



CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo. RONALD TERRAZAS DAZA

autor/a de la tesis titulada:

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO EL PALMAR 2013-2023 MUNICIPIO DE PRESTO, CHUQUISACA

mediante el presente documento, declaro que la obra mencionada es de mi exclusiva autoría y producción. Esta tesis ha sido elaborada como uno de los requisitos previos para la obtención del título de: “**Magíster en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica**” en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre.

Cesión de Derechos:

1. **Derechos Cedidos:** A partir de la fecha de la defensa de grado, cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación de la obra. La Universidad está autorizada a utilizar esta obra por cualquier medio, actualmente conocido o que se desarrolle en el futuro, siempre y cuando dicha utilización no se realice con fines de lucro. Esta cesión incluye la reproducción total o parcial en formatos virtual, electrónico, digital, u óptico, así como su uso en red local e Internet.
2. **Responsabilidades del Autor:** Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación o demanda por parte de terceros respecto de los derechos de autor de la obra mencionada, asumiré toda la responsabilidad legal frente a dichos terceros y frente a la Universidad, incluyendo, sin limitación, la defensa de tales reclamaciones y el mantenimiento de la Universidad indemne frente a las mismas.
3. **Entrega de Ejemplares:** En esta fecha, entrego a la biblioteca de la Universidad un ejemplar de la obra y sus anexos, en formatos impreso y digital o electrónico.

Fecha.07/03/2025

Firma:



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**MAESTRÍA EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÁREA NATURAL DE MANEJO
INTEGRADO EL PALMAR 2013-2023 MUNICIPIO DE PRESTO,
CHUQUISACA**

Tesis presentada para optar al Grado
Académico de Magíster en Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica

MAESTRANTE: RONALD TERRAZAS DAZA

Sucre – Bolivia

2025



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**MAESTRÍA EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÁREA NATURAL DE MANEJO
INTEGRADO EL PALMAR 2013-2023 MUNICIPIO DE PRESTO,
CHUQUISACA**

Tesis presentada para optar al Grado
Académico de Magíster en Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica

MAESTRANTE: RONALD TERRAZAS DAZA
TUTOR: LUIS WEIMAR ACOSTA ARCE

Sucre – Bolivia

2025

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado valor, fuerza, fortaleza, en todos los pasos hasta la conclusión de esta etapa de mi vida.

A mi padre Filiberto Terrazas Heredia por su apoyo ilimitado e incondicional. Estos valores que siempre serán indispensables para hacer frente a todos los desafíos que me esperan en el futuro durante el ejercicio de mi vida profesional.

A la madre de mis hijos Adela Rosado Flores, por el amor y el apoyo que me dado en todo momento y a mis hijos Charly Alexandre, Ronald Gabriel, Rissel Adele, Yasmin Anabel, Romina Adeline, Julio Ronald Terrazas Rosado.

A todos los docentes, por transmitirme sus conocimientos y experiencias con entusiasmo y valentía, para que animados, forjen bienestar para nuestra amada Bolivia.

AGRADECIMIENTOS

Dios, por el regalo de la vida

A mi familia, por su amor y apoyo constante

A los docentes, por su confianza y comprensión

A la Universidad Andina Simón Bolívar que me dio la oportunidad de acogerme.

A mi tutor PhD. Luis Weimar Acosta Arce por su guía en el trabajo de investigación.

Al Municipio de Presto y al Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) por la valiosa información brindada

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfoca en el "Análisis Multitemporal del Área Natural de Manejo Integrado El Palmar" durante las gestiones de 2013, 2017, 2021 y 2023, específicamente en los meses de septiembre, ubicada en el Municipio de Presto, provincia Zudáñez, departamento de Chuquisaca. El objetivo principal de esta investigación fue calcular la variación multitemporal de la cobertura vegetal, identificar tipos de bosque, áreas con cobertura vegetal, y analizar el cambio de cobertura del suelo para detectar transformaciones significativas en el área protegida El Palmar. Para el análisis se incluyó métodos no supervisados como supervisados, con validación de datos técnicos en campo, llevados a cabo en el Área Protegida El Palmar.

