



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**Dirección de Área de Conocimiento de
Ciencias Ambientales y Cambio Climático**

Trabajo de Tesis

**Evaluación de la deforestación en el Parque Ecológico
Intermunicipal del sitio de relevancia ambiental y
cultural Zona de Canta Gallo utilizando teledetección
como base para la gestión sostenible del territorio**

Autor

Br. Sofia Nazareth Arauz

Asesor

Ing. MSc. Claudio Joel González Espino

**Managua, Nicaragua
Diciembre, 2025**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**Dirección de Área de Conocimiento de
Ciencias Ambientales y Cambio Climático**

Trabajo de Tesis

**Evaluación de la deforestación en el Parque Ecológico
Intermunicipal del sitio de relevancia ambiental y
cultural Zona de Santa Gallo utilizando teledetección
como base para la gestión sostenible del territorio**

Autor

Br. Sofia Nazareth Arauz

Asesor

Ing. MSc. Claudio Joel González Espino

**Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado
de <Ingeniero Recursos Naturales >**

**Managua, Nicaragua
Diciembre, 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de la < Dirección de Área de Conocimiento de Ciencias Ambientales y Cambio Climático> como requisito final para optar al título profesional de:

<Ingeniero Recursos Naturales>

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Andrés López
Presidente

Ing. Wilmer Rodríguez
Secretario

Dr. Fernando Mendoza
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 02/12/2025

DEDICATORIA

A **Dios**, por ser mi guía constante, mi fortaleza en los momentos de incertidumbre y la luz que ha iluminado cada paso de este caminar académico.

A mis padres, **Juan Arauz** , **Sofía Calderón** y **Aura Arauz**, a mi hermana **Yohana Arauz**, y en memoria de mi bisabuela **Socorro Villareyna** (qpd) y familia, cuyo amor incondicional, apoyo inquebrantable y dedicación sembraron las bases de mis sueños y han hecho posible este logro.

Asimismo, expreso mi gratitud a mi asesor, el **MSc. Claudio Gonzales**, por su valiosa orientación y rigor académico; a **Bismarck Gutiérrez Úbeda**, por su constante acompañamiento; y de manera muy especial, al **Presbítero Miguel Heinz** y a **Nola Nackerud**, por su generoso respaldo y confianza en mi formación profesional. A todos ellos **va dedicada esta obra**, y a quienes creyeron en mí, gracias por ser parte de este camino.



AGRADECIMIENTO

Con el corazón lleno de gratitud, quiero elevar en primer lugar mis palabras a **Dios**, fuente de luz, sabiduría y guía incondicional en mi camino, cuya fortaleza ha sido el motor de cada paso alcanzado.

A mis queridos padres, **Aura Estela Arauz Calderón, Juan Arauz y Sofía Calderón**, así como a mi hermana **Yohana Arauz y familia**, por su amor infinito y su apoyo constante. Ustedes han sido mi pilar fundamental, enseñándome con su ejemplo a perseguir mis sueños con valentía y determinación.

De manera muy especial, expreso mi profunda gratitud a **Bismarck Gutiérrez Úbeda**, quien con su presencia incondicional estuvo a mi lado en cada etapa de este proceso, brindándome sus sabios consejos, su aliento constante y un apoyo inquebrantable en todo momento.

A mi asesor de tesis, el **MSc. Claudio Gonzales**, por su invaluable orientación, sus acertados consejos y su respaldo académico y personal a lo largo de esta investigación. Su guía ha sido un pilar fundamental en mi desarrollo profesional.

A **Nola**, organización americana que ha sido un faro de oportunidades para mi crecimiento, y **Presbítero Miguel Heinz** director de ADVENIAT (*organización oficial de ayuda de la Iglesia Católica en Alemania para América Latina y el Caribe*) por haber creído firmemente en mí. Su generosidad, sabiduría y apoyo constante han marcado una diferencia sumamente significativa en mi vida.

Finalmente, extendiendo mi reconocimiento a mis profesores y a todas aquellas personas e instituciones que, de una u otra manera, aportaron su dedicación, esfuerzo y apoyo en este viaje académico.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este gran logro. Su presencia en mi vida es un regalo que atesoro con profundo respeto y cariño.



ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. MARCO DE REFERENCIA	3
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	7
4.1 Ubicación del estudio	7
4.2 Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos	8
4.3 Manejo del ensayo y metodología	13
4.4 Datos o variables evaluados	14
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
VIII. LITERATURA CITADA	34



ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Cuadro No 1: Análisis FODA	23
2. Cuadro de Definición de clases temáticas de uso del suelo	19
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del estudio	7
2. Diagrama de Ishikawa	22
3. Comparativa Sentinel-2 falso color infrarrojo (2016 vs 2024).	18
4. Mapa de Uso de Suelo Año 2016.	20
5. Mapa de Uso de Suelo Año 2024.	21
6. Tasa de Cambio Anual 2016-2024 (Periodo: 8 años)	21
7. Matriz de Transiciones del Cambio de Uso del Suelo.	23
8. Gráfico de Indicadores de Cambio	24
9. Mapa de Transiciones Final 2016-2024	25
10.	



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. <u>Taller de capacitación con Autoridad Nacional del Agua (ANA) y agricultores de la zona de Canta Gallo en la Alcaldía de Condega</u>	<u>33</u>
2. <u>Taller de capacitación con Autoridad Nacional del Agua (ANA) y agricultores de la zona de Canta Gallo en la Alcaldía de Condega</u>	<u>34</u>
3. <u>Productores llenan formatos de entrevista</u>	<u>34</u>
4. <u>Taller de capacitación con ANA y agricultores de Canta Gallo / Lista de asistencia</u>	<u>35</u>
5. <u>Listas de asistencia</u>	<u>35</u>
6. <u>Camino hacia el sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Canta Gallo</u>	<u>36</u>
7. <u>Panorámica del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Canta Gallo</u>	<u>36</u>
8. <u>Panorámica del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Canta Gallo</u>	<u>37</u>
9. <u>Formato de Entrevista</u>	<u>38</u>
10.	



RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el Parque Ecológico Intermunicipal Canta Gallo, entre los años 2016 y 2024, con el objetivo principal de evaluar la deforestación en la zona, utilizando técnicas de teledetección como base para la gestión sostenible del territorio. Se plantearon objetivos específicos que incluyeron la cuantificación de la deforestación, la identificación de las causas y agentes responsables, así como la elaboración de estrategias para el manejo y conservación de los recursos naturales. La metodología empleada consistió en un análisis de datos satelitales, entrevistas a actores clave y revisión de documentación relevante proporcionada por la alcaldía. Los resultados obtenidos revelaron una pérdida significativa de cobertura forestal, impulsada principalmente por la expansión agrícola y la tala ilegal. Además, se identificaron factores socioeconómicos y la falta de medidas de protección como causas subyacentes de la deforestación. A partir de estos hallazgos, se propusieron estrategias de manejo que incluyen la implementación de prácticas de reforestación, la regulación de actividades económicas y la promoción de la educación ambiental en las comunidades locales. En conclusión, el estudio destacó la necesidad de una colaboración efectiva entre las autoridades, organizaciones y las comunidades para asegurar la conservación del parque y la sostenibilidad de sus recursos naturales.

Palabras clave: deforestación, teledetección, gestión sostenible, Parque Ecológico, conservación, educación ambiental, causas de deforestación.



ABSTRACT

This study was carried out in the Canta Gallo Intermunicipal Ecological Park between 2016 and 2024, with the main objective of assessing deforestation in the area, using remote sensing techniques as a basis for sustainable land management. Specific objectives were set that included the quantification of deforestation, the identification of the causes and responsible agents, as well as the development of strategies for the management and conservation of natural resources. The methodology used consisted of an analysis of satellite data, interviews with key actors, and a review of relevant documentation provided by the mayor's office. The results obtained revealed a significant loss of forest cover, driven mainly by agricultural expansion and illegal logging. In addition, socioeconomic factors and the lack of protection measures are identified as underlying causes of deforestation. Based on these findings, management strategies were proposed that include the implementation of reforestation practices, the regulation of economic activities, and the promotion of environmental education in local communities. In conclusion, the study highlighted the need for effective collaboration between authorities, organizations and communities to ensure the conservation of the park and the sustainability of its natural resources.

Keywords: deforestation, remote sensing, sustainable management, Ecological Park, conservation, environmental education, causes of deforestation.



I. INTRODUCCIÓN

La deforestación en los trópicos continúa siendo uno de los problemas ambientales más críticos a nivel global. La rápida transformación de los bosques tropicales genera impactos directos en la degradación del suelo, la alteración de los regímenes hidrológicos, la pérdida de biodiversidad y el agravamiento del cambio climático (FAO, 2020; IPCC, 2021). Durante la última década, la pérdida de cobertura forestal ha aumentado principalmente por la expansión agrícola, la ganadería y la tala selectiva, factores que predominan en la mayoría de países tropicales (Curtis et al., 2018).

En Nicaragua, esta problemática se refleja en la reducción constante de sus bosques, especialmente en zonas con alta fragilidad ecológica. Diversos estudios señalan que la presión sobre los ecosistemas forestales ha incrementado debido al crecimiento poblacional, la demanda de tierras productivas y la falta de gestión territorial efectiva (Ordóñez & Rivera, 2021). Este escenario se evidencia con claridad en el Parque Ecológico Intermunicipal de la Zona de Santa Gallo, donde autoridades municipales y el MARENA han manifestado preocupación por el deterioro ambiental que afecta la disponibilidad de agua, la calidad del suelo y el equilibrio del bosque.

Los principales motores de deforestación en Santa Gallo están asociados al avance de la frontera agrícola y ganadera, así como a la extracción desorganizada de madera. Estas prácticas provocan la degradación del bosque y la fragmentación del hábitat, dificultando procesos de regeneración natural. En este contexto, el estudio de los bancos de semillas del suelo cobra relevancia, ya que representan la base de la vegetación futura y permiten comprender la capacidad de recuperación del ecosistema frente a disturbios.

Ante esta situación, el uso de herramientas de teledetección ofrece una alternativa eficaz para monitorear la dinámica del paisaje. En particular, las imágenes satelitales Sentinel-2 permiten analizar cambios en la cobertura forestal con alta precisión espacial y temporal. Por ello, este estudio realiza un análisis multitemporal del periodo 2016-2024 en la Zona de Santa Gallo, con el propósito de generar información técnica que oriente estrategias de manejo y contribuya a la conservación sostenible del área.



II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Analizar los cambios en el uso del suelo y los procesos de deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal Canta Gallo durante el período 2016–2024, utilizando imágenes satelitales e información primaria y secundaria, con el fin de generar información técnica que respalden la planificación, conservación y gestión integral del territorio.

2.1. Objetivos específicos

1. Cuantificar los cambios en el uso del suelo en el Parque Ecológico Intermunicipal Canta Gallo durante el período 2016–2024, mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales Sentinel-2.
2. Determinar las principales causas y agentes de la deforestación, integrando información primaria y secundaria, con el fin de generar insumos para la formulación de estrategias de planificación y gestión integral del territorio.
3. Diseñar acciones estratégicas para la conservación, restauración y uso sostenible de los recursos naturales, basadas en los resultados del análisis del cambio de uso del suelo y los procesos de deforestación.

III. MARCO DE REFERENCIA

Para analizar el cambio de cobertura y uso de suelo se requiere de herramientas precisas y consistentes, y en este caso, el creciente acceso a bases de datos espaciales, las técnicas de percepción remota y las herramientas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han resultado ser de utilidad; pues permiten cuantificar y modelar los procesos de cambio de una forma muy eficaz para comprender las causas y consecuencias de estos cambios (Osuna). De este modo ha nacido el análisis multitemporal, el cual permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvieco E. S.).

En 2014, Zamboni et al. estudiaron los cambios de cobertura de suelo del Parque Nacional Predelta en Argentina, con el objetivo de desarrollar una metodología para la cartografía del parque a partir de información espacial y de terreno. Los resultados consintieron conocer su área de influencia, y los cambios ocurridos en el período 1987- 1998, etapa previa y posterior a la declaración como área protegida. Identificaron coberturas del suelo, entre estas: bosque, pastizales altos, praderas, suelo desnudo, infraestructuras, generándose información para la gestión territorial.

Bermúdez Ruíz (2018), valoró el cambio en el uso de la tierra y la fragmentación de las zonas boscosas en el corredor biológico Lago Arenal Tenorio en el periodo 2000- 2017. Ejecutó una clasificación inspeccionada y calculó las métricas del paisaje para el bosque maduro, bosque secundario y el paisaje para el total del área clasificada. Obtuvo que la cobertura forestal se redujo de un 40.21 % para el año 2000 a un 38.18 % en el 2017, con ganancias de bosque maduro y pérdidas de bosque secundario. Concluyó en que la pérdida de cobertura forestal es especialmente de bosque secundario y que el paisaje se encuentra altamente fragmentado.

En 1999, Pujol et al. realizaron un estudio de cambio de uso de suelo en el sureste de Nicaragua con uso de teledetección, a partir de la superposición de dos mapas digitales de uso de suelo (uno correspondiente al año 1983 y el otro de 1992). El estudio se centró en los cambios cuantitativos entre las fechas antes mencionadas, donde se “Evaluación multitemporal del cambio de uso del suelo y cobertura vegetal mediante teledetección espacial en la Reserva Ecológica El Bajo, en el período 1986-2020” observaron grandes transformaciones que han afectado los diferentes municipios del sureste, como son la reducción del bosque denso y un



aumento del bosque ralo y pasto. Por su parte, Ruiz et al. (2013) evaluaron el cambio de uso del suelo y estado de fragmentación en el Paisaje Terrestre Miraflores-Moropotente en un período comprendido entre 1993-2011, a través de tres imágenes satelitales Landsat TM. La fragmentación se realizó con el cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje. Los principales resultados indicaron que los cambios de uso de suelo están determinados por la degradación antrópica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería.

a. Deforestación

La cubierta vegetal juega un papel muy importante en el estado armónico de los ecosistemas, pues forma el nicho ecológico que sostiene otras formas de vida, además de brindar servicios ambientales como la limpieza de la atmósfera, el suministro y regulación del ciclo del agua y la conservación del suelo (Carabias, 1993) . La pérdida de esta cobertura vegetal es entendida como deforestación (Cayuela, 2006.).

La deforestación es generada por diversas causas: el cambio de uso del suelo para agricultura, ganadería, asentamientos humanos, construcción y funcionamiento de vías de comunicación y transporte; construcción de represas, explotación del subsuelo y por otros factores como fenómenos meteorológicos, principalmente huracanes, ciclones e incendios (Toledo, 1992.). La deforestación es uno de los principales procesos que afectan directamente la integridad de los ecosistemas forestales, generando cambios en la estructura y función de los mismos (Saunders, C.R. 1991)

b. Cambio de uso del suelo

Resalta la diferencia entre cobertura y uso del suelo, la primera está dada por los atributos biofísicos o antrópicos de la superficie terrestre y lo segundo está basado en la utilización que el hombre da a esos atributos; así pues, un área específica puede estar cubierta de pasto (cobertura), pero puede estar siendo usada para ganadería o una cancha de fútbol (recreación). También se hace referencia a la magnitud de los cambios, la conversión indica el reemplazo total de una cobertura por otra (por ejemplo, de café a caña de azúcar) y la modificación, la cual implica sutiles cambios en la estructura de la cobertura, por ejemplo, la extracción selectiva de especies maderables de un bosque causa perturbaciones. (Lambin & Leppers, 2003)



c. Elementos que inciden en el cambio de uso del suelo

Los principales factores que originan la deforestación en el mundo son la expansión de la frontera agrícola y pastizales. En Latinoamérica la expansión agrícola es la fuente principal de la deforestación, específicamente por el establecimiento de pasto para la producción de ganado vacuno. No existe un consenso con respecto a la tala de árboles, a pesar de observarse como una fuente directa de la deforestación en algunos contextos y en otros desempeña un papel indirecto; además se conoce poco acerca de las características de los agentes de la deforestación y cómo afectan su comportamiento. Por otro lado, el desarrollo de infraestructura como la construcción de carreteras influye indirectamente en el cambio de uso del suelo, al prestar oportunidades para incrementar la colonización en las zonas boscosas (Kaimowitz, 1998).

Los agentes de la deforestación han recibido varias nominaciones dependiendo del autor, tales como: factores, fuentes o causas de la deforestación. (Geist & Lambin, 2002) basados en informaciones de pérdida de cubierta de bosque tropical de 152 estudios de casos de todo el mundo (78 de Latinoamérica) clasificaron a los factores causantes de la deforestación en dos grupos: *causas próximas* y *causas subyacentes*. Las causas próximas incluyen a los factores relacionados con la expansión agrícola, extensión de infraestructura, extracción de madera y otros factores y, las causas subyacentes incluyen a los factores económicos, políticos e institucionales, tecnológicos, culturales y sociales.

d. Medición de la cobertura del suelo mediante sensores remotos

Según (Foody, 2002) la producción de mapas temáticos que representan la cubierta del suelo y la utilización de clasificación de imágenes satelitales es una aplicación de la teledetección. La Teledetección (Remote Sensing) se define como la ciencia y arte de obtención de información acerca de un objeto, área, o fenómeno a través del análisis de información adquirida por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área, o fenómeno bajo investigación (Lillesand & Kiefer, 1994)

La existencia de sensores satelitales dio origen a la percepción remota o sensores remotos (Sobrino J., 2000) Se ha definido la percepción remota como la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, entre la tierra y el sensor, existe una interacción energética, sea esta por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial a través de emisión propia (Chuvienco, 1996).



La percepción remota proporciona datos sobre la superficie terrestre que facilita gran utilidad a varios especialistas en diferentes materias (geólogos, cartógrafos, hidrólogos, meteorólogos, ecólogos. En la actualidad el uso de los sensores remotos es variados, tanto para la meteorología, predicción de catástrofes naturales, en la agricultura, en problemas ambientales tales como la erosión, desertificación, deforestación y degradación de los bosques naturales (Chuvieco, 1998).

e. Análisis multitemporales de cambio de uso del suelo

Los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios entre dos o más fechas de referencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. Además, son útiles para planificar las medidas adecuadas para evitar su deterioro o asegurar su mejor conservación. El objetivo de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas (Chuvieco E. , 1990).

Otro aprovechamiento del análisis multitemporal es que implica el estudio del dinamismo de una determinada zona: espacios urbanos, forestales, áreas de agricultura, entre otros; también permite evaluar fenómenos como inundaciones, incendios forestales, deforestación, así como seguir la evolución de sus efectos (Chuvieco E. , 1990) . Además, las series de tiempo derivadas de los estudios con sensores remotos revelan que los cambios de uso del suelo no siempre ocurren de manera progresiva, a veces se pueden presentar periodos episódicos de cambios rápidos y abruptos (Lambin & Leppers, 2003).

f. Detección de cambio

La detección de cambio se define como el proceso de identificación de diferencias en el estado de un objeto o fenómeno al observarlo en periodos diferentes. El proceso de detección de cambio se basa en la capacidad de medir cambios temporales. La detección de cambio involucra el uso de datos multitemporales para discriminar áreas de cambio en la cobertura de suelo en imágenes de distintas fechas (Townshend, 1995.).

Existen diversos métodos de detección de cambio, los cuales son utilizados para identificar cambios entre dos periodos en una secuencia de imágenes. Los métodos más ampliamente utilizados son la diferencia de imágenes, el cociente de imágenes, la comparación de clasificaciones y el análisis de cambio de vectores.



IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El Parque Ecológico Intermunicipal Canta Gallo se posiciona como un ecosistema de alta montaña fundamental en la región de Las Segovias, abarcando una superficie total de 80.61 km². Su configuración territorial presenta una naturaleza transfronteriza, donde el 56.68 % de su área se encuentra bajo la jurisdicción del municipio de Telpaneca y el 43.32 % restante dentro del municipio de Condega (**Herrera I, 2004**). Ubicado en el macizo Central Norte de Nicaragua, este espacio se delimita geográficamente entre las coordenadas 13° 16' – 13° 27' de Latitud Norte y 86° 17' – 86° 29' de Longitud Oeste, situándose a una altitud promedio de 1,485 msnm que favorece condiciones microclimáticas particulares y una alta capacidad de recarga hídrica.

Desde una perspectiva de gestión de recursos naturales, Canta Gallo constituye una unidad ambiental estratégica localizada a 185 kilómetros de la capital y a 26 kilómetros de la cabecera municipal de Condega. La importancia de esta reserva radica en su representatividad altitudinal y su extensión de aproximadamente 8,061 hectáreas, las cuales funcionan como un corredor biológico crítico entre los municipios de influencia. Su ubicación en el extremo noreste de Condega, sumado a su elevación sobre los 1,400 metros sobre el nivel del mar, lo define como un sistema biofísico esencial para el monitoreo de indicadores de biodiversidad y el análisis de la dinámica del uso del suelo en el norte de Nicaragua. (Figura 1).

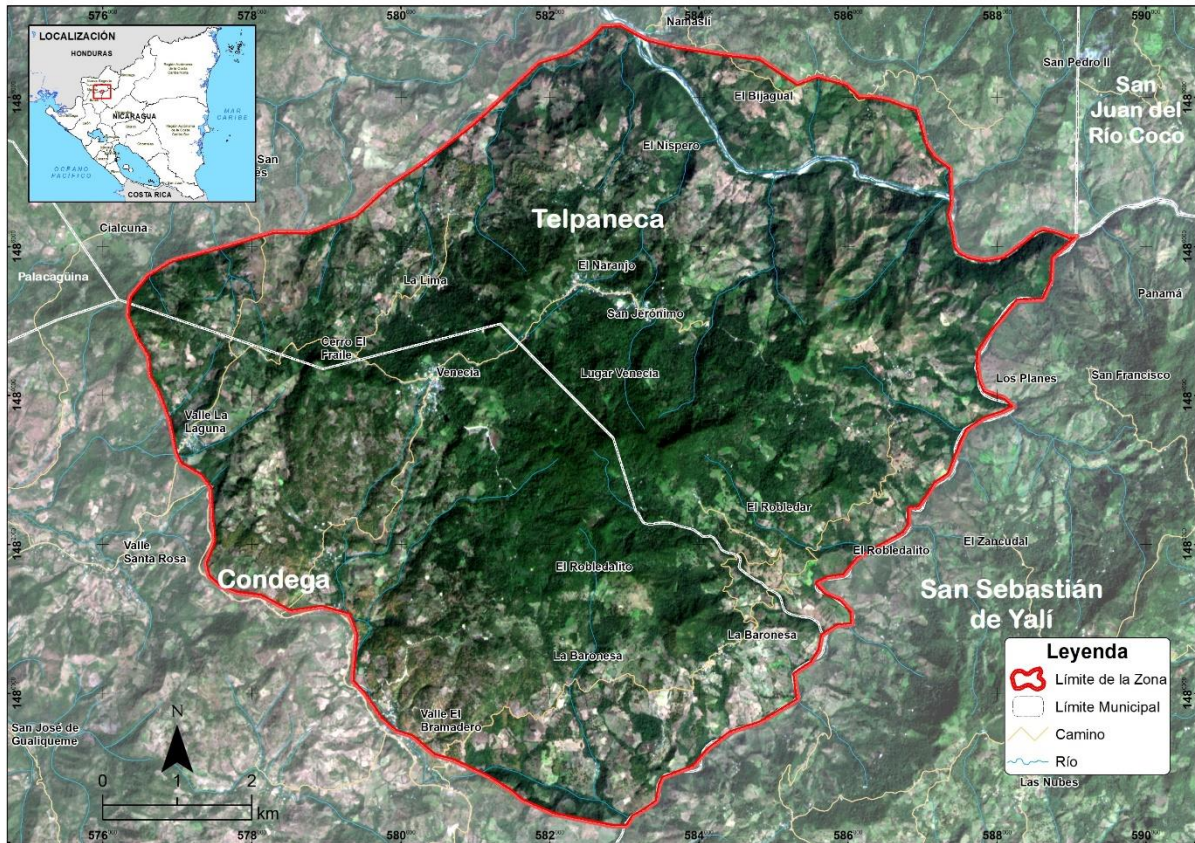


Figura No. 1: Ubicación del estudio

4.2 Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos

4.2.1 Materiales y equipos

- ✓ Vehículo motorizado
- ✓ Receptor GPS
- ✓ Imágenes de satélite
- ✓ Equipo de cómputo
- ✓ Software en SIG
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Formatos de campo
- ✓ Tabla de campo
- ✓ Cuaderno de notas
- ✓ Impresora y tóner para impresión
- ✓ Papel tamaño carta
- ✓ Lápiz

4.2.2 Diseño metodológico

Para estimar la pérdida de cobertura forestal y los cambios en el uso del suelo en el área de estudio, se desarrollará un análisis multitemporal a partir de imágenes satelitales del **sensor Sentinel-2**. La elección de este sensor se fundamenta en su adecuada resolución espacial y temporal, así como en la disponibilidad continua de datos, lo que permite realizar comparaciones confiables en diferentes momentos y aplicar procedimientos de **clasificación digital de imágenes**.

El análisis multitemporal se estructurará en tres fases:

1. **Recolección y revisión de información preliminar**, que incluye la selección de escenas Sentinel-2 y la preparación de insumos cartográficos.
2. **Clasificación digital de imágenes**, mediante el uso de algoritmos supervisados y/o no supervisados para la identificación de clases de cobertura y cambios ocurridos entre los periodos analizados.
3. **Generación y evaluación de resultados**, donde se analizarán los mapas temáticos obtenidos para interpretar la dinámica de la cobertura forestal.

Por otro lado, el proceso metodológico para la identificación de los agentes de la deforestación se realizará en tres etapas:

- a) **Preparación de la información y planificación de entrevistas**, definiendo actores clave y lineamientos para la recolección de datos cualitativos.
- b) **Trabajo de campo y levantamiento de información**, mediante entrevistas semiestructuradas y observación directa en las zonas de interés.
- c) **Análisis de la información recopilada**, orientado a determinar los factores y agentes responsables de los procesos de deforestación en el área de estudio.

4.2.2.1 Fase 1. Información preliminar

En esta etapa se determinará los periodos de evaluación temporal y las categorías o clases temáticas previos a la clasificación digital de imágenes satelitales.

4.2.2.2 Descarga de Imágenes de Satélites

Se descargarán imágenes **Sentinel-2** de los años a evaluar (2016 al 2024) que cubran el área de alta afectación de deforestación en la Reserva Santa Gallo, utilizando la base de datos de imágenes satelitales del **Programa Copernicus** de la Agencia Espacial Europea (ESA), las cuales están disponibles sin costo en internet (<https://dataspace.copernicus.eu/>).



4.2.2.3 Determinación de clases temáticas

Para establecer las categorías o clases de uso se manipularán las categorías de uso publicadas y oficializadas en el mapa de uso actual del suelo del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) para el año 2020. Además, se utilizarán mapas temáticos de otros estudios, cuyas coberturas servirán en la verificación de puntos de control y clasificación de imágenes.

4.2.2.4 Preparación de la información y planificación de entrevista

Para obtener información que coincida lo más posible con el periodo de estudio (2016 a 2024), se realizarán entrevistas a informantes claves (residentes locales y funcionarios de instituciones relacionadas con la administración de los recursos naturales del área de estudio); además se hará revisión de información secundaria. Para las entrevistas se seleccionará a los informantes claves bajo tres criterios:

- a) Permanencia en la zona: personas con más de 20 años de residir en la zona.
- b) Conocimiento histórico de la zona: personas de más de 50 años y conocedores de los cambios que han ocurrido.
- c) Organizaciones e instituciones que tienen presencia en el área de estudio.

La técnica de muestreo que se utilizara será el método “Bola de nieve”, el cual consiste en entrevistar o identificar a un informante clave quien a su vez provea nombre de otras personas con el criterio establecido, y así sucesivamente se va obteniendo la lista de las posibles personas a entrevistar **(De Vaus 2002)**.

Adicionalmente, se realizarán visitas de campo a sitios seleccionados para identificar los agentes de deforestación y complementar la información obtenida de las entrevistas.

Para la sistematización de la información obtenida de las entrevistas y de la revisión de fuentes secundarias se definirán siete ejes temáticos que ayudara a organizar y sistematizar la información de los resultados. Los ejes temáticos son:

- 1) Tenencia de la tierra.
- 2) Marco regulatorio de acceso y uso de la tierra.
- 3) Valor de la tierra en el tiempo.
- 4) Evolución del mercado para el sector agropecuario y servicios ambientales.
- 5) Desarrollo tecnológico en el desarrollo rural.



- 6) Evolución de la ocupación de la mano de obra.
- 7) Cambios en las políticas de gobierno.

4.2.3 Fase 2. Clasificación digital de imágenes de satélite

4.2.3.1 Georreferenciación de imágenes

Las imágenes serán corregidas radiométrica y geométricamente para disminuir distorsiones y por la curvatura terrestre, respectivamente. Uno de los primeros pasos previos para la clasificación de imágenes es la corrección geométrica (Georreferenciación). Las imágenes serán corregidas geométricamente y proyectas a WGS84-UTM Zona 16 Norte. El procesamiento digital de las imágenes satelitales se realizará con el software ERDAS Imagine 2010.

4.2.3.2 Clasificación no supervisada

Para clasificar la imagen de 2004 se utilizará el método de clasificación no supervisado con la regla de decisión “ISODATA”. Este proceso consiste en segmentar automáticamente una imagen en clases espectrales (clúster) basado en agrupamiento natural encontrado en los datos. Esta clasificación se realiza cuando no se tienen datos de campo. La agrupación de los píxeles de una imagen en clúster la realiza automáticamente el software ERDAS Imagine 2010.

4.2.3.3 Clasificación supervisada

Las imágenes obtenidas para los años 2016 y 2024 se clasificarán con el método de clasificación supervisada con la regla de decisión “máxima verosimilitud”. El método de clasificación supervisada consiste en tomar firmas espectrales de puntos de muestreo de cobertura conocida. Las firmas espectrales no son más que la distribución estadística de los diferentes valores digitales de los píxeles que se encuentran en cada una de las bandas de la imagen.

Para clasificar la imagen de 2016 las firmas espectrales o sitios de entrenamiento serán obtenidos con la ayuda de puntos de control digitalizados a partir de los mosaicos de imágenes de alta resolución de Google Earth. Para la clasificación de la imagen de 2024, los sitios de entrenamiento se obtendrán de datos de puntos de control levantados con salidas de campo en el área de estudio. La clasificación supervisada se realizará utilizando el software ArcGIS.



4.2.3.4 Detección de cambios

Para la detección de cambio se realizará la comparación de dos imágenes, previamente clasificadas, correspondientes a los años de 2016 y 2024. Se detectará las transiciones de cambios de uso y las ganancias y pérdidas ocurridas en el área de estudio durante ese periodo.

4.2.3.5 Toma de información de campo

Para identificar los agentes de la deforestación se realizarán entrevistas semiestructuradas (conteniendo preguntas abiertas y cerradas) a residentes locales y a funcionarios de instituciones locales, con el fin de conocer cuáles han sido los factores o agentes determinantes de los cambios, cómo históricamente han sucedido estos cambios y porque han sucedido.

Se aplicarán entrevistas semiestructuradas con preguntas abiertas y cerradas teniendo en cuenta los ejes temáticos definidos. Se entrevistarán a personas distribuidas en sectores predeterminados, pero con mayor incidencia en las zonas de mayor cambio de uso del suelo, según resultados del análisis espacial.

4.2.4 Fase 3. Análisis de la información

Se llevará a cabo un análisis post clasificatorio para determinar la magnitud y dirección de los cambios de cobertura de suelo (Mas 1999; Lu et al. 2004). Este análisis producirá una matriz de detección de cambio (“*change detection*”) con todas las combinaciones de las clases de cobertura de suelo de los mapas de 2000 y 2023, un mapa temático con los resultados de los cambios de uso de suelo y de pérdidas y ganancias de bosque, proporcionando una representación visual de los cambios de una clase a otra.

4.2.4.1 Tasa de deforestación

La estimación promedio de la tasa de deforestación se calculará por medio de la fórmula propuesta por FAO (1996), que expresa el cambio anual en la cobertura de cada año. Para expresarla en porcentaje, el valor resultante debe ser multiplicado por 100. La fórmula propuesta por la FAO (1996) se expresa como:

$$r = 1 - \left[1 - \frac{A_1 - A_2}{A_1} \right]^{1/t}$$

Donde “ r ” es la tasa de cambio, A_1 es la superficie en la fecha 1, A_2 es la superficie en la fecha 2 y “ t ” es el periodo de tiempo analizado (años). Esta fórmula ha sido utilizada por organismos internacionales e instituciones nacionales, para conocer la tasa de deforestación de diferentes zonas geográficas (MARENA, 2010; POF-INAFOR, 2010; MASRENACE-GTZ, 2008). El análisis se realiza juntando todos los tipos de bosque.

4.2.4.2 Análisis de entrevista

Se trabajo con el método de triangulación de información que plantea la existencia de una complementariedad entre métodos cualitativos y cuantitativos, donde las debilidades de un método serán compensadas por las fortalezas del otro (Atkinson y Shaffir, 1998). La información obtenida de las entrevistas se organizó un diagrama Ishikawa que ayuda a identificar y organizar de forma clara las causas subyacentes de la deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal Canta Gallo, lo que puede facilitar la elaboración de estrategias y propuestas para abordar el problema, considerando todos los factores involucrados.

4.2.5 Elaboración de líneas estratégicas

Se crearán las líneas de acción estratégico para el manejo y conservación de los recursos naturales partiendo de la información secundaria y de los resultados obtenidos en este estudio. Para definir las líneas estratégicas, se realizarán un Análisis FODA, a partir de los cuatros objetivos:

- Aprovechar las oportunidades
- Evitar las amenazas
- Mantener los puntos fuertes
- Mejorar los puntos débiles

Los pasos para elaborar las líneas estratégicas son los siguientes:

1. Establecer las metas y los objetivos estratégicos.
2. Definir las líneas estratégicas en las que quiere centrar el plan estratégico.
3. Definir los objetivos estratégicos que pertenecen a cada línea estratégica.
4. Identificar las iniciativas estratégicas asociadas a cada línea estratégica.
5. Definir los indicadores que medirán el funcionamiento.

4.2.6 Variables para evaluar

- ✓ Superficie de coberturas de suelo por año evaluado.
- ✓ Superficie de áreas deforestadas.
- ✓ Superficie de ganancias y pérdidas de bosque.
- ✓ Porcentaje de la tasa de deforestación.
- ✓ Número de agentes de deforestación.
- ✓ Número de líneas estratégicas.

4.3 Manejo del ensayo y metodología

Para empezar, el alcance de la presente investigación es descriptivo. Esto se debe a que el alcance descriptivo “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta al análisis” (Hernández, Fernández, & Baptista). Igualmente, para esta investigación se busca describir el proceso realizado en la etapa de diseño del proyecto “Evaluación de la deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Santa Gallo utilizando teledetección como base para la gestión sostenible del territorio”.

Por otra parte, la investigación se ejecuta a través de un caso de estudio. El caso elegido es el Evaluación de la deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Santa Gallo utilizando teledetección como base para la gestión sostenible del territorio”. De acuerdo a los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) “el estudio de caso se concentra en la descripción de una o varias contexto de manera holística y sistémica”. Tharenou, Donohue y Cooper (2007) sugieren que, al realizar una investigación en la gestión de organizaciones el estudio de caso es lo más apropiado si lo que se va a investigar es algo que refleja el mejor ejemplo de un fenómeno (una buena práctica), un resultado exitoso o no de un proceso, o cómo la cultura de una organización afecta el desenvolvimiento de sus miembros en el tiempo (2007: 75). De acuerdo con ellos, un estudio de caso es lo indicado cuando se quiere investigar en una organización acerca de: 1) eventos inusuales, extremos o destacables, 2) situaciones poco conocidas, 3) eventos que cambian durante el tiempo, 4) prácticas comunes que son afectadas por la cultura de la institución, o 5) eventos en los que se desarrollan procesos complejos.

Además, para la dicha investigación se estableció el enfoque cualitativo. Esto debido a que este tipo de enfoque se busca comprender y profundizar los acontecimientos explorándolo desde la experiencia, opinión y perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto. De esta forma, debido el enfoque cualitativo tiene conocimiento y proceso inductivo, que proporciona la exploración y descripción de datos particulares para luego llegar a una perspectiva más general. Además, este tipo de investigación enfatiza en la perspectiva interpretativa del investigador acerca de la interacción entre las personas y las instituciones (Hernández et al., 2014). Cabe resaltar, que “las indagaciones cualitativas no pretenden generalizar de manera probabilística los resultados a poblaciones más amplias ni necesariamente obtener muestras representativas” (Hernández et al., 2014, p. 9). Por otro lado, la presente investigación es de tipo no experimental ya que busca analizar las variables en su ambiente natural, sin manipularlas intencionalmente y en un periodo de tiempo. De la misma manera, en el caso de la investigación “Evaluación de la deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Canta Gallo utilizando teledetección como base para la gestión sostenible del territorio” se pretende analizar las variables centralmente el diseño del trabajo de la investigación sin la manipulación del investigador.

Finalmente, la investigación es de tipo transversal. El propósito de la indagación es describir variables y analizar su suceso e interrelación en un momento dado.

4.4 Datos o variables evaluados

Muestra La muestra está conformada por 30 personas entre ellos los comunitarios que viven dentro o cerca del área del Canta Gallo y técnicos de la alcaldía y cooperativas que están involucrados en proyectos de conservación y cuidado del parque intermunicipal de Canta Gallo y se determinó por el muestreo no probabilístico a conveniencia del autor; para Kinnear et al, (1993) en el muestreo no probabilístico "la selección de elementos se basa parcialmente en el criterio del investigador". Dentro de los no probabilísticos se incluyen: muestras por

conveniencia, en esta investigación el muestreo es no probabilístico por conveniencia el cual está determinada por el 100% del personal.

Criterios de selección

Criterios de Inclusión - Profesionales que trabajan en la alcaldía

- Profesionales que están inmersos en el tema de Gestión Ambiental.
- Pobladores del distrito o del área.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para recoger los datos provenientes de la observación de las variables de estudio, durante su aplicación se consideró las siguientes técnicas e instrumentos:

-Técnicas La encuesta: es una técnica de investigación mediante la cual los sujetos proporcionan información acerca de si mismos en forma activa. Las encuestas se ejecutaron mediante cuestionarios escritos. Se aplicaron a productores dueños de finca que tiene de 15 años o más viviendo en la zona o que son nativos de dicho lugar y a técnicos profesionales de la alcaldía y cooperativas.

Instrumentos

El instrumento para la recolección de los datos es el cuestionario.

-El cuestionario; es uno de los instrumentos más utilizados para recolectar datos. Elaborado sobre la base de un conjunto de preguntas cerradas y abiertas, se aplicó a los comunitarios y técnicos. Se recoge información sobre las variables en estudio: Deforestación y Gestión ambiental.

El cuestionario es el conjunto de preguntas diseñadas para generar los datos necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto de investigación; es un plan formal que ha permitido recabar información de la unidad de análisis objeto de estudio y centro del problema de investigación (Bernal, 2006).

Para evaluar la variable independiente, Gestión ambiental, consta de 4 dimensiones: Ecológica, Social, Cultural, Económica. El cuestionario referido a la variable dependiente, Deforestación, consta de 5 dimensiones: Ambiental, Contaminación, Calidad de Vida, Uso de Suelo y Agricultura.

Validación y confiabilidad del instrumento



Los instrumentos de medición requieren de estudios científicos que determinen si éstos pueden generar inferencias válidas y demostrar un nivel aceptable de estabilidad. Las pruebas, escalas e inventarios requieren para probar si funcionan o no de estudios de validez y confiabilidad, ningún instrumento puede demostrar su efectividad si dichos estudios no se llevan a cabo.

La validez de los instrumentos de recolección de datos

Fue realizado por un experto en investigación del área de Gestión Ambiental.

Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos fueron sometidos a una prueba piloto de observación de 15 productores y técnicos.

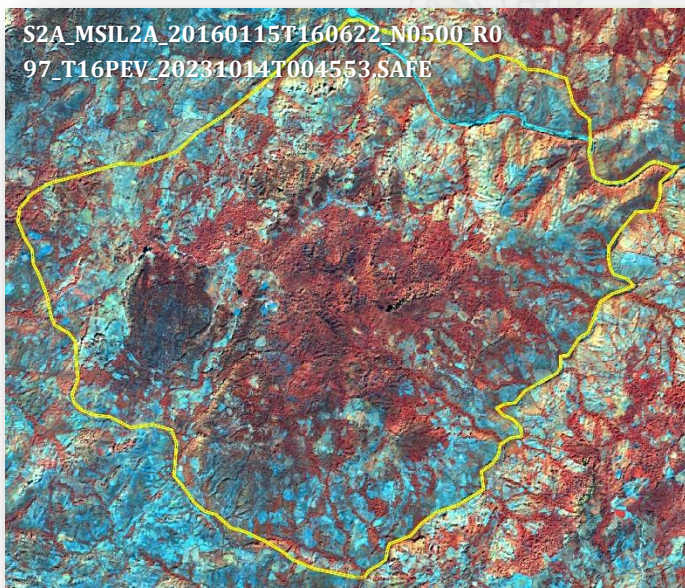


V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis Visual y Composición de Bandas (Sentinel-2)

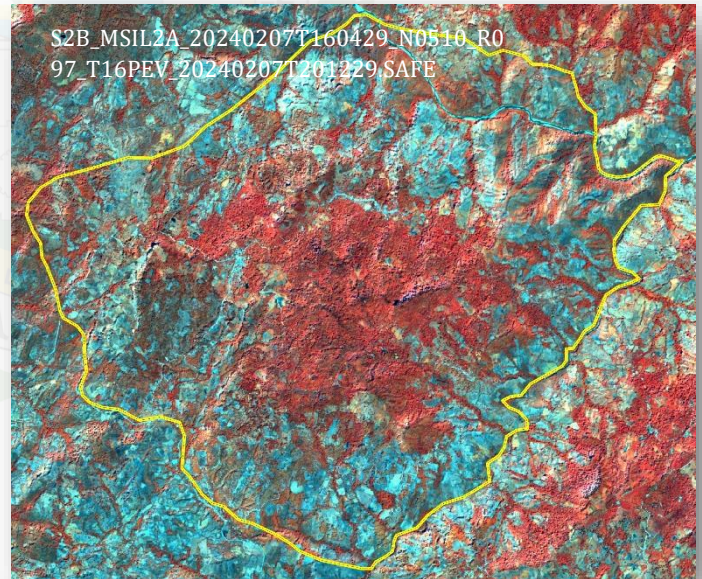
Para la fase inicial de diagnóstico, se emplearon imágenes del sensor **Sentinel-2** con una combinación de bandas **8-3-2 (Infrarrojo Cercano - NIR, Verde y Azul)**. Esta composición es técnicamente superior para estudios ambientales, ya que la banda 8 permite detectar la reflectancia de la clorofila; por tanto, las zonas en rojo intenso indican vegetación con alto vigor fotosintético.

- **Línea Base (15-01-2016):** La imagen muestra una masa forestal continua y robusta, identificada por texturas rugosas y tonos rojos profundos, concentrados especialmente en las zonas de mayor altitud.
- **Estado Actual (07-02-2024):** Al contrastar con la captura actual, se evidencia una fragmentación crítica. Los tonos rojos han disminuido notablemente, siendo sustituidos por coloraciones cian (tonos azulados) y texturas lisas, lo que indica visualmente la transición hacia suelos con escasa vegetación o pastizales.



Combinación: 8(NIR),3(Green),2(Blue)

Fecha adquisición: 15-01-2016

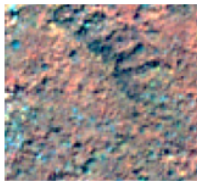
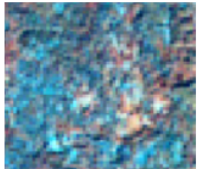
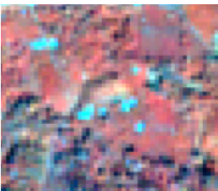


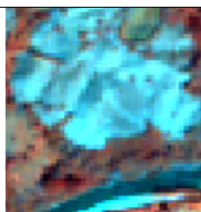
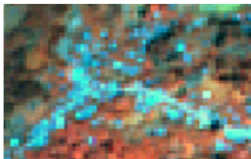
Combinación: 8(NIR),3(Green),2(Blue)

Fecha adquisición: 07-02-2024

5.1.1 Caracterización Temática del Uso del Suelo

Se establecieron nueve clases temáticas basadas en su firma espectral y características biofísicas. Esta categorización es fundamental para estandarizar el análisis de cambios:

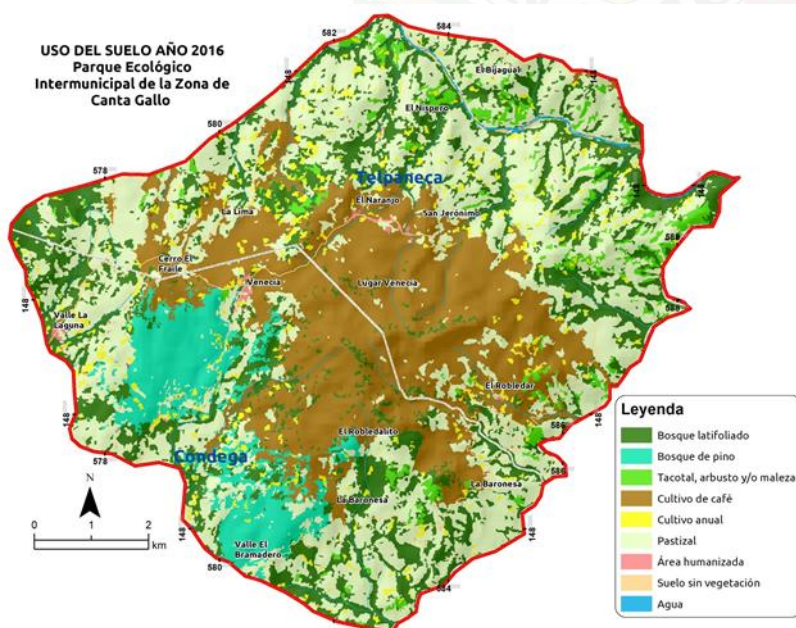
Código	Nombre de la Clase	Descripción	Imagen Sentinel-2
1	Bosque latifoliado	Cobertura arbórea densa, alta reflectancia en bandas del infrarrojo cercano (NIR) y baja reflectancia en el visible rojo, patrón homogéneo, fácil de diferenciar por continuidad y vigor vegetativo.	
2	Bosque de pino	Cobertura arbórea dominada por coníferas, con textura más abierta que el bosque latifoliado. Presenta alta reflectancia en NIR, pero patrones dispersos, lo que permite diferenciarlo de otros bosques.	
3	Tacotal, arbusto y/o maleza	Vegetación secundaria o baja, con heterogeneidad espacial y menor densidad de cobertura, con textura rugosa y dispersa, lo que facilita su identificación frente a bosques densos y cultivos.	
4	Cultivo de café	Parcelas agrícolas con o sin cobertura arbórea; tonalidad homogénea (uniformes) en infrarrojo cercano atribuible a alta reflectancia de vegetación en NIR y a la estructura interna de la hoja (por ej. musáceas); presencia de infraestructura y áreas humanizadas que facilitan su diferenciación de bosque latifoliado.	
5	Pastizal	Cobertura herbácea densa, generalmente uniforme. Su coloración clara en falso color infrarrojo facilita la diferenciación de cultivos o bosques.	
6	Cultivo anual	Parcelas agrícolas temporales con rotación de cultivos. Se caracterizan por cambios estacionales en reflectancia, alta heterogeneidad temporal y espacial, y patrones regulares definidos.	

Código	Nombre de la Clase	Descripción	Imagen Sentinel-2
7	Suelo sin vegetación	Áreas desnudas o erosionadas, con baja reflectancia en NIR y alta en bandas visibles. Aparece como zonas claras o grises en imágenes, y su patrón irregular lo diferencia de áreas agrícolas o boscosas.	
8	Área humanizada	Superficies urbanas e infraestructura, con alta reflectancia en bandas visibles y SWIR, texturas lineales o geométricas (carreteras, casas) fácilmente detectables mediante clasificación supervisada o índices de urbanización.	
9	Agua	Cuerpos de agua con baja reflectancia en NIR y SWIR. En imágenes de satélite, se identifica fácilmente mediante índices de agua o mediante umbrales de reflectancia.	

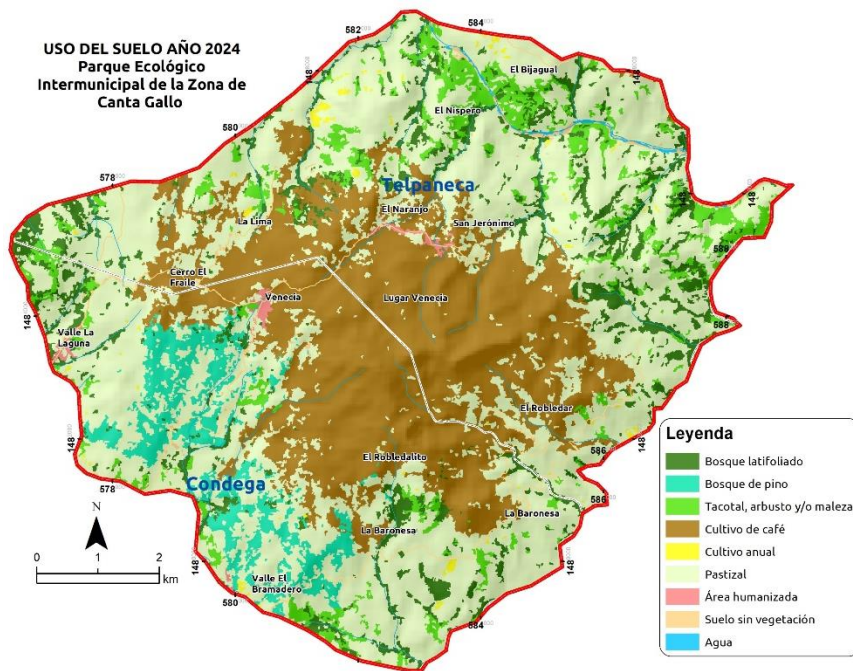
5.1.2 Dinámica Espacial y Tasa de Cambio Anual (2016-2024)

El análisis cuantitativo demuestra una transformación drástica del paisaje en un periodo de 8 años. El cambio más alarmante se observa en el **Bosque Latifoliado**, que pasó de ocupar el **22.15% (1,785.35 ha)** en 2016 a tan solo el **8.33% (671.79 ha)** en 2024.

La **Tasa de Cambio Anual (TCA)** para el Bosque Latifoliado es de **-12.22%**, lo que representa una pérdida neta de **1,113.56 hectáreas**. En contraste, la clase **Pastizal** se ha consolidado como la cobertura dominante del parque, experimentando un crecimiento anual del **3.97%** y cubriendo actualmente el **50.15% (4,042.95 ha)** del área total.



Mapa de Uso de Suelo 2016



Mapa de Uso de Suelo 2024

5.1.3. Dinámica de Cambio y Tasa Anual de Deforestación

Clase	Nombre de la clase	Año 2016		Año 2024		Diferencia	Tasa de Cambio
		Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)		(%)
1	Bosque latifoliado	1,785.35	22.15	671.79	8.33	-1,113.56	-12.22
2	Bosque de pino	578.42	7.18	386.52	4.79	-191.90	-5.04
3	Tacotal, arbusto y/o maleza	266.45	3.31	508.72	6.31	242.28	+8.08
4	Cultivo de café	2,122.76	26.33	2,316.66	28.74	193.90	+1.09
5	Pastizal	2,942.26	36.50	4,042.95	50.15	1,100.69	+3.97
6	Cultivo anual	282.18	3.50	36.78	0.46	-245.39	-25.47
7	Suelo sin vegetación	34.02	0.42	50.63	0.63	16.61	+4.97
8	Área humanizada	27.19	0.34	33.73	0.42	6.54	+2.69
9	Agua	22.57	0.28	13.40	0.17	-9.16	-6.51
	Total	8,061.20	100.00	8,061.20	100.00		

Tasa de Cambio Anual 2016-2024 (Periodo: 8 años)

Para cuantificar la velocidad de la pérdida de cobertura boscosa en el área de estudio durante el periodo 2016-2024, se aplicó la fórmula de la tasa de cambio anual propuesta por comparación con otros estudios regionales o nacionales.

Ecuación de Tasa de Cambio:

$$r = \frac{1}{t} \ln\left(\frac{A_2}{A_1}\right)$$

Donde:

- **r**: Tasa anual de cambio.
- **t**: Periodo evaluado en años (8 años).
- **A_1**: Superficie forestal en la fecha inicial (2016).
- **A_2**: Superficie forestal en la fecha final (2024).
- **ln**: Logaritmo natural.

Cálculo aplicado para el Bosque Latifoliado:

- A_1 (2016) = 1,785.35 ha
- A_2 (2024) = 671.79 ha
- t = 8 años

Sustitución:

$$r = \frac{1}{8} \ln\left(\frac{671.79}{1785.35}\right)$$

$$r = \frac{1}{8} \ln(0.3762)$$

$$r = \frac{1}{8} (\ln = -0.9776)$$

r = -0.1222 -12.22\% anual

Análisis de la Tasa de Cambio Forestal

El análisis geoespacial revela una situación crítica para el ecosistema del parque. La tasa anual de cambio para el **bosque latifoliado** se situó en **-12.22%**, una cifra alarmante que supera significativamente los promedios nacionales. Esta tendencia indica una degradación acelerada, donde en solo 8 años se perdió más de la mitad de la cobertura boscosa densa, pasando de 1,785.35 ha a solo 671.79 ha.

Factores Determinantes del Cambio:

1. **Expansión de la Frontera Agropecuaria:** El principal impulsor es el crecimiento de las áreas de **pastizal**, que mostraron una ganancia neta de +1,100.69 ha. La matriz de transición confirma que el bosque no desaparece de forma espontánea, sino que es sustituido principalmente por áreas destinadas a la ganadería extensiva.



2. **Transición de Coberturas:** Se observa un aumento en la clase de **Tacotal y arbustos** (+8.08%), lo que sugiere que áreas anteriormente boscosas están pasando por procesos de degradación severa o regeneración temprana tras ser abandonadas o intervenidas.
3. **Presión por Cultivos Permanentes:** El **cultivo de café** también presenta un incremento (+1.09%), lo que indica una presión constante sobre las zonas de mayor elevación del parque, donde el bosque latifoliado es más vulnerable.

5.1.4 Análisis de la Matriz de Transiciones y Flujos de Cambio

La **Matriz de Transiciones** es el núcleo analítico de esta investigación, ya que permite identificar no solo cuánto se perdió, sino hacia qué tipo de uso de suelo migró cada hectárea.

- **Permanencia (Valores en diagonal verde):** Solo el **28.6% (511.10 ha)** del Bosque Latifoliado original se mantuvo inalterado.
- **Deforestación Directa:** El flujo más significativo de pérdida forestal se dirigió hacia el **Pastizal (708.98 ha)** y el **Cultivo de Café (223.51 ha)**.
- **Degradación:** **249.83 hectáreas** de bosque latifoliado transitaron hacia la clase **Tacotal/Maleza**, lo que indica una pérdida de calidad ecosistémica y simplificación estructural de la vegetación.

		Uso de Suelo Año 2024								Área humanizada	Totales (ha)
Clases de Uso		Agua	Bosque de pino	Bosque latifoliado	Cultivo anual	Cultivo de café	Pastizal	Suelo sin vegetación	Tacotal, arbusto y/o maleza		
Uso de Suelo Año 2016	Agua	8.84	-	0.57	-	-	4.27	8.37	0.52	-	22.57
	Bosque de pino	-	256.37	13.89	2.38	36.19	266.60	2.28	0.70	-	578.42
	Bosque latifoliado	1.61	76.49	511.10	2.29	223.51	708.98	8.37	249.83	3.18	1,785.35
	Cultivo anual	0.41	6.95	11.34	4.55	35.45	204.87	2.66	15.04	0.91	282.18
	Cultivo de café	-	3.36	12.22	0.27	1,852.55	238.08	2.59	6.81	6.88	2,122.76
	Pastizal	0.53	43.03	82.22	26.47	139.58	2,467.18	13.09	162.68	7.46	2,942.26
	Suelo sin vegetación	2.01	0.04	1.54	0.61	2.14	13.94	12.21	1.25	0.27	34.02
	Tacotal, arbusto y/o maleza	-	0.10	38.73	0.00	26.04	129.64	0.13	71.79	0.00	266.45
	Área humanizada	-	0.17	0.19	0.20	1.20	9.37	0.93	0.10	15.02	27.19
Totales (ha)		13.40	386.52	671.79	36.78	2,316.66	4,042.95	50.63	508.72	33.73	8,061.20

Permanencia

Pérdidas (deforestación)

Ganancias

Matriz de Transiciones

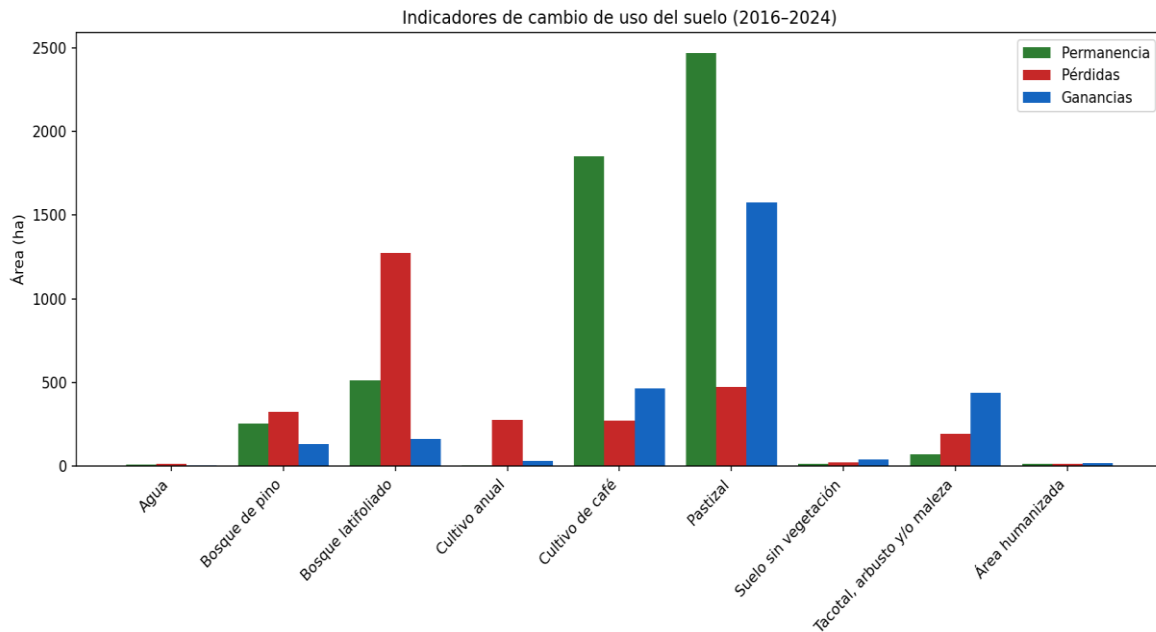


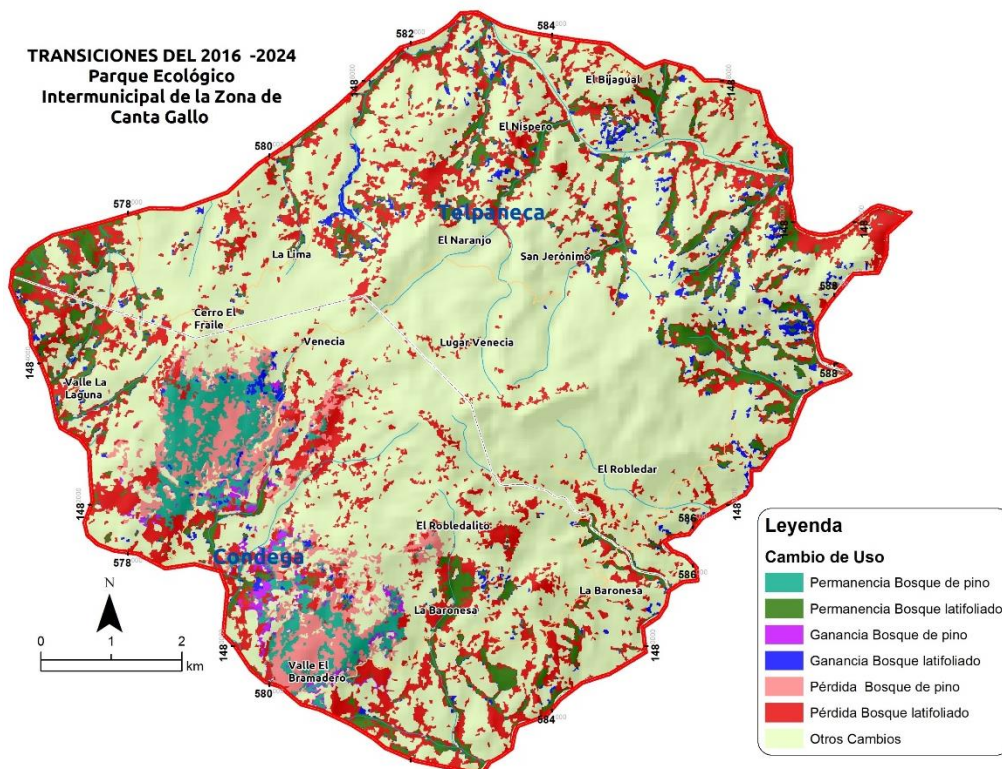
Gráfico de Indicadores

5.1.5 Balance de Transiciones del Patrimonio Forestal

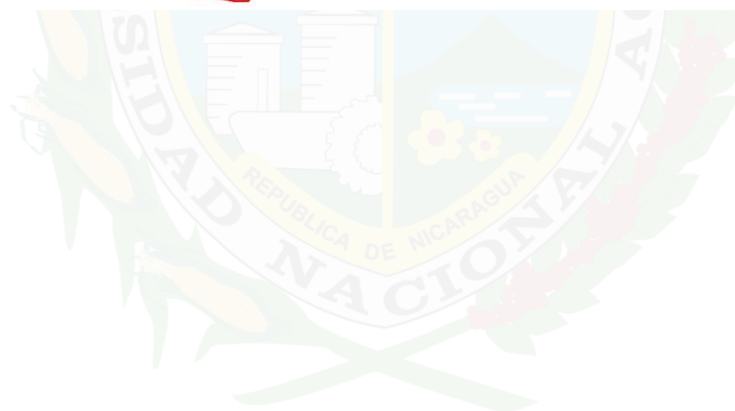
El análisis final de cambios se sintetiza en el **Mapa de Transiciones 2016-2024**. Se cuantificó una pérdida forestal total de **1,582.42 ha** (sumando latifoliado y pino), frente a una ganancia por regeneración natural de apenas **214.35 ha**.

Las zonas marcadas en **rojo intenso** en el cartograma final representan las áreas de deforestación acumulada, las cuales se distribuyen de forma generalizada, evidenciando una presión antrópica que ya no se limita a las periferias, sino que penetra en los núcleos de recarga hídrica del parque.

TRANSICIONES DEL 2016 -2024
Parque Ecológico
Inter municipal de la Zona de
Canta Gallo



Mapa de Transiciones



5.2 Análisis de Entrevistas

A partir de la información recopilada en las entrevistas, la documentación coleccionada, se pueden identificar varias temáticas clave relacionadas con las problemáticas que afectan a la reserva y las comunidades circundantes. El análisis del Parque Ecológico Municipal Cerro Santa Gallo revela problemas ambientales interrelacionados que han conducido a la degradación de este ecosistema vital. Entre las principales causas identificadas se encuentran la pérdida de bosque, el cambio de uso del suelo, el impacto socioeconómico, la erosión y degradación del suelo, y la falta de medidas de protección. Estos factores son fundamentales para entender la situación actual del parque y están enmarcados dentro.

En este contexto, la propuesta del Plan de Manejo elaborada por García, Meza, Montoya y Casco en 2004 ofrece un enfoque integral para abordar estos problemas. Este plan se basa en un diagnóstico exhaustivo de las causas de deterioro del ecosistema y busca implementar estrategias que consideren tanto los aspectos ambientales como los socioeconómicos, en consonancia con la normativa vigente. Así, se presenta una oportunidad para restaurar y proteger el Parque Ecológico Municipal Cerro Santa Gallo.

A continuación, se discuten los resultados obtenidos en relación con las causas principales de la pérdida de bosque, el cambio de uso de suelo, el impacto socioeconómico, la erosión y degradación del suelo, y la falta de medidas de protección, en el contexto de la normativa de la Alcaldía sobre el manejo de áreas protegidas.

1. Pérdida de Bosque:

- La deforestación es una de las problemáticas más críticas, impulsada por la tala de árboles para la expansión agrícola y ganadera. Los entrevistados, como Mauricio Calderón y Juan Córdoba, mencionan que la explotación forestal y la conversión de tierras a cultivos han llevado a una disminución significativa de la cobertura boscosa.

La documentación de la alcaldía también resalta la pérdida de bosque en el área de Cerro Santa Gallo se ha evidenciado como una de las principales preocupaciones ambientales. Según el diagnóstico realizado, se estima que el 56.88% del territorio está siendo sobre utilizado, lo que incluye la deforestación para la expansión de la frontera agrícola y la ganadería. La presión demográfica y la búsqueda de tierras para cultivo han llevado a la tala indiscriminada de árboles, afectando la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas para recuperarse. La normativa de



la Alcaldía establece que la conservación de los bosques es esencial para mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, pero la falta de cumplimiento de estas regulaciones ha contribuido a la degradación del hábitat.

2. Cambio de Uso de Suelo:

- Se ha observado un cambio en el uso de suelo hacia actividades agrícolas intensivas, lo que ha resultado en la pérdida de vegetación natural y la degradación del ecosistema. La expansión de la frontera agrícola en fincas vecinas ha incentivado a los agricultores a modificar sus prácticas, contribuyendo a la deforestación. La mayoría de los entrevistados coinciden en que la motivación principal para estos cambios es la búsqueda de mayores ingresos y la presión del mercado.
- La alcaldía ha documentado estos cambios que el cambio de uso de suelo es otro factor crítico que ha impactado negativamente el Parque Ecológico. La conversión de áreas forestales en tierras agrícolas y pastizales ha alterado la dinámica ecológica del área. El diagnóstico indica que el 50.91% de la superficie se utiliza para la crianza de ganado, mientras que solo un 13.83% está destinado a actividades agrícolas. Este cambio no solo reduce la cobertura forestal, sino que también incrementa la erosión del suelo y disminuye la calidad del agua, afectando a las comunidades locales que dependen de estos recursos. La Alcaldía, a través de su reglamento, enfatiza la necesidad de un uso sostenible del suelo, pero la implementación de estas políticas ha sido insuficiente.

3. Impacto Socioeconómico:

- Según las entrevistas la búsqueda de mayores ingresos a través de la agricultura ha llevado a decisiones que comprometen la sostenibilidad del ecosistema. Aunque hay beneficios económicos, estos son a menudo a corto plazo y pueden resultar en consecuencias ambientales graves.
- La documentación recopilada menciona la necesidad del impacto socioeconómico de la degradación ambiental es significativo. Las comunidades que rodean el Parque Ecológico dependen de los recursos naturales para su

subsistencia. La disminución de la calidad del suelo y la pérdida de bosques han llevado a una reducción en la producción agrícola, lo que a su vez ha incrementado la pobreza y la inseguridad alimentaria. La falta de acceso a servicios básicos, como salud y educación, se ha visto exacerbada por la degradación ambiental, creando un ciclo de vulnerabilidad. La propuesta de manejo sugiere la implementación de programas de educación ambiental y desarrollo sostenible para mejorar la calidad de vida de los pobladores, pero su éxito depende de la colaboración entre las autoridades locales y la comunidad.

4. Erosión y Degradación del Suelo:

- La pérdida de bosque y la conversión de tierras han llevado a la erosión del suelo, afectando la calidad del agua y la biodiversidad en la región. La falta de prácticas agrícolas sostenibles ha contribuido a la degradación del medio ambiente, lo que impacta la seguridad alimentaria de las comunidades.
- La documentación ha señalado que la erosión y degradación del suelo son consecuencias directas de las prácticas agrícolas inadecuadas y la deforestación. El diagnóstico revela que el uso ineficiente de los suelos, junto con la falta de prácticas de conservación, ha llevado a la pérdida de la capa superior del suelo, vital para la agricultura. La normativa de la Alcaldía establece que se deben implementar medidas de conservación del suelo, pero la falta de capacitación y recursos para los agricultores ha limitado la adopción de estas prácticas. La erosión no solo afecta la productividad agrícola, sino que también contribuye a la sedimentación de cuerpos de agua, afectando la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

5. Falta de Medidas de Protección:

- Aunque algunos entrevistados mencionan medidas protectoras como no quemar o respetar la fauna y flora, la implementación de estas prácticas es inconsistente y a menudo insuficiente. La necesidad de educación ambiental, el incumplimiento de las leyes y capacitación en técnicas sostenibles es evidente, pero no siempre se lleva a cabo de manera efectiva.

Documentación Proporcionada por la Alcaldía

La alcaldía ha proporcionado documentación que incluye:



- **Estudios sobre el uso del suelo:** Informes que detallan los cambios en el uso del suelo en la región, incluyendo mapas y gráficos que muestran la pérdida de bosque a lo largo del tiempo.
- **Propuestas de acción:** Recomendaciones para implementar prácticas de reforestación y conservación, así como políticas para regular la explotación de recursos naturales.
- **Programas de capacitación:** Documentos que describen iniciativas para educar a los agricultores sobre técnicas agrícolas sostenibles y la importancia de la conservación del medio ambiente.
- **Colaboración con organizaciones:** Información sobre asociaciones con cooperativas y otras entidades para promover la reforestación y la gestión sostenible de los recursos.

Finalmente, la falta de medidas de protección efectivas es una de las causas subyacentes de los problemas ambientales en Cerro Santa Gallo. A pesar de la existencia de un marco legal que promueve la conservación de áreas protegidas, la implementación de estas leyes ha sido deficiente. La falta de vigilancia y control por parte de las autoridades ha permitido que actividades ilegales, como la tala y la caza furtiva, continúen sin sanciones. La propuesta de Plan de Manejo sugiere la creación de un programa de vigilancia y control, pero su éxito dependerá de la asignación de recursos y la capacitación del personal encargado.

En conclusión, el análisis de los resultados obtenidos en la entrevista y el diagnóstico del Parque Ecológico Municipal Cerro Santa Gallo revela que la pérdida de bosque, el cambio de uso de suelo, el impacto socioeconómico, la erosión y degradación del suelo, y la falta de medidas de protección son interrelacionados y requieren un enfoque integral para su solución. La implementación efectiva del Plan de Manejo, junto con la colaboración activa de las comunidades locales y las autoridades, es fundamental para revertir la tendencia de degradación y promover un desarrollo sostenible en la región. La normativa de la Alcaldía debe ser reforzada y aplicada de manera rigurosa para garantizar la conservación de este valioso ecosistema.

5.3. Diagrama de Ishikawa

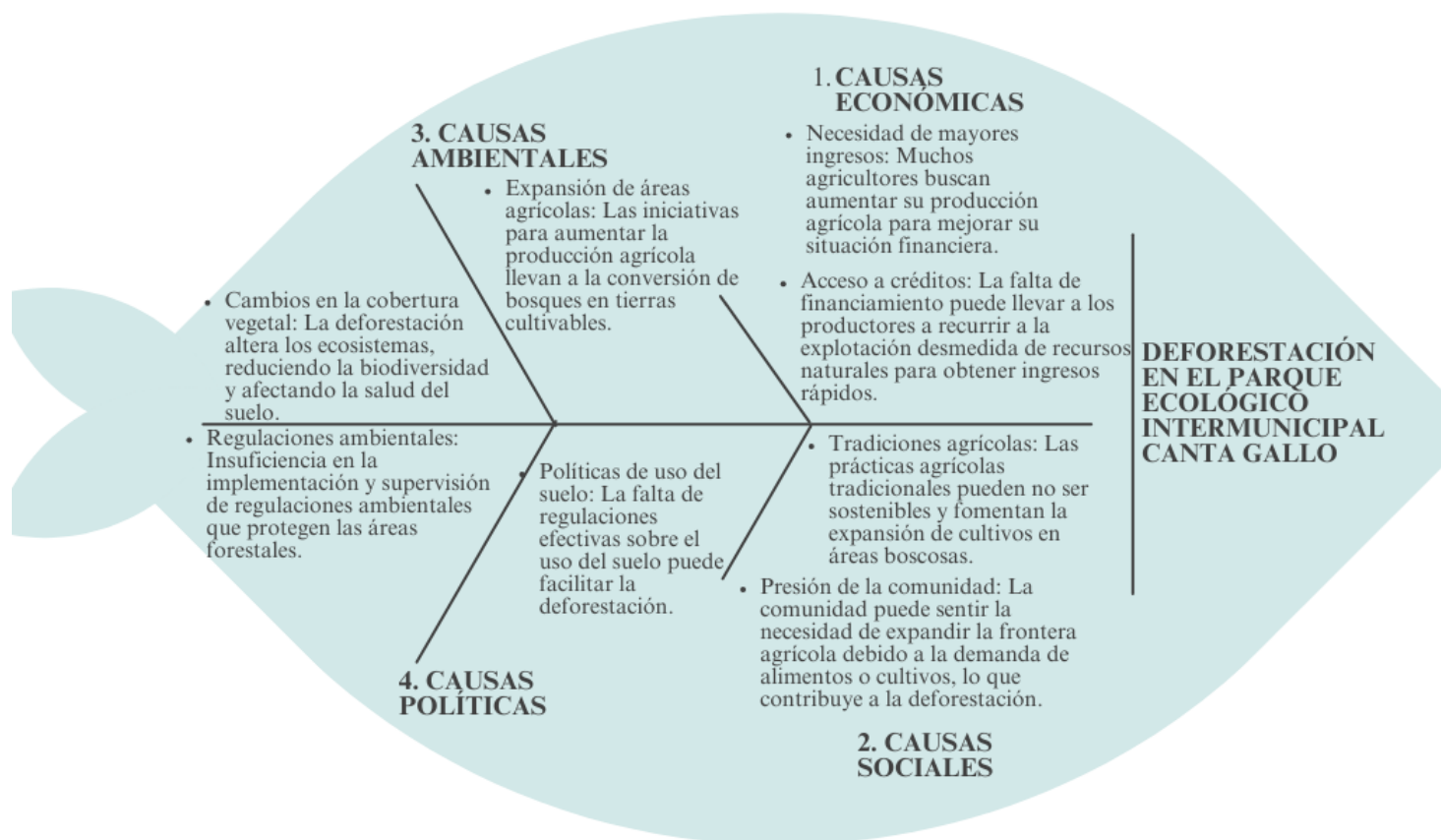


Figura No. 2: Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa reveló que la deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal Canta Gallo es un problema multifacético que resulta de la interrelación de factores económicos, sociales, ambientales y políticos. Abordar esta problemática requiere un enfoque integral que considere la motivación económica de la población, el contexto social, la sustentabilidad ambiental y la mejora en las políticas reguladoras.

5.4. Análisis de FODA

Cuadro No 1: Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Experiencia local: Los agricultores tienen una larga trayectoria en las comunidades, lo que implica un conocimiento profundo del entorno y de prácticas agrícolas 2. Suelos fértiles: La zona cuenta con suelos fértiles que favorecen el cultivo, especialmente del café. 3. Microclima óptimo: La humedad y altura son ideales para el cultivo del café, lo que potencia la producción agrícola. 4. Compromiso comunitario: Existe un fuerte deseo entre los agricultores de trabajar en conjunto para mejorar la producción y cuidar el medio ambiente. 5. Bosques naturales: La presencia de áreas vírgenes de flora y fauna contribuye a la biodiversidad y al ecoturismo. 6. Organización en cooperativas: Productores organizados en cooperativas que pueden facilitar el acceso a recursos y conocimientos. 7. Bellezas escénicas: La zona tiene un gran potencial turístico, con infraestructuras para alojamiento disponibles.	1. Incentivos financieros: La disponibilidad de acceso a créditos y otros incentivos puede motivar a los agricultores a adoptar prácticas sostenibles. 2. Reconocimiento como área protegida: El área ha sido reconocida a nivel municipal como zona protegida, lo que puede atraer recursos y atención. 3. Promoción del ecoturismo: La promoción del ecoturismo a nivel nacional puede abrir nuevos mercados y oportunidades económicas. 4. Interés en la conservación: La creciente conciencia sobre la conservación medioambiental puede facilitar la implementación de proyectos de reforestación. 5. Firmas de convenios internacionales: Existen convenios que favorecen la protección de la biodiversidad y la creación de corredores biológicos.

DEBILIDADES	AMENAZAS
1. Dependencia de prácticas insostenibles: La presión por incrementar la producción puede llevar a la sobreexplotación de los recursos. 2. Falta de asesoría técnica: Los grupos de trabajo de las cooperativas carecen de asesoría técnica y legal. 3. Conocimiento limitado en técnicas sostenibles: Algunos agricultores no están informados sobre métodos de cultivo que protejan el medio ambiente. 4. Infraestructura insuficiente: La infraestructura productiva y social es insuficiente para atender las necesidades de la comunidad. 5. Bajo nivel educativo: La mayoría de los habitantes de la zona presenta un bajo nivel educativo, lo que limita el desarrollo de habilidades. 6. Carencia de reservas financieras: Las cooperativas y la comunidad carecen de una reserva financiera para emergencias.	1. Falta de regulación efectiva: La ausencia de regulaciones claras y la falta de supervisión pueden dificultar la protección de los bosques. 2. Fenómenos naturales: La zona es susceptible a desastres naturales que pueden afectar la producción agrícola. 3. Cambio climático: Los efectos del cambio climático pueden afectar negativamente la productividad agrícola. 4. Extracción irracional de recursos: La presión por la extracción de recursos por parte de empresas madereras puede amenazar la biodiversidad. 5. Prácticas agropecuarias inadecuadas: La falta de incentivos por parte del estado puede llevar a prácticas agropecuarias y forestales inadecuadas.

5.5.Estrategias para el manejo y conservación de los recursos naturales en el Parque Ecológico Intermunicipal de Santa Gallo.

ESTRATEGIA 1:	IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE CONSERVACIÓN
Objetivo	Desarrollar un plan de manejo que promueva la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, al tiempo que se satisfacen las necesidades socioeconómicas de las comunidades de Zona de Santa Gallo.
Acciones	• Realizar un diagnóstico exhaustivo de los recursos naturales y la biodiversidad del parque ecológico de la zona de cantagallo. • Establecer zonas de uso sostenible y áreas de conservación estricta.
Actividades	• Elaborar un inventario de especies y recursos naturales presentes en la Zona de Santa Gallo. • Realizar talleres participativos con la comunidad para definir usos sostenibles y restricciones.

Responsables:	• Autoridades ambientales locales. • Investigadores y ecólogos. • Líderes comunitarios y organizaciones locales.
Periodo:	• Corto plazo: Diagnóstico inicial y elaboración del inventario de recursos. • Mediano plazo: Desarrollo del plan de manejo y consulta con las comunidades. • Largo plazo: Implementación del plan y monitoreo de su efectividad.

Esta estrategia se centra en crear un equilibrio vital entre la protección del medio ambiente y el desarrollo económico de las comunidades de la Zona de Santa Gallo, garantizando que el cuidado de la biodiversidad no ignore las necesidades sociales. El punto de partida es técnico y científico, consistente en realizar un diagnóstico profundo e inventario de los recursos y especies del parque para entender exactamente qué riqueza natural existe. Con base en esta información, se ordenará el territorio dividiéndolo en zonas específicas: unas dedicadas a la conservación estricta para proteger los ecosistemas frágiles y otras habilitadas para un uso sostenible de los recursos

El éxito de este plan recae en un enfoque participativo y colaborativo, donde autoridades, científicos y líderes comunitarios trabajan juntos en lugar de imponer reglas unilateralmente. A través de talleres, la propia comunidad ayudará a definir qué actividades son permitidas y cuáles deben restringirse, asegurando que el plan sea viable y respetado. Todo esto se desarrollará en etapas progresivas: iniciando con la investigación a corto plazo, siguiendo con el diseño y consulta del plan a mediano plazo, y culminando con su ejecución y vigilancia continua a largo plazo para asegurar su efectividad.

Estrategia 2. Promoción de Prácticas Agroecológicas	
Objetivo	Fomentar prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la presión sobre los bosques y promuevan la seguridad alimentaria.
Acciones	• Capacitar a los agricultores en técnicas agroecológicas y de conservación del suelo. • Establecer incentivos para la adopción de prácticas sostenibles.
Actividades	• Talleres de diferentes temáticas de formación como rotación de cultivos, agroforestería y uso eficiente del agua. • Creación de un programa de certificación para productos agrícolas sostenibles.
Responsables:	• Instituciones agrícolas y ambientales. • ONG especializadas en desarrollo rural. • Comunidades agrícolas locales.
Periodo:	• Corto plazo: Diseño de programas de capacitación y sensibilización. • Mediano plazo: Implementación de talleres y seguimiento a los agricultores. • Largo plazo: Evaluación del impacto de las prácticas agroecológicas en la conservación

Esta estrategia tiene como meta principal transformar la actividad agrícola tradicional en un modelo sostenible que garantiza la seguridad alimentaria sin sacrificar la integridad de los bosques de la zona. El enfoque central es educativo y de incentivos, buscando dotar a los agricultores de herramientas y conocimientos sobre técnicas agroecológicas y conservación de suelos, para que puedan producir eficazmente reduciendo la presión sobre los recursos naturales. Se plantea no solo como una medida ambiental, sino como un sistema de apoyo que premia la adopción de métodos responsables mediante incentivos directos.

Para materializar este cambio, se realizarán talleres formativos específicos en rotación de cultivos, sistemas agroforestales y gestión eficiente del agua, complementados con la creación de una certificación que agregue valor a los productos cultivados sosteniblemente. La implementación será un esfuerzo colaborativo entre instituciones, ONG y las propias comunidades agrícolas, siguiendo un cronograma escalonado: diseño de programas a corto plazo, capacitación activa a mediano plazo y una evaluación final a largo plazo para medir el impacto real en la conservación del ecosistema.



Estrategia 3. Desarrollo del Ecoturismo Sostenible	
Objetivo	Generar ingresos a través del ecoturismo, promoviendo la conservación de los recursos naturales y la cultura local.
Acciones	• Diseñar rutas ecoturísticas que resalten la biodiversidad y la cultura de la zona. • Capacitar a las comunidades en servicios turísticos.
Actividades	• Creación de un mapa de rutas ecoturísticas y señalización de la Zona de Canta Gallo. • Talleres de formación en atención al cliente y guianza turística.
Responsables:	• Autoridades de turismo y medio ambiente. • Comunidades locales y emprendedores turísticos. • ONG que promuevan el ecoturismo
Periodo:	• Corto plazo: Investigación y diseño de rutas ecoturísticas. • Mediano plazo: Capacitación de guías y promoción de las rutas. • Largo plazo: Monitoreo del impacto del ecoturismo en la conservación y la economía local.

Esta estrategia busca generar ingresos económicos para la comunidad a través del ecoturismo, utilizando esta actividad como una herramienta activa para promover la conservación de los recursos naturales y la cultura local. El paso inicial consiste en diseñar rutas ecoturísticas que enfatizan la rica biodiversidad y los elementos culturales de la Zona de Canta Gallo. Para hacer esto operativo, se creará un mapa detallado y se señalarán las rutas., al tiempo que se capacitará a la población local para que brinde servicios turísticos de alta calidad.

La profesionalización de la oferta turística es clave, por lo que se impartirán talleres de formación enfocados en la atención al cliente y en técnicas de guía turística. Este proyecto es responsabilidad conjunta de las autoridades de turismo y medio ambiente, las comunidades locales, los emprendedores y las ONG especializadas en ecoturismo. El cronograma avanza desde la investigación y el diseño inicial de las rutas a corto plazo., pasando por la capacitación de guías y la promoción a mediano plazo, y concluye con el monitoreo exhaustivo a largo plazo para evaluar el impacto del ecoturismo tanto en la conservación como en la economía local.

Estrategia 4. Fortalecimiento de la Vigilancia y Control Ambiental	
Objetivo	Mejorar la protección de los recursos naturales mediante un sistema de vigilancia y control efectivo en la zona canta Gallo.
Acciones	• Establecer un programa de vigilancia comunitaria para monitorear actividades ilegales. • Fortalecer la colaboración entre autoridades y comunidades para la protección del parque.
Actividades	• Capacitación de voluntarios en técnicas de monitoreo y denuncia. • Creación de un sistema de comunicación para reportar actividades ilegales.
Responsables:	• Autoridades ambientales y de seguridad. • Comunidades locales y grupos de vigilancia. • ONG que trabajen en conservación.
Periodo:	• Corto plazo: Capacitación inicial y establecimiento de protocolos de vigilancia. • Mediano plazo: Implementación del programa de vigilancia comunitaria. • Largo plazo: Evaluación de la efectividad del sistema de vigilancia y ajustes necesarios.

Esta estrategia se concentra en optimizar la protección de los recursos naturales en la Zona de Canta Gallo mediante el desarrollo de un sistema de vigilancia y control altamente efectivo. Su núcleo radica en la creación de un programa formal de vigilancia comunitaria, diseñado para monitorear y detectar actividades ilegales que puedan poner en peligro el ecosistema. Para que este sistema funcione, es esencial fortalecer la colaboración y los lazos de comunicación entre las autoridades ambientales y de seguridad con las comunidades locales.

La implementación operativa requiere dos acciones clave: primero, la capacitación de voluntarios locales en técnicas de monitoreo y en los protocolos adecuados para realizar denuncias. Segundo, se creará un sistema de comunicación eficiente que permitirá a estos grupos reportar rápidamente cualquier actividad ilícita. La responsabilidad recae en una alianza tripartita entre autoridades, ONG y las comunidades locales. El proceso se desarrollará desde la capacitación inicial a corto plazo, pasando por la implementación del programa comunitario a mediano plazo, y concluyendo con la evaluación continua de la efectividad del sistema a largo plazo para aplicar los ajustes necesarios.

Estrategia 5: Educación y Sensibilización Ambiental	
Objetivo	Fomentar la conciencia ambiental en la comunidad y promover prácticas de conservación.
Acciones	• Desarrollar programas educativos sobre la importancia de los ecosistemas y la biodiversidad. • Involucrar a las escuelas y comunidades en actividades de conservación.
Actividades	• Talleres y charlas en escuelas sobre la conservación del medio ambiente. • Campañas de limpieza y reforestación en la comunidad
Responsables:	• Instituciones educativas. • ONG y grupos comunitarios. • Autoridades locales
Periodo:	• Corto plazo: Diseño de materiales educativos y planificación de actividades. • Mediano plazo: Implementación de programas educativos y actividades comunitarias. • Largo plazo: Evaluación del impacto de la educación ambiental en la comunidad.

Esta estrategia se concentra en la transformación cultural de la Zona de Santa Gallo, buscando fomentar una sólida conciencia ambiental y la adopción activa de prácticas de conservación en toda la comunidad. El objetivo fundamental es desarrollar programas educativos específicos que resalten la importancia de los ecosistemas y la biodiversidad local. Esto implica una acción directa para involucrar tanto a las escuelas como a las comunidades en general en diversas actividades prácticas de conservación.

Para lograr este objetivo, se llevarán a cabo actividades concretas, como la realización de talleres y charlas informativas en las escuelas sobre la conservación del medio ambiente. Además, se organizarán campañas comunitarias de limpieza y reforestación. El éxito de esta iniciativa depende de la colaboración entre las instituciones educativas, las ONG, los grupos comunitarios y las autoridades locales. El proceso se inicia a corto plazo con el diseño de materiales educativos, pasando a la implementación de programas a mediano plazo, y concluyendo a largo plazo con la evaluación exhaustiva del impacto de esta educación ambiental en la comunidad.

VI. CONCLUSIONES

- La aplicación rigurosa de técnicas de teledetección, a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales, permitió cuantificar con precisión la deforestación en el Parque Ecológico Intermunicipal de Santa Gallo durante el periodo 2016-2024, revelando una pérdida significativa de cobertura forestal. Este resultado confirma la eficacia y la utilidad del enfoque de la teledetección para el monitoreo continuo y la generación de una base técnica informativa esencial para la gestión territorial sostenible del área protegida.
- La investigación abordó exitosamente este objetivo mediante un diagnóstico socioambiental exhaustivo basado en la recopilación de información primaria a través de entrevistas y el análisis documental. Este análisis permitió identificar con claridad los principales factores impulsores de la deforestación, confirmando que la expansión no regulada de la frontera agrícola y ganadera y las presiones del cambio de uso de suelo constituyen las causas directas más significativas.
Además, se concluye que factores subyacentes como la debilidad en la aplicación de las normativas ambientales y la limitada conciencia ambiental en ciertos sectores de la comunidad han facilitado esta dinámica. La comprensión profunda de estos factores socioeconómicos y político-institucionales es esencial, ya que proporciona el contexto causal necesario y una base empírica indispensable para la formulación efectiva y pertinente de las estrategias de manejo y conservación propuestas.
- La elaboración de estrategias de manejo y conservación se fundamentó exitosamente en un diagnóstico exhaustivo de las problemáticas socioambientales identificadas. Las propuestas estratégicas diseñadas se centran en la implementación de prácticas de reforestación, la regulación estricta de actividades económicas que generan impacto negativo, y la integración de la educación ambiental como un eje crucial para la sensibilización comunitaria. Se concluye que la viabilidad y el éxito de este marco estratégico dependen intrínsecamente de la colaboración efectiva y sinérgica entre las autoridades locales, las organizaciones no gubernamentales y las comunidades, lo cual es fundamental para asegurar la conservación del parque a largo plazo.

VII. RECOMENDACIONES

- **Ampliación de la Validación en Campo:** Se recomienda ampliar y diversificar los puntos de verificación en campo para mejorar la precisión temática de las clasificaciones. Esto incluye incorporar puntos aleatorios estratificados por clase, emplear imágenes de mayor resolución como Planet o Google Earth para la corroboración visual, y aplicar métricas como el Índice Kappa, matriz de confusión y precisión por clase, a fin de asegurar una validación estadísticamente confiable.
- **Fortalecimiento del Análisis Socioeconómico:** Se recomienda incrementar el número de entrevistas mediante un muestreo intencional y estratificado, incorporando productores, autoridades comunales, líderes locales, mujeres rurales y jóvenes, para obtener una visión más representativa de los factores que impulsan la deforestación. Además, se sugiere utilizar guías semiestructuradas para profundizar en causas socioeconómicas, patrones de uso del suelo y dinámicas locales, fortaleciendo la interpretación cualitativa de los resultados.
- **Establecimiento de Monitoreo Geoespacial Continuo:** Se recomienda implementar un sistema de monitoreo periódico del cambio de uso del suelo, utilizando imágenes satelitales de libre acceso (Sentinel-2, Landsat 8/9) y herramientas como Google Earth Engine. Esto permitirá identificar tempranamente nuevas áreas de deforestación, evaluar la efectividad de las estrategias de manejo y facilitar la toma de decisiones en conservación.
- **Transición hacia Modelos Agroforestales:** Fomentar la adopción de sistemas de producción sostenible mediante la capacitación técnica en agroforestería y sistemas silvopastoriles. El enfoque debe centrarse en la recuperación de la capacidad de uso mayor del suelo y la intensificación sostenible, permitiendo estabilizar la frontera agrícola y reducir la presión sobre el bosque primario.
- **Restauración Ecológica Basada en Conectividad:** Priorizar la ejecución de proyectos de reforestación activa y regeneración natural asistida utilizando exclusivamente especies nativas. Estas acciones deben concentrarse en zonas de recarga hídrica y corredores biológicos para asegurar la resiliencia del ecosistema y la continuidad de los servicios ambientales.
- **Implementación de Monitoreo Participativo (SMPC):** Establecer un Sistema de Monitoreo Participativo Comunitario que integre el conocimiento local con el uso de herramientas SIG móviles. Esta estrategia permitirá recolectar datos sobre biodiversidad y alertas tempranas de pérdida de cobertura forestal en tiempo real, fortaleciendo la capacidad de respuesta interna de la comunidad.
- **Gestión Integrada de Recursos Naturales:** Promover la creación de comités de gestión ambiental comunitaria que involucren de forma equitativa a diversos sectores sociales. Estos espacios deben servir para la planificación técnica del territorio y el establecimiento de acuerdos de conservación basados en el uso racional de los recursos.
- **Promoción de Incentivos por Servicios Ambientales:** Evaluar la factibilidad de mecanismos de retribución o incentivos no monetarios para aquellos productores que mantengan cobertura forestal en sus parcelas. Esto puede incluir el acceso a sellos de producción sostenible, asistencia técnica especializada o insumos para la mejora de suelos a cambio de la protección de áreas críticas.

- Fortalecimiento de la Vigilancia Comunitaria: Desarrollar protocolos técnicos de vigilancia y control preventivo gestionados por la propia comunidad. Es vital estandarizar los procedimientos de registro de incidencias ambientales para facilitar la comunicación técnica con las entidades correspondientes en casos de extracciones ilegales.
- Capacitación y Educación Ambiental Sistémica: Desarrollar un programa de educación ambiental técnica dirigido a las escuelas locales y gremios de productores. El contenido debe enfocarse en la ecología del paisaje, la importancia de los polinizadores y la gestión de microcuencas, transformando la percepción social del bosque de "tierra ociosa" a "activo ecosistémico".



VIII. LITERATURA CITADA

- Bernal, C. (2006). Metodología de la Investigación (2da. ed). México, D.F. Ed. Pearson. (s.f.).
- Carabias, J. (1993). El deterioro ambiental: cambios nacionales, cambios globales. *En: Desarrollo Sustentable. Hacia Una Política Ambiental* (p. 43-59). México: UNAM.
- Cayuela, L. R. (2006.). *Clearance and fragmentation of tropical montane forests in the highlands of Chiapas, Mexico (1975-2000)*. *Forest Ecology and Management*, 226 (2006) 208–218, recuperado de https://biodiversos.org/wp-content/uploads/2017/01/Cayuela_et_al_2006_For_Ecol_Manag.pdf.
- Chuvienco. (1998). El factor temporal en teledetección: evolución fenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección (Volumen 10)*. Recuperado de https://tig.age-geografia.es/wp-content/uploads/2022/01/Chuvienco_El-Factor-Temporal-en-Teledeteccion_Evolucion-Fenologica-y-Analisis-de-Cambios.pdf
- Chuvienco, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid, España: Ediciones Rialp.
- Chuvienco, E. (1996). . *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Tercera Edición, p. 568. Madrid, España: Ediciones Rialp S. A.
- Chuvienco, E. S. (s.f.).
- Condega. (2008). Proyecto Integral Municipal "Aprovechamiento sostenible del parque. (s.f.).
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). *Classifying drivers of global forest loss*. *Science*, 361(6407), 1108–1111.
- Foody, G. M. (2002). *Status of land cover accuracy assessment*. *Remote Sensing of Environment*, 80, 185–201. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Geist, H., & Lambin, E. (2002). *Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation*. *Bioscience*. (52):143-150. Recuperado de [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)
- Global Forest Watch. (2023). *Forest Monitoring Data*. World Resources Institute.
- Hernández, F. &. (s.f.). *Metodología de la Investigación Capítulo IV*.
- Hernández, Fernández y Baptista . (2014). *Metodología de la Investigación*. [versión DX Reader]. Recuperado de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>



- Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.) México, D.F. McGraw-Hill. p. 9. (s.f.).
- Hernández, R., Hernández Sampieri, C., Fernández Collado, P., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.a ed.). México, D.F. McGraw Hill. (s.f.).
- Herrera I, C. M. (2004.). *Propuesta de Plan de Manejo del Area protegida, parque Ecologico Cerro Santa Gallo*, 18-26 pag.
- IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change
- Kaimowitz, D. a. (1998). *Economic models of tropical deforestation-Areview*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.139 p.
- Lambin, E. H., & Leppers, E. (2003). *Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions*. *Annual Reviews of Environmental Resources*.28:205-41. 40 p.
- Lillesand, T., & Kiefer, R. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretations*. John Wiley & Sons, Inc. 3ª Edición. 748 pp.
- Ocón Miranda, S. de las N., Umanzor Tinoco, J., Rodríguez Núñez, L., Rodríguez Centeno, JM, Sevilla Fajardo, LE, & Gutiérrez García, HN (2008). *Planificación estratégica y sistemas de planificación municipal: Proyecto de formación de técnicos locales para*. (s.f.).
- Osuna, A. K. (s.f.).
- Ordóñez, J., & Rivera, C. (2021). *Deforestación y cambio de uso de suelo en Nicaragua: tendencias recientes y retos de conservación*. *Revista de Estudios Ambientales*, 12(2), 45–60.
- Saunders, D. H. (C.R. 1991). *Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review*. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Sobrinho J., R. N.-G. (2000). *Teledetección*, Editor José Sobrinho, servicio de publicaciones, Universidad de Valencia, Valencia, España. 467p.
- Sexton, J. O., Noojipady, P., McMahon, S., Huang, C., Anand, A., & Song, X.-P. (2022). *Forest disturbance and recovery mapping using remote sensing*. *Remote Sensing of Environment*, 279, 113–137.
- Tharenou, P., Donohue, R. y Cooper, B. (2007). *Gestión. Métodos de investigación*. Melbourne: Universidad de Cambridge. (s.f.).
- Toledo, V. (1992.). *Cambio climático y deforestación en los trópicos*. *Ciencia* 43 (Número especial): 129-234.
- Townshend, J. a. (1995.). *Spatial variability of images and the monitoring of changes in the normalized difference vegetation index*. *International Journal of Remote Sensing*. 16:2187-2196.



IX. ANEXOS



**Anexo No. 1: Taller de capacitación con Autoridad Nacional del Agua (ANA) y agricultores de la zona de Santa Gallo
en la Alcaldía de Condega**



Anexo No. 2: Taller de capacitación con Autoridad Nacional del Agua (ANA) y agricultores de la zona de Santa Gallo en la Alcaldía de Condega



Anexo No.3: Productores llenan formatos de entrevista



4519
La Familia
La Revolución!

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

Nombre	Comunidad	CAPS	Firma
Immanuel Henríquez	Santos Reyes	Santos Reyes	F.H.
Corina Medas Teller	El Mojon	Buen Samaritano	Corina
Yanis del Carmen Rueda Gómez	El Hato	Nuevo CAPS	Yanis
Esperanza del Rosario Martínez	El Hato	" "	Esperanza
Katy Margarita Ruiz Zelada	El Hato	" "	Katy
Juan Alonzo Cruz Montalvo	El Buenavista	El Buenavista	S.T.
Diego Danilo Beltrán Olmos	Buenavista	Buenavista	S.T.
Solimar Patricia Betalá P.	Naranjita	" "	Solimar
Don Luis Calderón	Rodeo p.c	" "	Don Luis
Francisco Luis Zavala	San Diego	San Diego	Francisco

SOMOS PUEBLO QUE VENCE! **CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!**
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
RESIDENCIAL BOLONIA, INTUR, 4 CUADRAS AL SUR
PBX: 22668444 / 22668451 / www.ana.gob.ni

Anexo No. 4: Taller de capacitación con ANA y agricultores de Canta Gallo / Lista de asistencia

4519
La Familia
La Revolución!

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

LISTADO DE PARTICIPANTES
AL TALLER CAPS MUNICIPIO DE CONDEGA, ESTELÍ.
VIERNES 19 DE ENERO DEL 2024.

Nombre	Comunidad	CAPS	Firma
Mario M Rodríguez Vides	Naranjita	MMRV	Mario
María Antonia Ruiz Teller	Honduras Azul	" "	María
Roberto Rodríguez	San Ramón	Nuevo Buenavista	Roberto
Del Guillermo Vilches	El Hato	El Hato	Del
José Gabriel Zavala G	Davayli	Dios es Amor	José
Yda María Ruiz	Naranjita	" "	Yda
San Francisco H	Rodeo de Pire	" "	San
ling Juneth Morales G	El Mojon	Buen Samaritano	ling
cia de Jesús Hernández	El Hato	" "	M.H.
Arly Rodríguez A	San Diego	CAPS	Arly

SOMOS PUEBLO QUE VENCE! **CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!**
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
RESIDENCIAL BOLONIA, INTUR, 4 CUADRAS AL SUR
PBX: 22668444 / 22668451 / www.ana.gob.ni

4519
La Familia
La Revolución!

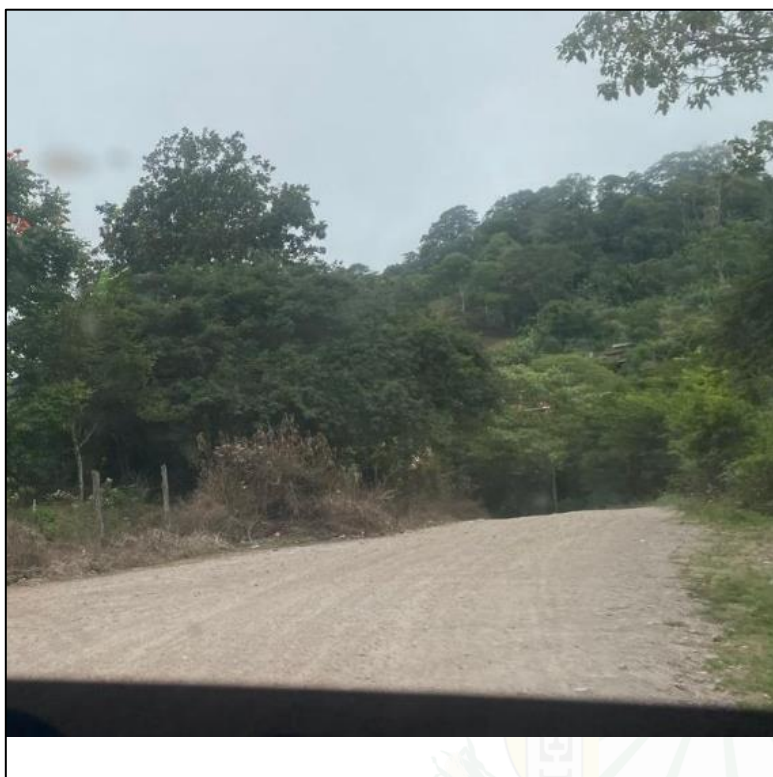
Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

LISTADO DE PARTICIPANTES
AL TALLER CAPS MUNICIPIO DE CONDEGA, ESTELÍ.
VIERNES 19 DE ENERO DEL 2024.

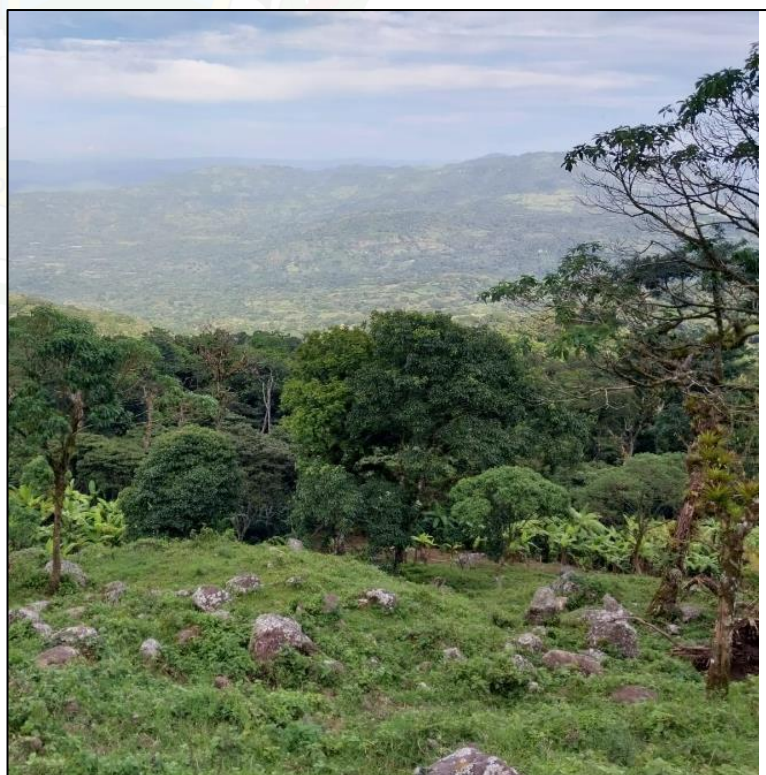
Nombre	Comunidad	CAPS	Firma
José Alfredo Teller	Davayli	Dios es Amor	JAM
Bismarck Gómez C	El Hato	Nuevo CAPS	Bismarck
Abel Ruiz Hernández	San Diego	San Diego	Abel
Felix Pedro Lira Montalvo	Potrillo	" "	Felix
Juan Francisco Rodríguez	" "	" "	JFR
Alvaro Peralta	La Libertad	La Libertad	Alf
José porfirio Villareyna	El Hato	Nuevo CAPS	JPVR
Domínguez de Guzmán Roque	La Libertad de Pire	" "	Domínguez
Calisto de Jesús Morales	El Hato	Buen Samaritano	Calisto
Lamberto Ruiz	Santos Reyes	Santos Reyes	Lamberto

SOMOS PUEBLO QUE VENCE! **CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!**
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
RESIDENCIAL BOLONIA, INTUR, 4 CUADRAS AL SUR

Anexo No. 5: Listas de asistencia



Anexo No. 6: Camino hacia el sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Santa Gallo



Anexo No. 7: Panorámica del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Santa Gallo



Anexo No. 8: Panorámica del sitio de relevancia ambiental y cultural Zona de Santa Gallo

Formato de Entrevista: Factores que Influyen sobre el Cambio de Uso de Suelo

Datos Generales

1. **Nombre del Entrevistado:** _____
 2. **Fecha de la Entrevista:** _____
 3. **Ubicación de la Finca:** _____
-

Sección 1: Información General sobre la Propiedad

4. **¿Cuántos años tiene de vivir en esta comunidad?**
Respuesta: _____ años
5. **¿Es usted propietario de esta finca?**
☐ Sí
☐ No
6. **¿Cuál es la principal actividad de su finca?**
☐ Forestal
☐ Ganadera
☐ Agricultura
☐ Otro: _____
7. **¿Desde hace cuánto tiene esta propiedad?**
☐ 0-5 años
☐ 5-20 años
☐ 20-30 años
☐ Más de 30 años
8. **¿Ha cambiado de dueño la finca?**
☐ Sí
☐ No
9. **¿Cuántas manzanas tiene su finca?**
Respuesta: _____ manzanas
10. **Durante este tiempo, ¿ha cambiado esta propiedad de tamaño (por parcelación, compra de tierras, etc.)?**
☐ Sí
☐ No
11. **¿Qué especie de vegetación ha prevalecido en su finca?**
Respuesta: _____

12. **¿Ha tenido su finca cambios de uso de la tierra durante el tiempo que la ha tenido?**
☐ No
☐ Sí
-

Sección 2: Factores que Influyen en el Cambio de Uso de Suelo

13. **¿Qué factores lo han motivado a hacer estos cambios en su finca? (puede marcar varios)**
☐ Tener mayor producción.
☐ Tener productos que se vendan a mejores precios.
☐ Tiene ahorros, acceso a crédito o hay incentivos financieros que lo motivan a hacer cambios.
☐ Tiene amigos o vecinos que hacen posible cambiar de uso porque se ayudan unos a otros.
☐ Otros: _____
14. **¿Cuáles han sido los cambios en el uso de la tierra que ha visto en las fincas vecinas en los últimos 30 años?**
Respuesta: _____
15. **¿Cuántas personas conoce realizando la misma actividad principal que usted realiza?**
☐ Ninguna
☐ Poco
☐ Algo
☐ Bastante
☐ Demasiado
16. **¿Cuántas personas conoce con cambios de uso de la tierra similares a los que usted ha tenido?**
☐ Ninguna
☐ Poco
☐ Algo
☐ Bastante
☐ Demasiado
17. **¿Quiénes fueron los primeros en realizar este cambio, los que lo siguieron, y cómo se relacionan con usted?**
(Esta pregunta se discute libremente)
Respuesta: _____
18. **Durante el tiempo que tiene de vivir en la zona, ¿ha observado que se ha perdido el bosque de la reserva?**

- ☐ Sí
- ☐ No

19. **¿Dónde piensa que se ha perdido el bosque?**

- ☐ A lo largo de caminos
- ☐ Cerca de las casas
- ☐ Otro: _____

20. **¿Usted cree que algunas actividades causan la pérdida del bosque? ¿Cuál?**

Respuesta: _____

21. **¿Qué factores físicos, ambientales, culturales, políticos, sociales, humanos y financieros han influenciado estos cambios?**

Respuesta: _____

22. **¿Cuáles son los principales cambios que se dieron en los usos del territorio en los últimos diez años?**

Respuesta: _____

23. **¿Cuáles son las medidas protectoras que ustedes brindan a la zona de Canta Gallo?**

Respuesta: _____

24. **¿Cómo podemos garantizar que la reforestación beneficie a la comunidad?**

Respuesta: _____

Observaciones Adicionales:

Firma del Entrevistador: _____

Firma del Entrevistado



