



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA " EL
CANCLÓN" EN LA RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES
SATÉLITALES**

AUTOR: JOSE MANUEL CORTEZ EZETA

TUTORA: BLGA. MIREYA POZO CAJAS, MSC,

GUAYAQUIL, ENERO 2024



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA " EL
CANCLÓN" EN LA RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES
SATÉLITALES**

AUTOR: JOSE MANUEL CORTEZ EZETA

TUTORA: BLGA. MIREYA POZO CAJAS, MSC,

GUAYAQUIL, ENERO 2024

ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA “EL CANCLÓN” EN LA RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES SATÉLITALES		
AUTOR:	CORTEZ EZETA JOSE MANUEL		
REVISOR/TUTOR:	BLGA. MIREYA POZO CAJAS, MSC. ING. MARCELO JOSE ALVAREZ PICO, MSC.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES		
TERCER NIVEL:	INGENIERIA AMBIENTAL		
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO AMBIENTAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	FEBRERO, 2024	No. DE PÁGINAS:	99
ÁREAS TEMÁTICAS:	GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES, BIODIVERSIDAD Y AMBIENTE.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	TELEDETECCIÓN, LAGUNA, ANÁLISIS, ÍNDICES, ESPEJO DE AGUA.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El presente trabajo está orientado a analizar los cambios en las coberturas de espejo de agua de la Laguna el Canclón ubicada en la Reserva Ecológica Manglares de Churute por medio de cálculos de NDWI y NDVI para los años 1986, 1996, 2014 y 2023 con el objetivo de conocer también el incremento poblacional alrededor de la laguna para poder determinar los factores antrópicos que pueden estar ocasionando la pérdida del espejo de agua se calculó el NDBI. Como resultado se obtuvo que durante el periodo de 1986 a 2023 existió una pérdida de 82,5 ha de espejo de agua. La mayor pérdida del espejo de agua se dio durante los años de 1986 a 1996, donde de 140,70 ha de espejo de agua disminuyó a 107,44 ha; en la actualidad la laguna cuenta con 57,75 ha, la vegetación sobre la laguna ocupa aproximadamente el 96,75%, es decir 774 ha, existiendo un aumento de la presión antrópica en las riberas de la laguna.			
ADJUNTO PDF	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0939582624	E-mail: jose.corteze@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Jenny Maritza Rosero Lozano		
	Teléfono: 593 4 3080777		
	Mail: info@fccnugye.com Jenny.roserol@ug.edu.ec		

**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA
GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA
OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO
ACADÉMICOS**

Yo, JOSE MANUEL CORTEZ EZETA, con C.I. No. 1250347281, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA EL CANCLÓN EN LA RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES SATÉLITALES son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Jose' Cortez E

JOSE MANUEL CORTEZ EZETA

C.I. No 1250347281

UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL

ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo si nombrada POZO CAJAS MIREYA MATILDE, tutor del trabajo de titulación tutor certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por JOSE MANUEL CORTEZ EZETA, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Ambiental.

Se informa que el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA " EL CANCLÓN" EN LA RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES SATELITALES**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa TURNITIN quedando el 6 % de coincidencia.



<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&s=1&u=1133713837&o=2285031115>



Generado electrónicamente por:
MIREYA MATILDE POZO
CAJAS

BLGA. MIREYA POZO CAJAS, MSc.

C.I. 0909378432

FECHA: 30/1/2024

ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

CARRERA_ INGENIERIA AMBIENTAL

Guayaquil, 2 de febrero del 2024

Sr. MSc. Edgard Avilés Camacho

DIRECTOR DE LA CARRERA

FACULTAD DE CIENCIAS

NATURALES UNIVERSIDAD DE

GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **Análisis de la Variación Espacial de la Laguna "El Canclón" en la Reserva el Churute con Imágenes Satelitales** del estudiante José Manuel Cortez Ezeta indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
MIREYA MATILDE POZO
CAJAS

BLGA. MIREYA POZO CAJAS,

MSc.C.I. 0909378432

FECHA: 02/02/2024

ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 23 de febrero de 2024

Sr.

EDGARD JOFFRE AVILÉS CAMACHO, MSc
DIRECTOR DE LA CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a usted el Informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA " EL CANCLÓN" EN RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES SATÉLITES del estudiante CORTEZ EZETA JOSE MANUEL. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 17 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
MARCELO JOSE
ALVAREZ PICO

MGS. MARCELO ALVAREZ PICO

DOCENTE TUTOR REVISOR

C.I. 1312320060

FECHA: 23/02/2024

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN REALIZADO: ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LAGUNA " EL CANCLÓN" EN LA RESERVA EL CHURUTE CON IMÁGENES SATÉLITALES

Autor: Jose Manuel Cortez Ezeta

Tutor: Blga. Mireya Pozo Cajas

Resumen

El presente trabajo está orientado a analizar los cambios en las coberturas de espejo de agua de la Laguna el Canclón ubicada en la Reserva Ecológica Manglares de Churute por medio de cálculos de NDWI y NDVI para los años 1986, 1996, 2014 y 2023 con el objetivo de conocer también el incremento poblacional alrededor de la laguna para poder determinar los factores antrópicos que pueden estar ocasionando la pérdida del espejo de agua se calculó el NDBI. Como resultado se obtuvo que durante el periodo de 1986 a 2023 existió una pérdida de 82,5 ha de espejo de agua. La mayor pérdida del espejo de agua se dio durante los años de 1986 a 1996, donde de 140,70 ha de espejo de agua disminuyó a 107,44 ha; en la actualidad la laguna cuenta con 57,75 ha, la vegetación sobre la laguna ocupa aproximadamente el 96,75%, es decir 774 ha, existiendo un aumento de la presión antrópica en las riberas de la laguna.

Palabras Claves: teledetección, laguna, análisis, índices, espejo de agua.

ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

TITLE OF DEGREE WORK CARRIED OUT: ANALYSIS OF THE SPATIAL VARIATION OF THE "EL CANCLÓN" LAGOON IN THE CHURUTE RESERVE WITH SATELLITE IMAGES

Author: JOSE MANUEL CORTEZ EZETA

Advisor: BLGA. MIREYA POZO CAJAS

Abstract

The present work is aimed at analyzing the changes in the water mirror coverage of the Laguna el Canclón located in the Manglares de Churute Ecological Reserve through NDWI and NDVI calculations for the years 1986, 1996, 2014 and 2023 with the objective to also know the population increase around the lagoon in order to determine the anthropic factors that may be causing the loss of the water body, the NDBI was calculated. As a result, it was obtained that during the period from 1986 to 2023 there was a loss of 82.5 hectares of water surface. The greatest loss of the water body occurred during the years from 1986 to 1996, where the water body decreased from 140.70 ha to 107.44 ha; Currently, the lagoon has 57.75 ha, the vegetation on the lagoon occupies approximately 96.75%, that is, 774 ha, with an increase in anthropogenic pressure on the banks of the lagoon.

Keywords: remote sensing, lagoon, analysis, indices, water mirror.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios, por darme vida, salud, fortaleza y sabiduría para poder cumplir con esta meta

En segundo lugar, se la dedico a mi madre Martha Elizabeth Ezeta Flores y a mi padre José Manuel Cortez Solís ya que gracias al apoyo y guía de ambos soy la persona que soy ahora, que gracias a sus consejos soy un hombre del que pueden estar orgullosos, también a mis hermanos.

También quiero dedicarles este trabajo a mis abuelos ya que ellos también son personas muy importantes en mi vida y estoy agradecido por tenerlos a mi lado hoy en día, sus consejos me han servido de mucho en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que me dieron parte de su tiempo, a Dios, a mi familia y a mis amigos que son todos quienes han sido de gran apoyo en mi vida.

A mi tutora, la bióloga Mireya Pozo Cajas por todos estos años siendo mi docente, me ayudo a adquirir mucho conocimiento y experiencia a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A Evelyn Castro Delgado por estar conmigo siempre y apoyarme e impulsarme a ser un mejor hombre cada día.

A mis mejores amigos, Mario, Sunny y Peter que han estado en mi vida desde muy corta edad y me han apoyado en todo.

Agradezco al Ingeniero Daniel Tobalina por asesorarme y orientarme en el desarrollo de mi tesis

Al Ingeniero Vinicio Macas por ayudarme a despejar dudas en todo lo relacionado a sistemas de información geográfica.

A todos mis compañeros y amigos que hice durante toda la carrera universitaria por todo el tiempo compartido y los recuerdos.

A todo el personal de la Reserva Manglares de Churute por su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INTRODUCCION	7
1. CAPITULO I	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. JUSTIFICACION	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
2. CAPITULO II	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. MARCO TEORICO	9
2.2.1. Ecología de lagunas y cuerpos de agua lagos someros, lagunas y humedales	9
2.2.2. Laguna	9
2.2.3. Factores bióticos y abióticos de las lagunas	10
2.2.4. Sistema Nacional De Áreas Protegidas (Snap)	13
2.2.5. Teledetección	17
2.2.6. Firma Espectral	19
2.2.7. Sistemas de Teledetección	21
2.2.8. La Función de la Teledetección en el Medio Ambiente	21
2.3. MARCO LEGAL	24
3. CAPITULO III	27
3.1. Materiales y métodos	27
3.1.1. Área de estudio	27
3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA BASE	30
3.1.3. Recolección de datos	32
3.1.4. Insumos de datos	33
3.1.5. METODOLOGIA	34
3.1.6. Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)	38
3.1.7. Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	39

3.1.8.	Índice de Edificación de Diferencia Normalizada (NDBI)	41
3.1.9.	Tasa de cambio	42
3.1.10.	Fase de campo	43
4.	CAPITULO IV	46
4.1.	Resultados	46
4.1.1.	Procesamiento digital para resultados	46
4.1.2.	Resultados del cálculo de Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) 46	
4.1.3.	Resultados del cálculo de Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	47
4.1.4.	Resultados del cálculo de Índice de Edificación de Diferencia Normalizada (NDBI)	48
4.1.5.	Espejo de agua y cobertura vegetal	57
4.1.6.	Variación multitemporal del espejo de agua y cobertura vegetal	57
5.	CAPITULO V	59
5.1.	Discusión	59
6.	CAPITULO VI	63
6.1.	Conclusiones	63
6.2.	Recomendaciones	64
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	75

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Tipos de Áreas Protegidas</i>	14
<i>Tabla 2</i>	<i>Regiones Espectrales Utilizadas para la Observación Remota</i>	20
<i>Tabla 3</i>	<i>Normativa Legal Ecuatoriana</i>	24
<i>Tabla 4</i>	<i>Insumos</i>	33
<i>Tabla 5</i>	<i>Características del satélite Landsat 5</i>	35
<i>Tabla 6</i>	<i>Características del satélite Landsat 7</i>	36
<i>Tabla 7</i>	<i>Características del satélite Landsat 8</i>	37
<i>Tabla 8</i>	<i>Características de las imágenes satelitales adquiridas</i>	38
<i>Tabla 9</i>	<i>Valores de reclasificación de NDWI</i>	42
<i>Tabla 10</i>	<i>Valores de reclasificación de NDVI</i>	42
<i>Tabla 11</i>	<i>Valores de reclasificación de NDBI</i>	42
<i>Tabla 12</i>	<i>Salidas de campo</i>	43

<i>Tabla 13</i>	<i>Coordenadas de los puntos tomados por GPS</i>	44
<i>Tabla 14</i>	<i>Valores máximos y mínimos de NDWI</i>	46
<i>Tabla 15</i>	<i>Valores máximos y mínimos de NDVI</i>	47
<i>Tabla 16</i>	<i>Valores máximos y mínimos de NDBI</i>	48
<i>Tabla 17</i>	<i>Vegetación sobre la laguna</i>	53
<i>Tabla 18</i>	<i>Tasa de cambio porcentual del aumento de la vegetación sobre la laguna</i>	54
<i>Tabla 19</i>	<i>Espejo de agua</i>	55
<i>Tabla 20</i>	<i>Tasa de cambio porcentual de la pérdida del espejo de agua</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	<i>Áreas protegidas de Ecuador</i>	16
<i>Figura 2</i>	<i>Espectro electromagnético</i>	18
<i>Figura 3</i>	<i>Firma espectral</i>	19
<i>Figura 4</i>	<i>Elementos de teledetección</i>	23
<i>Figura 5</i>	<i>Mapa del área de estudio</i>	29
<i>Figura 6</i>	<i>Metodología</i>	34
<i>Figura 7</i>	<i>Imagen ráster de NDWI del año 2023 luego de la combinación de bandas</i>	39
<i>Figura 8</i>	<i>Imagen ráster de NDVI del año 2023 luego de la combinación de bandas</i>	40
<i>Figura 9</i>	<i>Imagen ráster de NDBI del año 2014 luego de la combinación de bandas</i>	41
<i>Figura 10</i>	<i>Puntos muestreados en las visitas a la laguna</i>	45
<i>Figura 11</i>	<i>NDWI</i>	47
<i>Figura 12</i>	<i>NDVI</i>	48
<i>Figura 13</i>	<i>NDBI</i>	49
<i>Figura 14</i>	<i>Coberturas reclasificado (NDWI)</i>	50
<i>Figura 15</i>	<i>Coberturas reclasificado (NDVI)</i>	51
<i>Figura 16</i>	<i>Coberturas reclasificado (NDBI)</i>	52
<i>Figura 17</i>	<i>Vegetación en la laguna</i>	53
<i>Figura 18</i>	<i>Variación de la vegetación del lago durante el periodo de 1986 al 2023</i>	54
<i>Figura 19</i>	<i>Espejo de agua</i>	55
<i>Figura 20</i>	<i>Variación de la vegetación del lago durante el periodo de 1986 al 2023</i>	56

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1</i>	<i>Cacao cerca de la laguna</i>	75
----------------	---------------------------------	----

<i>Anexo 2 Vista aerea de la laguna</i>	<i>75</i>
<i>Anexo 3 Zona sur-oeste de la laguna.....</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 4 Parcelas de agricultura cerca a la laguna</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 5 Sembrios cercanos a la laguna.....</i>	<i>77</i>
<i>Anexo 6 Sembrios cercanos a la laguna.....</i>	<i>77</i>
<i>Anexo 7 Espejo de agua.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 8 Espejo de agua.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 9 Toma de puntos y verificacion en campo.....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 10 Caña de azucar cercana a la laguna</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 11 Canal de riego o drenaje</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 12 Pradera</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 13 Ganado vacuno en la laguna</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 14 Fauna de la laguna.....</i>	<i>84</i>

INTRODUCCION

La pérdida y degradación de los ecosistemas acuáticos principalmente los lénticos, como la calidad del recurso hídrico, constituyen una de las mayores amenazas y preocupaciones ambientales localmente y con mayor énfasis por las aves migratorias a nivel mundial. La presión de los seres humanos sobre este tipo de ecosistemas, principalmente el sector industrial, vivienda y agrícola, ha ocasionado diversos problemas por la afectación de los servicios ecosistémicos, entre los que se incluyen todos los procesos de contaminación, recursos agotados por la pérdida y alteración de los hábitats y pérdida de los servicios ecosistémicos ofrecidos. (Castillo & Rodriguez, 2017)

Hoy por hoy los cuerpos hídricos no cuentan con sistemas de monitoreo para la detección y prevención de la pérdida del espejo de agua, que puede ser por factores tales como; deficiencia de manejo ambiental, uso inadecuado del suelo, inestabilidad del ciclo hidrológico, manejo de vertidos inadecuado, etc. Con las herramientas actuales de teledetección y los sistemas de información geográfica contamos con información accesible y confiable de la superficie terrestre, lo cual facilita tener mayor entendimiento tanto del área de estudio como de la zona de influencia. (Fonseca & Gomez, 2013)

Esto será utilizado para determinar la manera en la que se ha reducido el espejo de agua de la Laguna “El Canclón” y como ha cambiado el hábitat a través de visitas al lugar y el uso de imágenes satelitales específicas que permitan analizar el comportamiento de la laguna, con el objetivo de que en estudios próximos se puedan establecer medidas que ayuden a minimizar o eliminar la pérdida de los servicios ambientales que prestan en

el área. (Chocho, 2020)

En el Golfo de Guayaquil desembocan todas las cuencas hidrográficas el agua de las montañas de los andes siendo la zona de los ríos Daule, Babahoyo, Naranjal, Taura y Cañar y al mismo tiempo el ingreso de las cuñas del agua del mar; las mezclas de estos dos cuerpos de agua en el golfo forman el estuario más grande de la costa del Pacífico Occidental en América del Sur y albergan las hectáreas de 49.389 de bosque de manglares en Ecuador. (Parks and tribes, 2023)

En el Estuario Medio del Golfo de Guayaquil se encuentran la Reserva Ecológica Manglares de Churute (REMCH), la primera área protegida de manglares declarada en la costa continental del Ecuador. La Reserva es refugio de mucha fauna, alguna de las cuales se encuentra en peligro de extinción, en la misma encontramos la Laguna Léntica llamada “El Canclón”, su nombre se debe al ave acuática Canclón cuyo nombre científico es, *Anhima cornuta* (Astudillo *et al.*, 2002) que tiene un canto específico singular, que han desaparecido de otros puntos de la costa.

1. CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Reserva Ecológica Manglares de Churute se encuentra la Laguna El Canclón, siendo un ecosistema de gran fragilidad debido a la exuberante flora y fauna que se ha adaptado a este hábitat, mismo que puede verse afectado por la disminución del espejo de agua. Está rodeada por la Cordillera de Churute que está conformada por los cerros El Mate, Cimalón, Perequete Grande y Perequete Chico y la atraviesa el río Churute que viene de la Cordillera de los Andes. Su causa exacta es desconocida, sin embargo, se consideran factores antropogénicos como el mal manejo de vertidos, conversión de uso de suelos a otros usos como la ganadería, cultivos de ciclo corto, inestabilidad del ciclo hidrológico, eutrofización, sedimentación del espejo de agua, entre otros, que están contribuyendo a agrandar este problema. Sin embargo, sin importar la causa exacta de este problema la pérdida de este recurso hidrológico supone serios problemas a los Servicios Ecosistémicos que ofrece para la vida silvestre y flora en general. (González & Gonzalez, 2015)

La disminución del espejo de agua afecta de manera directa a la biodiversidad local y a las aves migratorias en especial a las bioacuáticas, esto incluye a especies acuáticas, aves migratorias del sur y del norte, entre otros organismos que dependen de la laguna para sobrevivir. Esto podría conducir a la pérdida de la biodiversidad, repercusiones económicas y sociales, además de comprometer su capacidad de desempeñar funciones ecológicas claves. (Salamanca, 2018)

A través del procesamiento de imágenes satelitales y el uso de técnicas de teledetección, entenderemos la dinámica del presume reducción del espejo de agua realizando un análisis de coberturas a través del tiempo junto con la información de variables de humedad sobre la vegetación de la laguna.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La Reserva Ecológica Manglares de Churute está localizada en el margen occidental del estuario que el río Guayas forma cuando desemboca en el Golfo de Guayaquil (Ministerio del Ambiente, 2015).

La Laguna el Canclón es una importante reserva de diversidad ecológica por lo que es fundamental garantizar la preservación de los recursos naturales a través de estrategias de gestión implementadas por entidades interesadas en la conservación de estos hábitats. No obstante, resulta imperativo llevar a cabo iniciativas de investigación y análisis en relación con los procesos que sostienen los entornos vulnerables. (González & Gonzalez, 2015).

Se mantuvo un diálogo con el responsable del área protegida el cual explicó su necesidad de conocer el problema de la Laguna El Canclón de la Reserva Ecológica Manglares de Churute por la disminución del espejo de agua en la misma y la pérdida de los Servicios Ecosistémicos.

Debido a las alteraciones a la laguna y a la pérdida del espejo de agua de la misma surge la necesidad de generar aportes de conocimiento e información espacial sobre los problemas y posibles soluciones a las problemáticas ambientales que se presentan en el territorio en este caso utilizando los Sistemas de Información Geográfica o SIG, mismos que nos permiten desarrollar un análisis multitemporal de manera geoespacial, mismos que nos

permiten observar y determinar las actividades que afectan a la pérdida del espejo de agua de la laguna. (Ortiz, 2021)

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica (SIG) junto con la disciplina de la Geografía ofrecen mayor accesibilidad para contribuir y aportar conocimientos estratégicos para la preservación del medio ambiente y la adaptación a un entorno cada vez más dinámico. Estas herramientas no solo facilitan, sino que potencian nuestra capacidad para aportar soluciones en pro de la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos naturales, fortaleciendo así el compromiso con la conservación del planeta.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar por medio de imágenes satelitales los factores ambientales que están contribuyendo a la disminución del espejo de agua en la Laguna “El Canclón” en la Reserva Ecológica Manglares Churute ubicado en la provincia Naranjal perteneciente a la provincia de Guayas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Levantar información para identificar aspectos de actividades antropogénicas que puedan influir en la reducción del espejo de agua de la laguna.
- Analizar imágenes satelitales del lago a lo largo del tiempo para identificar la influencia de diferentes actividades en la transformación de la laguna para determinar los factores más influyentes en la pérdida del espejo de agua.
- Emplear técnicas de análisis espacial y teledetección para estudiar el cambio de uso de suelo de la Laguna “El Canclón” durante las últimas tres décadas.

2. CAPITULO II

2.1. ANTECEDENTES

Un estudio realizado en la Laguna Suches y el bofedal de Huaytire, ubicados en la provincia de Candavare del departamento de Tacna, realizó el estudio de cambio del espejo de agua de dicha laguna usando los valores de NDVI el bofedal de Huaytire en los años 1975 a 2020, usando el análisis de imágenes obtenidas del Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS (Landsat 2, Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8).

Se calculó el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI) y el Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI). Mediante la aplicación de estos índices se evidenció una notable reducción en la extensión de la laguna Suches y del estado de la vegetación, lo cual indica una disminución de la cobertura del bofedal de Huaytire. A pesar de no poder establecer una correlación causal con los parámetros que podrían estar incidiendo a la disminución, surge la hipótesis del cambio climático, el desvío, extracción de agua superficial y subterránea. (Chambe y otros, 2021)

Según la investigación realizada por (Mendoza & Quilumba, 2021) sobre Evaluación de la pérdida del espejo de agua de las lagunas Caricocha, Chiriyacu y Huarmicocha mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales en el período de 2000 a 2020 y analizando los parámetros físico-químicos de aguas y de los sedimentos para el manejo sostenible del recurso hídrico, aparentemente el cambio climático puede genera impactos sobre los ecosistemas, en especial en las de Tundra Andina, Dando como resultado la disponibilidad y calidad de agua en las cuencas bajas en donde es un recurso vital para los comunidades.

Tal es el caso del sistema lacustre Mojanda, en donde se ha podido observar una variación de los diferentes cuerpos de agua en que se determinó que en laguna Huarmicocha existe un proceso de reducción aparentemente en los últimos años, mientras que en

Caricocha se presume que hay pequeña reducción en el pasado y en la laguna Chiriyacu se presenta un proceso antiguo y nuevo de reducción, que al ser comparada con el análisis multitemporal da como resultado una reducción evidente del espejo de agua.

El artículo realizado por Ivón Castillo y Miguel Ángel Rodríguez, Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene ubicada en Ubaté y Chiquinquirá determino que por procesos anteriores de desecación y debido a la carga orgánica dando como resultado la eutrofización por la carga de nutrientes que recibe este cuerpo de agua, han ocasionado alteraciones de los parámetros físicos-químicos en este ecosistema. Acarreando como consecuencias la progresiva reducción del espejo de agua, siendo el principal factor las actividades humanas, dando como resultado la progresiva reducción del espejo de agua y por consecuencia el crecimiento de diferentes tipos de vegetales acuáticas con una extensa cobertura. (Castillo & Rodriguez, 2017)

Con el fin de analizar la dinámica de estas coberturas vegetales en el tiempo y en el espacio se emplearon herramientas de sensorización remota y sistemas de información geográfica. Mediante el análisis multitemporal de imágenes de satélite obtenidas en el periodo comprendido entre 1984 y 2003 se determinó que el área del espejo de agua presentó una disminución del 78.7 %. Espacialmente se estableció que la aparición y expansión de la vegetación acuática se ha dado desde las orillas norte y sur de la laguna. La disponibilidad restringida de imágenes de satélite no permitió establecer la tendencia actual de las áreas del espejo de agua y de las coberturas vegetales. (Castillo & Rodriguez, 2017)

El estudio de María Gabriela Rendón se llevó a cabo un estudio donde se aplicaron técnicas de detección de cambios en la cobertura vegetal en el manglar, mediante teledetección en el sitio RAMSAR en el Estuario interior del Golfo de Guayaquil “Don Goyo” siendo uno de los objetivos de la investigación fue la implementación de un prototipo

de un sistema de detección de cambios en el sitio, mediante Teledetección y la aplicación de Sistemas de Información Geográfica.

Los cambios detectados fueron analizados mediante el método de composición multitemporales de colores con los NDVI de imágenes satelitales Sentinel en dos tiempos diferentes, se realizó una digitalización de las zonas de pérdida del bosque de manglar para determinar y delimitar los polígonos de cambio. Como resultado se obtuvo un decrecimiento de bosque de manglar, en el cual la deforestación total anual promedio resulto equivalente a 1.01 Ha / año y la tasa de deforestación de 0.0065% para el análisis entre junio 2016 - mayo 2019. (Rendon, 2020)

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Ecología de lagunas y cuerpos de agua lagos someros, lagunas y humedales

Hay dos tipos de aguas epicontinentales: las que se encuentran en movimiento (aguas lóaticas), como ríos, riachuelos o manantiales, etc. y las que permanecen quietas, estancadas o en reposo (aguas lénticas), como los lagos, lagunas, embalses, etc. (Perez, 2018)

Los lagos someros o lagunas ocupan una posición intermedia en el gradiente entre un lago y un humedal. En los lagos el ambiente pelágico predomina sobre el ambiente litoral porque el fitoplancton es el productor primario del lago, mientras que en los humedales el ambiente litoral (la vegetación acuática) domina la producción primaria. Los lagos se diferencian además en profundos y someros en función de que exista o no estratificación térmica. (Becares, 2004)

Desde el punto de vista estructural y funcional podemos distinguir dos grandes grupos de humedales. Uno es en los que la vegetación helofítica (plantas emergentes) domina la superficie del sistema. El otro los que por una mayor profundidad del agua los helófitos ocupan menos superficie, siendo la vegetación sumergida (hidrófitos) la parte más significativa. A estos últimos les denominamos lagos someros o lagunas ya que pueden perder la vegetación sumergida y pasar a un estado turbio normalmente dominado por fitoplancton (Becares, 2004).

2.2.2. Laguna

Una laguna es un depósito natural de agua, separado del mar y de poca profundidad, cuyas aguas suelen ser por lo general saladas o salobres, aunque también existen de agua dulce. (Zarza, 2020) dan lugar a una variedad de flora y faunas tanto en su parte terrestre como desde el punto de vista acuático. Se forman naturalmente por la existencia de un terreno hundido y la presencia de lluvias o de ríos.

Uno de los principales problemas que enfrentan estos tipos de cuerpos de agua es la contaminación debido a que su agua se mantiene estacionada, a diferencia de la de los ríos que está siempre en constante movimiento fluyendo hacia el mar. Otro problema que también puede afectar a las lagunas es la introducción de especies que son propias de otras regiones, es decir, distan de ser autóctonas. En ocasiones, la introducción puede ser anodina, pero la mayoría de las veces suele afectar a todo el hábitat de forma significativa. En efecto, en muchas ocasiones estas intromisiones se salen de control, por ejemplo, con una especie que carece de depredador natural que pueda limitar su acción y evitar que se transforme en plaga. (Ramos, 2014)

2.2.3. Factores bióticos y abióticos de las lagunas

2.2.3.1. Factores Abióticos

Variedad de elementos químicos y físicos del entorno hacen que surjan los factores abióticos aquellos que se encargan de la configuración del biotopo, que es el espacio en el que se desarrollan todas las interacciones entre los seres vivos y el hábitat donde se puede subsistir y reproducirse para asegurar la supervivencia de sus especies (Zarate, 2015). Mismas que alcanzan una importancia considerable en la determinación de las características biológicas de las especies que ahí habitan (Ciencias UNAM, 1983).

La estabilidad y productividad de la vida en un lago están determinadas por una red compleja de factores que van desde la penetración de la luz, su origen geológico, su morfología y su posición latitudinal, hasta el efecto que el hombre ejerce sobre él a causa de las prácticas culturales que realiza en su área de influencia. (Brichetto, 2018)

2.2.3.1.1. Relieve o modelado fisiológico

La superficie del terreno sirve de base o enlace a los componentes restantes. Está formada por el relieve, las formaciones del terreno (depresiones), su disposición, su naturaleza, los tipos de rocas y otros componentes. La mayor parte de las formaciones naturales son de origen endorreico o están ligadas con los litorales. Las cuencas endorreicas son originadas por la obstrucción del drenaje superficial debido a fenómenos volcánicos o tectónicos o como consecuencia de la aridez, pues los cauces no llevan suficiente agua para que ésta recorra todo el camino hasta el mar. (Zarate, 2015).

2.2.3.1.2. Luz Solar

La cantidad y calidad de energía lumínica que penetra en la columna de agua de un lago a partir de la radiación solar incidente en la superficie sufre dos procesos básicos: una parte es dispersada y otra es absorbida (AELS, 2017), esto es indispensable debido a que de ello depende los procesos de las plantas. Es un factor que representa gran variabilidad en lo que concierne a la intensidad de la claridad, duración del día a la cantidad de energía recibida. Las lagunas tienen una ventaja a comparación de los lagos, ya que las lagunas tienden a no tener mucha profundidad esto beneficia porque la luz del sol penetra a la zona fótica, esto ayuda a los organismos fotosintéticos. (Zarate, 2015)

2.2.3.1.3. Temperatura

La temperatura determina la producción del fitoplancton en términos de biomasa de acuerdo con el rango de adaptación de cada especie. Tiene una fuerte influencia sobre la tasa de reproducción de estos organismos debido a que actúa sobre los procesos enzimáticos y sobre la composición celular tanto en rangos de temperatura altos como bajos, es difícil determinar dichos rangos de manera general ya que la forma en que la temperatura influye sobre otros organismos es específica de cada especie (Brichetto, 2018). La zona más baja del lago es el más frío y se llama el hipolimnion. La zona de calentamiento superior se llama

epilimnio. Entre estas zonas es una banda de un cambio rápido de temperatura denominada termoclina. Sin el calor el desarrollo de organismos vivos es imposible. Con muy bajas temperaturas los intercambios entre el suelo y las plantas son imposibles (Zarate, 2015)

2.2.3.1.4. Oxígeno

El oxígeno es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. La concentración de este elemento no solo depende de la producción y el consumo, sino también de si es agua dulce o salobre ya que el agua dulce puede contener más oxígeno, la temperatura y la presión atmosférica ya que a mayor presión atmosférica el agua contendrá más oxígeno (Peña, 2007). La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera (Universidad Complutense de Madrid, 2015)

2.2.3.2. Factores Bióticos

Los factores vivos en el ambiente de un organismo se denominan factores bióticos. Estos incluyen todos los organismos que viven en el agua, como peces, algas, ranas y organismos microscópicos. Los animales migratorios, como las aves que pasan a través del área, son también factores bióticos. Es necesaria la interacción entre los organismos para la buena salud de todas las especies de una misma localidad geográfica. (Fonseca L. A., 2015). Para reconocer todos los componentes bióticos de un lago es necesario el monitoreo y seguimiento a lo largo del año ya que las comunidades biológicas varían su composición en un espacio temporal. (Pavón, 2015)

2.2.3.2.1. Flora y Fauna

La diversidad de la flora y fauna en una laguna de agua proporciona hábitats únicos para diversas especies acuáticas y terrestres, desde insectos hasta peces (Hill, 2020). Además, estas desempeñan un papel crucial en la ecología de este ecosistema contribuyendo

al ciclo de nutrientes, proporcionando refugio y alimento para la fauna local. La flora de una laguna tiene un papel importante en la producción de oxígeno a través de la fotosíntesis, sirven de hábitat y refugio para una variedad de organismos acuáticos, de la misma manera ayudan a mantener la calidad del agua al absorber nutrientes en exceso como nitratos y fosfatos.

Las raíces de las plantas acuáticas ayudan a prevenir la erosión de las orillas de la laguna, estas a su vez tiene un papel importante en las interacciones de la fauna, estas proporcionan lugares de desove, alimentación y reproducción para numerosas especies de peces, invertebrados y aves. Todo este tipo de relaciones simbióticas contribuyen a la biodiversidad del ecosistema. (Ravera, 2020)

Además, la salud de la fauna en una laguna puede servir como indicador de la calidad del agua y del entorno en general. Cambios en las poblaciones de los organismos acuáticos pueden señalar problemas ambientales o presencia de contaminantes. A su vez esta contribuye al equilibrio de la cadena alimentaria. Depredadores controlan las poblaciones de presas y herbívoros pueden influir en la distribución y densidad de plantas acuáticas (Vasquez & Martinez, 2022).

2.2.4. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) es una estrategia de conservación a nivel nacional que abarca 78 áreas protegidas (2023) en todo el territorio nacional que busca proteger ecosistemas terrestres, marinos, marino – costeros y toda su biodiversidad (Wildlife Conservation Society, 2020).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) define a un área protegida como un área geográfica definida, que esta designada, regulada y gestionada para lograr objetivos específicos de conservación. Las áreas protegidas cumplen con varios objetivos, entre ellos

están: la conservación de la biodiversidad natural, garantizar la protección de los servicios ambientales y el desarrollo sostenible de las comunidades locales. Por otro lado, las áreas protegidas son importantes para la investigación científica, la educación ambiental y el bienestar de la población (Wildlife Conservation Society, 2020).

Tabla 1 Tipos de Áreas Protegidas

Tipos de Áreas Protegidas	
Parques Nacionales	<p>Son áreas de conservación de tamaño grande, más de 10.000 hectáreas, que tienen como objetivo la conservación de paisajes, ecosistemas completos y especies.</p> <p>Las actividades prioritarias estarán relacionadas con la investigación y el monitoreo ambiental, siendo factible el desarrollo del turismo de naturaleza como actividad de apoyo a la conservación de los recursos naturales.</p>
Reserva Marina	<p>Son de tamaño variable, y tienen como objetivo conservar los ecosistemas y especies marinas y relacionadas con este ambiente.</p> <p>La presencia humana estará relacionada con la intensidad de pesca que se realice, la que deberá ajustarse a las necesidades de conservación y a la zonificación definidas en los planes de manejo.</p>
Reservas Ecológicas	<p>El objetivo principal es proteger materia genética, diversidad ecológica, bellezas escénicas, fenómenos especiales y la regulación ambiental para la investigación científica de elementos y fenómenos naturales y la educación ambiental. Cuando no hay conflictos con la investigación y la educación, se permiten</p>

	actividades de recreación y turismo en áreas limitadas, siempre y cuando las características del recurso lo permitan.
Reserva Biológica	En este tipo de reservas, las actividades prioritarias son la investigación biológica, ecológica y ambiental. También es posible la educación ambiental como actividad secundaria. El nivel de restricción de uso de sus recursos naturales es muy alto para garantizar el desarrollo de los procesos ecológicos.
Reserva de Producción de Flora y Fauna	Las acciones prioritarias están relacionadas con el manejo sustentable de la vida silvestre, la educación ambiental, la restauración de ecosistemas y el turismo orientado a la naturaleza.
Refugio de Vida Silvestre	La finalidad de estos espacios es la conservación de especies amenazadas y sus ecosistemas relacionados. Además, de la investigación y el monitoreo ambiental, la restauración de ecosistemas y la educación ambiental.
Área Natural de Recreación	Área de tamaño mediano, entre 5.000 y 10.000 hectáreas, que busca la conservación del paisaje natural que puede estar medianamente alterado. Las actividades principales se relacionan con el turismo, la restauración de ecosistemas, la investigación y monitoreo ambiental.
Reserva Geobotánica	Es un área de extensión destinada a la conservación de la flora silvestre y los recursos geológicos. El fin es asegurar la continuidad de los procesos evolutivos, naturales, y al mismo tiempo recuperar las áreas alteradas por la intervención humana.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Dávalos, 2021)

En Ecuador, las áreas protegidas representan aproximadamente el 20,60 % del territorio nacional, se enmarcan en la máxima categoría de protección de acuerdo con la legislación ambiental nacional, por Constitución de la República son parte de uno de los subsistemas del gran Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) conocido como Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), distribuidas en todo el territorio continental e insular, albergan una importante riqueza biológica, servicios ecosistémicos de los cuales se benefician tanto las poblaciones urbanas como rurales, una riqueza paisajística que permite el turismo y la recreación en parte de ellas, y por su importancia ecológica trascienden fronteras que son reconocidas a nivel internacional. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021)

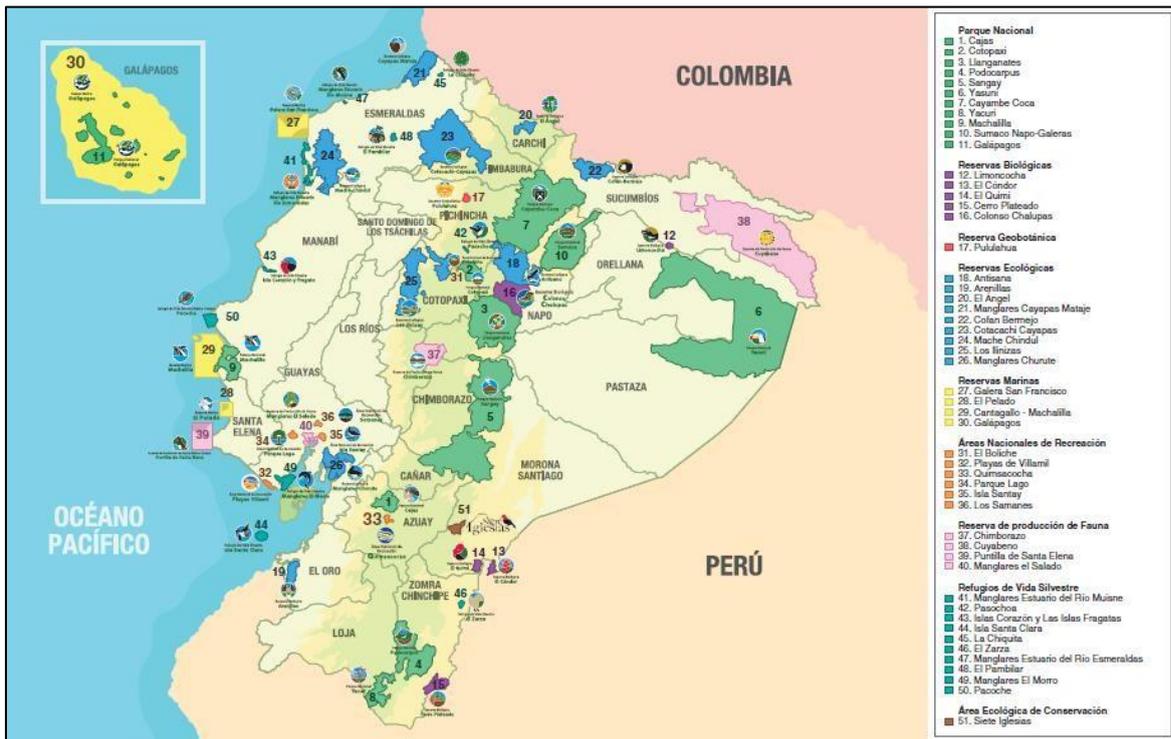


Figura 1 Áreas protegidas de Ecuador

Fuente: (SNAP, 2022)

2.2.5. Teledetección

La teledetección es un modo de obtener información acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos estén en contacto directo con el objeto (EESA, 2021). La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra (Instituto Geografico Militar, 2018).

El espectro electromagnético es “el sistema que clasifica, según las longitudes de onda, toda la energía (desde onda corta cósmica hasta onda larga de radio) que se mueve, armónicamente, a la velocidad constante de la luz”. Los sensores pasivos miden la energía en la región óptica del espectro electromagnético, que incluye el visible, infrarrojo cercano (i.e. IR), infrarrojo medio SWIR, y el infrarrojo térmico. (Congedo, 2017)

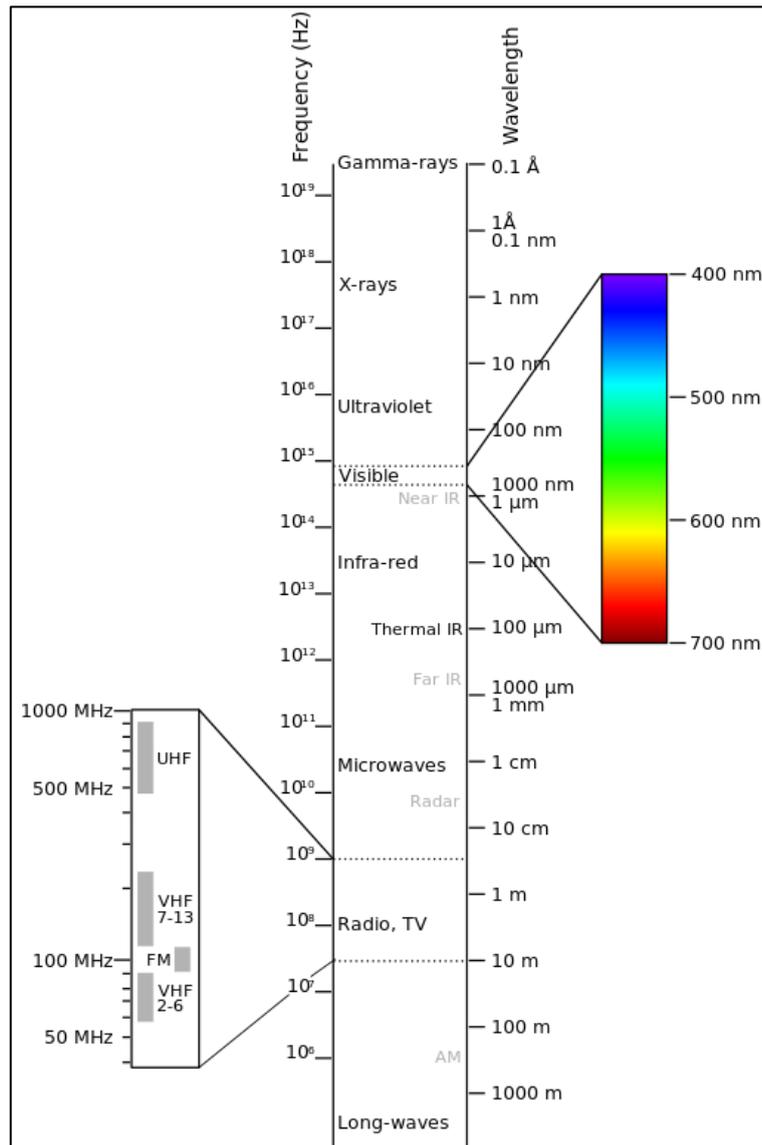


Figura 2 Espectro electromagnético

Fuente: (Blacus, 2021)

La interacción entre la energía solar y los materiales depende de la longitud de onda. La energía llega desde el Sol hasta la Tierra y de ahí hacia el sensor. (Congedo, 2017) A lo largo de esta trayectoria, la energía solar atraviesa varios medios y puede ser:

- **Transmitida:** la energía atraviesa un medio a otro con un cambio en su velocidad determinado por el índice de refracción de los dos medios.
- **Absorbida:** La energía se incorpora a la estructura molecular del material.

- **Reflejada:** La energía regresar sin cambio con un ángulo de reflexión igual al ángulo de incidencia. La reflectancia es la proporción de energía reflejada con respecto a la energía incidente en un cuerpo. La longitud de onda reflejada (no la absorbida) determina el color de un objeto.
- **Dispersada:** La dirección de propagación de la energía cambia aleatoriamente. La dispersión de Rayleigh y la de dispersión de Mie son los dos tipos más importantes de dispersión que ocurren en la atmósfera.
- **Emitida:** De hecho, la energía es primero absorbida y luego reemitida, generalmente con una longitud de onda mayor.

2.2.6. Firma Espectral

La firma espectral es la reflectancia en función de la longitud de onda, cada material tiene una firma única, por lo tanto, puede ser usada para la clasificación de materiales (Congedo, 2017).

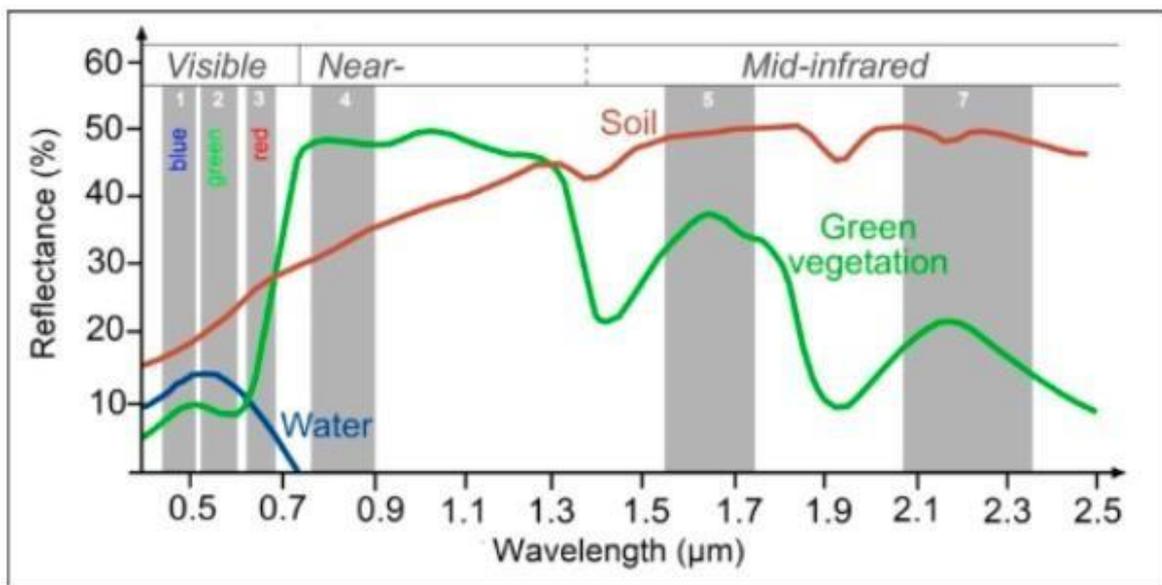


Figura 3 Firma espectral

Fuente: (Minotti & Kandus, 2017)

Tabla 2 Regiones Espectrales Utilizadas para la Observación Remota

<p>Espectro visible</p>	<p>(0.4-0.7 mm): Rango de frecuencias del ojo humano. Máxima radiación solar. Subdividido en tres bandas: R, G, B.</p>
<p>Infrarrojo cercano</p>	<p>(0.7-1.1 mm): Denominado IR fotográfico o reflejado. Energía solar que reflejan los cuerpos. Comportamiento similar al espectro visible.</p>
<p>Infrarrojo medio</p>	<p>(1.1 –8 mm): Se entremezclan radiación solar y emisión. La atmósfera afecta sensiblemente: aprovechado para medir concentraciones de vapor de agua, ozono, aerosoles...</p>
<p>Infrarrojo térmico</p>	<p>(8-14 mm): Radiaciones emitidas por los propios cuerpos. Se puede determinar la temperatura de un cuerpo (IR térmico). Se puede disponer de imágenes a cualquier hora del día.</p>
<p>Microondas</p>	<p>(1mm-1m): Interés creciente de la Teledetección en esta banda. Las perturbaciones atmosféricas son menores y es transparente a las nubes. Se suelen utilizar sensores activos.</p>

Fuente: (Lopez, 2019)

2.2.7. Sistemas de Teledetección

Los sistemas de teledetección se pueden dividir principalmente en dos apartados, estos son los teledetectores activos y los pasivos.

- **Teledetectores activos.** Se encargan de emitir la energía necesaria para poder escanear los objetos de estudio. Gracias a esta energía el teledetector es capaz de medir la radiación reflejada en el objeto. Un ejemplo de este sistema de teledetección son los radares de tráfico. (Sacristán, 2006)
- **Teledetectores pasivos.** Son los que se encargan de detectar la radiación que emite o refleja el objeto de estudio, por ejemplo, el Sol. Los infrarrojos son unos de los teledetectores más conocidos.

Todo sistema de teledetección tiene los mismos componentes capaces de llevar a cabo las tareas de observación y medición. Son los siguientes:

- **Sensor.** Pieza, generalmente con cámara, con la cual se capta, codifica y transmite las imágenes o los datos del objeto de estudio.
- **Centro de recepción.** La información se recibe en el centro de recepción que puede estar situado a muchos kilómetros del sensor. Aquí se decodifica, se procesa y se corrige.
- **Canal de distribución.** Una vez la información está perfectamente procesada y corregida se puede llevar a su canal de distribución para que sea compartida y que sean los expertos o los usuarios, depende del tipo información, los que le den una interpretación y conclusión.

2.2.8. La Función de la Teledetección en el Medio Ambiente

La teledetección de recursos naturales está basada en un sistema de recopilación de datos a distancia sobre la biosfera, que está basado en las propiedades de la radiación

electromagnética y en su interacción con los materiales de la superficie terrestre. Implica el empleo de tecnologías remotas para recopilar datos sobre diversos aspectos del ecosistema acuático donde se utilizan sensores para medir parámetros como la temperatura del agua, concentración de clorofila, cobertura vegetal, calidad del agua, entre otros. (Bedwell & Goldberg, 2019)

Todos estos datos permiten evaluar la salud de la algama, mapear hábitats acuáticos, monitorear cambios en la cobertura del suelo, analizar eventos extremos, prevenir la contaminación y comprender la dinámica hídrica. La información recopilada facilita la toma de decisiones para la gestión sostenible y la conservación de estos ecosistemas acuáticos. (Bedwell & Goldberg, 2019)

Todo elemento existente en la naturaleza tiene una respuesta espectral específica que se denomina *signatura espectral*. La teledetección estudia las variaciones espectrales, temporales y temporales de las ondas electromagnéticas, y pone de manifiesto las correlaciones existentes entre estas características de los diferentes materiales terrestres (Sacristán, 2006). Su objetivo esencial se centra en la identificación de los materiales de la superficie terrestre (Sacristán, 2006) y proporcionar datos casi en tiempo real para que podamos no solo analizar el estado actual de las cosas sino también los antecedentes históricos (Kogut, 2021).

Según (Bustos, 2014) un sistema de teledetección espacial está compuesto por los siguientes elementos:

- ✓ **Fuente de energía o iluminación: (A)** - La fuente de energía que supone el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo al sensor, en cuyo caso se habla de teledetección pasiva, o de un haz energético emitido por Este, conocido como teledetección activa. La fuente de energía más importante es la energía solar.

- ✓ **Radiación y la atmosfera (B)** - Es el proceso y el medio en el que la energía electromagnética es propagada a través del espacio libre.
- ✓ **Interacción con la superficie terrestre (C)** - La cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelo, agua y construcciones, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía, y la reflejan o emiten de acuerdo con sus características físicas.
- ✓ **El sistema Sensor (D)** -Compuesto por el sensor propiamente dicho y la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y enviarla directamente al sistema de recepción.
- ✓ **Sistema de transmisión, recepción, y procesamiento (E)** - El Sistema de recepción recibe la información transmitida por el sensor. Esta información es grabada en un formato apropiado y es distribuido a los intérpretes para su tratamiento visual o digital. (GIS&BEERS, 2020)

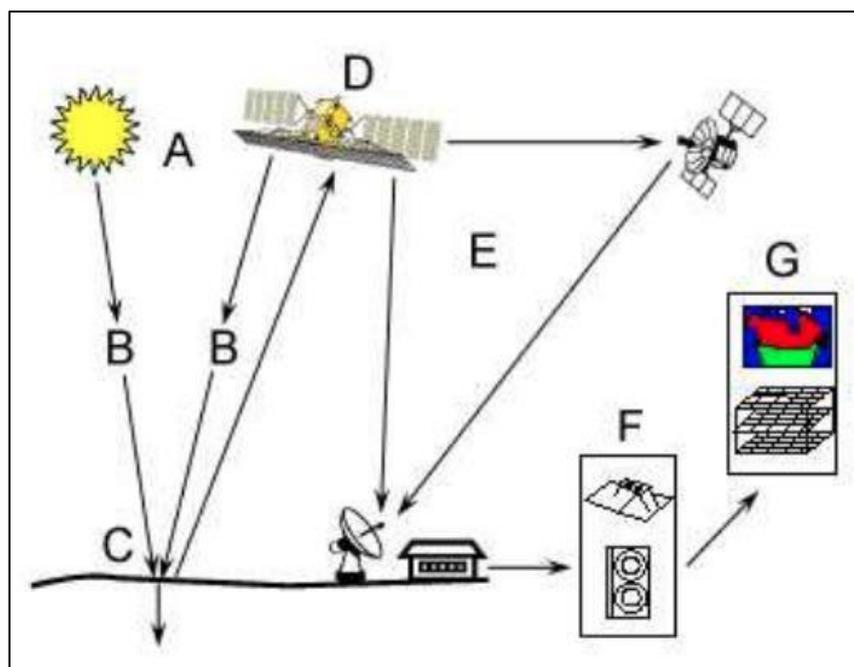


Figura 4 Elementos de teledetección

Fuente: (Bustos, 2014)

2.3. MARCO LEGAL

Tabla 3 Normativa Legal Ecuatoriana

Normativa	Referencia
Constitución de la República del Ecuador, 2008 (Republica del Ecuador, 2008)	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. 399, 397, 400, 404, 406 y 408
Código Orgánico del Ambiente (COA), 2017 (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2017)	Art 37.- Del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas estará integrado por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. Su declaratoria, categorización, recategorización, regulación y

	<p>administración deberán garantizar la conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad, así como la conectividad funcional de los ecosistemas terrestres, insulares, marinos, marino-costeros y los derechos de la naturaleza.</p> <p>Art. 6, 9, 29, 30, 31, 35, 37, 38, 39 y 40</p>
<p>Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, 2017 (TULSMA, 2017)</p>	<p>Art. 209.- De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.</p>
<p>Reglamento al COA, 2019 (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2019)</p>	<p>Art. 87.- Deber estatal de protección. - Todas las especies de vida silvestre están protegidas por el Estado. Las especies nativas, endémicas, amenazadas o migratorias tendrán un grado mayor de protección.</p> <p>Art. 265 y 266</p>

<p>Manual para la Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2013)</p>	<p>La Constitución de nuestro país recoge dos grandes avances en relación a los temas ambientales: los derechos de la naturaleza y los derechos del ambiente en el marco del Buen Vivir. Esta histórica declaración, inédita en la historia de la humanidad, constituye uno de los pilares del modelo de desarrollo asumido por el Ecuador; un modelo que privilegia la relación virtuosa entre naturaleza y seres humanos, un modelo que, entre otras premisas, reconoce y valora a los pueblos y sus culturas, sus entornos naturales, saberes y modos de vida.</p>
--	---

3. CAPITULO III

3.1. Materiales y métodos

3.1.1. Área de estudio

La presente investigación se realizó en el Sitio Ramsar Reserva Ecológica Manglares Churute ubicada en el estuario interior del Golfo de Guayaquil y la cuenca baja del Río Guayas, específicamente en la parte nordeste de la Reserva en la laguna El Canclón, esta posee un área de aproximadamente 800 hectáreas de superficie con una profundidad media de 3.25 metros, siendo de origen de desborde y pluvial. La reserva fue declarada sitio RAMSAR el 26 de Julio de 1979, Acuerdo Interministerial Nro. A-322, publicado en el Registro Oficial del noviembre 20, 1979 R. O. # 69, tiene una superficie de 49,389 ha. (Parks and tribes, 2023). Para llegar al sitio desde Guayaquil se toma la vía Guayaquil – Machala hasta el km 49 en donde podremos encontrar las oficinas administrativas. Para llegar en bus se pueden tomar varias cooperativas desde el terminal terrestre de la Ciudad de Guayaquil.