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8 mediante programas especializados como QGIS y ArcGIS 10.8. Asimismo, para el análisis, se incorporó información proporcionada por el Gobierno Autónomo Municipal de Presto y la dirección del Área Protegida el Palmar -Servicio Nacional de Áreas Protegidas

Los resultados obtenidos brindan un análisis detallado de la variación en la cobertura del Área Natural de Manejo Integrado El Palmar, y se constituyen, como indicadores clave para evaluar el manejo y cumplimiento de las normativas vigentes. Dada la importancia del Área Natural de Manejo Integrado el Palmar, como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia, como bien común y parte integral del patrimonio natural y cultural del país, este estudio contribuirá a un ordenamiento espacial consensuado que describa de manera adecuada el cumplimiento de funciones ambientales, culturales, sociales y económicas. En última instancia, los resultados contribuirán al desarrollo sustentable de este valioso ecosistema.

Palabras claves: Multitemporal, Área Natural, Manejo Integrado El Palmar

ABSTRACT

This research work focuses on the "Multitemporal Analysis of the El Palmar Integrated Management Natural Area" during the 2013, 2017, 2021 and 2023 periods, specifically in the months of September, located in the Municipality of Presto, Zudáñez province, Chuquisaca department. The main objective of this research was to calculate the multitemporal variation of vegetation cover, identify forest types, areas with vegetation cover, and analyze the change in land cover to detect significant transformations in the El Palmar protected area. For the analysis, unsupervised and supervised methods were included, with validation of technical data in the field, carried out in the El Palmar Protected Area.

To carry out this research, Landsat 8 satellite image processing was used using specialized programs such as QGIS and ArcGIS 10.8. Likewise, information provided by the Autonomous Municipal Government of Presto and the management of the El Palmar Protected Area - National Service of Protected Areas was incorporated for the analysis.

The results obtained provide a detailed analysis of the variation in the coverage of the El Palmar Integrated Management Natural Area, and constitute key indicators to evaluate the management and compliance with current regulations. Given the importance of the El Palmar Integrated Management Natural Area, as part of the National System of Protected Areas of Bolivia, as a common good and an integral part of the country's natural and cultural heritage, this study will contribute to a consensual spatial planning that adequately describes the fulfillment of environmental, cultural, social and economic functions. Ultimately, the results will contribute to the sustainable development of this valuable ecosystem.

Keywords: Supervised classification with Random Forest. Changes in satellite images.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.2.1 Situación Problemática	2
1.2.1.1. Formulación del Problema de investigación.....	3
1.3 Delimitación.....	3
1.3.1 Objeto de Estudio.....	3
1.3.2 Campo de Acción	3
1.3.3 Objetivos.....	3
1.3.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.3.2 Objetivo Especifico	3
1.3.4 Hipótesis.....	3
1.3.5 Identificación de variables.....	4
1.3.6 Análisis de indicadores	4
1.4 Metodología De La Investigación	5
1.4.1 Métodos.....	5
1.4.2 Métodos teóricos	6
1.5 Métodos e instrumentos para la indagación empírica.....	6
1.5.1 Técnicas	7
1.5.2 Población y muestra.....	7
1.5.3 Diseño experimental (para comprobar la hipótesis planteada).....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Sistemas de Información Geográfica.....	11
2.2 ¿Qué es un SIG?	11
2.2.1 Sistemas de Información y Sistemas de Información Geográfica	11
2.2.2 Aplicaciones de los SIG	12
2.2.3 Teledetección	12

2.2.4	Sistemas de Teledetección.....	12
2.2.5	Ventajas y Desventajas de La Teledetección.....	13
2.2.5.1	Ventajas de la Teledetección	13
2.2.5.2	Desventajas de la Teledetección	14
2.2.6	Fundamentos Físicos de la Teledetección	15
2.2.7	Naturaleza de La Radiación.....	15
2.2.8	El Espectro Electromagnético.....	16
2.2.9	Firma Espectral	17
2.2.10	Satélite Landsat.....	18
2.2.11	Landsat 8.....	19
2.2.12	Características de Landsat 8	20
2.2.13	Características de Bandas	21
2.3	Tipos de Resolución.....	22
2.3.1	Resolución espacial	22
2.3.2	Resolución espectral.....	23
2.3.3	Resolución radiométrica.....	23
2.3.4	Resolución temporal	25
2.4	Qué es una Imagen Satelital.....	25
2.5	Qué es un Análisis Multitemporal	25
2.5.1	Uso de Sistemas de Información Geográfica en El Análisis Multitemporal.....	26
2.5.2	Insumos	26
2.5.3	Aplicaciones	27
2.6	Clasificación de Imágenes	27
2.6.1	Técnicas de Clasificación de Imágenes	28
2.7	Interpretación Visual de Imágenes Satelitales	28
2.7.1	Brillo.....	28
2.7.2	Color	29
2.7.3	Tamaño	29

2.7.4	Textura	29
2.7.5	Patrón	29
2.7.6	Sombra	30
2.7.7	Contexto	30
2.8	Qué es el Desarrollo Sostenible	30
2.9	Tipos de Sostenibilidad	31
2.9.1	Sostenibilidad Ambiental	32
2.9.2	Sostenibilidad Económica	32
2.9.3	Sostenibilidad Social	33
2.10	Los Objetivos De Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030.....	33
CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL.....		36
3.1	Ubicación Geográfica.....	36
3.2	División Política Administrativa	36
3.3	Extensión.....	38
3.4	Caracterización del Ambiente Físico	39
3.4.1	Clima	39
3.4.2	Clima sub húmedo – húmedo C2	40
3.4.3	Clima sub húmedo – seco C1	40
3.4.4	Clima semiárido D	41
3.4.5	Vulnerabilidad al cambio climático.....	41
3.5	Geología y Estratigrafía	42
3.5.1	Geología	42
3.5.2	Fisiografía.....	44
3.6	Recursos Hídricos – Cuencas Y Sub Cuencas	44
3.6.1	Características	44
3.7	Ubicación de la región.....	46
3.8	Escenario de Planificación	49
3.8.1	Plan Estratégico De Gestión.....	49

3.8.2	Marcos normativos y políticos.....	49
3.8.3	Programas De Manejo	52
3.9	Condiciones Socioeconómicas.....	53
3.9.1	Turismo.....	53
3.9.2	Políticas y lineamientos ambientales y de desarrollo turístico.....	53
3.9.2.1	El turismo sostenible	53
3.9.3	La política nacional sobre Áreas Protegidas	54
3.10	Cadena de valor de turismo.....	55
3.10.1	Actores dentro de la cadena de valor.....	55
3.11	Caracterización Económica Productiva.....	56
3.11.1	Caracterización de la agricultura.	56
3.11.2	Áreas producción	57
3.12	Caracterización De La Actividad Pecuaria	57
3.13	Características de los Ingresos, Comercialización e Intercambio	58
3.13.1	Fuentes de ingresos de la población.....	58
3.14	Situación actual.....	60
3.14.1	Suelos.....	60
3.14.1.1	Características.....	60
3.14.2	Cobertura del suelo.....	62
3.14.3	Uso actual del suelo.....	63
3.14.4	Uso potencial del suelo.....	64
3.15	Usos y Aprovechamiento del Bosque.....	65
3.16	Biodiversidad.....	66
3.16.1	Flora.....	67
3.16.1.1	El Bosque Tucumano Boliviano Transicional	67
3.16.1.2	El bosque abierto caducifolio de los Valles Secos Interandinos	68
3.16.1.3	El Chaco Serrano	68
3.16.2	Fauna	69

3.16.2.1	Fauna silvestre.....	70
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES		71
4.1	Resultados.....	71
4.2	Metodología.....	71
4.3	Cálculo de la variación multitemporal de la cobertura del Área Protegida El Palmar y identificación de los tipos de bosques o áreas con cobertura vegetal y cambios de cobertura de suelo.....	71
4.3.1	Obtención de imágenes satelitales landsat 8 de earth explorer	72
4.3.2	Crear cuenta en Earth Explorer para bajar imágenes satelitales	72
4.3.3	Post procesamiento de la Imagen	72
4.3.4	Corrección Radiométrica y Atmosférica de las Imágenes Landsat en el QGIS	73
4.3.5	Proyectar imagen	74
4.3.6	Corrección topográfica de imágenes landsat 8 en QGIS.....	74
4.3.7	Clasificación de imágenes satelitales Landsat 8.....	75
4.3.7.1	Clasificación supervisada.....	75
4.3.8	Clasificación Con Random Forest	75
4.3.9	Categorías de Uso de Suelos	76
4.3.10	Clasificación de la cobertura y su análisis.....	77
4.4	Matriz de confusión	79
4.4.1	Porcentaje correctamente clasificado para el año 2013	80
4.5	Discusión	81
4.5.1	Dinámica de Cobertura Vegetal.....	81
4.5.2	Impacto en la Biodiversidad y la Conservación.....	82
4.5.3	Evaluación de las Políticas de Manejo	82
4.5.4	Consideraciones Futuras	82
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS		88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ventajas Teledetección	14
Figura 2. Desventajas Teledetección	15
Figura 3. Naturaleza de la Radiación	16
Figura 4. Espectro Electromagnético	17
Figura 5. Misión cronológica Landsat.....	19
Figura 6. Resolución espacial – Comparación de tamaño de pixel de una imagen.	22
Figura 7. comparación de bandas LANDSAT 7 y 8, sentinel-2, ASTER L1T y MODIS.....	23
Figura 8. Resolución radiométrica: comparación en los niveles de grises o niveles digital (ND) de una imagen (UNESCO RAPCA).	23
Figura 9. Codificación de los ND de una imagen Landsat 8bits.....	24
Figura 10. Desarrollo Sostenible	31
Figura 11. Ubicación del ANMI El Palmar.....	47
Figura 12. Límites ANMI El Palmar	48
Figura 13. Programa de Gestión del AP.	53
Figura 14. Esquema Metodología	71
Figura 15. Pantalla de la página EARTH EXPLORET.....	72
Figura 16. Corrección Atmosférica en QGIS del área de estudio Área protegida el Palmar.73	
Figura 17. Corrección Topográfica.....	74
Figura 18. Clasificación de la cobertura y uso de suelos del año 2013 y 2017	78
Figura 19. Clasificación de la cobertura y uso de suelos del año 2021 y 2023	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operativización de las variables.	4
Tabla 2. Coordenadas UTM de muestreo del área protegida el palmar.	7
Tabla 3. Características landsat 8.....	20
Tabla 4. Características imagen Landsat 8.....	21
Tabla 5. Escala del mapa mediante la resolución espacial (m)	22
Tabla 6. Número de bits determinando el rango de gris o ND.	24
Tabla 7. Ubicación Geográfica.	36
Tabla 8. División política y administrativa del Municipio de Presto.	37
Tabla 9. Límites Naturales del Anmi El Palma	39
Tabla 10. Estratigrafía	43
Tabla 11. Fisiografía	44
Tabla 12. Curso y uso de los Recursos Hídricos.....	46
Tabla 13. Marco Normativo y Políticos.....	49
Tabla 14. Ingreso Neto de la Producción Agrícola	59
Tabla 15. Ingreso Neto de la Producción de Ganado.....	59
Tabla 16. suelos.....	61
Tabla 17. Cobertura de suelo.	63
Tabla 18. Uso actual del suelo	64
Tabla 19. Uso Potencial del Suelo	65
Tabla 20. Categoría de Uso de Suelos	76
Tabla 21. Superficies y porcentaje	79
Tabla 22. Matriz de confusión año 2013	80
Tabla 23. Matriz de confusión año 2017	80
Tabla 24. Matriz de confusión año 2021	81
Tabla 25. Matriz de confusión año 2023	81

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

A nivel global, las técnicas de teledetección se han consolidado como herramientas clave para detectar modificaciones en la cobertura vegetal y los patrones de uso del suelo. Esta tecnología desempeña un papel crucial en el seguimiento de fenómenos naturales, así como en la identificación de cambios ocasionados por actividades humanas o procesos naturales que impactan una región. (Cárdenas, 2005).

Una herramienta fundamental para la elaboración de este tipo de estudios, son las imágenes satelitales, brindando mayor cantidad de datos en base a observaciones satélites de alta precisión, imágenes que al ser procesadas nos brindan una información de fácil entendimiento, igual o mejor que un levantamiento terrestre. (Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2015).

Los sensores instalados en satélites de observación terrestre generan imágenes que poseen características únicas, convirtiéndose en valiosas fuentes de información. “Estas imágenes destacan por su capacidad de proporcionar datos homogéneos y una visión panorámica de la superficie terrestre, permitiendo una cobertura global y periódica que resulta esencial para diversos estudios y aplicaciones”. El uso de las imágenes satelitales se ha divulgado en los últimos años para una gran variedad de aplicaciones: desarrollo y planificación urbana, infraestructura, uso del suelo, estudios ambientales, recursos naturales, agricultura, desastres naturales, entre otros. (Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2015).

Un análisis multitemporal permite identificar variaciones en la cobertura vegetal a lo largo de diferentes periodos, lo que facilita la detección de transformaciones en el entorno natural o los impactos de las actividades humanas sobre la vegetación. (Skole,1994; Chuvieco, 1996).

Generalmente los estudios del cambio de uso del suelo forestal evalúan la velocidad de la deforestación/reforestación, determinan su extensión geográfica y entienden cuáles son las causas sociales y económicas de los cambios, en las escalas global, regional y local. El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio. (Skole,1994; Chuvieco, 1996).

El Palmar mediante el Decreto Supremo 24623 de 20 mayo de 1997 declarado “AREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO EL PALMAR, abarca una extensión de 59.484 hectáreas y se localiza en la provincia Zudañez, dentro del departamento de Chuquisaca. Su territorio comprende los cantones Rodeo y Pasopaya, pertenecientes al municipio de Presto”.

Se constituye en Área Protegida de Carácter Nacional, que se encuentra bajo tuición del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente a través de la autoridad competente. Ahora Ministerio de Medio Ambiente y Aguas (Guía Palmar, 2014-2023).

Los objetivos fundamentales del Área Natural de Manejo Integrado EL PALMAR son:

a) Protección y conservación específica de la palmera *Parajubaea torralyi* (janchi coco) especie vegetal endémica, y *Podocarpus parlatorei* (pino de monte) especie que se encuentra en el apéndice I de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (Guía Palmar, 2014-2023).

b) Protección y conservación de los ecosistemas prístinos representativos de los ecosistemas de los Valles Secos Interandinos, en los cuales se destacan especies vegetales como son: *Alnus acuminata* (aliso), *Polylepis* spp (quehuiña) y otras Myrtaceas, *Mauria thaumatophylla*, *Cardenasiodendron brachyptum*, *Espositoaguentheri* spp, *Noeraimondia herzogiana* (carapari), *Pereskia higeriana* (sacha rosa), *Browningia caineana* y otras. (Guía Palmar, 2014-2023).

c) Protección y conservación de la fauna existente en el lugar: *Felis concolor* (puma), *Tremarctos ornatus* (jucumari) y *Ara rubrogenys* (paraba de frente roja). *Tayassu tajacu* (pecari), *Tamandua tetradactyla* (oso hormiguero), *Procyon cancrivorus* (osito labrador), *Vultur gryphus* (condor) y *Opisthocomus hoatzin* (pava serere). (Guía Palmar, 2014-2023).

d) Regular el uso de los recursos naturales que efectúa la población asentada en el lugar para acceder a los beneficios derivados de la conservación y manejo del área. (Guía Palmar, 2014-2023).

e) Precautelar y contribuir al resguardo del patrimonio arqueológico y cultural, y al rescate de las tradiciones de los habitantes del área. (Guía Palmar, 2014-2023).

f) Incentivar la recreación en la naturaleza, la investigación científica, el monitoreo de procesos ecológicos y la educación ambiental. (Guía Palmar, 2014-2023).

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Situación Problemática

El presente trabajo plantea el problema de analizar cuál es el cambio de uso cobertura de suelo tipos de bosque o áreas con cobertura vegetal, a partir de la interpretación de imágenes satelitales landsat que ha sufrido en los años 2013 y 2023, en un área que comprende el Área natural de manejo integrado protegida El Palmar en la provincia Zudañez del departamento de Chuquisaca clasificarlas utilizando para ello metodologías de proceso de imágenes satelitales.

1.2.1. Formulación del Problema de investigación

¿En qué medida el análisis multitemporal de la cobertura del suelo y los tipos de bosque en el Área Natural de Manejo Integrado El Palmar, 2013-2023, permite evaluar las implicaciones para la conservación y el cumplimiento de normativas dentro el ANMI?

1.3 Delimitación

1.3.1 Objeto de Estudio

Análisis multitemporal Área natural de manejo integrado El Palmar para determinar los cambios que se genera en la cobertura vegetal en los años 2013 y 2023. de la provincia Zudañez del departamento de Chuquisaca.

1.3.2 Campo de Acción

Análisis multitemporal Área natural de manejo integrado El Palmar del departamento de Chuquisaca municipio Presto para determinar los cambios generados en la cobertura vegetal en los periodos definidos en la presente investigación.

1.3.3 Objetivos

1.3.3.1 Objetivo General

Determinar la cobertura vegetal a través del análisis multitemporal del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar comprendido entre el periodo 2013-2023.

1.3.3.2 Objetivo Especifico

Calcular la variación multitemporal de la cobertura del suelo en el Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar entre 2013 - 2023, mediante técnicas de teledetección de Random forests.

Identificar los cambios en la cobertura del suelo, diferenciando los tipos de bosque, en el ANMI.

Elaborar mapas temáticos que representen los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo en los periodos 2013 al 2023 en el ANMI.

1.3.4 Hipótesis

Mediante el análisis multitemporal del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar durante el período 2013-2023 permitirá determinar si se ha cumplido con la normativa de protección en cuanto a los usos de suelo dentro del área protegida.

1.3.5 Identificación de variables

▪ Variable independiente

Esta variable representa el proceso de análisis multitemporal aplicado al Área Natural de Manejo Integrado El Palmar durante el periodo de 2013 a 2023 en el Municipio de Presto, Chuquisaca.

La variable se medirá a través de datos cuantitativos obtenidos mediante el análisis de imágenes satelitales y la aplicación de técnicas de teledetección. La información resultante permitirá evaluar la dinámica temporal y los patrones de cambio en la cobertura del Área Natural de Manejo Integrado El Palmar.

▪ Variable dependiente

Esta variable representa la condición y distribución de la cobertura vegetal en el Área Natural de Manejo Integrado El Palmar específicamente en los años 2013,2017,2021 y 2023.

La variable se medirá mediante datos cuantitativos y cualitativos obtenidos a partir del análisis de imágenes satelitales y técnicas de teledetección específicamente para el año 2023. La información resultante permitirá comprender el estado actual de la cobertura vegetal en el área de estudio, sirviendo como base para la evaluación de cambios a lo largo del tiempo.

1.3.6 Análisis de indicadores

Tabla 1. Operativización de las variables.

Pregunta de Investigación	Objetivo general	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
¿Del análisis multitemporal del Área natural de	Determinar el efecto Área natural de manejo integrado El Palmar en la	Variable independiente: suelo	Bosque Alto	Superficie de cambio a través de los años sobre el cambio que sufre de bosques	Obtención de punto mediante GPS navegador en campo y análisis visual en
			Bosques Bajo		
			Suelos Desnudos		
			Pastizal		

manejo integrado El Palmar 2013 – 2023 Municipio de Presto, Chuquisaca realizada en los periodos definidos será significativa?	Provincia Zudañez del departamento de Chuquisaca, en el periodo de tiempo comprendido entre 2013 y 2023;		otros	cobertura vegetal suelos desnudos y entre otros	imágenes satelitales como soporte técnico y la utilización de los diferentes programas para su procesamiento
	mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales.	Variable dependiente : Variación multitemporal	Descarga de imágenes de las diferentes gestiones: 2013, 2017, 2021 y 2023	Obtención de imágenes de diferentes gestiones para su procesamiento y análisis	Procesamiento de imágenes para su mejor interpretación
			Variación multitemporal entre los años 2013, 2017, 2021 y 2023.	Variación multitemporal 2013, , 2017, 2021 y 2023	Análisis supervisado de imágenes satelitales Lansat 8. Normativas, observación en campo e interpretación.

Nota: Elaboración Propia

1.4 Metodología De La Investigación

La metodología a ser utilizado será para el análisis multitemporal serán:

1.4.1 Métodos

La metodología de la investigación se basa en un enfoque mixto que combina métodos teóricos y empíricos. Para el análisis multitemporal del Área Natural de Manejo Integrado El Palmar (ANMI El Palmar) en el periodo 2013-2023, se utilizaron diversas técnicas de

teledetección y herramientas estadísticas para identificar los cambios en la cobertura vegetal y el uso de la tierra. Además, se emplearon métodos teóricos para interpretar los datos y comprender los procesos subyacentes en los cambios observados. Estos métodos están detallados a continuación:

1.4.2 Métodos teóricos

- **Método de análisis histórico y lógico**

Se utilizó con el fin de conocer la deforestación respecto al desarrollo sostenible con el cuidado que se maneja dentro del área protegida.

- **Método de Análisis Documental**

Utilizando este método, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de textos, informes, decretos y otros documentos relevantes relacionados con la temática. Este análisis documental permitió la recopilación de información clave para la elaboración del Marco Teórico y proporcionó un contexto enriquecido para la investigación.

- **Método inducción deducción**

Con estos instrumentos se logró interpretar las teorías bibliográficas, para luego de un proceso de deducción completar los fundamentos teóricos específicos del análisis multitemporal del Área natural de manejo integrado El Palmar en la Provincia Zudañez del departamento de Chuquisaca.

Método de análisis y síntesis

Este método se utilizó para clasificar y organizar las teorías necesarias para la elaboración del marco teórico. Se realizó un análisis detallado de las diferentes perspectivas teóricas relacionadas con el análisis multitemporal, y luego se sintetizó esta información para construir un marco teórico integral y coherente.

1.5 Métodos e instrumentos para la indagación empírica

- **Método de la medición**

Se utilizó en la cuantificación estadística de los datos obtenidos con la aplicación de diferentes instrumentos como ser GPS navegador. La sistematización de datos se presenta en cuadros y gráficos respectivamente.

Métodos de observación

Se observó in situ los diferentes lugares y se realizó una interpretación de análisis visual de las imágenes satelitales para sistematizar información sobre el área protegida El Palmar.

1.5.1 Técnicas

▪ Entrevista

Utilizada mediante una guía de entrevista dirigida a Los guarda parques y guías de la población del municipio de Presto para conocer sobre la importancia de realizar en análisis multitemporal de las diferentes gestiones como estrategia de disminución de deforestación o pérdida de la cobertura vegetal.

1.5.2 Población y muestra

▪ Población

Para la cuantificación de la variación multitemporal de la cobertura del Área natural de manejo integrado El Palmar en la Provincia Zudañez del departamento de Chuquisaca se toma en cuenta la superficie de 59.484 ha. De acuerdo al decreto supremo N°24623.

▪ Muestra

Para seleccionar la muestra se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia dado que la superficie y la topografía es extensa para la misma se utilizó la superficie del área protegida El Palmar 59.484 ha donde se identificó In situ diferentes puntos con equipo GPS navegador. Las cuales son en los sectores siguientes:

Tabla 2. Coordenadas UTM de muestreo del área protegida el palmar.

PUNTO	ESTE	NORTE
Sector Bosque Alto	298022	7932418
Sector Suelo Desnudo	304202	7922026
Sector Pastizal	300274	7949629
Sector Bosque Bajo	305441.	7942854

Nota: Elaboración Propia

1.5.3 Diseño experimental (para comprobar la hipótesis planteada)

El Área Natural de Manejo Integrado El Palmar se considera como un caso único debido a sus características particulares, su importancia ecológica y su designación como área protegida. Este enfoque permitirá una comprensión detallada de la situación específica del ANMI El Palmar.

- **Modelo matemático**

El modelo matemático del Random Forest se basa en la combinación de múltiples árboles de decisión, y cada uno de estos árboles sigue un proceso de construcción específico. A continuación, se presenta el modelo matemático detrás de Random Forest.

1. Conjunto de Datos y Construcción del Bosque:

Dado un conjunto de datos de entrenamiento

$$D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^N \text{ con } N$$

observaciones, donde $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ es un vector de características con

p características y y_i es la etiqueta o valor objetivo correspondiente, el algoritmo Random Forest realiza los siguientes pasos:

1. Muestreo Bootstrap:

Para cada árbol T_m en el bosque (con $m=1,2,\dots,M$):

Se genera un subconjunto D_m de D mediante el muestreo con reemplazo (bootstrap). Este subconjunto tiene el mismo tamaño que el conjunto de datos original, pero puede contener duplicados.

2. Construcción del Árbol T_m :

Para cada nodo en el árbol:

Se selecciona un subconjunto aleatorio de características $F_m \subseteq \{1,2,\dots,p\}$ donde el tamaño de F_m es k , y típicamente $k \ll p$.

Se evalúan las posibles divisiones de los datos en función de las características de F_m . Para clasificación, la división óptima minimiza la impureza del nodo, medida típicamente por la **impureza de Gini** $G(p)$ o la **entropía** $H(p)$. Para regresión, la división óptima minimiza la **varianza**.

Impureza de Gini para un nodo con distribución de clases $p = (p_1, p_2, \dots, p_K)$ es:

$$G(p) = 1 - \sum_{k=1}^K p_k^2$$

donde p_k es la proporción de la clase k en el nodo.

- **Entropía:**

$$H(p) = - \sum_{k=1}^K p_k \log(p_k)$$

- La mejor división es aquella que maximiza la reducción en la impureza o la varianza.

4. Predicción en Random Forest:

Después de entrenar Márboles, se hace la predicción de la siguiente manera:

- **Para clasificación:**

- Se toma el **voto mayoritario** entre las predicciones de los M árboles.

$$\hat{y} = \text{modo}\{T_1(x'), T_2(x'), \dots, T_M(x')\}$$

donde $T_m(x')$ es la predicción del árbol m para la nueva instancia x'

Para regresión:

Se toma el promedio de las predicciones de los Márboles.

$$\hat{y} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M T_m(x')$$

donde $T_m(x')$ es la predicción del árbol m para la nueva instancia x'

5. Formalización del Modelo:

El modelo Random Forest para un conjunto de datos se puede formalizar como una función de predicción $\hat{f}(x)$ que es una combinación de M árboles de decisión individuales:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M T_m(x)$$

X es un vector de características de entrada.

$T_m(x)$ es la predicción del árbol m para la entrada x.

Para la clasificación, se considera la función de modo (mayoría de votos) de las predicciones. Para regresión, se considera el promedio de las predicciones.

6. Importancia de Características:

En Random Forest, también es posible calcular la importancia de las características, que se mide por la reducción promedio de la impureza (o de la varianza) en todos los nodos de todos los árboles que se utilizan una característica particular (Breiman, L. 2001).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden definir como herramientas que facilitan el almacenamiento, consulta, manipulación y representación de datos espaciales. La representación de este tipo de información corresponde al ámbito de la Cartografía, por lo que resulta pertinente introducir algunos conceptos fundamentales de esta disciplina. Desde tiempos antiguos, la humanidad ha buscado formas de representar la superficie terrestre y los elementos presentes en ella.

“En sus orígenes, los mapas tenían como propósito principal apoyar la navegación. Estos primeros mapas, conocidos como portulanos, indicaban las rutas necesarias para desplazarse de un puerto a otro. Su precisión en la representación de las tierras emergidas era secundaria, priorizándose en cambio la exactitud en las direcciones y distancias entre los puntos de navegación”.

Aunque las cartas náuticas modernas conservan un diseño similar, la llegada de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) ha transformado significativamente los métodos de navegación. Durante los primeros años del período colonial, la cartografía dejó de limitarse a indicar rutas marítimas. Se volvió imprescindible medir superficies y distancias en los nuevos territorios con el objetivo de establecer un control más eficiente sobre ellos. Por otro lado, se hace necesario representar los diversos elementos, recursos y factores ambientales de la superficie terrestre para conseguir una mejor visión de la distribución de los fenómenos naturales y asentamientos humanos sobre la superficie terrestre. (Bosque Sendra J, 2000).

2.2 ¿Qué es un SIG?

2.2.1 Sistemas de Información y Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información (SI) se define como la integración de datos en formato digital

con herramientas tecnológicas específicas (software) diseñadas para analizarlos y alcanzar objetivos determinados dentro de una organización, ya sea en el ámbito empresarial, administrativo o de otro tipo. Un SIG es un caso particular de SI en el que la información aparece georreferenciada es decir incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica (generalmente UTM). (Bosque Sendra, J. 2000).

Al referirse a los Sistemas de Información, es común asociarlos con complejas infraestructuras informáticas diseñadas para respaldar las operaciones de empresas u

organismos de gran escala. