinar cambios en el uso de suelo

En la búsqueda de información se incorporó técnicas e instrumentos: se utilizó una ficha de observación para analizar y describir la zona de estudio como también el uso actual del suelo de las áreas aledañas a las lagunas. También se utilizó información cartográfica obtenida del MAATE para describir las alteraciones de uso de suelo de los años 2000,2008,2018 y 2022.

#### 3.4.1 Recolección de información en campo

La información de campo fue recabada con la utilización de instrumentos de investigación aplicada en lugar de los hechos, es decir, en las lagunas de los cantones de San Fernando y Girón. Además, se observaron las actividades y la infraestructura aledaña a la laguna Busa.

En el transcurso del período de monitoreo correspondiente al mes de diciembre, se llevó a la visita de campo, durante la cual se completaron las fichas de observación. Durante esta fase, se examinó la cercanía de las actividades ganaderas y agrícolas a las lagunas, además de verificar la presencia de infraestructuras en las inmediaciones, como vías de primer y segundo orden. Asimismo, se procedió a la identificación del tipo de ecosistema y biodiversidad que existe en la zona. Para obtener información detallada sobre estos aspectos, se remite al Anexo 1.

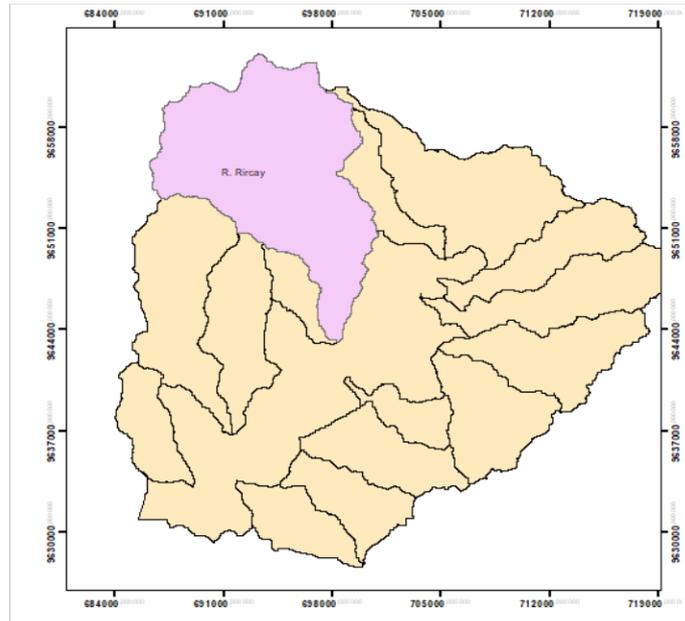
#### 3.4.2 Procesamiento de información

Con la información obtenidos de las fichas de observación, se interpretó la información en tablas generales donde se describe las observaciones encontradas en las lagunas. Con respecto a los datos cartográfica se trabajó en el software de ArcGIS, considerando las capas de cobertura vegetal de diferentes años obtenidas del MAATE:

- Uso de suelo año 2000
- Uso de suelo año 2008

- Uso de suelo año 2018
- Uso de suelo año 2022

Las capas de cobertura vegetal correspondientes a los años mencionados fueron recortadas de acuerdo con la división de aguas de la subcuenca del río Rircay. En la **Figura 17**, se puede apreciar la selección de la subcuenca del río Rircay basada en su cuenca correspondiente.



**Figura 17:** Subcuenca del río Rircay.

En la que se evaluaron los cambios de sus diferentes rangos de uso de suelo y/o cobertura vegetal adyacentes al área de estudio. Por lo que se determinó en porcentaje el valor de que cada categoría que ocupa dentro de la microcuenca.

Luego del análisis se describe la categoría de mayor variación y la de mayor ocupación, a lo largo del tiempo, además, se validó con la información obtenida por la ficha de observación.

### **3.5 Propuesta del Biocorrecor**

Para la creación de una propuesta de conectores ecológicos en la superficie de estudio fue necesario la definición de área de interés, núcleos de conservación y a su vez proponer la creación de conectores (Chassot et al., 2013).

#### **3.5.1 Definición de áreas potenciales para el establecimiento de un corredor biológico**

##### **a. Delimitación general del área de interés.**

Mediante el software ArcGIS se definieron las áreas de interés con base en su división hidrográfica por la ubicación de las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra. Este procedimiento se desarrolló sobre un conjunto de shapefiles generados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica (MAATE). Los shapefiles corresponden a un sistema de coordenadas UTM,

datum WGS-84, zona 17. Se desarrolló, el procedimiento definiendo en qué cuenca se asienta la zona de estudio hasta la subcuenca para que sea más específica.

#### ***b. Identificación de los núcleos de conservación.***

Por medio de un análisis visual, se interpretaron y delimitaron los núcleos de conservación mediante los shapefiles de ecosistemas y cobertura vegetal de uso de suelo actual a base a la subcuenca del río Rircay para determinar las categorías que se encuentran cercanas a las lagunas y establecer sus áreas prioritarias. En el shape de ecosistemas se delimitaron ecosistemas cercanos al área de investigación, mientras que en la cobertura vegetal de uso de suelo del año 2022 se distinguieron las categorías más prioritarias para la conservación, que son: bosque nativo y vegetación arbustiva y herbácea.

#### ***c. Identificación de los sitios de interés para la conservación (conectores del paisaje)***

Para desarrollar la propuesta, se definieron factores, variables y criterios en una matriz que representaba el modelo cartográfico. Por consiguiente, se procedió con la compilación de datos cartográfica idónea para la formulación de un mapa de aptitud territorial en el que se pudiera observar la zona apta para proponer áreas de conectividad ecológica. A continuación, con la siguiente información, se propusieron las áreas en donde se podrían planificar los corredores ecológicos aptas para el desplazamiento de especies y dispersión de semillas.

- Base de datos (valoración de variables, reclasificación, rasterización).
- Shapes (variables): uso y cobertura vegetal, fenología, elevación, densidad vial, densidad población.
- Álgebra de mapas: Mapas de aptitud territorial para identificar zonas aptas de conectividad ecológica.

Cada variable fue valorada de acuerdo a su importancia para la presencia de zonas de conectividad ecológica. La evaluación fue realizada por medio de la metodología de Saaty en Chassot et al., (2013). Además, por análisis de información bibliográfica, se plantearon valores a las condiciones más favorables para la presencia de otros ecosistemas. A pesar de las valoraciones particulares de los factores mencionados, se optó por no formular ponderaciones porcentuales diferenciadas a ninguno de ellos. Es decir, en la etapa final del álgebra de mapas se otorgó un peso particular de 1 (alta) a las coberturas prioritarias para la conservación y restauración.

Para la valoración y representación cartográfica el área de estudio se utilizó el software ArcGIS 10.5. Se obtuvo un mapa por cada una de las variables consideradas como resultado, con lo que se constituyó un total de seis capas en formato ráster. Posterior a este paso, cada una de ellas fue zonificada con base en su nivel de importancia (alta, baja, media), que se estableció de acuerdo con las condiciones del medio.

Para justificar la importancia del área de interés se plantea un FODA que es una técnica de que orientó principalmente para determinación y solución de conflictos y se lleva mediante la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, de igual manera las oportunidades y amenazas obtenidas de las áreas conectivas (García-López y Cano- Flores, 2013).

A continuación, en la **Tabla 10** se visualiza los componentes del análisis FODA, utilizado para reconocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de un proyecto o proceso. Este análisis provee una percepción completa de los factores internos y externos que alcanzan incidir en el resultado favorable o decepción de una iniciativa. Además, facilita la elaboración de estrategias para maximizar los aspectos positivos y mitigar los desafíos identificados.

**Tabla 10:** Componentes de un análisis de FODA

|          |               |             |
|----------|---------------|-------------|
|          | Positivos     | Negativos   |
| Internos | Fortalezas    | Debilidades |
| Externos | Oportunidades | Amenazas    |

**Fuente:** (García-López y Cano- Flores, 2013).

En el caso de los componentes internos de las áreas de conectividad, el enfoque se centró en la conservación y restauración de los sitios. Por otro lado, los componentes externos se dirigieron hacia la población y las entidades políticas

**d. Definición de criterios biofísicos, ecológicos y sociales para delimitar el área**

Para identificar los criterios biofísicos, ecológicos y sociales, se han ubicado los shapes correspondientes en la microcuenca del río Rircay. Estos shapes se han posicionado estratégicamente para delimitar el área en función de las lagunas presentes en las ciudades de Girón y San Fernando. Este enfoque geoespacial permite una demarcación precisa que tiene en cuenta tanto los aspectos ambientales como los sociales, lo que facilita un análisis integral de la zona y proporciona un fundamento firme para la toma de resoluciones en la planificación y gestión.

Criterios biofísicos:

**Fenología:** La fenología se ocupa del estudio de los ciclos biológicos de plantas e insectos, así como de los cambios detectados en el desarrollo de árboles y arbustos a lo largo del tiempo.

**Geomorfología:** Interpreta las formas del relieve terrestre, así como los procesos geológicos y físicos que las han generado y continúan modificándolas.

**Altitud:** Se refiere a la elevación vertical medida desde el nivel del mar hasta el punto específico de la superficie terrestre. Esta influye por diversos aspectos como el clima, la vegetación, la fauna y otros procesos naturales.

Criterios ecológicos:

Cobertura vegetal: Se refiere a la presencia y distribución de la vegetación en un área determinada de gran importancia, dado que incluye bosques, cuerpos de agua, pastizales, humedales, entre otros tipos de ecosistemas vegetales.

Ecosistemas: Son las comunidades biológicas que interactúan junto a su entorno físico, incluyendo actores bióticos y abióticos.

Criterios Sociales:

Cercanía a centros poblados: Es de gran importancia dado que la actividad de los mismos. Tienen repercusiones con sus zonas aledañas.

Vías: Son áreas de infraestructura de transporte terrestres, como carreteras, caminos, etc. Son importantes para el desplazamiento de las poblaciones. Sin embargo, también pueden tener impactos significativos en el medio ambiente, como la fragmentación de hábitats, la pérdida de biodiversidad y otros problemas ambientales.

#### ***e. Definición de los límites del corredor***

En base a estos criterios se realizó un mapa de aptitud en donde se establecieron los límites de corredor ecológico. Por lo que se reclasificaron en base a donde se sitúan las lagunas para determinar la dimensión de extensión del corredor de conectividad.

#### ***f. Definición de insumos para el diseño de redes ecológicas de conectividad***

Para establecer los corredores ecológicos los insumos a determinar son los ecosistemas que se encuentran aledaños a las lagunas para determinar la biodiversidad que existe en ellos. De tal forma que el mapa de aptitud es fundamental para la información biofísica, ecológica y social, que se presenta en la zona; para analizar si la conectividad funcional entre las áreas naturales, no puede verse afectada por la presencia de: carreteras, urbanizaciones, cuerpos de agua y poblaciones.

### **3.5.2 Propuesta de creación de una comisión de gestión del corredor ecológico.**

#### ***a. Identificar la estructura institucional para la creación de la comisión de gestión del corredor biológico***

Averiguar las instituciones gubernamentales, no gubernamentales, gobiernos autónomos como: provinciales, cantonales y parroquiales; comunitarias del área de estudio para el establecimiento de la comisión de gestión del corredor ecológico.

#### ***b. Definición de las responsabilidades de los miembros de la comisión de gestión.***

Las responsabilidades de los miembros de la comisión de gestión del corredor ecológico pueden variar dependiendo de la estructura y el alcance específico de la comisión, así como de las

necesidades y objetivos del corredor en cuestión. Sin embargo, algunas responsabilidades comunes que podrían asignarse a los miembros de la comisión incluyen:

**Participación comunitaria:** Fomentan la intervención activa de las comunidades en la adopción de decisiones y la ejecución de proyectos relacionados con el corredor ecológico (Ardoin et al., 2020).

**Evaluación de impacto ambiental:** realizan evaluaciones regulares para identificar impactos negativos potenciales y sugerir soluciones.

**Desarrollo de proyectos:** Diseñar y ejecutar proyectos para la restauración y conservación del corredor ecológico. Además de proyecto de predios productivos como: agroforestería que integra la plantación de árboles dentro de sistemas agrícolas o ganaderos. Esto puede incluir la plantación de árboles frutales, maderables o nativos, proporcionando múltiples ventajas como la conservación del suelo, la captura de carbono y la diversificación de ingresos para los productores (González, 2017).

**Educación ambiental:** Implementar programas de concientización y educación ambiental dirigidos a la comunidad y actores involucrados (Stem et al., 2005).

#### Financiamiento

La Comisión buscará fondos a través de asociaciones público-privadas, donaciones y subvenciones gubernamentales para garantizar la viabilidad financiera de sus proyectos y actividades (Zhao et al., 2023).

#### Evaluación y Monitoreo:

Establecerán un plan de valoración continua para estimar el impacto de las acciones ejecutadas y efectuar ajustes según apropiado (Stem et al., 2005).

## CAPÍTULO IV

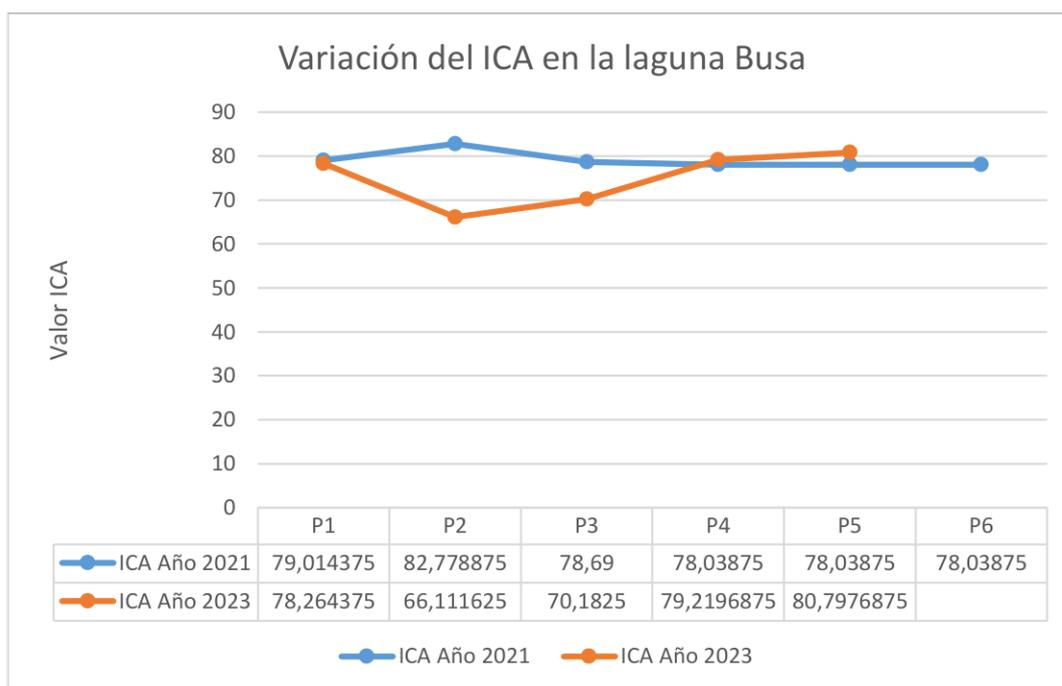
### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Calidad de agua de las lagunas (ICA)

Los datos expuestos a continuación reflejan los resultados adquiridos en los distintos puntos de muestreo de las lagunas. Estos resultados corresponden a diferentes temporadas de verano e invierno durante los años 2021, 2022 y 2023. La recopilación de estos datos facilita realizar un análisis de la situación ambiental en las lagunas a lo largo del tiempo, lo que contribuye a una comprensión más completa de su estado y dinámica.

##### *Laguna busa*

Como se muestra en la **Figura 18**, en la laguna de Busa se ve reflejado la variación del índice de calidad del agua en la laguna de Busa a lo largo de los años de estudio mencionados anteriormente. Este análisis brinda una comprensión general de cómo ha evolucionado la calidad del agua en la laguna durante el período de estudio.



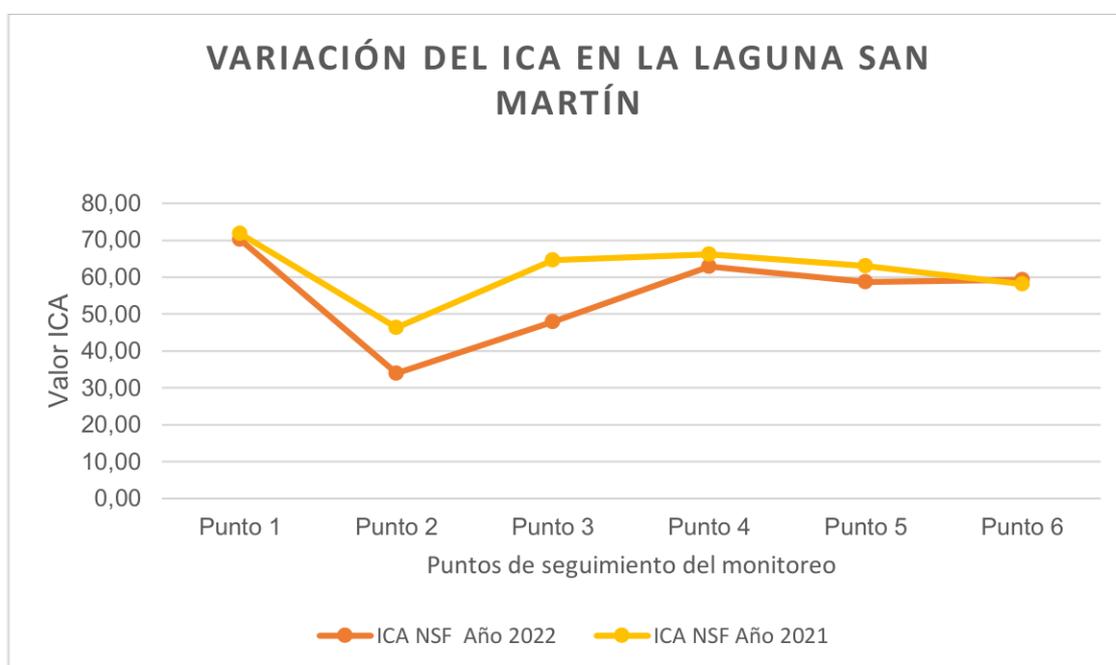
**Figura 18:** Variación del ICA en la Laguna de Busa.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) obtenido para la laguna Busa se clasifica como "buena" según los datos obtenidos. Algunas de sus variables cumplen con los estándares dispuestos en el Acuerdo Ministerial 097, como el pH, fósforo y las coliformes fecales en ciertos puntos de muestreo. Sin embargo, en el último monitoreo se observó que en algunos puntos las muestras obtenidas no cumplían en el parámetro de coliformes fecales 23000 UNM/100 ml según con la normativa vigente fecales.

Según la **Figura 18**, se contempla los niveles más bajos de calidad del agua que se halla en los puntos 1 y 2, correspondientes a los de entrada y salida de la laguna. Estos puntos se ven afectados por la cercanía a predios colindantes utilizados para actividades ganaderas, lo que contribuye a una mayor presencia de coliformes fecales y una disminución en los niveles de oxígeno disuelto (OD). Además, los monitoreos previos realizados por el GAD Provincial del Azuay también han destacado esta problemática (GAD Provincial Azuay, 2021). Estos hallazgos subrayan la influencia negativa de las actividades ganaderas en el estado del agua de la laguna Busa.

- *Laguna San Martín*

En la **Figura 19** se representa la variación de la laguna de San Martín, en donde se observa que sus valores son consistentemente bajos durante los años 2021 y 2022, en el punto 2. Esta tendencia sugiere un posible deterioro en la condición del agua de la laguna a lo largo de ese período.



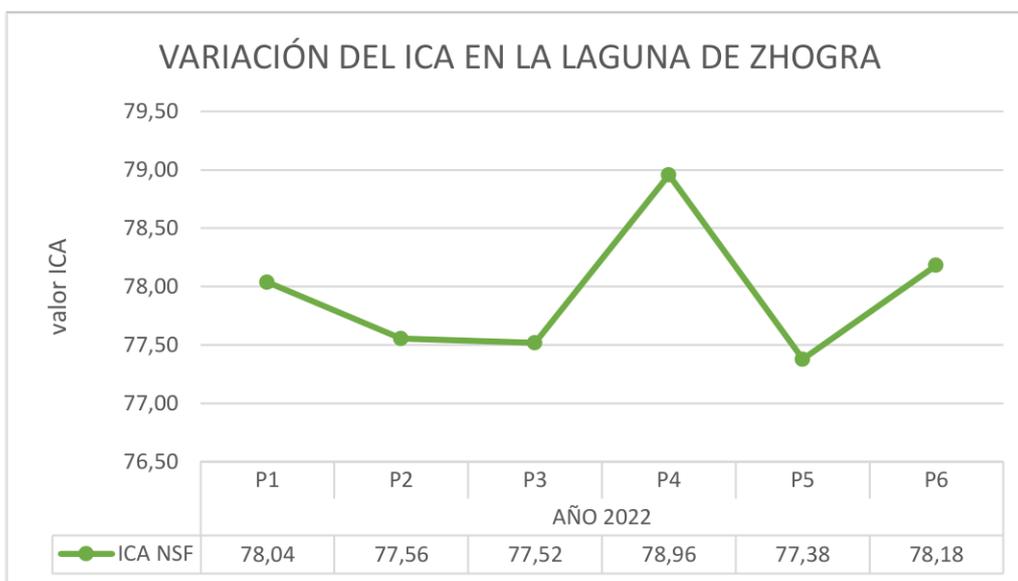
**Figura 19:** ICA NSF de la laguna San Martín

Durante el periodo de verano en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2021, se observaron cifras más elevadas del porcentaje de oxígeno disuelto saturado (OD%) en comparación con el periodo de invierno, que abarcó los mismos meses. El promedio durante el verano fue del 67,35%, mientras que en invierno fue del 41,29%. Los más altos porcentajes de OD se observaron en el punto 2, con una cifra de 92,64%, y en el punto 5, con un 90,32%, a lo largo de los meses de agosto y octubre, cada uno. En contraste, las cifras más deficientes de OD se registraron en los meses de febrero y marzo dado que se relaciona a la temperatura puesto que al aumentar, el OD disminuye. Los hallazgos indican una variabilidad estacional en las cantidades de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua, evidenciando condiciones más favorables durante la temporada de invierno en comparación con la del verano, lo cual puede estar relacionado con la temperatura del agua. El

estudio realizado por Muñoz et al., (2015) en el río Zahuapan en México también respalda esta observación.

### Laguna Zhogra

En la **Figura 20** se presentan las cifras resultantes de la laguna de Zhogra, reflejando la variación en la condición del agua. Esta representación gráfica proporciona una visión general de cómo han fluctuado los niveles de estado del agua en la laguna durante el período de estudio.

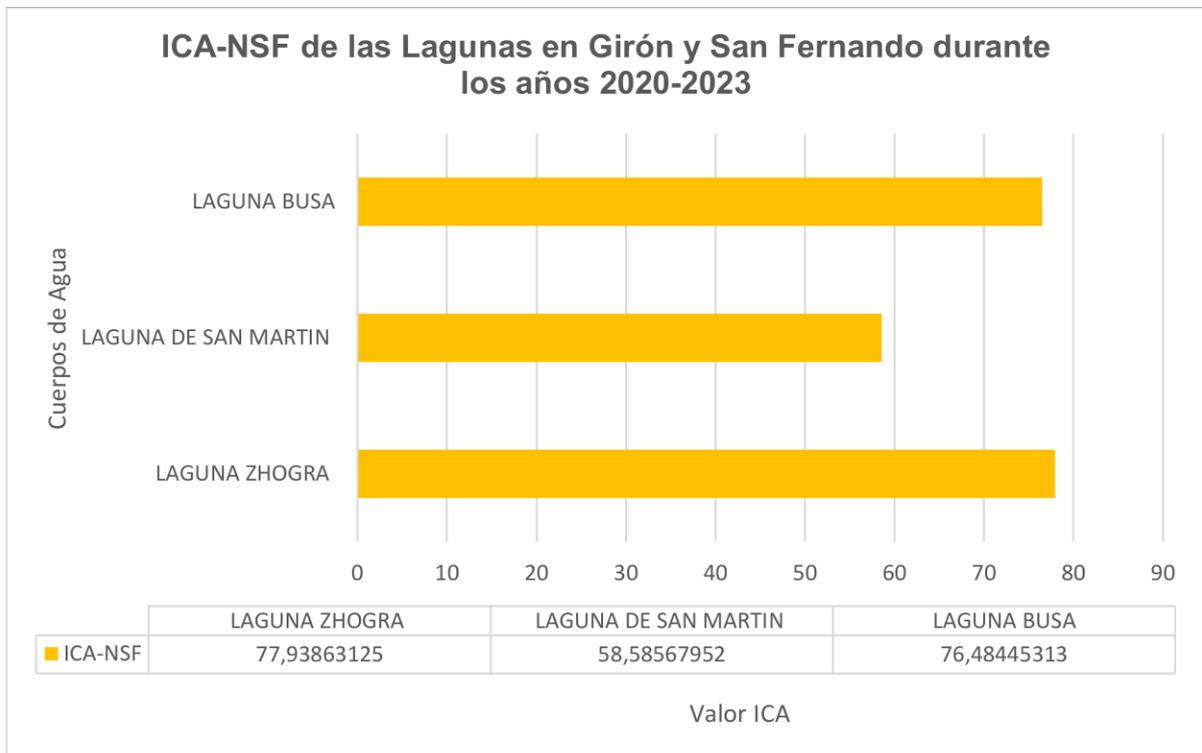


**Figura 20:** ICA NSF de la laguna Zhogra.

En la laguna de Zhogra, se ha identificado un Índice de Calidad del Agua (ICA) clasificado como "buena", lo que indica que en el mes de septiembre ciertos parámetros se encontraron bajo la limitación establecida por la ley. Sin embargo, se observó que los parámetros de nitratos, DBO5 y oxígeno disuelto variaban negativamente en los puntos circundantes a la entrada y salida del humedal. Según el informe del GAD Provincial del Azuay (2022), el monitoreo llevado a cabo reveló variaciones significativas en la demanda bioquímica de oxígeno en puntos de común como el 2, 3 y 5, las cuales se atribuyen a su relación con la temperatura. Se observó que, en condiciones de temperatura elevada, la demanda bioquímica de oxígeno tiende a incrementarse, y viceversa (Morán, 2020).

- **Análisis ICAs Lagunas**

En la **Figura 21** se representa la relación entre las tres lagunas de estudio, donde se evidencia la variación en cada una a lo largo de los años monitoreados por el GAD Provincial del Azuay.



**Figura 21:** ICA'S NSF de las lagunas de estudio.

La laguna Zhogra exhibe variaciones en los resultados de sus parámetros de oxígeno disuelto, influenciadas por la presencia de actividades ganaderas y fluctuaciones en la temperatura del entorno lacustre. Estas variaciones pueden atribuirse a diversas actividades antropogénicas, que incluyen altos niveles de contaminación, surgimiento de especies invasoras y alteraciones en los mecanismos hidrológicos y aspectos físicos del ecosistema acuático (Cáceres, 2019; Straile et al., 2003). Sus variaciones pueden observarse con la **Figura 21**. En donde, en promedio a su monitoreo del 2022, presenta un ICA considerablemente bueno, a pesar de sus variaciones en el parámetro nitritos, fósforo y oxígeno disuelto, que según la normativa si se cumplen en ciertos puntos.

El resultado del ICA en la laguna de San Martín dio un resultado de “mediana calidad” tomando en cuenta que solo se calcularon 8 parámetros, descartando el de sólidos totales que además no tiene gran relevancia en la Tabla 7 de factor de ponderación (Li, 2014). El resultante acogido de este humedal de San Martín indican que su Índice de Calidad del Agua (ICA) clasifica su estado como “regular”, dado que comparten actividades antrópicas principales, que inciden en su calidad de agua. Un estudio realizado por Sigüenza y Loja (2022), como parte del proyecto de monitoreo en 2022, respalda estos resultados al mostrar una mínima variación dado que sus resultados obtenidos en su ICA los categorizan en “media y muy pobre”, validando así la condición del cuerpo de agua.

Sin embargo, en la Laguna Busa, en los puntos donde se sitúa la entrada y salida de la misma, si hay variaciones en sus parámetros, los nitratos tienen variación y esto se debe a la presencia de ganado vacuno que se encuentra cercano a estos puntos. Con respecto a esta laguna, en otro estudio realizado en la Laguna de Colta y Magtayan, situado dentro de la provincia de Chimborazo también se distingue al índice de ICA con respecto a los puntos de estudio en cuanto a su entrada y salida, debido que sus valores son menores con respecto a su calidad. Esto se debe a que es de fácil acceso, por lo que existe mayor contaminación (Guerra-Ordóñez y Mejía-Vimos, 2023).

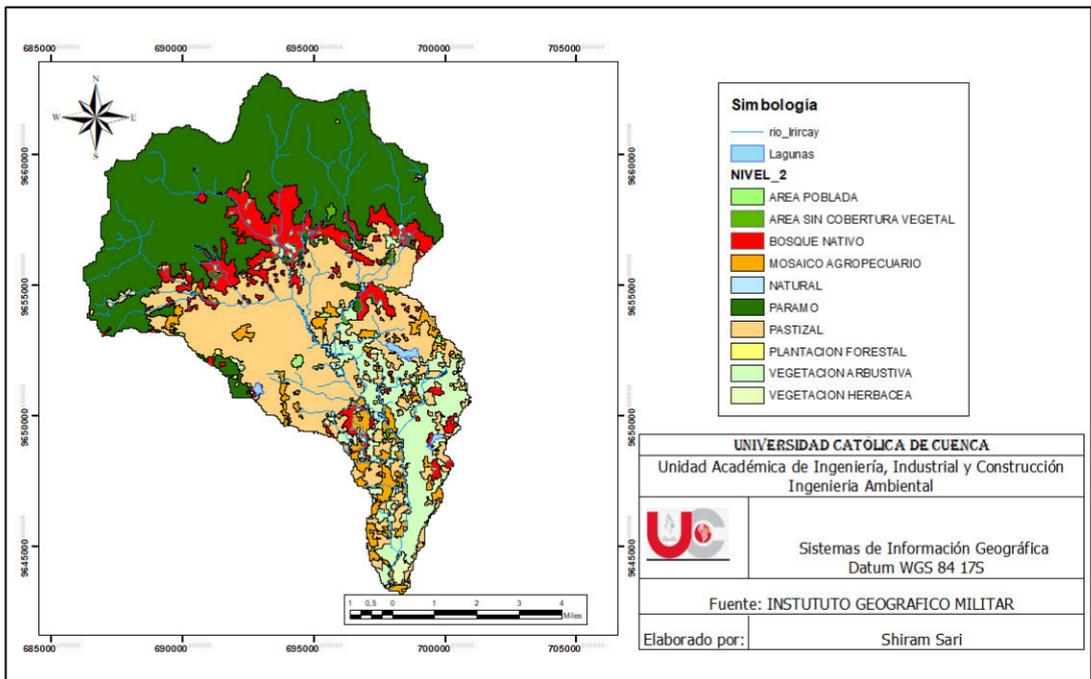
En cuanto al parámetros del pH en las tres lagunas se evidenció que cumplen según los criterios de calidad, dado que los resultados obtenidos oscilan entre los valores de 6-9 del Acuerdo Ministerial 097 con respecto a la Tabla 7 de criterios de calidad de aguas para fines recreativos por medio de contacto secundario. De igual manera, los parámetros de nitratos y fosfatos, llegaron a cumplir estos parámetros en ciertos puntos de las lagunas igual que los puntos de ingreso y egreso dado que cercanos a estos puntos se realizaban actividades ganaderas, pues el ganado vacuno excreta el nitrógeno en forma de ácido úrico. El cual se asocia al aumento de nutrientes que proporciona un exagerado desarrollo de fitoplancton y plantas acuática. Lo que causa que exista fuertes fluctuaciones del oxígeno disuelto y crecimiento de la demanda bioquímica de oxígeno (Roldán-Pérez y Ramírez, 2008).

En cuanto a las lagunas de San Martín y Zhogra, se evidenció la pérdida de espejo agua, por lo que en los puntos muestreados se evidencia cercanos a las entradas y salidas su DBO5 se encontraba bajo lo que indica la presencia de la disminución de cantidad de microorganismos y por tanto inferior degradación de materia orgánica (Solanki, 2007). Los motivos fundamentales que contribuyen al deterioro de estos humedales incluyen la extracción de agua para fines agrícolas, el fracoinamiento de los sistemas acuáticos, la expansión de la frontera agrícola, los incendios, la contaminación y el aumento de la población humana. Además, la planificación del desarrollo caracterizada por enfoques sectorizados y poco integrales también desempeña un papel significativo en este proceso (Kampala, 2005; Vidal y Guiti, 2005).

#### **4.2 Cambio de uso de suelo en los años 2000 al 2022**

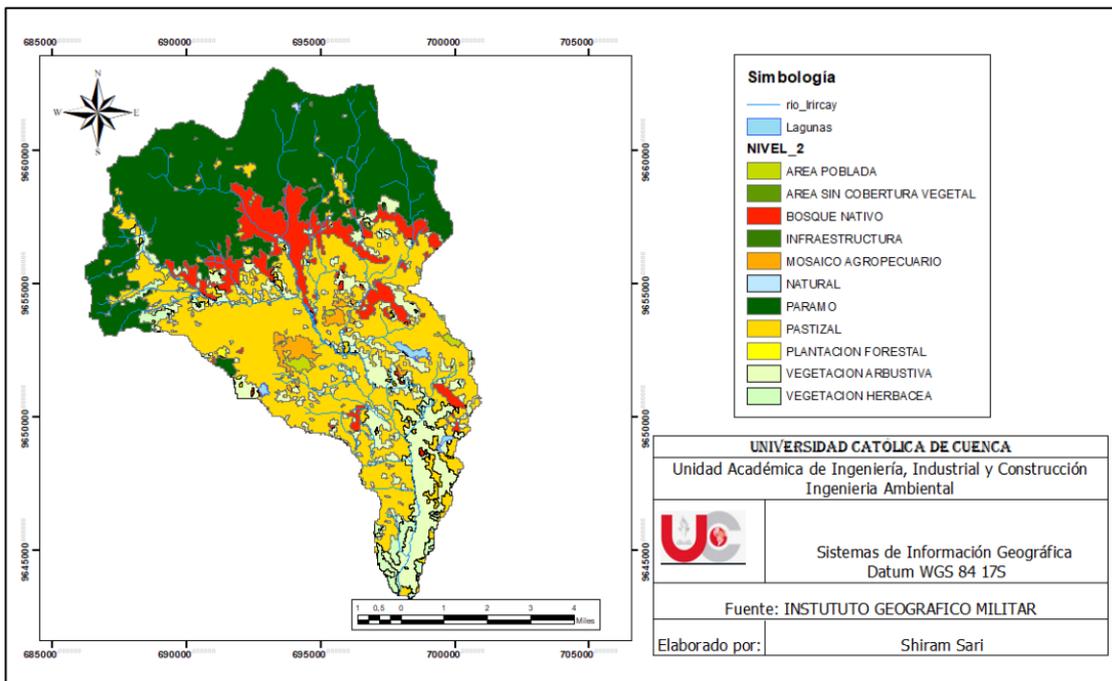
Durante los años analizados, se empleó la clasificación de cambios en la cubierta vegetal, proporcionada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. En esta clasificación se incluyen áreas pobladas, áreas sin vegetación, cuerpos naturales, pastizales, bosques nativos, tierras agrícolas, plantación forestal, páramos, vegetación arbustiva y herbácea. De acuerdo con estos datos, en el año 2000, el páramo fue la cobertura con mayor representación con un 41,84%, seguido por la tierra agropecuaria con un 35,26% y la vegetación arbustiva y herbácea con un 12,75%.

Se puede observar en la **Figura 22** la cobertura vegetal del año 2000, en la subcuenca del río Rircay.



**Figura 22:** Mapa de cobertura vegetal en el año 2000.

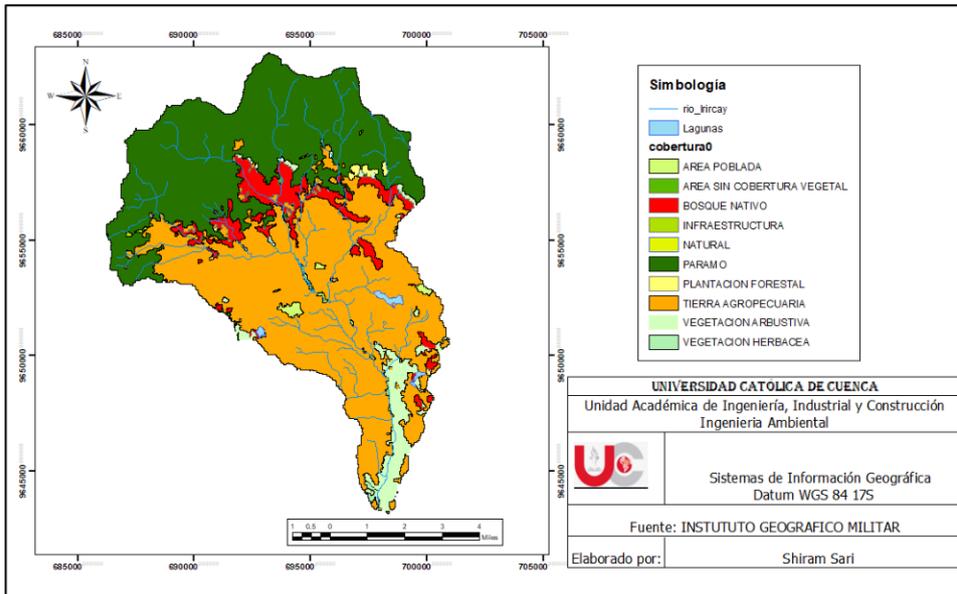
En la **Figura 24** correspondiente al año 2008, se evidencia una disminución en la cobertura respecto a su extensión, en el páramo con un valor de 37,20 % y bosque nativo de 8,99 %. En cambio, se visualiza un aumento en la cobertura de tierras agropecuarias subiendo a 36,28% y vegetación arbustiva y herbácea, con aumento aproximado del 4 % en torno a el año 2000.



**Figura 23:** Mapa de cobertura vegetal año 2008.

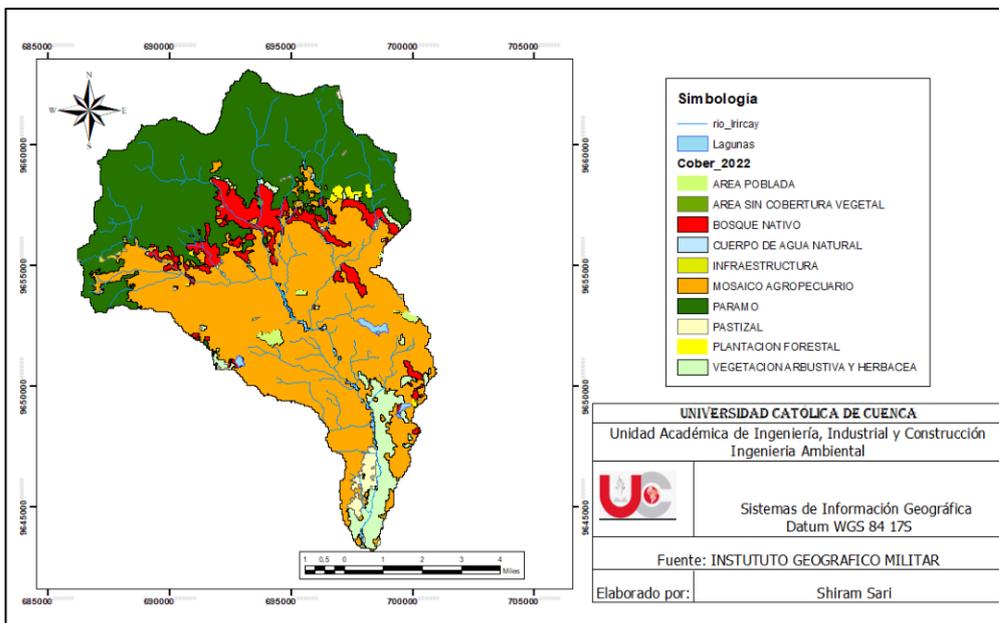
En la **Figura 24**, en cuanto al cambio de cobertura vegetal en el año 2018, se muestra un cambio significativo respecto al año 2008 en la extensión de tierras agropecuarias, con un porcentaje

de 48,21%, situándose en primer lugar y dejando el área del páramo en segundo con un valor del 38,55 %. Por otro lado, se puede observar una disminución en la cobertura del bosque nativo con un valor 6,77 % y la vegetación arbustiva y herbácea casi del 12%, con respecto al año 2008.



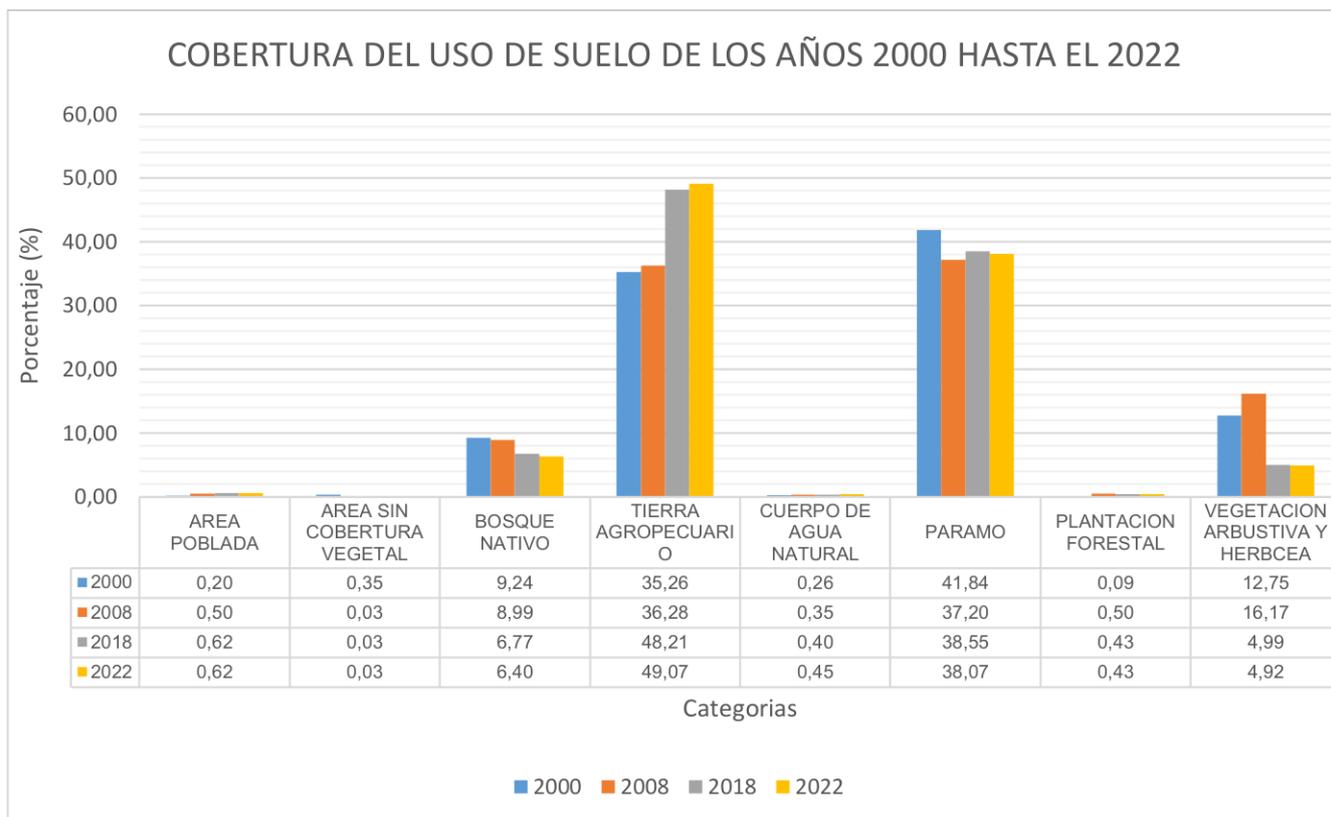
**Figura 24:** Mapa de cobertura vegetal año 2018.

En la **Figura 25**, correspondiente al año 2022, se observa un leve aumento en la extensión tierras agropecuarias cerca del 1% con respecto al año 2018. Mientras que en la superficie de bosque nativo y vegetación arbustiva y herbácea hay una reducción del 0,4 %.



**Figura 25:** Mapa de cobertura vegetal año 2022.

En la **Figura 26**, se muestran los cambios ocurridos de la cobertura vegetal de la subcuenca alta del río Rircay, hacia donde se asientan las lagunas de estudio.



**Figura 26:** Cambio de cobertura vegetal porcentual en los años de 2000 y 2022.

Se evidencia un aumento casi del 0,40% entre los años 2000 y 2022 en la categoría de área poblada. Mientras que el área sin cobertura vegetal se ha disminuido un leve porcentaje, pero en el año 2008, 2018 y 2022 se ha mantenido constante. En cuanto al bosque nativo, se observa una pérdida de cobertura entre los años 2000 y el 2022, paso de 9,24 % a 6,40 % disminuyó. La categoría de tierra agropecuaria se incrementó en gran medida entre los años de estudio, pasando de 35,26% en el año 2000 al 49,07 % en el año 2022.

En cuanto al cuerpo de agua natural, hay una pequeña variación de 0,20% entre los años 2000 al 2022, no tan significativa en comparación con las otras categorías, debido a diversos factores como cambio de uso de suelo, extracción de agua para redes de riego, deforestación y cambio climático (Estévez-Valencia et al., 2019; Vörösmarty et al., 2010). De manera similar, la plantación forestal se ha mantenido constante entre los últimos años. El páramo es la segunda categoría que más predomina en la microcuenca del río Rircay. Sin embargo, sí llegó a disminuir su porcentaje entre los años 2000 y 2022, dado que paso de 41,84 % a 38,07 %. Del mismo modo, la vegetación arbustiva y herbácea ha llegado a disminuir significativamente hasta el 2022, se ha perdido casi un 10% con relación a los valores del año 2000 y 2008.

Los cambios analizados en la cobertura vegetal del año 2000 al 2022 en la microcuenca del río Rircay se deben a las principales actividades humanas como: la ganadería y la agricultura, lo cual afecta negativamente dado que se pierde bosque nativo y vegetación arbustiva, importantes zonas que llegan a ser refugios para la biodiversidad de la zona. Según Chuncho (2019), menciona que los páramos andinos pueden verse afectados por los cambios climáticos y consecuente de ello,

el ciclo hidrológico. Asimismo, estos ecosistemas se ven afectados por las modificaciones en el uso del suelo y las prácticas agrícolas

La modificación de la cobertura vegetal en los sectores aledaños a las lagunas se ve afectada principalmente por presencia de vacas y sembríos de maíz, a esto se suma la erosión de sus suelos causados por las comunidades adyacentes. Como afirma el PDOT Giron (2019) y PDOT San Fernando su principal fuente económica es las actividades ganaderas y agrícolas.

Por tanto, se observa que la categoría de tierras agropecuarias ha dado un salto enorme en cuanto a su expansión territorial en comparación a las demás categorías. Puesto que, de 4,74 % en el año 2000 subió a 47,80 % en el año 2022. De igual forma, se observa que pastizal disminuye de 30,56 % a 1,27 % para el año 2022.

Entre los años 2000 hasta el 2010, se intensificaron las políticas neoliberales, marcadas por la adopción de modelos de agroindustria y agroexportación. Este período también presencié la proliferación de cultivos comodín, lo que contribuyó a fomentar la dependencia en el campo hacia los monocultivos y la ganadería a gran escala (Guerra Procel y Duque Suárez, 2018). Además, los procesos de subdivisión de la tierra, en gran medida impulsados por la herencia, y la disminución de la mano de obra campesina debido a la emigración, contribuyeron a la devaluación de los terrenos. Esto facilitó su adquisición y concentró aún más el poder en manos de unos pocos. Como resultado, muchas comunidades se vieron obligadas a desplazarse hacia nuevos territorios en busca de nuevas formas de subsistencia, lo que condujo a una expansión de la frontera agrícola y ganadera hacia áreas de mayor altitud, incluidos los páramos (Anaya-Campo, 2022).

Los resultados alcanzados de la ficha de campo respaldan los datos presentados en los mapas previos, confirmando el impacto ambiental significativo de la actividad antrópica. La **Tabla 12** presenta los resultados detallados obtenidos de la ficha de observación realizada en cada laguna, lo que proporciona una visión más completa de los criterios ambientales y las incidencias de los labores humanos en cada sitio de estudio.

**Tabla 10:** Puntos de muestreo de *Laguna Zhogra*

| DESCRIPCIÓN ZONA                   |   | Laguna de Zhogra | Laguna de San Martín | Laguna de Busa |  |
|------------------------------------|---|------------------|----------------------|----------------|--|
| ECOSISTEMA Y RELIEVE               | PASTIZAL                                  |                  |                      |                |  |
|                                    | CHAPARRO                                  | x                | x                    |                |  |
|                                    | PARAMO                                    |                  |                      | x              |  |
|                                    | BOSQUE NATIVO                             |                  |                      |                |  |
| FORMA DEL RELIEVE                  | LLANURA                                   |                  |                      |                |  |
|                                    | VALLE                                     |                  |                      |                |  |
|                                    | DEPRESION O CUENCA                        |                  | x                    | x              |  |
|                                    | MONTAÑA                                   |                  |                      |                |  |
|                                    | MESETA                                    |                  |                      |                |  |
| USO DE SUELO                       | AGRICULTURA                               |                  |                      |                |  |
|                                    | CULTIVO SIN MAIZ                          |                  |                      |                |  |
|                                    | CULTIVO DE PASTIZAL                       | x                |                      |                |  |
|                                    | SIN CULTIVOS                              |                  | X                    | x              |  |
|                                    | URBANIZACIÓN /POBLACIÓN (No DE VIVIENDAS) | 3                | x                    |                |  |
|                                    |   | 5                |                      |                |  |
| >10                                |   |                  | x                    | x              |  |
| GANADERIA (N° DE CABEZA DE GANADO) | 15  | x                |                      |                |  |
|                                    | 25  |                  |                      |                |  |
|                                    | >50                                       |                  | x                    | x              |  |

Un estudio realizado en Chile indica que sus categorías como cultivos-praderas naturales y plantaciones forestales concentran el 79,5 % de la superficie. A comparación de esta microcuenca del río Rircay las lagunas se encuentran asentadas en tierras agropecuarias.

Por lo que mediante la ficha se observa que la laguna de Zhogra y San Martín poseen un ecosistema chaparro con respecto a la laguna de Busa que posee un ecosistema de páramo. Esto se debe a la altura que estas se encuentran puesto que Busa se encuentra a una altitud de 2 600 m s.n.m., con respecto a las otras lagunas.

En términos de cobertura vegetal en los alrededores de las lagunas de estudio, se nota que las áreas sin cultivo son prominentes en las tres lagunas. Por otro lado, las lagunas de San Martín y Busa muestran una mayor cercanía a zonas urbanizadas y densamente pobladas, probablemente debido a su proximidad a carreteras secundarias y terciarias, lo que influye en la presencia de viviendas en esas áreas.

En cuanto a la ganadería, durante la visita in situ, se observó que la ganadería es una actividad predominante en los alrededores de las lagunas, evidenciándose un número considerable de cabezas de ganado en cada una de las áreas de estudio. Por tanto, se registraron más de 80 cabezas de ganado en las zonas circundantes a la laguna Busa, en tanto que en la laguna de San Martín se contabilizaron 25 cabezas, y aproximadamente 15 cabezas en la laguna de Zhogra. Esta presencia ganadera lleva consigo un impacto notable en el estado del agua y el ecosistema circundante debido a la generación de heces y otros desechos asociados. Por lo que es importante considerar medidas de manejo adecuadas para mitigar estos efectos y garantizar la conservación de las lagunas y su entorno natural.

#### 4.1 Propuestas de protección y restauración ecológica de la zona de estudio

En vista del incremento de desafíos ecológicos y la pérdida de hábitats naturales, es imperativo implementar medidas efectivas que promuevan la recuperación y preservación los recursos naturales. En este contexto, se presentan diversas propuestas encaminadas a fortalecer al amparo y resguardo de los ecosistemas, mediante la implementación de estrategias innovadoras y la colaboración entre diferentes actores sociales y gubernamentales que propenden la sostenibilidad a largo plazo del patrimonio natural para las generaciones futuras.

**Tabla 11:** Propuestas de protección y restauración ecológica

| <b>Propuestas de restauración de las lagunas</b>  |  |
|---|--|
| Monitoreo y Evaluación  | Establecer un programa de monitoreo regular cada seis meses en las lagunas para evaluar la condición del agua físico-química, identificar variación en la biodiversidad mediante análisis de fitoplancton, zooplancton y macrófitos y detectar posibles amenazas de cambio de uso de suelo en las áreas aledañas a ellas a 60 metros a la redonda. |
| Gestión Sostenible del Uso del Agua   | Implementar políticas que regulen la extracción de agua de los mecanismos de riego de las lagunas y promuevan un uso sostenible para evitar la disminución del nivel de las lagunas.   |
| Restauración de Ecosistemas siempreverde montano de la cordillera Occidental de los Andes | Establecer zonas de amortiguamiento a 15 metros alrededor de las lagunas con vegetación propia de la zona para prevenir la erosión, filtrar contaminantes y proporcionar hábitats cruciales para la fauna acuática.  |
| Control de Especies Invasoras   | Desarrollar estrategias para controlar y, si es posible, erradicar especies invasoras que puedan afectar negativamente la biodiversidad y la salud de la laguna. Con planes de restauración en las zonas aledañas a las lagunas.   |
| Educación Ambiental   | Desarrollar programas educación ambiental para sensibilizar a las comunidades cercanas sobre la importancia de las lagunas, promover prácticas sostenibles y fomentar la participación en proyectos de restauración.   |
| Ordenamiento Territorial  | Establecer políticas de ordenamiento territorial como ordenanzas que protejan las áreas circundantes a las lagunas y los ecosistemas lacustres, limitando el desarrollo urbano y agrícola que pueda afectar negativamente la calidad del agua.   |
| Involucramiento Comunitaria   | Comprometer a la comunidad local en la toma de resoluciones y la instalación de medidas de protección y restauración, aprovechando el  |

conocimiento tradicional y fomentando el sentido de propiedad. Para que, ellos sean actores fundamentales para proyectos a largo plazo.

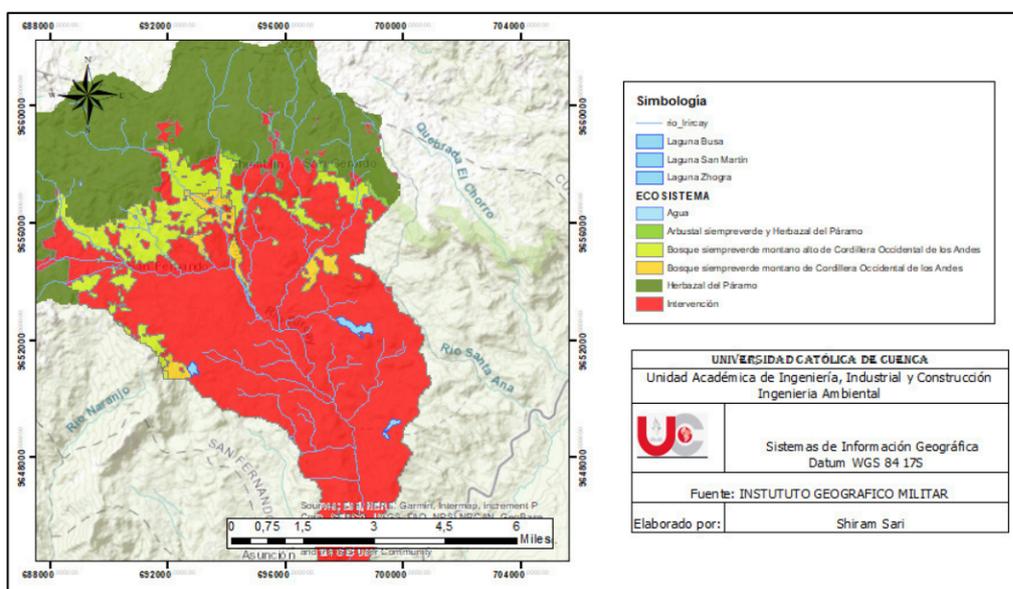
### 4.3 Propuesta del biocorredor de conectividad ecológica

#### a. Identificación de las áreas núcleos

##### Núcleos de conservación

Basándose en la divisoria de aguas de los sistemas hídricos que se alimentan las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra, se delimitó la subcuenca del río Rircay. A su vez, se analizó el tipo de ecosistemas, su cobertura vegetal y uso de suelo que presenta la subcuenca.

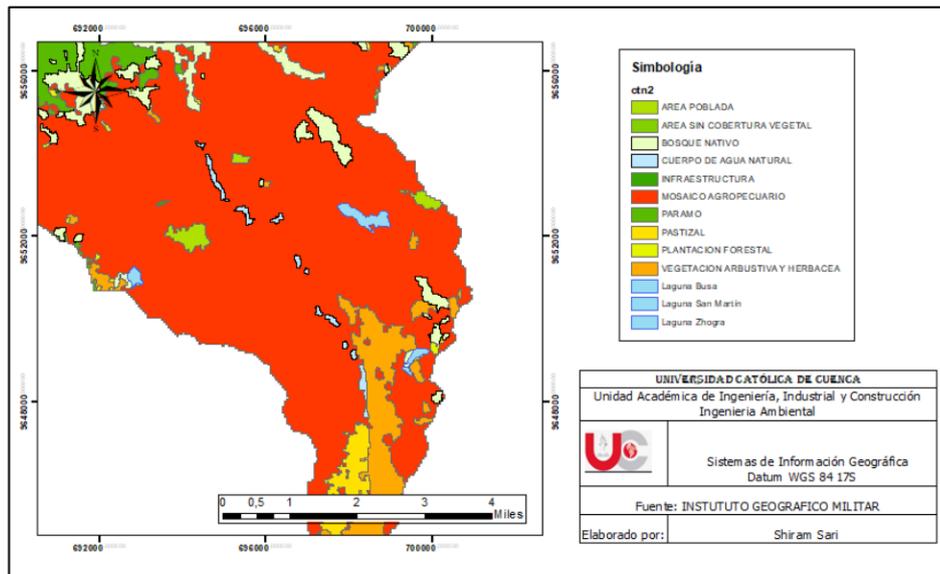
Se identificaron los ecosistemas cercanos a las lagunas en la **Figura 27**.



**Figura 27:** Mapa de ecosistemas de la subcuenca del río del Rircay.

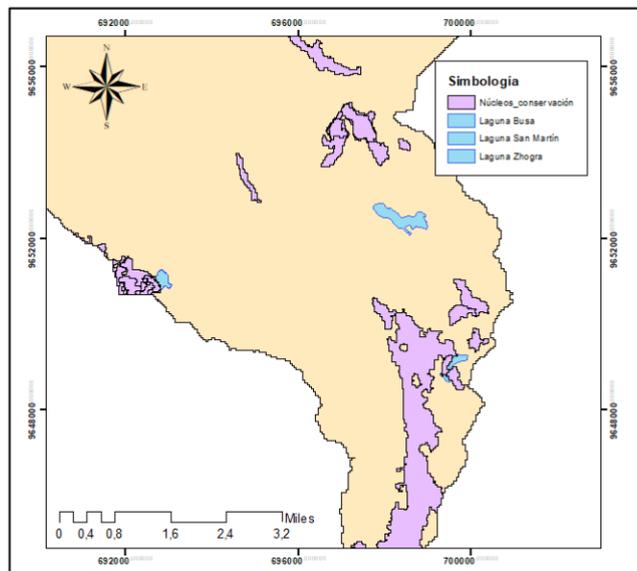
Se puede constatar la existencia del ecosistema denominado Bosque Siempreverde Montano en la Cordillera Occidental de los Andes, particularmente en las áreas a las lagunas de Busa y San Martín. Este ecosistema se define por su vegetación densa y perenne, adaptada a los criterios climáticos de alta montaña y altitudes elevadas características de la región andina. La existencia de dicha vegetación en las proximidades de las lagunas indica la importancia de estas áreas como reservorios de biodiversidad y hábitats para diversas especies de flora y fauna mismas de los bosques montanos.

En lo que respecta a la cobertura vegetal, en la **Figura 28**, la categoría de mosaico agropecuario es la de mayor presencia en las tres lagunas. En cambio, las categorías de bosque nativo, vegetación arbustiva y herbácea, se encuentran con menor presencia.



**Figura 28:** Mapa de cobertura vegetal año 2022.

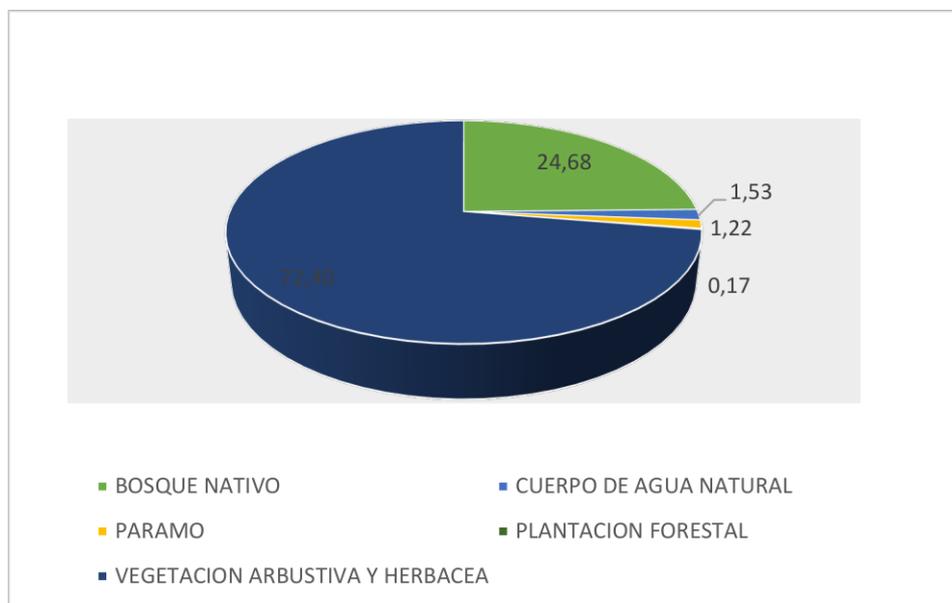
Con respecto a los ecosistemas, cobertura vegetal y uso de suelo se establecieron 23 núcleos de conservación cercanos a las tres lagunas. Hay que mencionar que hay mayor presencia de núcleos aledaños a las lagunas de San Martín y Zhogra debido a que el cambio de uso de suelo ha sido menor. Eso se presenta en la **Figura 29**, en donde las áreas de color morado según su simbología son las áreas núcleo.



**Figura 29:** Mapa de las áreas núcleo.

Estos núcleos se establecieron por su importancia en cuanto a la cobertura vegetal más prístina que alberga mayor cantidad de diversidad propia de la zona. Además, juegan un papel crucial en el ciclo hidrológico al regular el flujo de agua, ayudando a prevenir inundaciones y sequías, contribuyendo con el equilibrio trófico de las lagunas adyacentes.

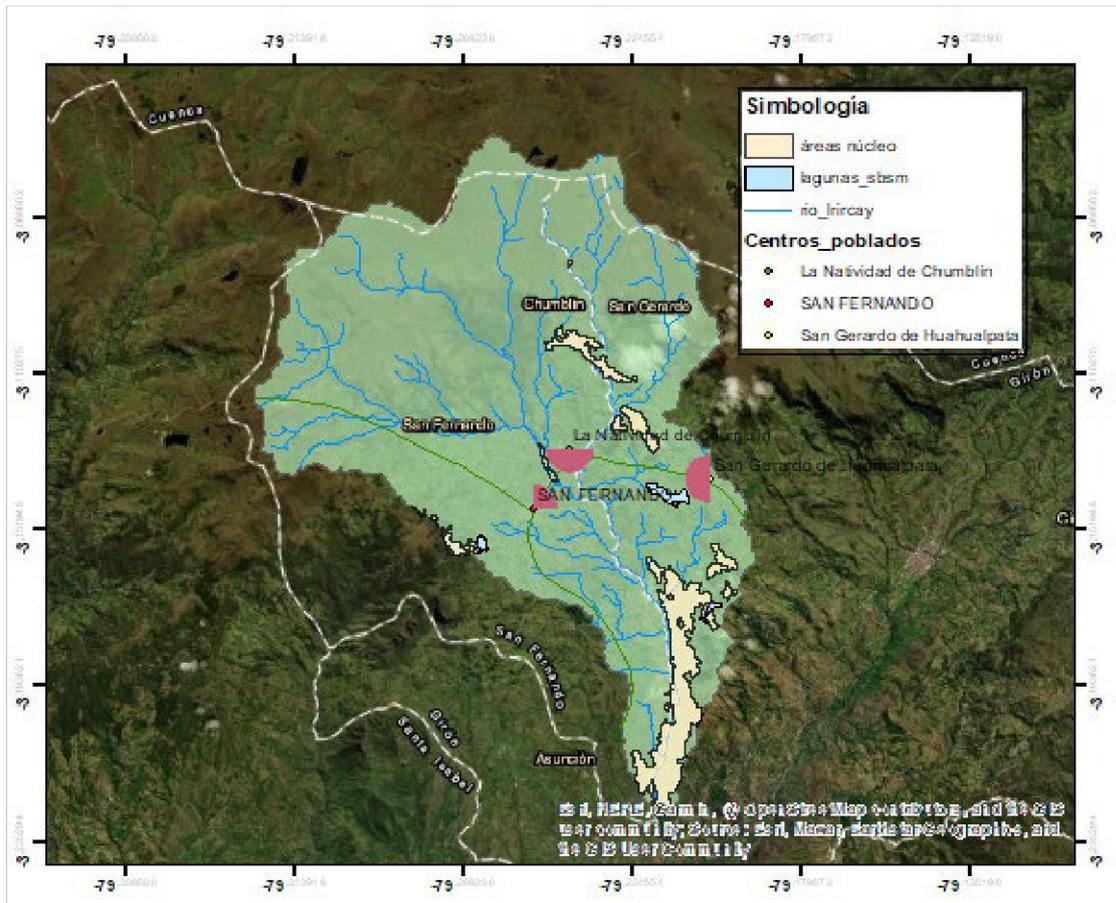
En la **Figura 30** se visualiza el porcentaje de categorías de cobertura vegetal que existen en las áreas núcleos, es importante aclarar que la cobertura considerada como vegetación arbustiva y herbácea se refiere a una formación vegetal andina conocida como “chaparro”, en el que se encuentra arbustos que alcanzan un máximo de 3 metros de altura y herbáceas, en su mayor parte nativas.



**Figura 30:** Porcentaje de cobertura vegetal de las áreas núcleo.

Asimismo, los bosques presentes actúan como fuentes de carbono, contribuyendo a mitigar el cambio climático mediante la absorción y almacenación de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, pueden llegar a ser destinos atractivos para actividades recreativas y turísticas, tanto las zonas núcleo como son las lagunas de estudio. Es importante recalcar que esta actividad trae consigo beneficios económicos para las comunidades locales a través del turismo. De igual manera, la preservación de estos núcleos contribuye a la resiliencia de las comunidades locales al actuar como barreras naturales contra fenómenos como son los deslizamientos.

La **Figura 31** exhibe la distancia de proximidad a las lagunas y áreas núcleo entre las zonas pobladas las cuales son: San Gerardo, Girón y San Fernando, ofreciendo una relación espacial entre estos elementos. La población humana en las zonas según el INEC en el censo del año 2010 es de: San Gerardo con 1.169, Girón con 9.035 y San Fernando con 3.993 de habitantes.



**Figura 31:** Mapa de poblaciones y cercanía a las vías.

A continuación, en la **Tabla 13** se enumeran las principales fortalezas, oportunidades debilidades y amenazas que se presentan en la zona de estudio mediante la metodología del FODA.

**Tabla 12:** Resultados del FODA sobre las zonas núcleo planteadas.

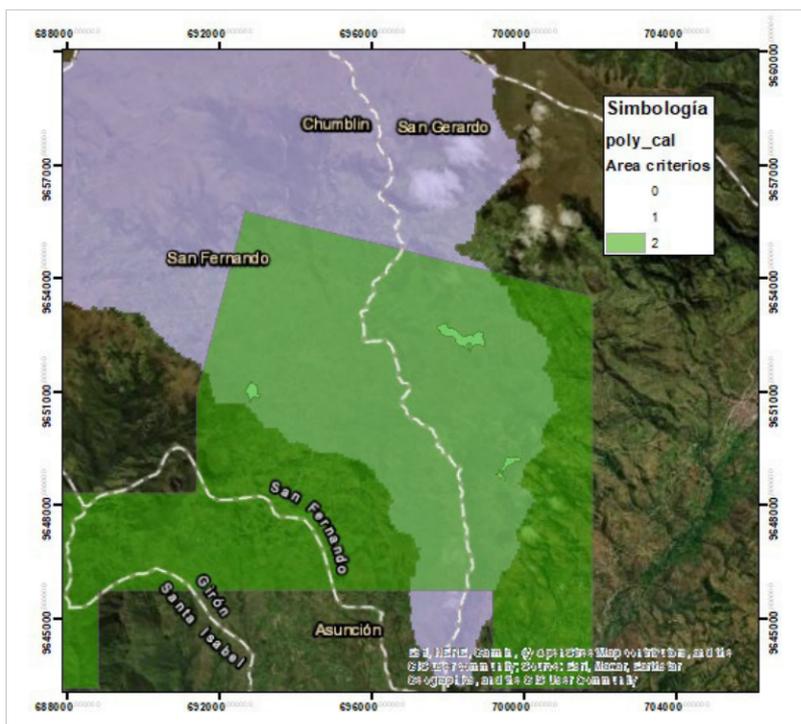
| Fortalezas  | Debilidades  |
|---|--|
| <p>Conectividad de especies</p> <p>Expansión de los núcleos de conservación.</p> <p>Conservación y restauración ecológica.</p> <p>Sostenibilidad del ecosistema presente.</p> <p>Valor cultural y ambiental.</p> <p>Resiliencia frente a desastres naturales.</p>   | <p>Fragmentación de hábitats</p> <p>Presencia de actividades ganaderas y agrícolas.</p> <p>Falta de conciencia ambiental</p> <p>Vulnerabilidad a perturbaciones naturales: incendios, sequías.</p> <p>Mala planificación de áreas de conectividad ecológicas.</p> <p>Presencia de especies invasoras</p> <p>La falta de gestión y mantenimiento puede conducir a la degradación de las áreas de conectividad.</p> <p>Fragilidad genética de especies.</p>  |
| Oportunidades   | Amenazas   |
| <p>Restauración de hábitats degradados por acción antrópica</p> <p>Conectividad ecológica facilita la conectividad entre áreas naturales, favorece la resiliencia de las comunidades biológicas.</p> <p>Mitigación del Aislamiento de especies para fortalecer la resistencia de las especies.</p> <p>Adaptación al cambio climático.</p> <p>Promoción al ecoturismo genera ingresos económicos para las comunidades locales y fomenta la conciencia ambiental.</p> <p>Movilidad de especies entre núcleos de conservación.</p> | <p>Fragmentación: Construcción de vías</p> <p>Perdida de hábitats por expansión agrícola, tala de bosques y otros varían en su uso del suelo.</p> <p>Contaminación de agua y suelo.</p> <p>Modificación climático</p> <p>Introducción de especies invasoras.</p> <p>Actividades recreativas no sostenibles.</p> <p>Enfermedades de la fauna.</p> <p>Deslizamientos que tienen impactos negativos en la supervivencia de especies.</p> <p>Falta de coordinación en la gestión en las áreas prioritarias.</p> <p>Falta de participación comunitaria.</p> |

Uno de los principios esenciales de los corredores ecológicos es el desplazamiento e interacción de especies, protegiendo y conservando la biodiversidad de los territorios, su hábitat. Además, uno de los componentes principales relacionados con los corredores ecológicos son los núcleos de conservación que son grandes fuentes de dispersión de semillas y hábitats que albergan varias especies propias del ecosistema. En los cantones de Girón y San Fernando, se propone conectar espacios prioritarios, que permitan el desplazamiento de especies como la ampliación de estos núcleos y a su vez restaurar zonas intervenidas.

El programa de pequeñas donaciones (2013) afirma que los biocorredores “son espacios del territorio en los que se recupera la conectividad ecológica, articulando hábitats fragmentados, incorporando al paisaje actividades productivas sostenibles y propiciando la asociatividad”. Lo que se plantea para establecer las áreas de conectividad es identificar áreas de estudio mediante el software ArcGIS para superponer capas. Dichas capas son: factores biofísicos, sociales y ecológicos. Los factores ecológicos considerados fueron: cobertura vegetal, ecosistemas; en cuanto a los factores biofísicos se tomó en cuenta las vías y, en cuanto a los factores sociales se tomó en cuenta los núcleos de población.

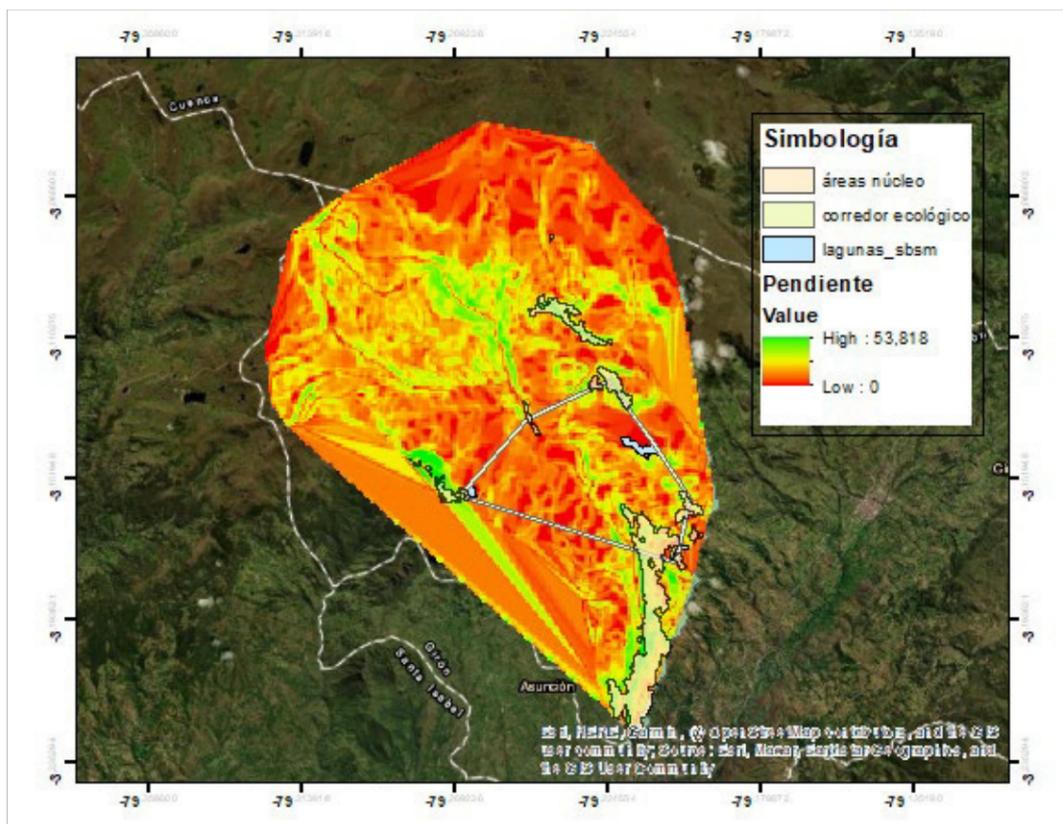
De este modo se pudo desarrollar una propuesta de áreas de conectividad para el desplazamiento y la dispersión de semillas que a su vez ampliarán los núcleos de conservación.

En la **Figura 32** se delimitan las áreas que podrían ser conservadas en base a la reclasificación de sus criterios biofísicos mediante la propuesta de corredores ecológicos. Estas áreas fueron clasificadas según su nivel de importancia, donde los valores 0 y 1 indican una menor relevancia, mientras que el valor 2 corresponde a una mayor importancia. Cabe destacar que esta zona alberga el área de estudio de interés.



**Figura 32:** Mapa de la zona apta para conectores en base a sus criterios.

En base a los criterios identificados, se presenta en la **Figura 33** el área que se ajusta con ellos. De tal manera, se creó un buffer de 60m de ancho que unen los núcleos de conservación con respecto a las lagunas. Además, se visualiza las pendientes en las que se encuentran asentadas los corredores ecológicos.



**Figura 33:** Mapa del biocorredor en base a sus áreas núcleos de conservación.

Para el caso de la zona de estudio, se trata de mirar estas nuevas áreas de conservación como un espacio de oportunidad que permita recomponer el tejido territorial.

Por lo que, ya mencionado sus oportunidades y amenazas, se presentan a continuación las propuestas en base al criterio social, biofísico y ambiental entre las áreas de conectividad.

Solicitar a las organizaciones gubernamentales cantonales de Girón y San Fernando, la implementación de ordenanzas para las áreas núcleo de conservación y su zona de amortiguamiento, de tal manera que estas no sean intervenidas por la presencia de actividades humanas para su preservación de biodiversidad específica de la zona.

Con base en la distancia a las vías de primer y segundo orden, se evidenció que la laguna de Busa se encuentra a una distancia de 237 metros y San Martín se encuentra a 520 metros de las vías, lo cual ayuda a proponerlas como zonas de visita turística. Sin embargo, la laguna de Zhogra se encuentra a 6,23 km de la vía de primer orden, por lo que se proponen rutas de senderismo donde se preserve y se conecte las áreas núcleo de las tres lagunas.

Promover reuniones con las comunidades adyacentes a las lagunas para llegar a acuerdos y convenios para delimitar el uso de suelo de sus actividades antrópicas como la ganadería y agricultura.

Promover reuniones con los dueños de los predios adyacentes a las lagunas para llegar a impartir educación ambiental con respecto a de la trascendencia de estos cuerpos lacustres y el

servicio ecosistémico que estos prestan al medio ambiente y a la población; así como el interés de la conservación y restauración de las zonas núcleo.

Fomentar la creación de lineamientos ecosistémicos para la preservación de los núcleos de conservación cantonal en Girón y San Fernando.

Impulsar el cumplimiento de normativas ya existentes dentro de la laguna de San Martín mediante las inspecciones de campo de las autoridades del cantón de Girón, además aplicar las sanciones correspondientes a las personas que no cumplan con la misma.

Implementar monitoreos por parte de las instituciones municipales y provinciales en las lagunas para que a medida se controle su calidad del agua y sus cambios en el tiempo.

Proponer mejores técnicas en la disposición de agua de riego en la laguna Zhogra debido a las actividades de pastoreo influyen de manera directa, provocando un acelerado proceso de eutrofización por la introducción de ganado vacuno en las orillas de la laguna.

Proponer programas de manejo de los humedales para que garanticen la permanencia de estos ecosistemas acuáticos; teniendo en cuenta que su mayor influencia son las actividades agrícolas y ganaderas, causadas por el desconocimiento de las comunidades y propietarios en los terrenos adyacentes a la zona.

Analizar zonas de disputa social existente entre los propietarios localizados en el área adjunta y los usuarios del canal de riego de las lagunas de Zhogra y San Martín para la libre escorrentía de la salida de los humedales.

Monitorear especies vegetales y especies de fauna presentes en las áreas núcleo de conservación para analizar su desplazamiento. Además, la dispersión de semillas es muy importantes para promover la conectividad entre ellos.

Recuperación y gestión apropiada de los humedales, con la participación y compromiso activo de las instituciones parroquiales de San Gerardo, San Fernando y Girón; así como de las autoridades cantonales; y finalmente, de la entidad provincial del Azuay, resulta fundamental para abordar las problemáticas que afectan a las áreas circundantes a estos ecosistemas acuáticos.

Efectuar propuestas de restauración ecológica en las zonas pertenecientes a los corredores ecológicos, en especial los que unen a las Lagunas de Busa y San Martín, para ampliar los núcleos de conservación y delimitarlas para su protección. Asimismo, se debe implementar medidas adecuadas en el manejo de las unidades productivas con el fin de reducir el uso de agroquímicos, los cuales pueden contaminar el suelo.

Incentivar el uso de prácticas agrícolas sostenibles y agroecológicas en áreas adyacentes al biocorredor como proyectos de agricultura orgánica, manejo integrado de plagas y agroforestería para la ejecución de métodos que integren la producción con árboles, arbustos y cultivos perennes,

para mantener la biodiversidad del área, al tiempo que se busca mejorar la calidad de suelo, conservar el agua y reducir la erosión.

Potenciar prácticas de ganadería sostenible en los predios adyacentes a los corredores ecológicos, como la rotación de pastizales, el manejo de holístico del pastoreo y la protección de áreas naturales para el hábitat de la fauna silvestre. De manera que minimicen el impacto de la actividad ganadera y promueva la coexistencia armónica con la actividad productiva y la vida silvestre.

Fomentar la zonificación del corredor ecológico identificando principalmente sus áreas núcleo para su conservación, restauración y conectividad de los hábitats, mediante los Planes de Uso y Gestión de Suelos (PUGS). De igual manera, impulsar la participación de las comunidades locales, organizaciones civiles y expertos técnicos, para mejorar el establecimiento equilibrado y la conservación.

Proponer convertir los predios adyacentes a los corredores ecológicos en granjas orgánicas, mediante la incorporación de conductas agrícolas respetuosas con el medio ambiente. Entre estas prácticas se incluyen el compostaje, la supervisión biológica de plagas y el aprovechamiento de fertilizantes naturales.

Promover el turismo sostenible como la implementación de un tour turístico con actividades como el senderismo, dado que las distancias entre San Martín y Busa son de 3,89 km. De igual manera, en Zhogra y San Martín con una distancia de 4,44 km, que son distancias no tan lejanas, factibles para personas amantes de estas actividades, sería importante delimitar senderos y trabajar en su delimitación con cercas vivas de plantas de la zona como: *Alnus acuminata* (aliso), *Sambucus mexicana* (tilo o sauco), *Rubus sp* (mora), *Baccharis latifolia* (chilca), *Salix sp* (sauce), *Polylepis recemosa* (quinua), *Erythrina edulis* (cáñaro), *Mysine andina* (yubar), *Fuccia sp*, *Peperonia sp*, *Euphorbia laurifolia*, *Miconia aspergillaris*, *Barnadesia arbórea*, *Viburnum triphyllum*, *Rhamnus granulosa*, *Oreopanax andreanus*, *Thelypteris cheilanthoides*, *Miconia sp*, *Clusia sp*, *Myrcianthes rhopaloides*, entre otras especies (Báez et al., 2010; GAD Provincial del Azuay, 2022). La ruta Busa-Zhogra es de 6,22 km, siendo la ruta más larga, pero con las mismas características, de posible intervención.

Se empleará la restauración activa como medida para acelerar la recuperación de los ecosistemas degradados. Esta estrategia implica la siembra o plantación de especies nativas, como *Lethra revoluta*, *Clethra fimbriata*, *Escallonia myrtilloides*, *Vallea stipularis* y *Persea brevipes*, características del ecosistema siempreverde montano de la cordillera occidental de los Andes. Este enfoque busca restaurar la cobertura vegetal y mejorar la estructura y función del ecosistema. Además, la construcción de estructuras de protección contra la erosión y la remoción de especies invasoras ya que dificultan su recuperación. A partir de esta restauración activa, permitir una pasiva que posibilite la recuperación de la operación natural sin la actuación humana directa. En donde se incluyan medidas de protección de áreas, de modo que se facilite la regeneración natural

ecosistémica, así como la implantación de prácticas de gestión que reduzcan las perturbaciones humanas, como la restricción del acceso y el control del ganado.

Establecer programas de monitoreo para evaluar el proceso de la restauración y realizar ajustes en las estrategias de manejo según sea necesario en la zona. Esto incluye el diagnóstico de la cobertura vegetal, la calidad de suelo y agua. La participación activa y el compromiso de las comunidades adyacentes son elementos fundamentales en la planificación y ejecución de actividades de restauración. Es esencial involucrar a estas comunidades en el proceso, promoviendo su participación en la conservación de los recursos naturales en sus áreas cercanas.

**b. Creación de la comisión de la gestión del corredor ecológico.**

La comisión de Gestión del corredor ecológico se compone por miembros de distintas entidades y autoridades, incluyendo:

Representantes gubernamentales: Ministerios de Ambiente, Agua y Transición ecológica, Ministerios de Educación (escuelas y colegios de la zona), Ministerio de Turismo, Ministerio Agricultura y Ganadería, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, GAD Parroquial, GAD cantonal y GAD provincial

Expertos en conservación: Representantes de gremio y/o universidades: biólogos, ecólogos y otros profesionales relacionados.

Representantes de ONGs ambientalistas: Organizaciones comprometidas con la conservación y sostenibilidad como: Fundación Natura (conservación de la biodiversidad), Fundación Ecominga (protección en áreas de alta biodiversidad) y FONAG (Fondo para la Protección de Agua).

Comunidades locales: Representantes de comunidades afectadas por el corredor ecológico.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

El estado del agua en las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra es un aspecto clave para la conservación de ecosistemas acuáticos saludables y para el bienestar de las comunidades que dependen de estos recursos hídricos. Por tanto, se ha obtenido que la calidad del agua en la laguna Zhogra en el año 2022 y en la laguna Busa en los años 2022 y 2023 se clasificó dentro del rango considerado como "buena", mientras que la condición del agua en la laguna de San Martín se catalogó como "regular" durante el año 2022. A pesar de la implementación de una ordenanza en la laguna de San Martín en las visitas de campo efectuadas, se destacó la presencia de actividad ganadera. Por lo que es fundamental la colaboración de la comunidad para la protección, preservación de las zonas lacustres y zonas de amortiguamiento.

Con respecto a la modificación del uso de suelo, se estableció que el área de estudio se encontraba asentada en una "zona de intervención" según las coberturas vegetales, en donde se determinó que entre el año 2000 hasta el año 2022 hubo un aumento de la tierra agropecuaria significativo minorizando las categorías en las áreas de páramo, bosque nativo, vegetación arbustiva y herbácea. Por ello, es crucial implementar medidas de gestión y planificación del territorio que consideren la conservación de los ecosistemas naturales, la regulación del uso del suelo y la restauración de áreas degradadas.

La creación de un biocorredor en Girón y San Fernando representa una estrategia efectiva para conservar y mejorar la conectividad entre los núcleos de conservación en los cantones mencionados, fomentando así la diversidad biológica y su prestación de servicios ecosistémicos afines a largo plazo. Este enfoque tiene el potencial de contribuir de manera significativa a la restauración de ecosistemas degradados, como el páramo y el bosque siempreverde montano. Al facilitar el movimiento y la dispersión de individuos, el biocorredor puede promover la recuperación de poblaciones de especies amenazadas.

La implementación de medidas de gestión adecuadas, como la regulación del uso del suelo y la restauración de hábitats, es primordial para la prosperidad a largo plazo del biocorredor de conectividad entre las lagunas de Busa, San Martín, y Zhogra para maximizar sus beneficios ambientales. Por lo que, la colaboración intersectorial y el involucramiento participativo de las diversas partes interesadas para: su diseño, implementación y monitoreo efectivos del biocorredor aseguran su sostenibilidad y su capacidad para enfrentar los retos ambientales actuales y futuros.

La creación de un comité de gestión del corredor ecológico representa un hito significativo en el camino hacia la conservación y el manejo sostenible. Dado que, el comité ofrece un marco institucional sólido para lidiar con desafíos vinculados con la protección y restauración del biocorredor. En conclusión, el comité de gestión del corredor ecológico es fundamental para fomentar la participación comunitaria, fortalecer la gobernanza ambiental y salvaguardar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados al corredor.

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

Crear planes de seguimiento para monitorear la condición del agua en las lagunas de Busa, San Martín y Zhogra, utilizando medidas como el pH, la turbidez y el oxígeno disuelto. Para verificar su estado trófico al conocer la cantidad de nutrientes y contaminantes cada seis meses, ya que esto depende en gran medida del financiamiento de las instituciones públicas.

Implementar prácticas de conservación de la subcuenca hidrográfica del río Rircay para disminuir la erosión del suelo y la entrada de sedimentos y así evitar indicios de eutrofización en las lagunas pertenecientes a la misma. De igual forma, regular el uso de pesticidas y fertilizantes en las áreas circundantes a las lagunas para prevenir la contaminación por agroquímicos.

Promover la reforestación de zonas ribereñas y la constitución zonas de amortiguamiento para proteger los cuerpos de agua de la contaminación y reducir la escorrentía de contaminantes. Por otra parte, implementar enfoques flexibles que permitan ajustar las estrategias de conservación según las necesidades cambiantes del paisaje y las especies objetivas.

Desarrollar Planes de Uso y Gestión de Suelo- PUGS cantonales en Girón y San Fernando para establecer e instrumentalizar las políticas de las actuaciones que exponen a varias medidas territoriales, como: la restauración de los espacios para uso colectivo para que regulen el cambio de uso de suelo de manera sostenible, considerando las necesidades de progreso humano y la sostenibilidad del ambiente. De modo que identifique y proteja áreas de alto valor ambiental, como bosques nativos, humedales, vegetación arbustiva y herbácea. En ese sentido, minimiza la disminución de biodiversidad y los efectos negativos en los servicios ecosistémicos.

Implementar programas de restauración ecológica en áreas degradadas o alteradas por la modificación del uso de suelo para recuperar la funcionalidad del entorno y potenciar la condición óptima del suelo y del agua. De manera que establezca corredores ecológicos que conecten de manera efectiva los hábitats fragmentados, considerando la topografía, la vegetación y la presencia de obstáculos físicos para que sean más resilientes.

Fomentar la colaboración entre organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas para maximizar los recursos y el conocimiento disponibles para la gestión del biocorredor de conectividad cantonal en Girón y San Fernando.

Fortalecer la participación comunitaria en la gestión y conservación de las lagunas, corredores ecológicos. Incluyendo programas de educación ambiental y sensibilización sobre el valor de mantener la calidad del agua a fin de mantener la salud humana y el equilibrio ecológico. Por tanto, involucrar a las comunidades es importante para garantizar su aceptación y apoyo a largo plazo.

Desarrollar programas de sensibilización en las comunidades para aumentar la comprensión respecto a la relevancia de los biocorredores y mejorar prácticas de conservación entre la población local y los usuarios del territorio. Además de programas acordes a los sistemas de riego, puesto que estas llegan a ser parte de la intervención de los cuerpos lacustres.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALS. (2023). *Als Ecuador Alsecu S.A. Company Profile | QUITO, Pichincha, Ecuador | Competitors, Financials & Contacts - Dun & Bradstreet*. [https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles/als\\_ecuador\\_alsecu\\_sa.b2bae5c3579aa5e5d39e1d3d06ad718c.html](https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles/als_ecuador_alsecu_sa.b2bae5c3579aa5e5d39e1d3d06ad718c.html)
- Altamirano, E. (2019). Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun.JUN. *Universidad Técnica de Ambato*, 20–84. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238 IngenierÍA Agronómica -CD 641.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20641.pdf)
- Anaya-Campo, A. (2022). Contribuciones de la distribución de la tierra al desarrollo de los países. Una revisión de la literatura. *Cuadernos de Economía*, 41(86), 213–241. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v41n86.85604>
- Anthelme, F., Beck, S., Ginot, P., Garcia, M., & Meneses, R. (2015). Ecosistemas y plantas altoandinos de la Cordillera Real: únicos y frágiles. *La Cordillera Real y Sus Plantas, December 2015*, 17–30. [http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/179/TP - UNH AGRON. 0059.pdf?sequence=1&isAllowed=y%25Ahttps://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111218%25Ahttps://archive.org/details/b24872696\\_0001/page/n17/mode/2up%25Ahttps://doi.org/10.1016/j.rse.2019.11](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/179/TP%20-%20UNH%20AGRON.0059.pdf?sequence=1&isAllowed=y%25Ahttps://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111218%25Ahttps://archive.org/details/b24872696_0001/page/n17/mode/2up%25Ahttps://doi.org/10.1016/j.rse.2019.11)
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241(July 2019), 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., & Bonilla, M. A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83–89. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12>
- Báez, S., Salgado, S., Santiana, J., Cuesta, F., Peralvo, M., Galeas, R., Josse, C., Aguirre, Z., Navarro, G., Ferreira, W., Cornejo, X., Mogollón, H., Ulloa Ulloa, C., León-Yáñez, S., Sthål, B., & Toasa, G. (2010). Propuesta metodológica para la representación cartográfica de los ecosistemas del Ecuador Continental. *Sistema de Clasificación de Los Ecosistemas Del Ecuador Continental.*, 210. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Proyecto-Mapa-de-Vegetacion del-Ecuador\\_Propuesta-Metodologica.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Proyecto-Mapa-de-Vegetacion-del-Ecuador_Propuesta-Metodologica.pdf)
- Baeza-Gómez, E. (2016). *Calidad de agua: Biblioteca Nacional del Congreso Nacional de Chile*. 56.
- Baron, J. S., LeRoy Poff, N., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston, N. G., Jackson, R. B., Johnston, C. A., Richter, B. D., & Steinman, A. D. (2003). Ecosistemas de agua dulce sustentable. *Tópicos En Ecología*, 15. <http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf>
- Bennett, A. F. (2003). Linkages in the landscape : the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. In *Linkages in the landscape : the role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2004.fr.1.en>
- Bokkestijn, A. (2017). *Libro\_Bosques\_Andinos\_Interactivo.pdf* (p. 556). [https://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2018/01/Libro\\_Bosques\\_Andinos\\_Interactivo.pdf](https://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2018/01/Libro_Bosques_Andinos_Interactivo.pdf)
- Bonilla, B., Carranza, F., Flores, J., Gonzales, C., Arias, A., & Chávez, J. (2010). *Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua ( ICA )*. 1–19.

- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A-Water-Quality-Index-Do-we-dare-BROWN-R-M-1970. In *Water Sewage Works* (Vol. 10, Issue 117, pp. 339–343). <https://idoc.pub/documents/a-water-quality-index-do-we-dare-brown-rm-1970-6ng25k6e91lv>
- Cabrera, C. (2006). *Desarrollo de turismo ecológico en el biocorredor Girón -San Fernando*.
- Cáceres, A. (2019). Estudio de los cuerpos lénticos en el escenario de cambio climático, una mirada a Colombia. *Revista Pertinencia Académica*, 3(3), 29–50. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3516301>
- Chassot, O., Arias, G. M., Herrera, B., & Canet, L. (2013). *Guía metodológica para el diseño de áreas de conectividad*. <https://www.ucipfg.com/Repositorio/ELAP/Cursos-Libres/C+/Conectividad/BI/L2.pdf>
- Chuncho, G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. September. <https://www.researchgate.net/publication/344180955>
- COA. (2017). *Código Orgánico del Ambiente* (Vol. 312, Issue 8097, pp. 981–983). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(78\)92542-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(78)92542-4)
- Constitución. (2008). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial. *Constitución Del Ecuador*, 136. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Corrales, L. F. (2018). *Hoja metodológica para el cálculo del Índice de Calidad de Agua(ICA)*. X.
- Cuenca, A. (2016). Problems of eutrophication of surface waters in relation to agriculture. *Universidad Politécnica De Valencia*, 5. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78548/MATEU - Los problemas de eutrofización de las aguas superficiales en relación con la agricultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuentas-Romero, M. A. (2016). Análisis del hábitat del zorro costeño (*Lycalopex sechurae*) en el departamento de Lambayeque y propuesta de corredores ecológicos con herramientas SIG. *Espacio y Desarrollo*, 2(28), 129–152. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201601.006>
- Estévez-Valencia, C., Ascencio-Herrera, P., & Tiribocchi, A. (2019). Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos: implementación de políticas en América Latina y el Caribe. *UNESCO y CODIA*, 240. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370289.locale=es>
- FMAM, F. para el M. A. M. (2013). *Planificando participativamente Biocorredores para el Buen Vivir. Sistematización de la Fase de Planificación de la F05/PPD* (p. 108). [www.ppd-ecuador.org](http://www.ppd-ecuador.org)
- Foden, W., & Young, B. (2020). Directrices de la CSE de UICN para evaluar la vulnerabilidad de las especies al cambio climático. In *Directrices de la CSE de UICN para evaluar la vulnerabilidad de las especies al cambio climático*. IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2016.ssc-op.59.es>
- Fontúrbel-Rada, F. (2016). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1–2), 135. <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.308>
- GAD Municipal del Cantón Girón. (2017). “Ordenanza para la conservación, restauración y manejo de la laguna San Martín y su área de influencia - en la parroquia San Gerardo – Cantón Girón.” 593, 1–31.
- GAD Provincial Azuay. (2021). *Informe de análisis de la calidad de agua y suelo de la laguna San Martín del catón Girón, provincia del Azuay*.
- GAD Provincial Azuay. (2022). *Informe de administración de convenio No.236-2021- Final* (Vol. 4, Issue 1).
- GAD Provincial del Azuay. (2022). *Informe final de administración de convenio No. 114-2021*.

- García-López, T., & Cano- Flores, M. (2013). El FODA: Una Técnica para el Análisis de Problemas en el Contexto de la Planeación en las Organizaciones. *Investigadoras Del I.I.E.S.C.A.*, 84–98. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/foda1999-2000.pdf>
- García, F., & Miranda, V. (2018). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. *Volumen II de La Colección: Agenda Pública Para El Desarrollo Regional, La Metropolización y La Sostenibilidad, II*, 35–367. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/4269>
- García, N., & Mendoza, I. (2018). Evaluación de los recursos turísticos para el desarrollo sostenible del turismo comunitario en Manabí. In *Dossier Académico: Bosques, Recursos Naturales Y Turismo Sostenible*. (Issue July). <https://www.cidecuador.com/>
- Glynn, H., & Heinke, G. (1996). *Ingeniería Ambiental - Glynn Henry y Gary Heinke (2da Edición).pdf*.
- Godínez-Serracín, Ó. (2014). *Evaluación técnica del programa de recuperación de áreas degradadas en el corredor biológico paso de las lapas, Pacífico Central De Costa Rica*. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4044/programa\\_recuperacion\\_pasodela\\_slapas.pdf](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4044/programa_recuperacion_pasodela_slapas.pdf)
- Gómez-Baggethun, E., & Groot, R. de. (2007). *Capital natural y funciones de los ecosistemas ECOSISTEMAS*. 16(3), 4–14. [http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=496&Id\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=496&Id_Categoria=1&tipo=portada)
- González, R. (2017). *Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales Manual de Agroforestería*. 11. <https://www.biopasos.com/documentos/028.pdf>
- Gonzalo, M. N. (2015). Evaluación de la Calidad del Agua en un Río Urbano. In *Universidad Nacional de San Martín*. [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP\\_AGRO\\_00662\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gross, J., Woodley, S., Welling, L., & Watson, J. E. . (2017). Adapting to Climate Change: Guidance for protected area managers and planners. In *Adapting to Climate Change: Guidance for protected area managers and planners*. IUCN International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2017.pag.24.en>
- Guerra-Ordóñez, J. L., & Mejía-Vimos, D. G. (2023). *Análisis de la variabilidad de la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán*. [file:///C:/Users/sempi/OneDrive/Escritorio/UNAJMA/QUINTO SEMESTRE/METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN/internacionales/Mejia V. Denny G. Guerra O. Jhoana L. \(2023\) Analisis de la Variabilidad de la calidad del agua de las lagunas Colta y Magtayán \(2\).pdf](file:///C:/Users/sempi/OneDrive/Escritorio/UNAJMA/QUINTO SEMESTRE/METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN/internacionales/Mejia V. Denny G. Guerra O. Jhoana L. (2023) Analisis de la Variabilidad de la calidad del agua de las lagunas Colta y Magtayán (2).pdf)
- Guerra Procel, F. J., & Duque Suárez, G. V. (2018). Política industrial neoliberal y posneoliberal ecuatoriana y sus consecuencias actuales, 1982-2016. *Estado & Comunes, Revista de Políticas y Problemas Públicos*, 2(7), 131–154. [https://doi.org/10.37228/estado\\_comunes.v2.n7.2018.85](https://doi.org/10.37228/estado_comunes.v2.n7.2018.85)
- Guerrero, M. (2012). *El agua - Manuel Guerrero - Google Libros* (Vol. 3). [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Omnmv6A0e\\_sC&oi=fnd&pg=PT3&dq=el+agua+%&ots=QbFC78V99b&sig=mssHux7PuHuO0f-nXZxDNiD7rOA#v=onepage&q=el+agua&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Omnmv6A0e_sC&oi=fnd&pg=PT3&dq=el+agua+%&ots=QbFC78V99b&sig=mssHux7PuHuO0f-nXZxDNiD7rOA#v=onepage&q=el+agua&f=false)
- Gutiérrez-Segovia, K. V. (2015). "Análisis de la contaminación ambiental del lago San Jacinto de Tarija" (Vol. 38, Issue 4).
- Han, Q., Wang, X., Li, Y., & Zhang, Z. (2022). River Ecological Corridor: A Conceptual Framework and Review of the Spatial Management Scope. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph19137752>

- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., & Tabor, G. M. (2021). *Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos Desarrollando capacidades para proteger el planeta*. [www.iucn.org/pa\\_guidelines](http://www.iucn.org/pa_guidelines)
- INEC. (2016). Ecuador\_DCI\_Agua\_Saneamiento-001. *ENEMDU*.
- Jaramillo, H. (2022). El agua. *Aguateros*, 9–14. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2kjcwk8.4>
- Kampala, U. (2005). Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. *Reunión de La Conferencia de Las Partes Contratantes En La Convención Sobre Los Humedales*, 9, 34.
- Leal, C. (2020). “ *Factores Físico Químicos de los Ecosistemas Lénticos y Lóticos .*”
- Lema-Pillalaza, J. R., Guerrero-Tipantuña, M. R., Porras- Atiaja, A. F., & Chaluisa-Chaluisa, M. A. (2021). Estructura y composición florística en el bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental de los Andes en el sector La Esperanza, parroquia El Tingo, cantón Pujilí provincia de Cotopaxi a los 2000 msnm. *Dominio de Las Ciencias*, 7, 398–418.
- Li, P. (2014). Water Quality Indices. *Environmental Earth Sciences*, 71(10), 4625–4628. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3141-9>
- López, E., Mendoza, M. E., & Bocco, G. (2010). *Cobertura Vegetal y Uso del Terreno*. September 2015.
- López, R. (2002). Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. In *Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial universidad de los andes*. <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>
- MAE, M. del A. (2013). *de la biodiversidad, el ordenamiento territorial Una estrategia para la conservación y el desarrollo sustentable en la (Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos)*. 1.
- Martínez- Piñeros, E. R. (2021). *Dinámicas ecológicas de los ecosistemas acuáticos: Un material educativo pensado para estudiantes de la Licenciatura en Biología de la UPN*.
- Martínez-Sancán, L. G. (2014). “*Diseño de un corredor ecológico en la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.*” <https://doi.org/10.1128/AAC.03728-14>
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2011). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño Autores*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2022). *Proyecto tipo: Recuperación de cobertura vegetal en áreas disturbadas*. 48.
- Miththapala, S. (2013). *Lagunas y Esteros. volumen 4*.
- Montico, S., Di Leo, N., Bonel, B., & Berardi, J. (2021). Servicios ecosistémicos provistos por los suelos en una cuenca de Santa Fe, Argentina. *Cuadernos Del CURIHAM*, 27, 1–8. <https://doi.org/10.35305/curiham.v27i.166>
- Morán, N. F. (2020). Calidad del Agua -Demanda bioquímica de oxígeno. *Espol*, 2–23.
- Moreta, J. C. (2008). *La Eutrofización De Los Lagos Y Sus Consecuencias* (Vol. 52, Issue 4). [http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/2/ResumenEjecutivo.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/1439928/La\\_eutrofización\\_de\\_los\\_lagos\\_y\\_sus\\_consecuencias.\\_lbarra\\_2008%0Ahttp://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf](http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/2/ResumenEjecutivo.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/1439928/La_eutrofización_de_los_lagos_y_sus_consecuencias._lbarra_2008%0Ahttp://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf)
- Muñoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suárez, J., García, E., Neria, M., & Jiménez, J. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México.

*Tecnología y Ciencias Del Agua*, 6(5), 59–74.

- Murillo, S., & Muñoz, C. (2017). *Plan de gestión del corredor biológico pasa de las Nubes*.
- ONU. (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica. *Secretariat of the Convention on Biological Diversity*, 1–17. <http://www.cbd.int/convention/convention.shtml>
- Organización Mundial de las Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Plan de rescate para las personas y el planeta*. 1–80. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Parada, N. J. F., & Solano, F. O. (2007). Capítulo III: índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. *Índices De Calidad Y De Contaminación Del Agua*, 76. [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf)
- Parga, M. E., & Romero, R. C. (2013). *Ecología: Impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente (Google eBook)*. Ecoe Ediciones. [http://books.google.com/books?id=KZD\\_AQAAQBAJ&pgis=1](http://books.google.com/books?id=KZD_AQAAQBAJ&pgis=1)
- PDOT Azuay. (2018). *Actualización de plan de desarrollo y ordenamiento Territorial del Azuay*.
- PDOT Giron. (2019). *PDOT\_GAD Municipal Girón*.
- Pineda, O. (2011). *Análisi de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el Municipio de Valle de Santiago*. [https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-PinedaPastrana%2C%20Oliva-Maestra en Geomática.pdf](https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-PinedaPastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geomática.pdf)
- PPD, (Programa de Pequeñas Donaciones). (2012). *Nuestros Biocorredores para el Buen Vivir*. Programa de pequeñas donaciones.
- PPD, (Programa de Pequeñas Donaciones). (2015). *Sistematización de la fase de ejecución de proyectos asociativos*.
- PPD, (Programa de Pequeñas Donaciones). (2018). *Construyendo los Biocorredores para el Buen Vivir Informe Proyectos asociativos a nivel local y proyectos transversales – Fondos PASNAP*.
- Prado-Castillo, L. F., Gil-Leguizamón, P. A., Sabogal-González, A., Morales-Puentes, M. E., Cárdenas Tamayo, T. A., Carrillo Fajardo, M. Y., Luna-Sarmiento, D. A., Olaya Angarita, J. A., Hernández Velandia, D. R., Bravo Pedraza, W. J., Camargo Espitia, N. A., Medina, W., Muñoz Avila, J. A., Ovalle Pacheco, A. L., Moreno Mancilla, O. F., Morales Alba, A. F., Reyes Camargo, J. E., Caro Melgarejo, D. P., Solano, R. A., ... Mora Espitia, W. (2018). Restauración de ecosistemas de montaña : cultura y ecología desde el páramo y el piedemonte llanero. In *Restauración de ecosistemas de montaña : cultura y ecología desde el páramo y el piedemonte llanero*. UPTC. <https://doi.org/10.19053/978-958-660-335-5>
- Pucha-Cofrep, F., Andreas, F., Canóvas-García, F., Oñate- Valdivieso, F., Gónzalez-Jaramillo, V., & Pucha-Corep, D. (2017). *Fundamentos de SIG (Issue July)*. [www.acolita.com](http://www.acolita.com)
- Ríos-Vargas, O. (2011). RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221–246. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2011000200017&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2011000200017&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Roldán-Pérez, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical -2da. edición-*.
- Rovere, A. E., Blackhall, M., Cavallero, L., Dmascoos, M. A., Grigera, D., Masini, A. C. ., Svriz, M., & Tercero-Bucardo, N. (2014). Conservación y Restauración. In *ECOLOGIA E HISTORIA NATURAL* (pp. 183–203).

[https://www.researchgate.net/publication/269986410\\_Conservacion\\_y\\_Restauracion/link/549b05b90cf2b80371371843/download](https://www.researchgate.net/publication/269986410_Conservacion_y_Restauracion/link/549b05b90cf2b80371371843/download)

- Sánchez -Martínez, D. V. (2015). Ecosistemas. *Boletín Científico de La Escuela Superior Atonilco de Tula*, 2(3). <https://doi.org/10.29057/esat.v2i3.1450>
- Schlönvoigt, M. (2019). *La importancia de los corredores biológicos como estrategia de conservación de la biodiversidad y adaptación al cambio climático*. 13–18. [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr)
- Sepúlveda-Varas, A., Saavedra-Briones, P., & Esse, C. (2019). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2019(72), 9–25. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000100009>
- Sigüenza, C., & Loja, P. (2022). "Evaluación de la calidad del agua de la laguna San Martín, parroquia San Gerardo – Girón, utilizando diferentes enfoques cuantitativos." UCuenca.
- Sigüenza, C., & Loja, P. A. (2022). *Evaluación de la calidad del agua de la laguna San Martín, parroquia San Gerardo – Girón, utilizando diferentes enfoques cuantitativos*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40596>
- Solanki, M. (2007). *Evaluación ecológica de lénticos cuerpos de agua de Bangalore*.
- Soncco, R., & Alvarez, D. (2020). *Estado del arte sobre los índices que determinan el nivel de eutrofia en las lagunas altoandinas*. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/4269>
- Stem, C., Margoluis, R., Salafsky, N., & Brown, M. (2005). Monitoring and Evaluation in Conservation: a Review of Trends and Approaches. *Conservation Biology*, 19(2), 295–309. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00594.x> <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1523-1739.2005.00594.x/asset/j.1523-1739.2005.00594.x.pdf?v=1&t=i674b8r7&s=c1fd5583cd6cc7a786e5398ffdec8b4108922992>
- Straille, D., Jöhnk, K., & Rossknecht, H. (2003). Complex effects of winter warming on the physicochemical characteristics of a deep lake. *Limnology and Oceanography*, 48(4), 1432–1438. <https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.4.1432>
- Torres, P., Hernán, C., Paola, C., & Patiño, J. (2009). WATER QUALITY INDEX IN SURFACE SOURCES USED IN WATER PRODUCTION FOR HUMAN CONSUMPTION. A CRITICAL REVIEW. *Revista Ingenierías*, 8, 79–93.
- Trucíos, R., Rivera, M., Gerardo, D., Estrada, J., & Cerano, J. (2013). Análisis sobre Cambio de Uso de Suelo en Dos Escalas de Trabajo. *Revista Terra Latinoamericana*, 31(4), 339–346.
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- UICN. (2016). *Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua*.
- UNESCO. (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- Vidal, R., & Guiti. (2005). *La Limnología, una ciencia de síntesis: Conceptos y Breve historia de la Limnología*.
- Villena-Chávez, J. A. (2018). Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2018.352.3719>
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden,

S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>

Walter, P., & Gallo, G. (2021). *Biocorredores y turismo de cercanía*.

Zapata, V., Zárate, M., Aguilera, J., Zelaya, A., Barrios, E., Laupheimer G, S., Aravena C, G., Garrido I, C., & Taub E, T. (2006). Indicadores de calidad en la gestión del personal. *Revista Chilena de Radiología*, 12(4), 157–160. <https://doi.org/10.4067/s0717-93082006000400004>

Zhao, J., Jin, T., Zhang, P., Krott, M., & Liu, J. (2023). Political embeddedness in public–private partnership for nature conservation: A land trust reserve case from China. *Ambio*, 53(2), 324–338. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01936-y>

# ANEXOS

## Anexo 1: Ficha de Campo

La presente ficha se aplicó en las tres lagunas, abarcando todos puntos a considerar con respecto al cambio de uso de la cobertura vegetal.

### Ficha de Campo

Fecha: .....

#### Información General

Nombre de la laguna.....

Ubicación Geográfica:

- Coordenadas:

X:

Y:

Ubicación

Municipio ....., Parroquia.....Provincia: Azuay

Altitud:

Temporada:

Descripción de la zona, según su:

- Vegetación

|               |  |
|---------------|--|
| Pastizal      |  |
| Chaparro      |  |
| Páramo        |  |
| Bosque Nativo |  |

- Forma del relieve

|                    |  |
|--------------------|--|
| Llanura            |  |
| Valle              |  |
| Depresión o cuenca |  |
| Montaña            |  |
| Meseta             |  |

Uso Actual del Suelo:

- Agricultura

|                     |  |
|---------------------|--|
| Cultivo de maíz     |  |
| Cultivo de pastizal |  |
| Sin Cultivos        |  |

- Urbanización

N ° de casas alrededor de la laguna

|           |  |
|-----------|--|
| 3         |  |
| 4         |  |
| 5         |  |
| Mayor a 5 |  |

- Ganadería (cabezas de ganado)

|     |  |
|-----|--|
| 15  |  |
| 25  |  |
| 45  |  |
| >80 |  |

- Impactos Ambientales:

Erosión

SI.....

NO.....

|           |  |
|-----------|--|
| Hídrica   |  |
| Eólica    |  |
| Antrópica |  |

Edafología

Drenaje SI.....

NO.....

**Tipo de ecosistema (laguna)**

|            |  |
|------------|--|
| Estuario   |  |
| Lacustre   |  |
| Fluvial    |  |
| Kárstico   |  |
| Artificial |  |

**Asentamientos humanos**

Nombre de Parroquia o sector.....

Rural ..... Urbana.....

Distancia de la laguna del poblado .....

**Contaminación**

Descarga de aguas residuales: SI ..... NO.....

|               |  |
|---------------|--|
| Domesticas    |  |
| Agropecuarias |  |
| Acuicolas     |  |
| Otras         |  |

**Impactos a la vegetación (si existen en el sitio)**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Especies invasoras       |  |
| Perdida de hábitat       |  |
| Deforestación            |  |
| Fragmentación de hábitat |  |

| Malas practicas                            |  |
|--|--|
| Sobrepastoreo                              |  |
| Depósitos clandestinos de residuos solidos |  |
| Actividades de tala, quema                 |  |
| Conflictos agrarios                        |  |

| Fauna     |  |
|-----------|--|
| Aves      |  |
| Mamíferos |  |
| Reptiles  |  |
| Insectos  |  |

**Anexo 2:** Visita Insitu de las lagunas de Busa, San Martin y Zhogra

Laguna Zhogra



**Fotografía 1.** Laguna Zhogra con presencia eutrofización.



**Fotografía 2.** Presencia actividades ganaderas.



**Fotografía 3.** Presencia especies invasoras dentro de la laguna Zhogra.

Laguna Busa



**Fotografía 4.** Espejo de la Laguna Busa.



**Fotografía 5.** Presencia actividades ganaderas en las zonas aledañas a la laguna Busa.



**Fotografía 6.** Presencia de especies invasoras dentro de la laguna de Busa.

Laguna San Martín



**Fotografía 7.** Especies de la zona aledañas a la laguna de San Martín.



**Fotografía 8.** Presencia actividades ganaderas.



**Fotografía 9.** Presencia infraestructura y zonas pobladas en las zonas aledañas a la laguna.

**Anexo 3:** Datos de los parámetros físico-químico proporcionado por el GAD provincial.

Laguna Zhogra

**Tabla 1.** Resultados de laboratorio de la Laguna de Zhogra.

| Parámetros                     | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    | P6    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| pH                             | 7,57  | 7,64  | 7,63  | 7,8   | 7,71  | 7,61  |
| Temperatura                    | 19,52 | 17,39 | 17,21 | 18,35 | 19,66 | 17,78 |
| Turbidez                       | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
| Fósforo                        | <1,00 | 1,04  | <1,00 | <1,00 | <1,00 | <1,00 |
| Nitratos                       | <1,00 | <1,00 | <1,00 | <1,00 | 1     | <1,00 |
| Oxígeno Disuelto               | 6,3   | 6,05  | 5,6   | 6,17  | 6,27  | 5,46  |
| Coliformes Fecales             | <1,8  | 2     | <1,8  | 2     | 2     | <1,8  |
| Demanda bioquímica del oxígeno | 10,52 | 7,58  | 7,56  | 8,05  | 7,4   | 7,47  |

## Laguna Busa

Tabla 2. Resultados de laboratorio de la Laguna de Busa

| Mes-año<br>2023 | Parámetros físicos-químicos del agua |                     |                   |                    |                    |                               |  |                                    |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|
|                 | pH (UpH)                             | Temperatura<br>(°C) | Turbidez<br>(NTU) | Fosfatos<br>(mg/l) | Nitratos<br>(mg/l) | Oxígeno<br>Disuelto<br>(mg/l) | Demanda<br>Bioquímica<br>de<br>Oxígeno<br>(mg/l) | Coliformes<br>fecales<br>NMP/100ml |
| Octubre         | 7,73                                 | 18,2                | 11                | <0,01              | 1,25               | -                             | <19,23   | 4,7x10 <sup>2</sup>                |
|                 | 7,77                                 | 15,8                | 9                 | <0,01              | 0,8                | -                             | <19,23   | 5,2x10 <sup>2</sup>                |
|                 | 7,7                                  | 17,3                | 9                 | <0,01              | 0,6                | -                             | <19,23   | 7,8x10 <sup>2</sup>                |
|                 | 7,32                                 | 16,9                | 2                 | <0,01              | 0,2                | -                             | <19,23   | 1,03x10 <sup>3</sup>               |
|                 | 7,48                                 | 17,5                | 8                 | <0,01              | 0,7                | -                             | <19,23   | 7                                  |
| Noviembre       | 6,24                                 | 20,3                | 30,8              | <0,1               | 1,1                | 7,04                          | 19,33  | 4,2                                |
|                 | 6,88                                 | 17,1                | 3,61              | <0,1               | 0,5                | 5,45                          | <19,23   | 2,3x10 <sup>3</sup>                |
|                 | 6,39                                 | 12,71               | 1,93              | <0,1               | 2,3                | 5,84                          | 30   | 2,3x10 <sup>3</sup>                |
|                 | 5,9                                  | 18,26               | 3,39              | <0,1               | 0,8                | 7,03                          | <19,23   | 3,6x10 <sup>1</sup>                |
|                 | 6,16                                 | 18,47               | 2,92              | <0,1               | 0,7                | 6,55                          | <19,23   | 1,2x10 <sup>1</sup>                |
| Diciembre       | 7,45                                 | 22                  | 5,74              | <0,1               | 0,9                | 7,03                          | 30   | 2,0x10 <sup>1</sup>                |
|                 | 7,09                                 | 19,8                | 12,76             | <0,1               | 0,5                | 5,24                          | 28   | 1,7x10 <sup>3</sup>                |
|                 | 6,65                                 | 16,7                | 1,93              | <0,1               | 1                  | 4,93                          | 30   | 4                                  |
|                 | 7,15                                 | 21,2                | 4,24              | <0,1               | 0,1                | 6,49                          | 26   | <1                                 |
|                 | 7,35                                 | 21,5                | 4,75              | <0,1               | 0,7                | 6,35                          | 24   | <1                                 |

## Laguna de San Martín

Tabla 3. Resultados de laboratorio de la Laguna de San Martín.

| MES - AÑO 2021 | PARÁMETROS |               |                |                 |                         |                              |                                   |                 |
|----------------|------------|---------------|----------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                | pH (UpH)   | TURBIDEZ(NTU) | FÓSFORO (mg/l) | NITRATOS (mg/l) | OXÍGENO DISUELTO (mg/l) | COLIFORMES FECALES NMP/100ml | DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l) | TEMPERATURA(°C) |
| AGOSTO         | 6,83       | 26,2          | 1,23           | 1,71            | 7,29                    | 23                           | 38,8                              | 10,7            |
|                | 6,86       | 29,4          | 1,76           | 1,27            | 5,37                    | 1,8                          | 5,75                              | 10,7            |
|                | 6,84       | 24,7          | 2,2            | 1,15            | 4,4                     | 1,8                          | 7,45                              | 10,1            |
|                | 6,9        | 23,4          | 2,16           | 1               | 5,04                    | 1,8                          | 5,61                              | 10,1            |
|                | 6,89       | 24,8          | 1,98           | 1               | 4,17                    | 4,5                          | 7,91                              | 10,3            |
|                | 7,17       | 23            | 1,32           | 1,06            | 6,08                    | 1,8                          | 11,08                             | 10,8            |
| SEPTIEMBRE     | 7          | 24,8          | 1              | 2,85            | 5,62                    | 1,8                          | 38,5                              | 18,7            |
|                | 6,91       | 22,3          | 1              | 4,33            | 4,17                    | 1,8                          | 6,43                              | 18,7            |
|                | 6,81       | 32            | 1              | 3,12            | 2,65                    | 1,8                          | 7,49                              | 19,1            |
|                | 6,86       | 22,3          | 1              | 4,07            | 5,86                    | 1,8                          | 5,23                              | 18,9            |
|                | 6,97       | 23            | 1              | 3,96            | 5,52                    | 1,8                          | 8,2                               | 19              |
|                | 6,98       | 22,3          | 1              | 2,59            | 5,82                    | 1,8                          | 11,67                             | 18,8            |
| OCTUBRE        | 6,83       | 35,2          | 1,23           | 2,17            | 3,78                    | 1,1                          | 45                                | 19,2            |
|                | 6,62       | 47,5          | 1,23           | 3,02            | 2,71                    | 1,1                          | 37,12                             | 19,2            |
|                | 6,68       | 33,8          | 1,23           | 2,58            | 3,35                    | 1,1                          | 20,76                             | 19              |
|                | 6,85       | 32,6          | 1,23           | 3,76            | 3,12                    | 1,1                          | 17,46                             | 19,2            |
|                | 7,33       | 34,1          | 1              | 3,23            | 5,84                    | 1,1                          | 15,91                             | 19,4            |
|                | 6,94       | 33,4          | 1              | 3,82            | 3,68                    | 1,1                          | 15,81                             | 19,6            |
| FEBRERO        | 6,65       | 25,6          | 0,29           | 2,64            | 2,35                    | 2                            | 1,451                             | 18,6            |
|                | 6,69       | 21,7          | 0,4            | 2,7             | 2,65                    | 0                            | 0,67                              | 18,6            |
|                | 6,65       | 27,1          | 0,4            | 2,26            | 2,21                    | 0                            | 0,87                              | 19              |
|                | 6,64       | 22            | 0,306          | 2,1             | 3                       | 0                            | 0,84                              | 19,3            |
|                | 6,66       | 18,8          | 0,588          | 2,29            | 2,67                    | 0                            | 0,66                              | 18,9            |
|                | 6,58       | 22            | 0,227          | 2,64            | 1,99                    | 0                            | 0,8                               | 18,6            |
| MARZO          | 6,67       | 6,9           | 0,659          | 0,816           | 3,44                    | 0                            | 9,9                               | 20,3            |
|                | 6,51       | 17,3          | 0,267          | 1,38            | 2                       | 33                           | 3,96                              | 20,3            |
|                | 6,61       | 15,9          | 0,016          | 1,44            | 3,79                    | 130                          | 4,81                              | 20,5            |
|                | 6,63       | 17            | 0,886          | 1,29            | 2,82                    | 79                           | 6,91                              | 19,9            |
|                | 6,64       | 13,7          | 0,204          | 0,942           | 5,05                    | 7,8                          | 4,48                              | 20,2            |
|                | 6,53       | 9,4           | 0,588          | 0,816           | 2,15                    | 33                           | 2,79                              | 20              |
| ABRIL          | 6,59       | 26,7          | 1              | 1               | 2                       | 4                            | 26,8                              | 19,2            |
|                | 6,6        | 25,6          | 1              | 1               | 2                       | 1,8                          | 10                                | 19,2            |
|                | 6,57       | 23,5          | 1              | 1               | 2,13                    | 1,8                          | 10,01                             | 19,5            |
|                | 6,56       | 26            | 1              | 1               | 2                       | 2                            | 12,59                             | 19,3            |
|                | 6,63       | 22            | 1              | 1               | 3,73                    | 1,8                          | 11,52                             | 19,8            |
|                | 6,62       | 24,6          | 1              | 1               | 3,98                    | 1,8                          | 10,14                             | 19,2            |

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Shiram Mercedes Sari Antunish portador de la cédula de ciudadanía N.º 0150626703. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Propuesta de biocorredor de conectividad entre la laguna Busa, San Martín y Zhogra, cantones Girón y San Fernando" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de marzo de 2024



F: .....  
Shiram Mercedes Sari Antunish  
0150626703