De acuerdo con los parámetros del área la temperatura media anual es de 28 °c y la precipitación promedio anual en la estación lluviosa (enero a abril) es de 960 mm en la cordillera de Churute y mucho menos a nivel del mar (Parks and tribes, 2023). Los bosques de manglares son parte de la cuenca baja del río Guayas que forma parte del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil. Formándose el estuario por la mezcla de las aguas del mar y las aguas de los ríos Taura, Churute, Cañar y Naranjal, formando un extenso complejo de canales e islas con ecosistemas de manglar. Al Oeste de la Reserva, el río Taura (afluente de los ríos Boliche y Culebra) es otra fuente de agua sin sal que se mezcla en el estuario, todo este complejo de mezcla, permite los bajos niveles de salinidad que fluctúan según el descargo de los ríos. (Parks and tribes, 2023)

Al Este continúa con el estero Churute, formado por la unión de los ríos Churute y Ruidoso, este último utilizado para el riego de cultivos en áreas agrícolas. El mayor

porcentaje del territorio de la Reserva está dentro del Estuario del Golfo de Guayaquil y en la parte terrestre está conformado por la Cordillera que está constituida por siete cerros con nombre propios y en medio de ella se encuentra el humedal de la laguna El Canclón, este bioma léntico está constituido por un ecosistema lacustre de origen pluvial que incluye una serie de lagunas menores. (Parks and tribes, 2023)

Alrededor y en medio de la laguna El Canclón, encontramos plantas como la lechuga de río y el Jacinto de agua; además, *Thalia genicula* (*Maranthaceae*) identificada como una especie en peligro de extinción, *Hydrocotyle ranunculoides* (*Apiaceae*) y algunas especies del género *Cyperus* (*Cyperaceae*). Como atractivo principal, en el lugar se observan aves locales y migratorias, especialmente patos maría, patillos, gallaretas y, por supuesto, El Canclón. Las tortugas de pantano o tortugas de ciénaga (*Kinosternon spp.*) ocupan las zonas ribereñas de la laguna identificadas como hábitats óptimos para la anidación de esta especie que aprovechan los lugares secos durante los meses de noviembre y diciembre. (Abad, 2012)

El nombre de Laguna Canclón se debe que es el hábitat de una especie muy particular cuyo nombre científico es *Anhima cornuta*.

MAPA DEL AREA DE ESTUDIO

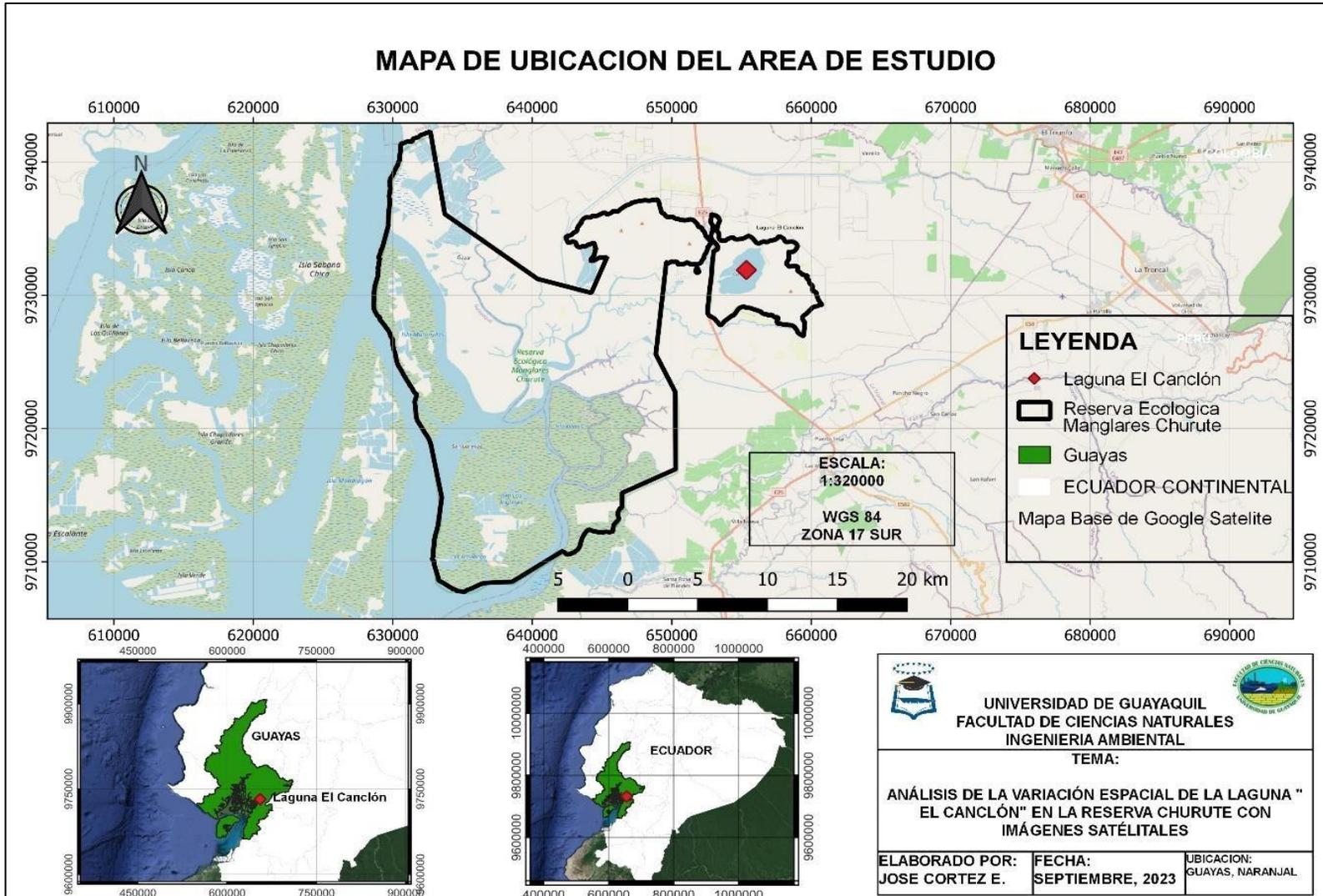


Figura 5 Mapa del área de estudio

3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA BASE

Las lagunas tienen su importancia en la derivación de su valor ecológico, su contribución al equilibrio ambiental, su papel fundamental en la biodiversidad local y su importancia cultural y recreativa para las comunidades cercanas. La laguna El Canclón en particular al ser un ecosistema acuático léntico desempeña un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad y equilibrio ambiental.

Actúa como hábitat rico y diverso que alberga variedad de especies acuáticas y terrestres que se valen de este medio para subsistir. Además, cumple funciones ecológicas claves, como su importante participación en el ciclo hidrológico, siendo también fundamental regulando flujos y prevenir inundaciones. A nivel recreativo y cultural, la laguna ofrece oportunidades para actividades humanas como la observación de aves o algunos mamíferos terrestres que no solemos ver a menudo, agregando valor estético y proporcionando espacios de recreación para las comunidades locales.

3.1.2.1. Clima

Reserva Manglares de Churute, se caracteriza por tener temperaturas tropicales con pocos cambios profundos e influenciados principalmente por la corriente fría de Humboldt que determina una estación corta de temperaturas máximas entre los meses de lluvia (Enero – Abril) y otra estación larga de temperaturas moderadamente bajas entre los meses de Mayo – Diciembre. Siendo en el mes de Julio a octubre con nubosidad constante en la cordillera. (Chocho, 2020)

3.1.2.2. Geología

Se encuentra entre la Cordillera de Churute y los manglares en una llanura aluvial antigua de superficie plana ligeramente ondulada, el suelo está formado por deposición de materiales coluvio aluviales “aquepts” que son suelos que están saturados de agua durante cierto periodo de tiempo en una profundidad relativamente próxima a la superficie debido a

un drenaje deficiente o impedido. (Gobierno de Asturias , 2020). Como característica general los suelos son de textura arcillosa, profundos, hidromorficos, saturados de agua durante todo el año, mal drenado y sin posibilidades de uso.

3.1.2.3. Hidrología

Es una llanura de inundación de 1200 hectáreas entre el rio churute y la carretera Km 26 Puerto Inca, que es nutrida durante la estación lluviosa por el desbordamiento de los Ríos churute y Ruidoso, este cuerpo de agua es rellenado por una cuenca de drenaje de 21500 has, el principal aporte; con una superficie media de 800 ha y con un volumen de 5.75 millones de metros cúbicos. (Chocho, 2020)

3.1.2.4. Flora

La flora cambia mucho dependiendo de en qué lugar de la reserva nos encontremos. Se han encontrado cerca de 300 especies de plantas incluyendo también cinco especies de mangle. Además de 25 especies de árboles maderables pertenecientes a las familias Bignoniaceae, Caesalpinaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Lauraceae, Rhizophoraceae y Sapotaceae. (Ministerio del Ambiente, 2015)

Entre las especies autóctonas de la reserva que merecen especial atención por su singularidad en estos hábitats, se incluyen la chirigua (*Eriotheca ruizii*), el tirso (*Macranthisiphon longifolium*) y la *Picramnia tumbesina*, identificada exclusivamente en el Cerro Masvale, ubicado entre los 200 y 400 metros sobre el nivel del mar. Alrededor de la laguna El Canclón, se pueden observar llamativas plantas flotantes como la lechuga de rio (*Pistia stratiotes*), el jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) y la totora (*Schoenoplectus californicus*). (Parks and tribes, 2023)

3.1.2.5. Fauna

Se han registrado un total de 45 especies de mamíferos en la zona. Los monos aulladores (*Alouatta palliata*) siguen siendo comunes, y también se han observado mapaches

cangrejeros (*Procyon cancrivorus*), perezosos didáctilos (*Choloepus hoffmanni*), ardillas de cola tupida (*Sciurus stramineus*), entre otras. En las áreas de manglar, se pueden encontrar diversas especies de delfines, como la nariz de botella (*Tursiops truncatus*). (Carlos, 2019)

La diversidad avícola en el área asciende a más de 300 especies. Se destacan numerosas especies endémicas tumbesinas y varias consideradas globalmente amenazadas, como el colibrí abejorro (*Acestrura bombus*), el gavián dorsigrís (*Leucopternis occidentalis*) y la paloma montara ventriocre (*Leptotila ochraceiventris*). La Reserva desempeña un papel crucial para las especies acuáticas y playeras migratorias, así como para aquellas amenazadas en Ecuador, como el Canclón (*Anhima cornuta*), cuya mayor población en el país se encuentra en la Reserva. Además, la zona alberga algunas especies típicamente andinas en las elevaciones más altas. Entre ellas se encuentran las espátulas rosadas (*Platalea ajaja*) y las garzas estriadas (*Butorides striata*), níveas (*Egretta thula*) y azuladas (*Ardea herodias*), así como cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) de hábitos alimenticios basados en camarones. (INaturalistEC, 2023)

3.1.3. Recolección de datos

La información satelital fue obtenida de distintas maneras; las imágenes completas más antiguas fueron obtenidas del Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS de los satélites Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI dichos satélites están equipados con sensores que permiten tener una visión más amplia de distintas longitudes de onda. Para la selección de imágenes satelitales se priorizo aquellas que tenían un porcentaje de nubosidad bajo y que correspondan a los meses de correspondan a la estación seca (mayo – diciembre), se tomaron imágenes de los años 1986, 1996, 2014 y 2023 para ser analizadas y medir el cambio que hubo en el espejo de agua entre esos periodos de tiempo, no se pudieron tomar imágenes del satélite Landsat 7 debido a que este presenta un error en ellas debido a un desperfecto del

sensor desde el periodo 2003 – 2013 por lo que su información no es fiable. Las imágenes actuales fueron obtenidas por medio de fotografías aéreas realizadas por medio de un dron a una altura de 120 metros (lo permitido por la ley).

3.1.4. Insumos de datos

Para la realización de esta investigación utilizamos tres tipos de insumos necesarios para la validación de la metodología en sus respectivas salidas de campo, primero, los equipos o dispositivos necesarios para poder obtener los datos necesarios y procesarlos, segundo los distintos softwares, y finalmente los geoportales de donde se pudo descargar información satelital.

Tabla 4 Insumos

Equipos	Software	Información Cartográfica
Ordenador de escritorio	QGIS 3.22.13	INEC
Ordenador portátil	Google Earth Pro	EarthData Search
GPS	Google Maps	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)
Smartphone	ArcMap 10.8	SUIA
Dron		

3.1.5. METODOLOGIA

3.1.5.1. Tipo de trabajo

Este trabajo se clasifica como investigación aplicada y tiene como objetivo cuantificar la reducción del área del espejo de agua en la Laguna El Canclón. Se fundamenta en los principios de percepción remota e interpretación de imágenes satelitales para llevar a cabo dicho análisis.

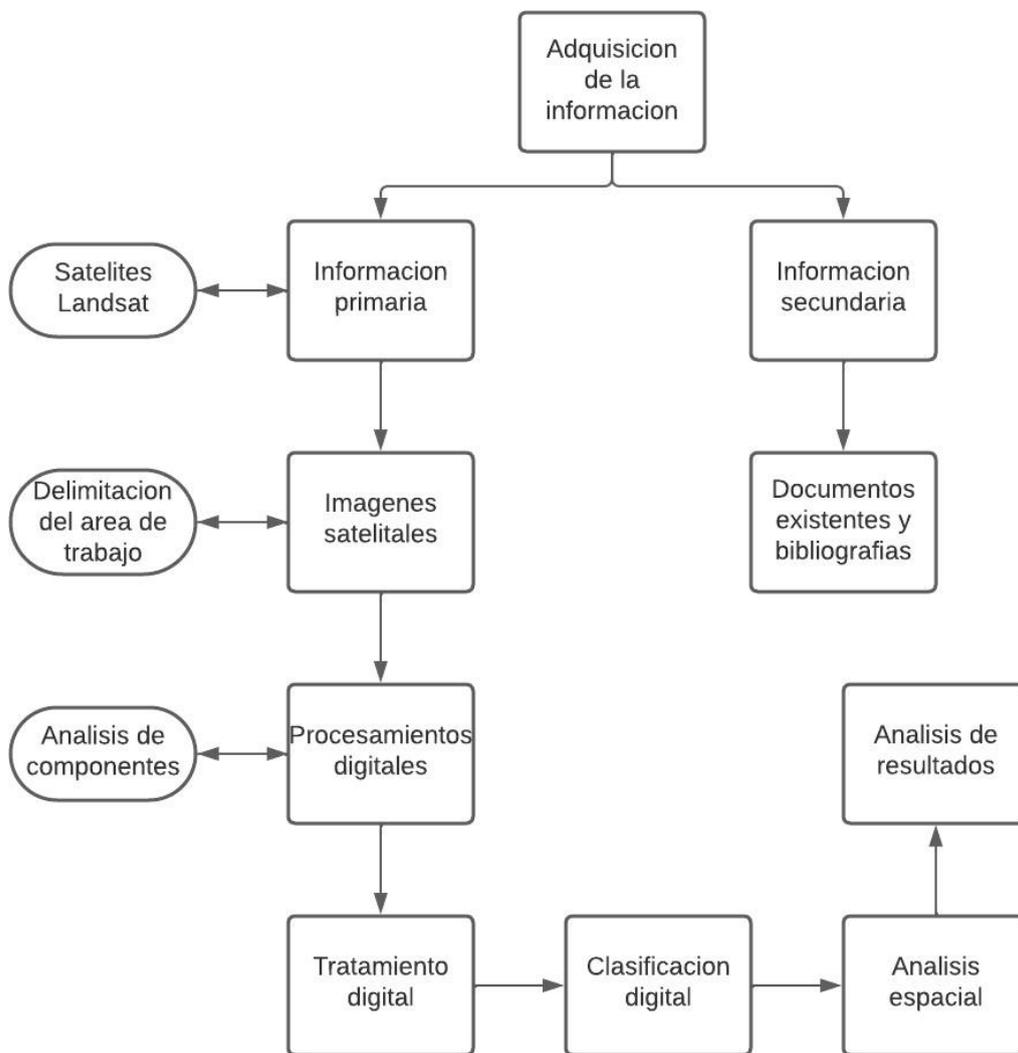


Figura 6 Metodología

3.1.5.2. Actividades previas

Se realizó la búsqueda de información bibliográfica de manera online, principalmente en artículos científicos y trabajos investigativos similares donde el enfoque fue la recolección de imágenes satelitales para su posterior análisis para de esta manera identificar la metodología más adecuada para detectar variaciones en el nivel del espejo de agua en las lagunas.

Las imágenes satelitales fueron sometidas a mejoramientos para poder ser procesadas de mejor manera en el software QGIS, así poder combinar las bandas preliminares, que permitan una mejor interpretación visual.

3.1.5.3. Obtención de imágenes satelitales

Para la descargar de imágenes satelitales se hizo uso del geoportal del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), <https://earthexplorer.usgs.gov>, bajo los parámetros de bajo porcentaje de nubosidad y sombras, en caso de no encontrar imágenes con baja nubosidad se optaría por aquellas que nos ofrezcan una mejor vista al área de estudio. De esta forma se eligieron imágenes con distintas fechas, 1986, 1996, 2014 y 2023.

Tabla 5 Características del satélite Landsat 5

Modo Espectral	Espacial (metros)	Espectral (micras)		Radiométrica	Temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul	0.45 – 0.52	8 bits	16 días
		Banda 2 verde	0.52 - 0.60		
		Banda 3 roja	0.63 - 0.69		

		Banda 4 infrarrojo cercano 1	0.76 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2	1.55 – 1.75		
		Banda 7 infrarrojo medio	2.08 – 2.35		
Termal	120	Banda 6 infrarrojo térnico	10.4 – 12.5		

Fuente: (INEGI, 2020)

Tabla 6 Características del satélite Landsat 7

Modo Espectral	Espacial (metros)	Espectral (micras)		Radiométrica	Temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul	0.45 – 0.52	8 bits	16 días
		Banda 2 verde	0.53 – 0.61		
		Banda 3 roja	0.63 – 0.69		

		Banda 4 infrarrojo cercano 1	0.78 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2	1.55 – 1.75		
		Banda 6 infrarrojo medio	1.09 – 2.35		
Pancromática	15	Banda 8 pancromática	0.52 – 0.90		

Fuente: (INEGI, 2020)

Tabla 7 Características del satélite Landsat 8

Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 – Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
Banda 2 – Azul	0.45 - 0.51	30
Banda 3 – Verde	0.53 - 0.59	30
Banda 4 – Rojo	0.64 - 0.67	30
Banda 5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
Banda 6 – SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Banda 7 – SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Banda 8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
Banda 9 – Cirrus	1.36 - 1.38	30

*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
*Banda 11 – Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fuente: (Ariza, 2013)

Se seleccionaron imágenes de los satélites Landsat 5 TM para los años 1986 y 1996 y Landsat 8 OLI para para el 2014 y 2023, se eligieron bajo el criterio de menor nubosidad sobre la zona de estudio para que el análisis de las imágenes del área sea lo más preciso posible.

Tabla 8 Características de las imágenes satelitales adquiridas

Satélite	Fecha	Porcentaje de nubosidad	Nivel de procesamiento
Landsat 5 TM	19/02/1986	30	L2SP
Landsat 5 TM	03/04/1996	62	L2SP
Landsat 8 OLI	10/07/2014	50.98	L2SP
Landsat 8 OLI	07/10/2023	34.11	L2SP

3.1.6. Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)

El NDWI es un parámetro que se obtiene a partir de los valores de reflectividad de las bandas espectrales del verde visible y el infrarrojo de onda corta, cuyo intervalo de variación al estar normalizado queda comprendido entre -1 y +1 (Manzo-Delgado & A. Mwave, 2003). Se eligió este índice ya que es usado para estimar la humedad de la cobertura

terrestre y cuantificar la cantidad de agua de la Laguna El Canclón que variado con el pasar de los años.

La fórmula para calcular el NDWI es:

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

- $\text{NDWI (Landsat 8)} = (\text{B3} - \text{B5}) / (\text{B3} + \text{B5})$
- $\text{NDWI (Landsat 4 - 7)} = (\text{B2} - \text{B4}) / (\text{B2} + \text{B4})$

Según (EOS Data Analytics, 2022) los valores de los cuerpos de agua son superiores a 0,5, mientras que la vegetación tiene valores mucho más pequeños, esto es lo que permite distinguir más fácilmente la vegetación.

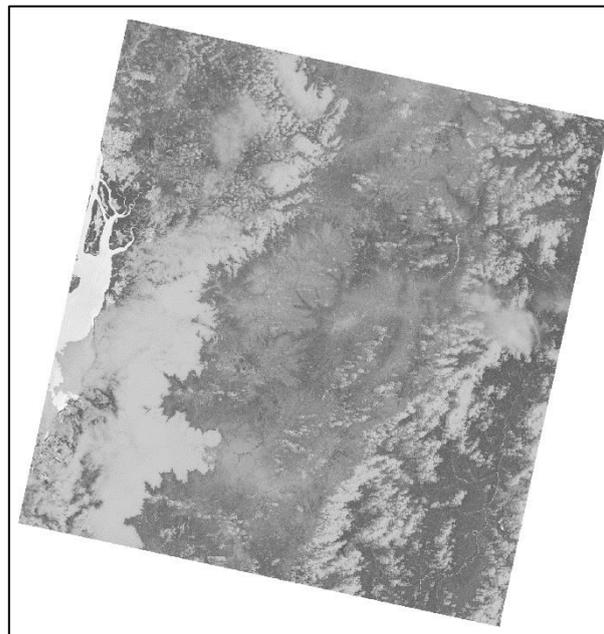


Figura 7 Imagen ráster de NDWI del año 2023 luego de la combinación de bandas

3.1.7. Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI mide el verdor y densidad de la vegetación encontrada en una imagen satelital. Este índice se basa en que la vegetación tiene una reflectividad muy alta en la banda NIR y muy baja en la banda RED en landsat (Alvarez, 2018), por lo tanto, cuanto mayor sea la diferencia entre estas bandas mayor es el porcentaje de cobertura vegetal más sana.

(Lopez, 2019) El NDVI es esa diferencia expresada numéricamente entre -1 y 1 donde Los valores altos de NDVI corresponden a áreas que reflejan más en el espectro del infrarrojo cercano. Una mayor reflectancia en el infrarrojo cercano corresponde a una vegetación más densa y saludable. (Franzpc, 2019)

La fórmula para calcular el NDVI es:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

- $\text{NDVI (Landsat 8)} = (\text{B5} - \text{B4}) / (\text{B5} + \text{B4})$
- $\text{NDVI (Landsat 4 - 7)} = (\text{B4} - \text{B3}) / (\text{B4} + \text{B3})$

Según (Auravant, 2020) los valores cercanos a 1 corresponden a una vegetación vigorosa y grandes cubiertas vegetales, los valores cercanos a 0 corresponden a zonas con muy poca vegetación o primeras fases de cultivos y los valores negativos suelen estar asociados a zonas de agua o nubes.

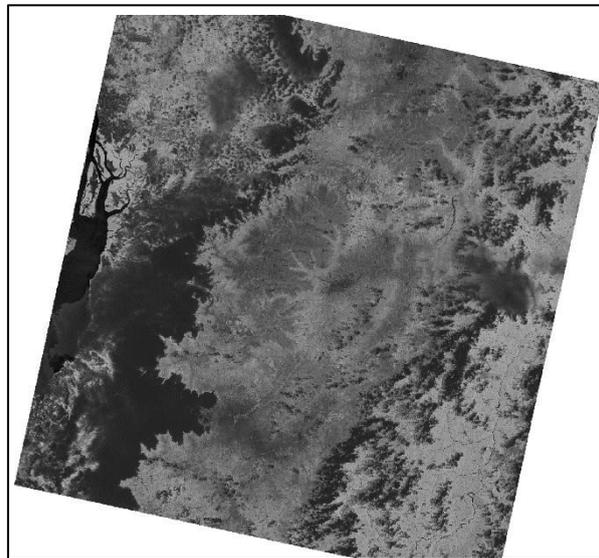


Figura 8 Imagen ráster de NDVI del año 2023 luego de la combinación de bandas

3.1.8. Índice de Edificación de Diferencia Normalizada (NDBI)

El NDBI o índice área edificada es un índice que utiliza los canales infrarrojo medio (SWIR 1) y el infrarrojo cercano (NIR) para calcular el área construida, se usa para resaltar aún más la densidad de edificios urbanos o edificaciones en zonas rurales, donde los valores superiores a 0 representan zonas edificadas y los valores inferiores a 0 son otro tipo de coberturas. (Muhaim y otros, 2022)

La fórmula para calcular el NDBI es:

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR 1} - \text{NIR}) / (\text{SWIR 1} + \text{NIR})$$

- NDWI (Landsat 8) = $(B6 - B5) / (B6 + B5)$
- NDWI (Landsat 4 - 7) = $(B5 - B4) / (B5 + B4)$

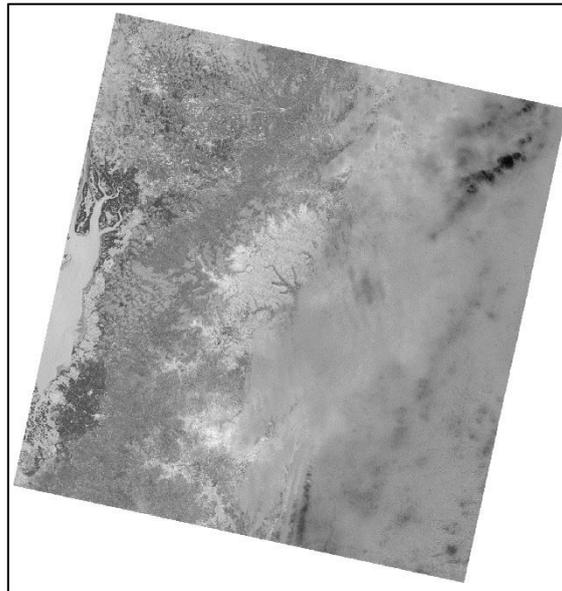


Figura 9 Imagen ráster de NDBI del año 2014 luego de la combinación de bandas

Luego del cálculo de los índices se procedió con la reclasificación de los ráster por medio de la herramienta Reclasificar por tabla para poder trabajar con un rango de valores óptimos para diferenciar cada una de las coberturas

Tabla 9 Valores de reclasificación de NDWI

Valores de reclasificación de NDWI		
1	-1 a -0,3	Superficies sin agua
2	-0,3 a 0	Superficies con poca agua
3	0 a 0,2	Inundación, humedad
4	0,2 a 1	Superficie de agua

Fuente: (EOS Data Analytics, 2022)

Tabla 10 Valores de reclasificación de NDVI

Valores de reclasificación de NDVI		
1	< 0	Biomasa inerte u objeto inanimado
2	0 a 0,33	Vegetación afectada por fitopatología
3	0,33 a 0,66	Vegetación medianamente sana
4	0,66 a 1	Vegetación sana

Fuente: (EOS Data Analytics, 2020)

Tabla 11 Valores de reclasificación de NDBI

Valores de reclasificación de NDBI		
1	< 0	Otras coberturas
2	> 0	Zona construida

Fuente: (GIS & BEERS, 2018)

3.1.9. Tasa de cambio

En el proceso analítico, se llevó a cabo la evaluación y el cálculo porcentual de la superficie ocupada por cada categoría de cobertura, con el objetivo de identificar y cuantificar el número de píxeles asociados a cada clasificación. Este enfoque permitió obtener una estimación precisa de la tasa de cambio entre diferentes años, al correlacionar

la variación de la superficie ocupada por cada tipo de cobertura en términos proporcionales. La meticulosa evaluación de los píxeles asociados a cada categoría proporciona una visión detallada de las dinámicas de cambio en el tiempo, facilitando así una interpretación más precisa de las transformaciones en la cobertura del terreno a lo largo de los periodos analizados. (Ceceña y otros, 2021)

3.1.10. Fase de campo

Se realizó la visita presencial al área de la reserva donde se encuentra la laguna El Cancón para apreciar y constatar los cambios detectados mediante la interpretación visual de los datos obtenidos luego del procesamiento de las imágenes satelitales, se realizaron dos salidas de campo durante dos días seguidos para conocer la situación en la que se encontraba la laguna y su al rededor.

Tabla 12 Salidas de campo

Nº	Fecha	Detalle
1	28 de diciembre del 2023	Validación de datos obtenidos
2	29 de diciembre del 2023	Validación de datos obtenidos

Salida de campo No 1: En la primera salida de campo se realizó una inspección por el lado este de la laguna para evaluar la laguna y su área de influencia, se empleó un GPS para tomar puntos en los lugares donde se hicieron las paradas para constatar la cobertura del área.

Salida de campo N° 2: En la segunda salida de campo se realizó la inspección por el lado oeste de la laguna, pero debido a la baja accesibilidad de la zona se tomaron puntos desde la carretera más cercana a la laguna, así mismo se hizo uso de un GPS.

Tabla 13 Coordenadas de los puntos tomados por GPS

Salida de campo N° 1			Salida de campo N° 2		
Punto	X	Y	PUNTO	X	Y
1	654220	9730016	1	652796	9731380
2	654985	9729960	2	652907	9732336
3	655910	9730325	3	653020	9733320
4	656585	9730798	4	652309	9735239
5	656645	9730987	5	654601	9735850
6	656917	9731826	6	655345	9735408
7	656708	9732860	7	655566	9734178
8	656436	9733685			
9	655770	9734012			

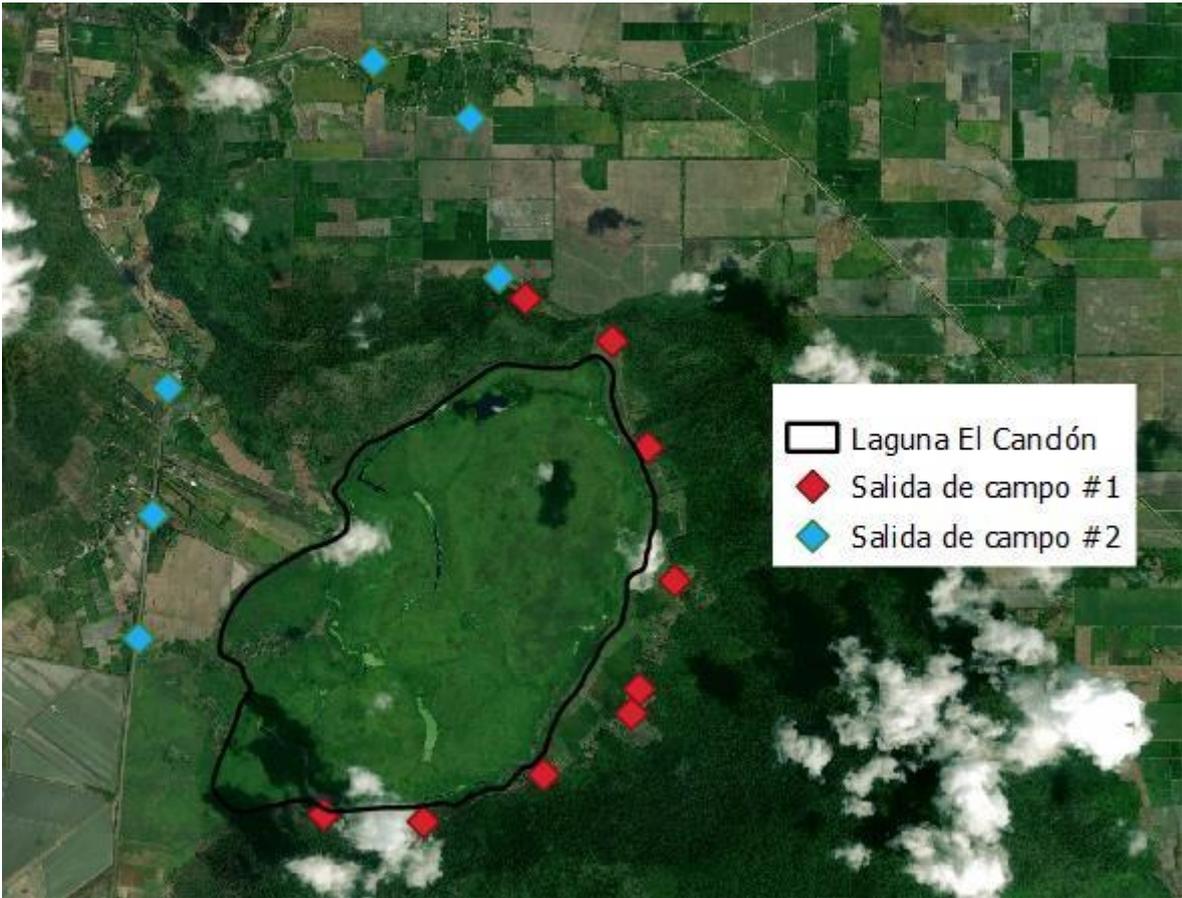


Figura 10 Puntos muestreados en las visitas a la laguna

4. CAPITULO IV

4.1. Resultados

4.1.1. Procesamiento digital para resultados

Los resultados para NDWI, NDVI y NDBI se representan con mapas de colores en los cuales se muestran valores dentro del rango de cada índice que indican la presencia o ausencia de determinado tipo de cobertura. Los resultados de los índices serán utilizados para detectar cambios ambientales a través de los años.

4.1.2. Resultados del cálculo de Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)

Tabla 14 Valores máximos y mínimos de NDWI

	NDWI	
Año	Mínimo	Máximo
1986	-0,498075	0,62904
1996	-0,544864	0,69119
2014	-0,798397	0,120028
2023	-0,566555	0,050589

La tabla muestra los valores máximos y mínimos de NDWI en todos los años utilizados dentro del rango de -1 y 1.

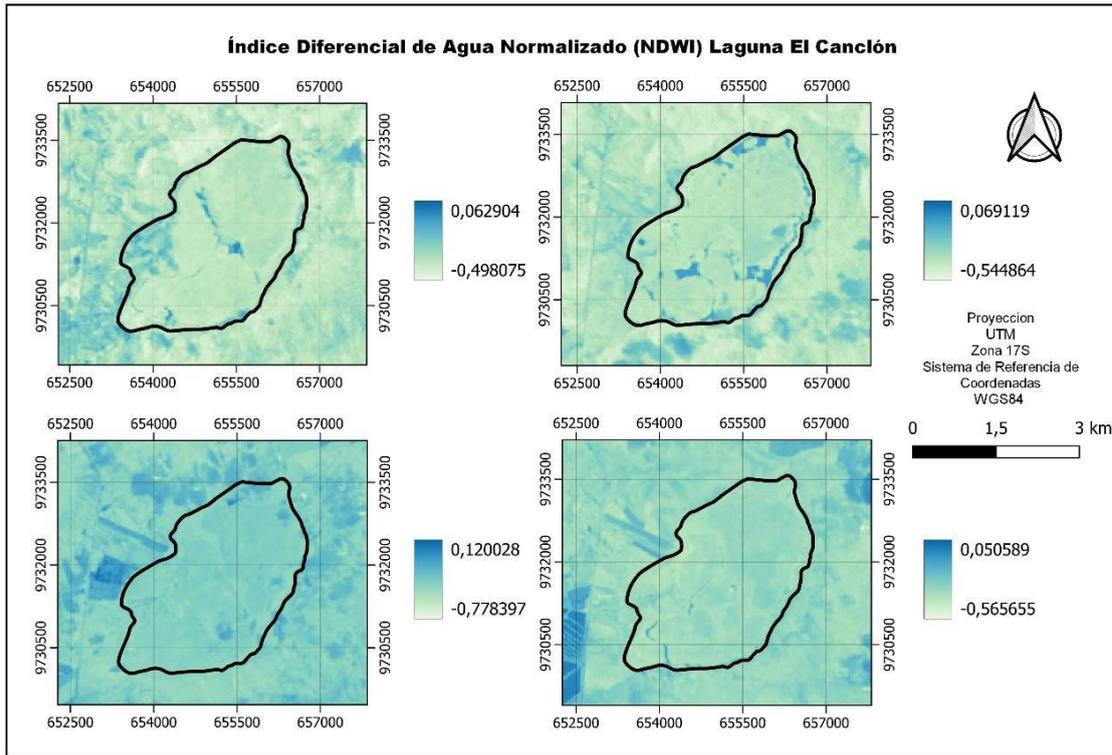


Figura 11 NDWI

4.1.3. Resultados del cálculo de Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Tabla 15 Valores máximos y mínimos de NDVI

NDVI		
Año	Mínimo	Máximo
1986	-0,052531	0,547183
1996	-0,220721	0,577712
2014	-0,088686	0,767356
2023	0,021243	0,612104

La tabla muestra los valores máximos y mínimos de NDWI en todos los años utilizados dentro del rango de -1 y 1.

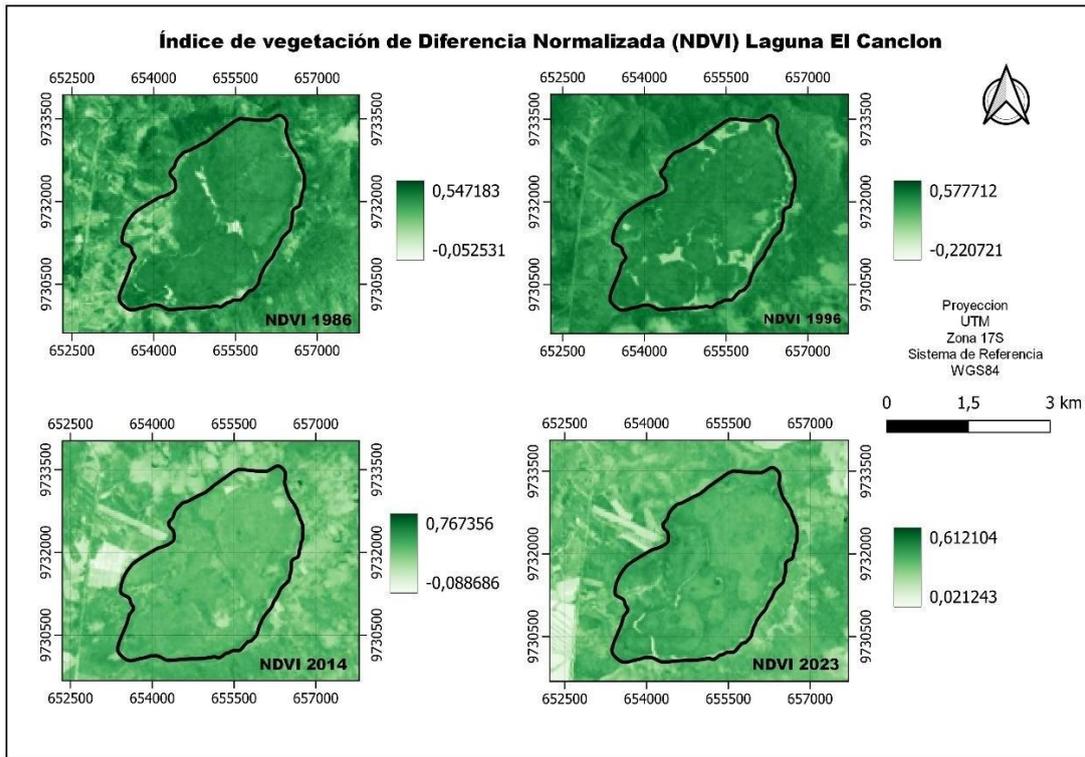


Figura 12 NDVI

4.1.4. Resultados del cálculo de Índice de Edificación de Diferencia Normalizada (NDBI)

Tabla 16 Valores máximos y mínimos de NDBI

NDBI		
Año	Mínimo	Máximo
1986	-0,417168	0,324515
1996	-0,411115	0,277261
2014	-0,382642	0,130334
2023	0,332685	0,088978

La tabla muestra los valores máximos y mínimos de NDWI en todos los años utilizados dentro del rango de -1 y 1.

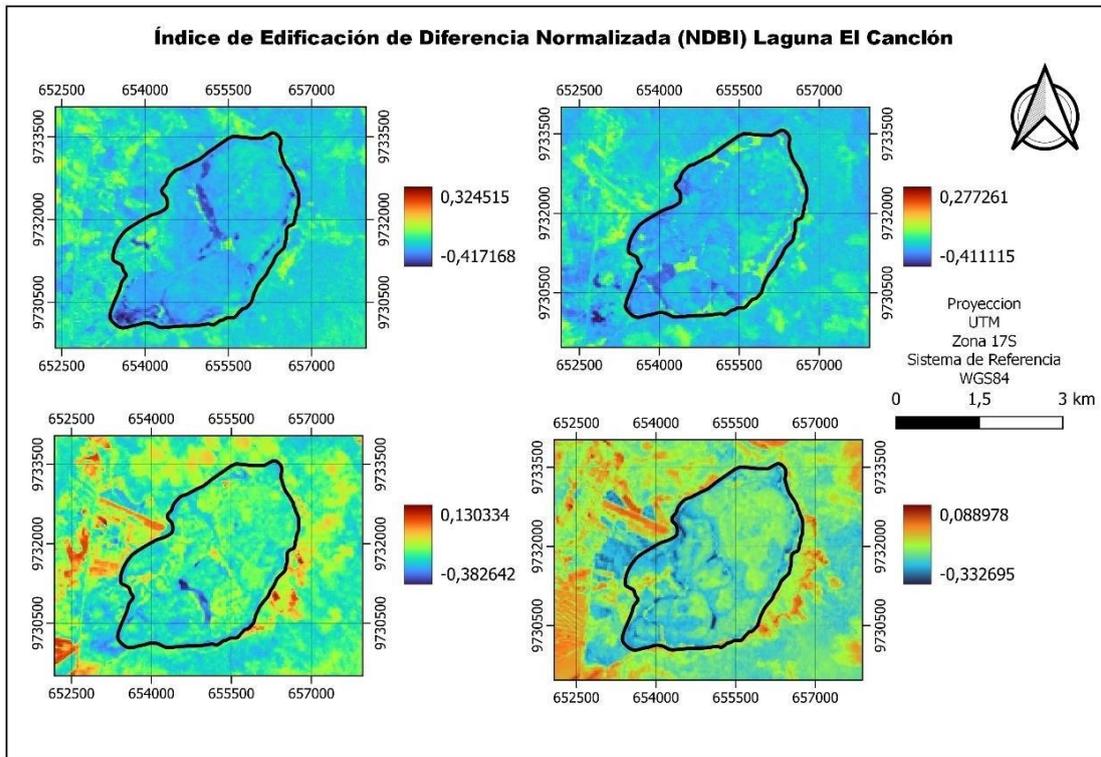


Figura 13 NDBI

A partir de estos resultados se procedió a clasificar los datos de los índices según su tipo de cobertura (EOS Data Analytics, 2022) para determinar los lugares en los que existía vegetación, agua y edificaciones cercanas a la laguna que han contribuido al cambio de uso de suelo y a la pérdida del espejo de agua de la laguna.

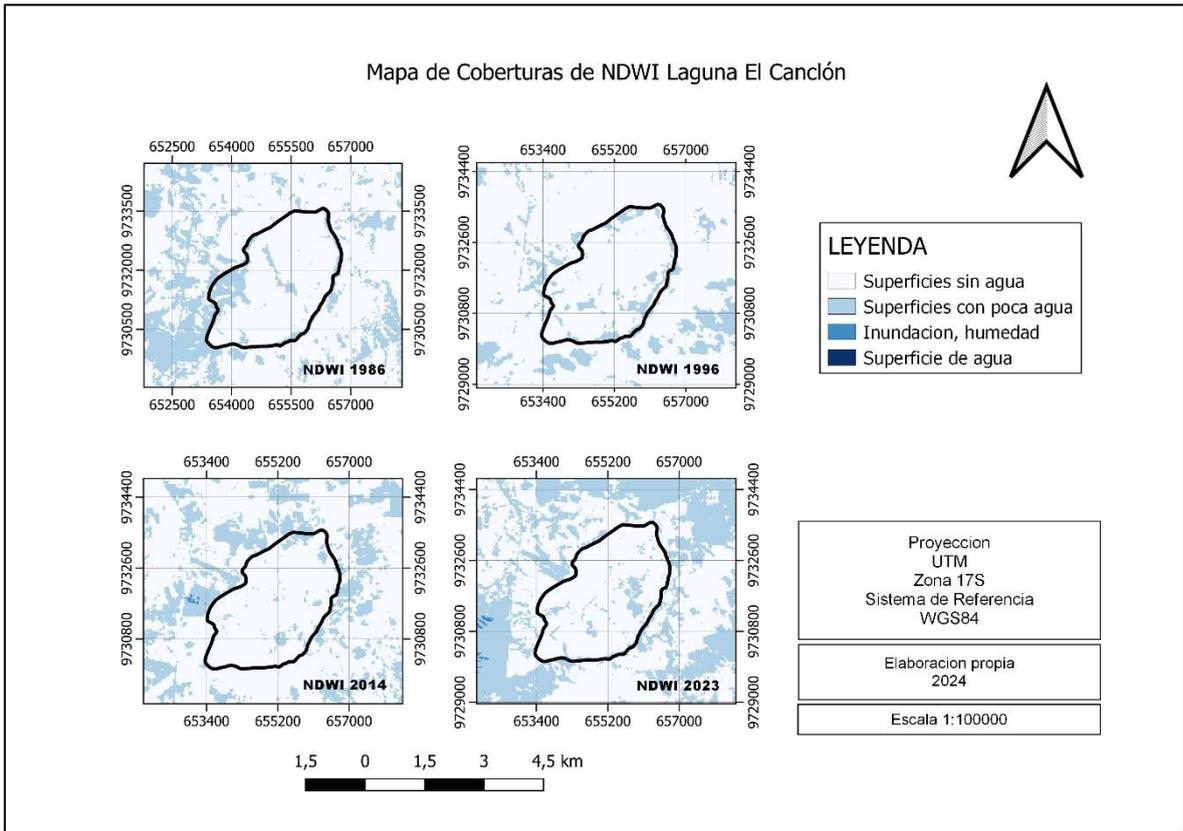


Figura 14 Coberturas reclasificado (NDWI)

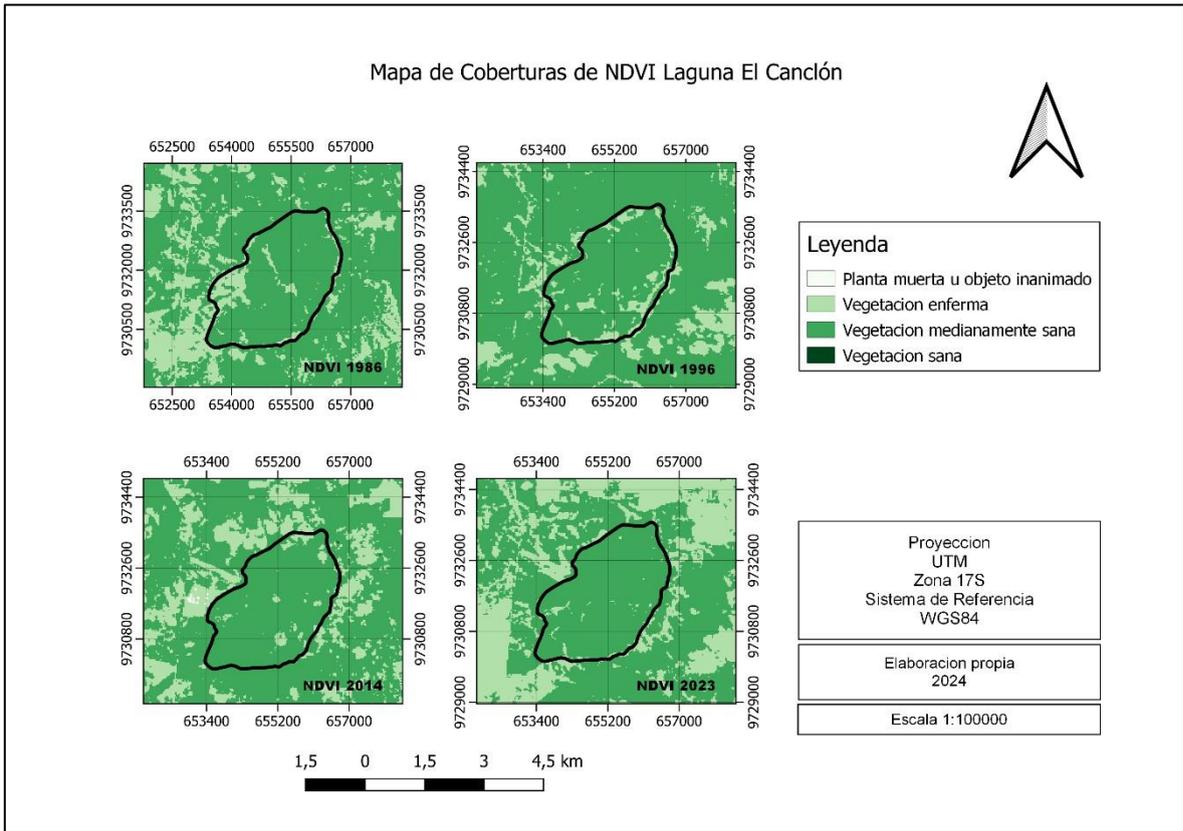


Figura 15 Coberturas reclasificado (NDVI)

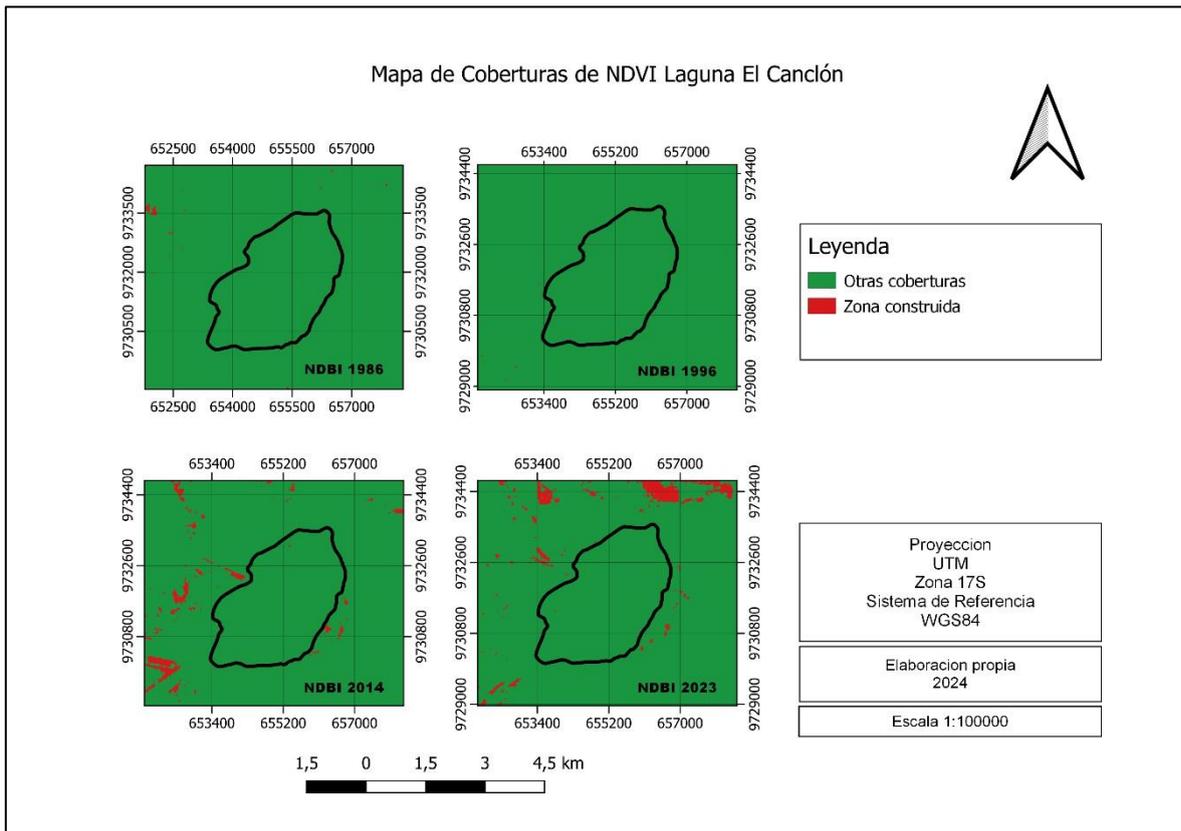


Figura 16 Coberturas reclasificado (NDBI)

Para realizar el análisis de la pérdida del espejo de agua de la laguna se procedió a vectorizar los ráster de los índices que obtuvimos para posteriormente calcular el área y verificar la información.

Para calcular la extensión en hectáreas de cada categoría de cobertura se consideró únicamente la ausencia o presencia del respectivo tipo de cobertura, excluyendo cualquier otro parámetro o factor en la evaluación, en NDWI se tomó en cuenta el cuerpo hídrico, en NDVI se tomó en cuenta la vegetación y para el NDBI se tomaron en cuenta las edificaciones.

Teniendo en cuenta que el área total de la laguna es aproximadamente 800 ha procedimos con la elaboración de los mapas del espejo de agua y vegetación además del análisis estadístico del incremento de la cobertura de vegetación y pérdida del espejo de agua.

Mapa de la vegetación sobre la Laguna El Cancón

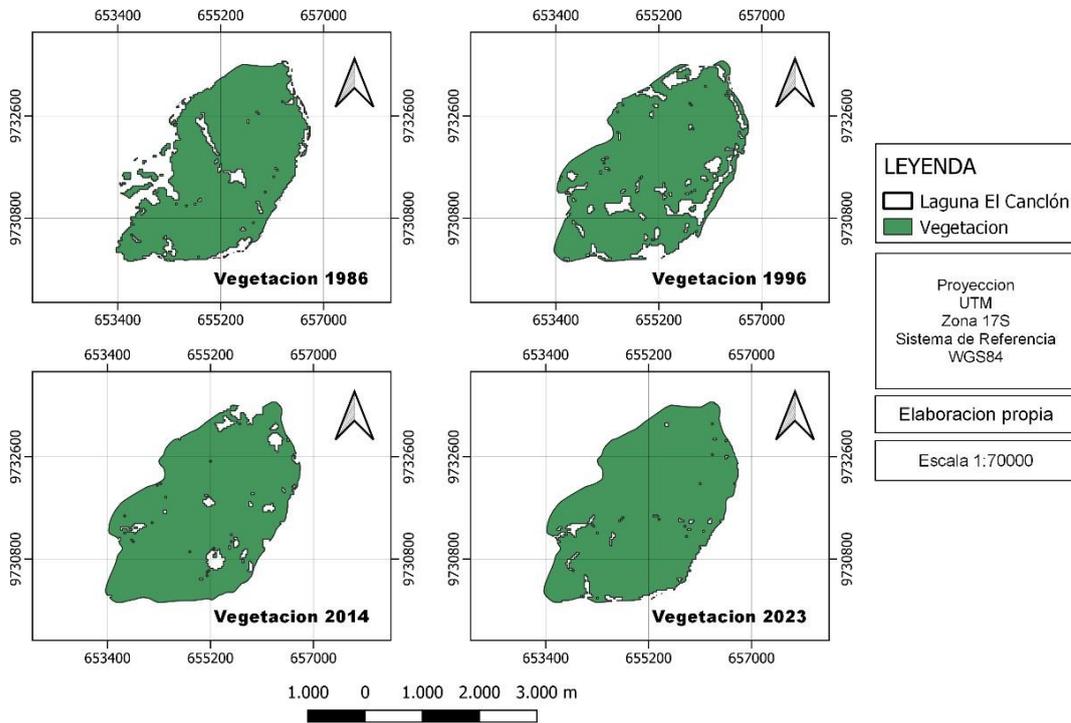


Figura 17 Vegetación en la laguna “El Cancón”

Tabla 17 Vegetación sobre la laguna “El Cancón”

Año de la imagen	Vegetación Acuática	
	(ha)	Porcentaje (%)
1986	677,77	84,72
1996	692,14	86,52
2014	751	93,88
2023	774	96,75

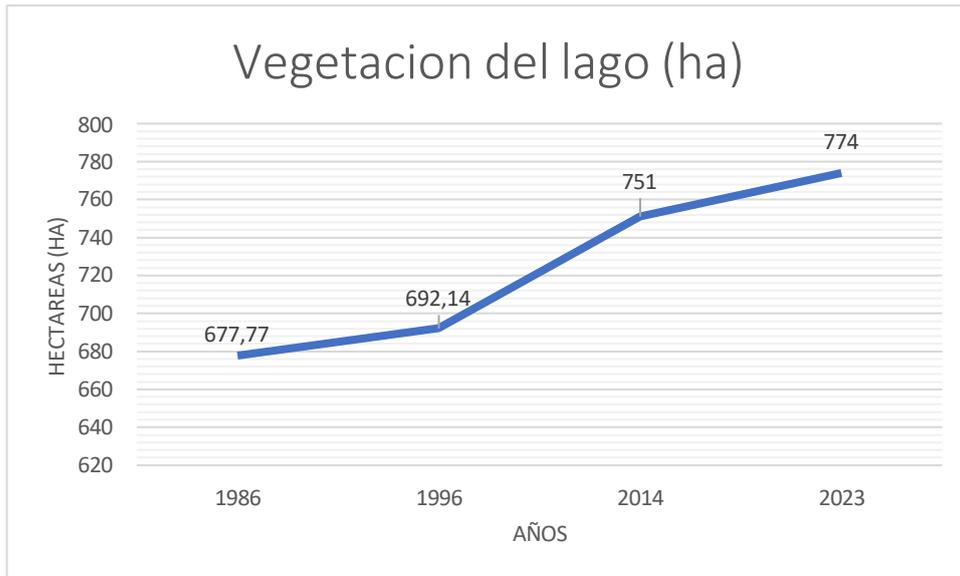


Figura 18 Variación de la vegetación del lago durante el periodo de 1986 al 2023

Tabla 18 Tasa de cambio porcentual del aumento de la vegetación sobre la laguna

Tasa de cambio porcentual del aumento de la vegetación sobre la laguna			
Periodo	1986 a 1996		
	1986	1996	CAMBIO
Vegetación (ha)	677,77	692,14	2%
Periodo	1996 a 2014		
	1996	2014	CAMBIO
Vegetación (ha)	692,14	751	9%
Periodo	2014 a 2023		
	2014	2023	CAMBIO
Vegetación (ha)	751	774	3%

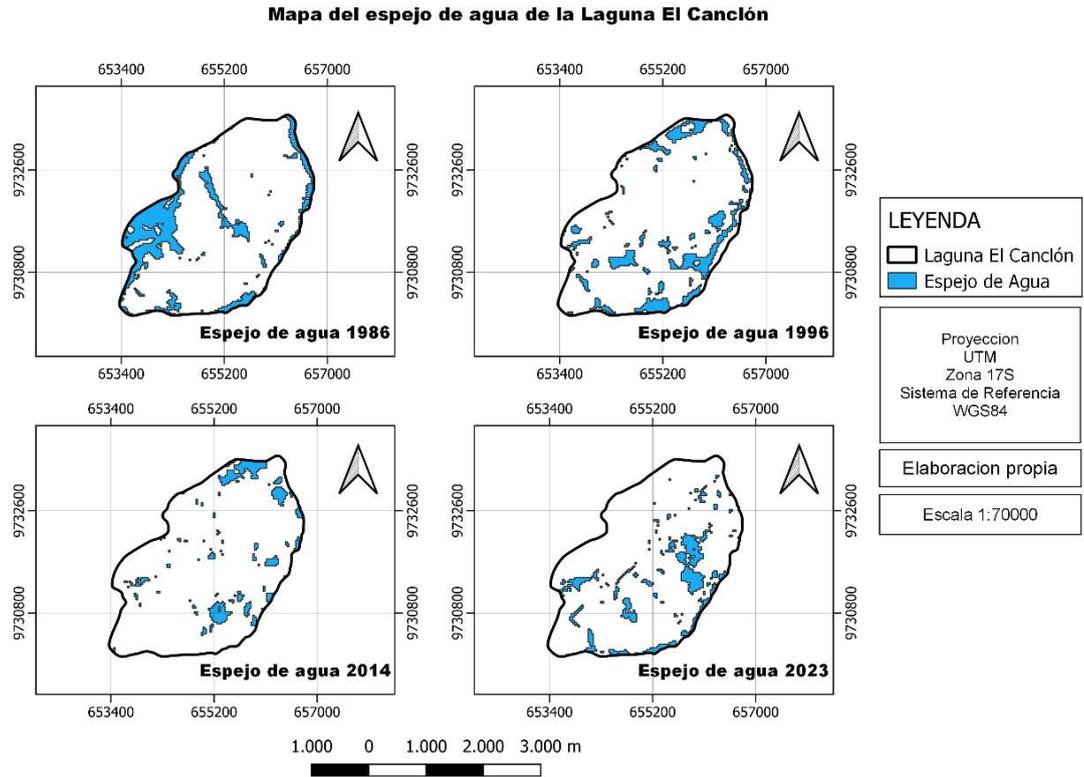


Figura 19 Espejo de agua de la laguna “El Cancón”

Tabla 19 Espejo de agua de la laguna “El Cancón”

Año de la imagen	Espejo de Agua (ha)	Porcentaje (%)
1986	140,7	17,59
1996	107,44	13,43
2014	78,87	9,86
2023	57,75	7,22

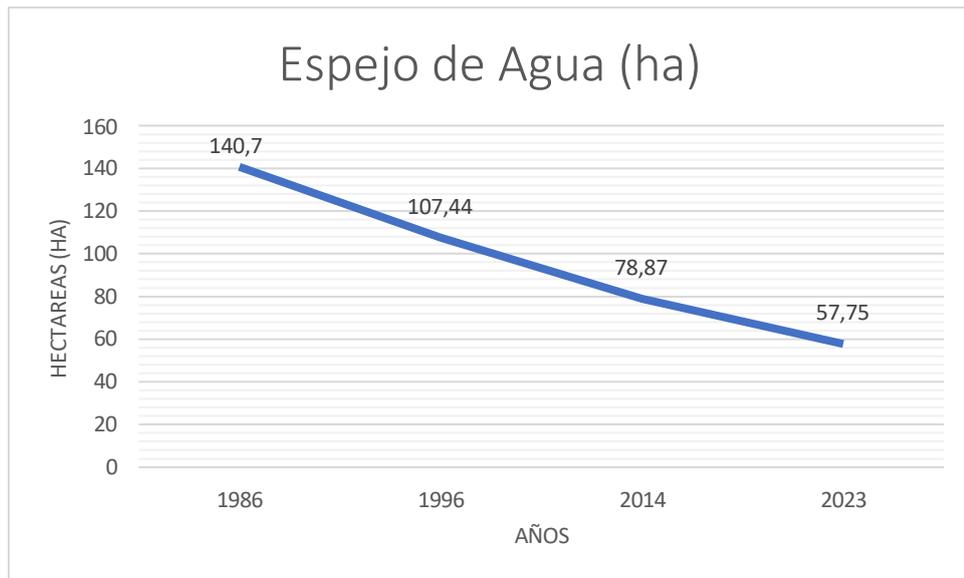


Figura 20 Variación de la vegetación del lago durante el periodo de 1986 al 2023

Tabla 20 Tasa de cambio porcentual de la pérdida del espejo de agua

Tasa de cambio porcentual de la pérdida del espejo de agua			
Periodo	1986 a 1996		
	1986	1996	CAMBIO
Espejo de agua(ha)	140,70	107,44	-24%
Periodo	1996 a 2014		
	1996	2014	CAMBIO
Espejo de agua(ha)	107,44	78,87	-27%
Periodo	2014 a 2023		
	2014	2023	CAMBIO
Espejo de agua(ha)	78,87	57,75	-27%

4.1.5. Espejo de agua y cobertura vegetal

La cuantificación del espejo de agua y la cobertura vegetal presenta en la laguna se encuentran presentadas en las tablas. Observamos que existe una relación directa entre el aumento de la cobertura vegetal y la pérdida del espejo de agua, entre el periodo de 1986 a 1996 se observó un aumento del 2% de la cobertura vegetal en el área superficial de la laguna, lo que significa un aumento de 14.37 hectáreas y por consiguiente una disminución del 24% del espejo de agua.

Para el periodo comprendido entre 1996 a 2014 transcurrieron alrededor de 20 años por lo que se observaron resultados drásticos, como una mayor extensión de la cobertura vegetal (9%) teniendo en cuenta el hectareaje que ocupaba en la anterior comparación, esta vez la cobertura vegetal se extendió por 58.86 hectáreas, llevándose consigo también el 27% del espejo de agua restante de la laguna.

En el periodo 2014 – 2023 persistía la misma tendencia de aumento de vegetación sobre la laguna y disminución progresiva del espejo de agua, se evidencia el crecimiento de cobertura vegetal en un 3% es decir 23 hectáreas de laguna, y la disminución del espejo de agua en 27%, dejándolo con cerca de 58 hectáreas.

4.1.6. Variación multitemporal del espejo de agua y cobertura vegetal

Al momento de realizar este estudio, la cobertura vegetal en el año 1986 ya ocupaba gran parte del área total de la laguna, representando el 84,72% del área total, y a la fecha de la última imagen satelital del 07 de octubre de 2023 la vegetación ya ocupa un aproximado de 96.75% de la laguna, lo que indica el espejo de agua se encuentra en un estado de desaparición progresiva, además se analizó la existencia de posibles factores que contribuyen en la pérdida del espejo de agua, como los asentamientos agrícolas alrededor de la laguna, la ganadería y la construcción de drenajes agrícolas hacia la laguna, todo esto

aumenta la vulnerabilidad de la laguna ante la descarga de sedimentos y fenómenos climáticos.

Además, el cambio de uso de suelos en la laguna atrae consigo varios impactos negativos, las imágenes del índice NDBI pudimos observar un aumento de edificaciones alrededor de la laguna, es decir, cada vez crece el número de personas que viven en sectores aledaños a la laguna, usan la zona circundante a la laguna para plantar cultivos como cacao, caña de azúcar, soya, entre otros. La agricultura intensiva puede provocar la erosión del suelo, resultando en la sedimentación de la laguna y disminuyendo la calidad del agua.

Sin embargo, existen diversos factores que evitan que el espejo de agua se pierda completamente como las condiciones meteorológicas en nuestro país, eventos climatológicos puntuales como el fenómeno de la niña, así también como las acciones que se emprenden dentro de la misma reserva como recorridos de control y vigilancia para la prevención de expansión de la frontera agrícola, monitoreo de biodiversidad, entre otros.

5. CAPITULO V

5.1. Discusión

En esta investigación se realizó un análisis comparativo multitemporal (1986, 1996, 2014, 2023) con tres índices de clasificación de coberturas (NDBI, NDVI, NDWI) (EOS Data Analytics, 2022) usando productos de sensores remotos para la determinación de estos, el uso de esta información geográfica es una alternativa vanguardista y viable, principalmente por su practicidad, fácil obtención y manejo.

La realización de este tipo de investigaciones donde el uso de imágenes satelitales, su procesamiento y análisis sea el tema principal son muy escasos en Ecuador encontrando trabajos como los de (Alvarez, 2018), (Rendon, 2020) o (Mendoza & Quilumba, 2021), por tal motivo se ha realizado este estudio para poder ofrecer conocimiento sobre el análisis multitemporal en la Laguna El Canción e identificar las coberturas que están presente sobre esta y su área de influencia, así también para que el cuidado de los cuerpos hídricos del Ecuador sea monitoreado para conocer las posibles causas que puedan estar afectando a su desarrollo natural y de esta manera contribuir a la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas.

Por otra parte, existen diversos factores que también influyen en la pérdida del espejo de agua son el cambio climático, actividades antrópicas o intensa actividad minera como ocurrió en el trabajo de (Salamanca, 2018) en donde la extracción de material de construcción y el uso del Humedal Laguna La herrera como zona de descargas de aguas negras ocasionaba la pérdida tanto del área del humedal como del espejo de agua, en este caso se sugirió la creación de un Plan de Manejo Ambiental y unas PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) para evitar que el problema siga avanzando y perjudicando la salud del ecosistema.

Para determinar la reducción del espejo de agua de la Laguna El Canclón hemos realizado un análisis con respectivos periodos de tiempo en los años 1986 – 1996, 1996 – 2014, 2014 – 2023. Con el cálculo de los índices de vegetación y el índice de agua fue posible identificar la presencia de vegetación sobre la laguna y caracterizar su evolución y esparcimiento y cómo esto reduce en gran porcentaje al espejo de agua, también en comparación se puede decir que son inversamente proporcionales como lo determinaron (Castillo & Rodriguez, 2017) en su trabajo investigativo donde observaron que el espejo de agua desaparecía progresivamente a favor del crecimiento de distintos tipos de coberturas vegetales acuáticas, donde la pérdida del espejo de agua presento una disminución del 78.7% en un periodo de aproximadamente 20 años.

Asimismo, se notó principalmente una disminución importante del espejo de agua en la parte sur de la laguna perdiendo el 27% de la cobertura del año 1996 al 2014, con una pérdida casi total al 2023, esto pudo deberse a distintos factores como es el caso de la eutrofización de acuerdo (Monserrate, 2023) conocemos que en marzo del 2023 se encontraron valores muy altos de nitrógeno y fosforo, esto debido a que son el principal abono que utilizan las personas para sus cultivos de ciclo corto y perenne dentro del área donde el espejo de agua en la laguna que se ha perdido por actividades antropogénicas

Debido al acceso complicado por la vegetación y la profundidad de más de 2 metros en el lado oeste de la laguna no nos pudimos acercar mucho más allá de la carretera, se encuentra un número más grande de asentamientos humanos además se constata la presencia de cultivos perennes como el cacao.

Los factores climáticos como la humedad, precipitaciones y temperatura, son muy importantes para el monitoreo del cuerpo hídrico como en la investigación de (González & Gonzalez, 2015) donde se tomaron en cuenta estas variables para el análisis de la pérdida del espejo de agua, en donde se detectó que sufrió cambios drásticos en un periodo de 30

años, la laguna tiene una cobertura de espejo de agua de 1.864.08 hectáreas en 1985, se reportó que de ese periodo al 2005 se dio una reducción del 71.63% del espejo de agua quedando con 863 hectáreas y en el periodo del año 2000 al 2015 se dio una reducción del 45.42% quedando solo con 471 hectáreas estos valores son muy altos comparado con la laguna El Canclón sin embargo cabe aclarar la diferencia de dimensiones, ya que mientras que la laguna El Canclón cuenta con aproximadamente 170 hectáreas de espejo de agua en 1986, la Laguna de Fúquene contaba con 1864 hectáreas.

Para esta investigación que comprende desde 1986 hasta 2023 la laguna El Canclón presento una disminución de su espejo de agua del 59% del área total es decir que tuvo una pérdida de 82,5 hectáreas. La principal vegetación que se encuentra en constante crecimiento sobre la laguna son el jacinto de agua y la lechuga de río, plantas que aprovechan la sobrecarga de nutrientes que aportan a la laguna la población cercana debido a labores de agricultura, como en el trabajo de (Ortiz, 2021) que observo que las dos ciénagas que investigaba Ayapel y Machado habían perdido 3000 y 432 hectáreas de espejo de agua respectivamente, esto debido a la expansión de áreas agrícolas en las zonas aledañas.

La sedimentación también juega un papel importante en la pérdida del espejo de agua de la laguna debido a que este tipo de laguna de interior a menudo actúan como almacén de nutrientes como nitratos y fosfatos provenientes de fertilizantes como es el caso en esta laguna por el estrés antropológico que tiene, esto ligado a la productividad de algunas plantas del lago hace que sean muy buenas y adecuadas para la eliminación del exceso de nutrientes, esto contribuye a que el espejo de agua no se pierda tan rápidamente como en otros casos estudiados en esta investigación.

Los fertilizantes, pesticidas y demás productos agrícolas usados pueden contaminar directamente el agua de la laguna generando problemas de eutrofización y afectando a toda forma de vida que dependa de la laguna para subsistir, además el cambio de uso de suelos

de vegetación natural a cultivos puede acarrear la pérdida del hábitad para la fauna local afectando la biodiversidad

6. CAPITULO VI

6.1. Conclusiones

- Durante el análisis del periodo de 1986 a 2023 realizado en el presente estudio se determinó que hubo una pérdida neta del espejo de agua de 82,5 ha en la Laguna “El Canclón”.
- En el periodo transcurrido entre 1996 y 2014 es donde ocurrió un mayor aumento de la vegetación en la laguna, pasando de 692,14 ha a 751 ha lo que corresponde al 93.87% del área total de la laguna. Actualmente la laguna está cubierta por vegetación al 96.75%.
- La mayor pérdida del espejo de agua se dio durante los años de 1986 a 1996 donde de 140,70 ha de espejo de agua disminuyó a 107,44 ha, siendo una reducción del 24%, actualmente la laguna cuenta únicamente con 57,75 ha de espejo de agua.
- Mediante la cartografía generada se evidenció que se dio una pérdida del espejo de agua principalmente en el lado oeste de la laguna durante el periodo de 1986 a 1998 y se observa como esa tendencia de crecimiento sigue con el pasar de los años lo que implica también la disminución del espejo de agua.
- Se emplearon técnicas de teledetección como la fotointerpretación y análisis de índices espaciales con lo que se cumplió satisfactoriamente con los objetivos por lo que se demuestra la utilidad de los índices NDWI, NDVI y NDBI para generar mapas de coberturas de las zonas de estudio.
- Las imágenes de los satélites Landsat con nivel de procesamiento L2SP pueden ser utilizadas para este tipo de estudio con la ventaja de que ya están listas para usarse por lo que no tendrán que pasar por procesos de corrección atmosférica.

6.2. Recomendaciones

- Antes de llevar a cabo un análisis multitemporal es imperativo realizar una validación del nivel de procesamiento de las imágenes satelitales adquiridas, además de verificar la fecha de adquisición para mitigar posibles errores derivados de la estacionalidad.
- Realizar un análisis de la calidad del agua de la laguna para conocer si existe eutrofización y determinar que componentes son los que están ocasionando la proliferación de la vegetación que es la que hace disminuir el espejo de agua.
- Se debe realizar un monitoreo perenne de la sedimentación de la laguna que puede ser otra causa de la disminución y alteración del espejo del agua.
- Implementar medidas para disminuir la intensidad agrícola en el área dado a que es un área protegida y está presentando este tipo de problemas
- Realizar planes sociales y capacitar a los habitantes que viven cerca de la laguna, informarles a cerca del estado actual del espejo de agua y ratificar la importancia de mantener este ambiente sano para preservar las especies del área.
- Implementar un proceso de restauración en el área para recuperar la mayor cobertura de espejo de agua con acciones activas.
- Realizar una inspección *in situ* para poder determinar si existe la posibilidad de abrir un camino o un sendero en el lado oeste de la laguna para facilitar la futura recolección de datos para el monitoreo de la laguna.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, K. J. (mayo de 2012). "*Estudio para la Implementación de un Sendero Interpretativo-Temático "El Manglar y la Vida" en la Reserva Ecológica Manglares Churute.*"
<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e8c9c839-784d-4212-b3ef-4036e2fe9336/content>
- AELS. (23 de Noviembre de 2017). *Transmisión y absorción de la radiación solar en el agua.* <https://aulaestudiolagosanabria.info/absorcion-de-la-luz/>
- Alvarez, M. J. (2018). "*VARIACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL PARQUE NACIONAL MACHALILLA, MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN, PROVINCIA DE MANABÍ*".
- Ariza, A. (23 de noviembre de 2013). *Descripción y Corrección de Productos Landsat 8.*
<https://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- Astudillo, E., Alava, J. J., Arosemena, X., & Contantino, M. (Noviembre de 2002). *ResearchGate*. Inventario Preliminar de la Ornitofauna de la Laguna "El Canclon" en la Reserva Ecológica Manglares de Churute (REMCH):
https://www.researchgate.net/publication/256605724_Inventario_Preliminar_de_la_Ornitofauna_de_la_Laguna_El_Canclon_en_la_Reserva_Ecológica_Manglares_Churute_REMCH_2002
- Auravant. (noviembre de 2020). *Índices de vegetación y su interpretación.*
<https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/>

- Becares, E. (Enero de 2004). *Ecología de lagunas y humedales*. Research Gate:
https://www.researchgate.net/publication/39458786_Ecologia_de_lagunas_y_humedales
- Bedwell, M., & Goldberg, C. (16 de Octubre de 2019). *Spatial and temporal patterns of environmental DNA detection to inform sampling protocols in lentic and lotic systems*. Ecology and Evolution.
- Blacus, V. (12 de junio de 2021). *Introducción a la Teledetección*.
https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote_sensing.html
- Brichetto, G. A. (2018). *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN TRES LAGUNAS DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CUYABENO (RPFC) EN DOS PERÍODOS ESTACIONALES*. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR:
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2514/1/T-UIDE-1802.pdf>
- Bustos, O. (24 de Septiembre de 2014). *Introducción a los procesos markovianos en el análisis y procesamiento de imágenes*. Research Gate:
https://www.researchgate.net/publication/228635353_Introduccion_a_los_procesos_markovianos_en_el_analisis_y_procesamiento_de_imagenes
- Carlos, C. (2019). *Plantas comunes de la Reserva de Churute*.
https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/125_Manglar_Churute_v1.1_1.pdf
- Castillo, I. M., & Rodríguez, M. A. (2017). *Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene*. MUTIS.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21789/22561498.1183>

- Ceceña, M., Eaton-Gonzalez, R., Solis, A., Delgadillo, J., Mendoza, L. L., & Ortega, A. (1 de Noviembre de 2021). *Evaluación de cambios en la cobertura vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712021000100116#B40
- Chambe , J. F., Quintana, D. S., & Franco, M. S. (2 de Mayo de 2021). *Análisis multitemporal de la laguna Suches y del vigor de la vegetación del bofedal de Huaytire, Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Chocho, V. (14 de AGOSTO de 2020). *Prezi*. CARACTERIZACION DE LA LAGUNA "EL CANCLÓN": <https://prezi.com/9dlwewd5geix/caracterizacion-de-la-laguna-el-canclon/>
- Ciencias UNAM. (1983). Las lagunas costeras. En *Ciencias 3* (págs. 46-47). Indice de Revistas Mexicanas.
- Congedo, L. (2017). *Breve introduccion a la teledeteccion*.
https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote_sensing.html
- Dávalos, N. (5 de Julio de 2021). <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/areas-protegidas-ecuador-territorio-nacional/>
- De Liz, A. (Julio de 2022). *REMOTE SENSING OF WASTEWATER CONTAMINATION IN COASTAL AREAS: A CASE STUDY OF CONCEIÇÃO LAGOON, BRAZIL*.
- EESA. (2021). *European Space Agency*. ¿Que es la teledeteccion?:
https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMO1U3FEXF_0.html

- EOS Data Analytics. (28 de Septiembre de 2020). *NDVI: Preguntas Frecuentes Y Qué Necesita Saber*. <https://eos.com/es/blog/ndvi-preguntas-frecuentes/>
- EOS Data Analytics. (2022). *Índice De Agua De Diferencia Normalizada (NDWI)*. <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/>
- ESRI. (2020). *ArcGIS AllSource*. <https://doc.arcgis.com/es/allsource/latest/analysis/geoprocessing-tools/image-analyst/compute-change-raster.htm>
- FAO. (1996). *Metodos de evaluación del cambio de la cobertura forestal*. <https://www.fao.org/3/ad680s/ad680s08.htm>
- Fonseca, J., & Gomez, S. (1 de Abril de 2013). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT CASO DE ESTUDIO: CAMBIO DE ÁREA LADERAS DE LA CIÉNAGA DE TUMARADÓ PARQUE NATURAL LOS KATÍOS*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9268/FonsecaJohnJairo2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Fonseca, L. A. (2015). *Lagos y lagunas de Mexico. Factores Bioticos*. <https://biologiaenp4.wixsite.com/lagos-y-lagunas/estado-actual-de-lagos-y-lagunas-cb94>
- Franzpc. (20 de octubre de 2019). *Lista de índices espectrales en Sentinel 2 y Landsat*. <https://acolita.com/lista-de-indices-espectrales-en-sentinel-2-y-landsat/>
- GIS & BEERS. (5 de Mayo de 2018). *Cálculo de índice NDBI para análisis urbanísticos*. <https://www.gisandbeers.com/calculo-indice-ndbi-analisis-urbanisticos/>
- GIS&BEERS. (22 de febrero de 2020). *Todo lo que deberías saber sobre imágenes Landsat*. <https://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-landsat/>

Gobierno de Asturias . (junio de 2020). *Aquepts*.
https://sig.asturias.es/HIPERVINCULOS/Catalogo_Suelos/suelos/inceptisoles/aquepts.html

González, N., & Gonzalez, A. (febrero de 2015). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ESPEJO DE AGUA EN LA LAGUNA DE FÚQUENE PARA EL PERIODO DE 1985 A 2015*.
https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2507/Gonzalez_Adriana_2015.pdf?sequence=1

Hill, C. (2020). *MONITORING CHANGE IN LAKE WATER STORAGE OVER TIME WITH SATELLITE IMAGERY AND CITIZEN SCIENCE*. University of North Carolina.

INaturalistEC. (2023). *Reserva Ecológica Manglares de Churute*.
<https://ecuador.inaturalist.org/places/137424>

INEGI. (23 de mayo de 2020). *Aspectos Técnicos de las imágenes Landsat*.
https://en.www.inegi.org.mx/contenidos/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf

Instituto Geográfico Militar. (2018). *Centro Nacional de Información Geográfica*.
Teledetección: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf#:~:text=La%20teledetección%20es%20la%20técnica,información%20interpretable%20de%20la%20Tierra>.

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. (12 de junio de 2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*.
<https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>

Kogut, P. (09 de Noviembre de 2021). *EOS Data Analytics*. Teledetección Satelital: Tipos, usos y aplicaciones: <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/#que-aporta>

Lopez, C. (Enero de 2019). *Fundamentos Básicos para la Teledetección Ambiental*. https://www.researchgate.net/publication/343295557_Fundamentos_Basicos_para_la_Teledeteccion_Ambiental

Manzo-Delgado, L., & A. Mwave, J. (julio de 2003). *La vegetación vista desde el espacio: la fenología a través de la percepción remota*. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/54_3/vegetacion_vista_espacio.pdf

Mendoza, D. G., & Quilumba, M. S. (23 de Diciembre de 2021). *Evaluación de la pérdida del espejo de agua de las lagunas Caricocha, Chiriyacu y Huarmicocha mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales en el período de 2000 a 2020 y propiedades físico-químicos de aguas y sedimentos para el manejo adecuado*. Universidad de las Fuerzas Armadas: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/27481/T-ESPE-018143.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio del Ambiente. (septiembre de 2013). *Manual para la Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Manual-para-la-Gestión-Operativa-de-las-Áreas-Protegidas-de-Ecuador-finalr.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Reserva Ecológica Manglares de Churute: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-ecologica-manglares-churute>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (12 de abril de 2017). *Código Orgánico del Ambiente*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (Noviembre de 2021). *Áreas Protegidas*. ¿Que son las áreas protegidas?: [https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/#:~:text=Actualmente%20el%20\(SNAP\)%2C%20está,del%20Subsistema%20de%20los%20GADS.&text=El%20PANE%20es%20uno%20de,Sistema%20Nacional%20de%20Áreas%20Protegidas](https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/#:~:text=Actualmente%20el%20(SNAP)%2C%20está,del%20Subsistema%20de%20los%20GADS.&text=El%20PANE%20es%20uno%20de,Sistema%20Nacional%20de%20Áreas%20Protegidas).

3/#:~:text=Actualmente%20el%20(SNAP)%2C%20está,del%20Subsistema%20de%20los%20GADS.&text=El%20PANE%20es%20uno%20de,Sistema%20Nacional%20de%20Áreas%20Protegidas.

Minotti, P., & Kandus, P. (10 de agosto de 2017). *INFORME FINAL MAyDS 3iA UNSAM Inventario Piloto Humedales 2017*. https://www.researchgate.net/publication/337944429_INFORME_FINAL_MAYDS_3iA_UNSAM_Inventario_Piloto_Humedales_2017

Monserate, R. (marzo de 2023). *DETERMINACIÓN DE NITROGENO Y FÓSFORO EN AGUAS DE LA LAGUNA “EL CANCLÓN” DE LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE, GUAYAS*. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a7c46cd0-7cad-4285-bf85-5189e7c70d19/content>

Muhaim, M., Fitriari, D., Adyatma, S., & Arisanty, D. (2022). *mapping build-up area density using normalized difference built-up index (ndbi) and urban index (ui) wetland in the city banjarmasin*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1089/1/012036/meta>

Ortiz, M. I. (2021). *Cambios en los Espejos de Agua que Conforman la Depresión Momposina y Análisis de sus Posibles Causas, Basados en la Interpretación de*

Imágenes de Satélite en el Periodo Comprendido entre 1997 - 2021. Universidad de Córdoba:

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/4aa30970-e529-438e-b6e5-7bb0430a5893/content>

Parks and tribes. (26 de enero de 2023). *RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE.*

https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/reserva-ecologica-churute/reserva-ecologica-manglares-churute.htm#Mamíferos_

Pavón , J. P. (21 de Diciembre de 2015). *DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA EN EL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA.* Universidad Tecnica del Norte:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6943/2/03%20RNR%20210%20ARTICULO.pdf>

Peña, E. (26 de Junio de 2007). *Calidad de Agua.* Escuela Superior Politecnica del Litoral:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>

Perez, L. R. (2018). *Lagos, lagunas y embalses (reservorios).* SSWM:

<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/fuentes-de-abastecimiento-de-agua/lagos%2C-lagunas-y-embalses-%28reservorios%29>

Portal 30x30. (13 de diciembre de 2023). *Áreas Protegidas Ecuador SNAP.*

<https://www.portal30x30.com/datasets/sostenibilidad::áreas-protegidas-ecuador-snap/about>

Ramos, G. (Octubre de 2014). *Enciclopedia.* Definicion de Laguna:

<https://enciclopedia.net/laguna/>

Ravera, O. (2020). *The Lagoon of Venice: the result of both natural factors and human influence*. Instituto Italiano di Odrobiologia.

Rendon, M. G. (Abril de 2020). *DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL, MEDIANTE TELEDETECCIÓN EN EL SITIO RAMSAR MANGLARES DEL ESTUARIO INTERIOR DEL GOLFO DE GUAYAQUIL "DON GOYO"*.

Universidad de Guayaquil:

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fd75e98b-2191-4b2e-943f-c856f64ea39b/content>

Republica del Ecuador. (20 de octubre de 2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*.

https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Sacristán, F. (2006). *Revista AquaTic*. La teledeteccion satelital y los sistemas de proteccion

ambiental: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24_02.pdf

Salamanca, M. (12 de Julio de 2018). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL SOBRE LA PÉRDIDA DEL ESPEJO DE AGUA SOBRE EL HUMEDAL LAGUNA LA HERRERA POR EFECTOS ANTRÓPICOS ASOCIADOS A LA MINERÍA*.

<https://core.ac.uk/download/pdf/286063830.pdf>

SNAP. (2022). *Ministerio del Ambiente*.

https://demos.dominioestudio.info/snap/pdf/mapa_areas_protegidas.pdf

TULSMA. (27 de marzo de 2017). [https://www.ambiente.gob.ec/wp-](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf)

[content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf)

Universidad Complutense de Madrid. (14 de Febrero de 2015).

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>

Vasquez, G., & Martinez, M. L. (29 de marzo de 2022). *INECOL*. Lagunas costeras, mucho mas que agua: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1659-lagunas-costeras-mucho-mas-que-agua>

Veloza, J. P. (2017). *ANALISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS Y USOS DEL SUELO DE LA RESERVA FORESTAR PROTECTORA-PRODUCTORA "CASABLANCA" EN MADRID CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 1961 Y 2015*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas-Centro de Investigacion y Desarrollo en Formacion Geografica: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf

Wildlife Conservation Society. (18 de Julio de 2020). *El Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Ecuador*. <https://ecuador.wcs.org/Recursos/Noticias/articleType/ArticleView/articleId/14605/El-Sistema-Nacional-de-Areas-Protegidas-en-Ecuador.aspx>

Zarate, P. H. (2015). *Lagos y lagunas en Mexico*. Factores Abioticos: <https://biologiaenp4.wixsite.com/lagos-y-lagunas/factores-abiticos>

Zarza, L. F. (2020). *iagua*. ¿Que es una laguna?: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-laguna>

ANEXOS



Anexo 1 Cacao cerca de la laguna



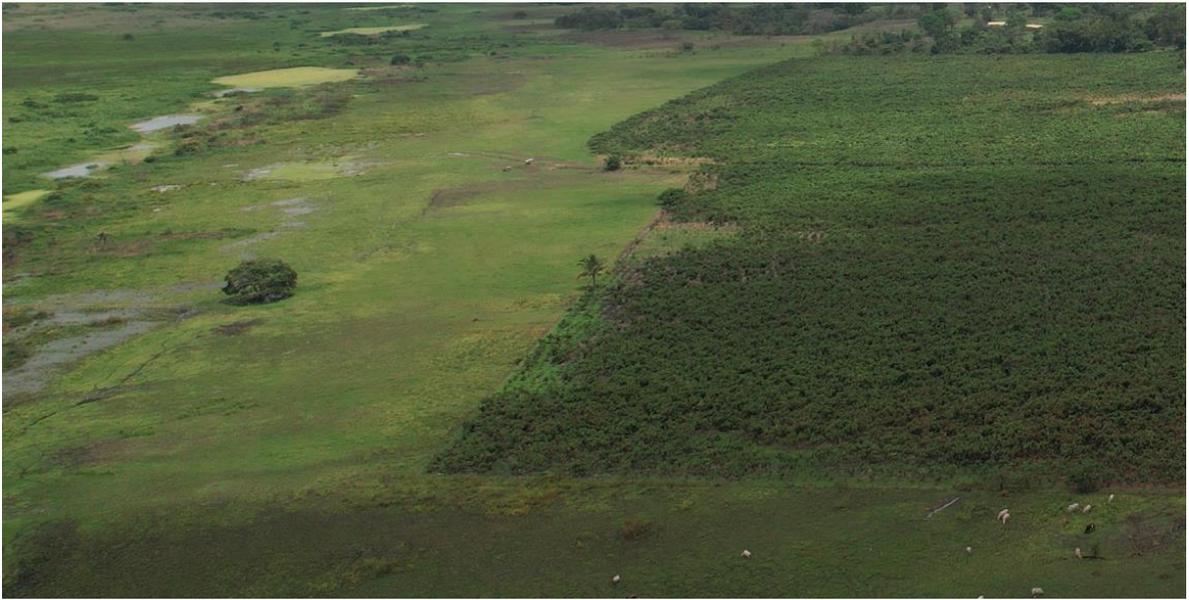
Anexo 2 Vista aérea de la laguna



Anexo 3 Zona suroeste de la laguna



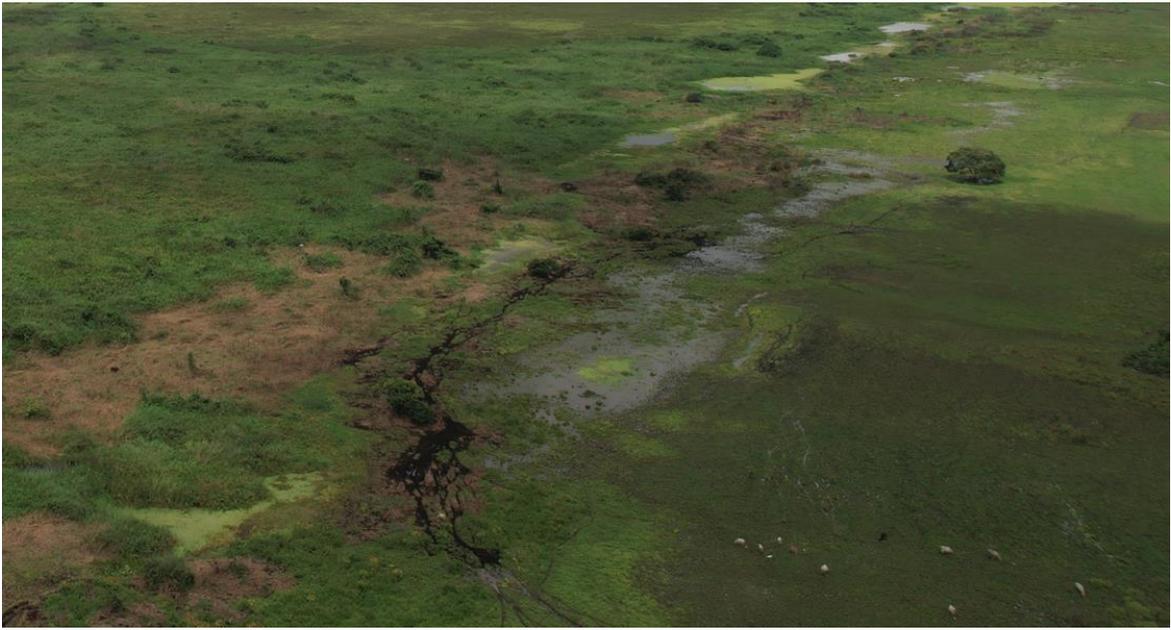
Anexo 4 Parcelas de agricultura cerca de la laguna



Anexo 5 Sembríos cercanos a la laguna



Anexo 6 Sembríos cercanos a la laguna



Anexo 7 Espejo de agua



Anexo 8 Espejo de agua



Anexo 9 Toma de puntos y verificación en campo



Anexo 10 Caña de azúcar cercana a la laguna



Anexo 11 Canal de riego o drenaje



Anexo 12 Pradera



Anexo 13 Ganado vacuno en la laguna



Anexo 14 Fauna de la laguna “El Canclón”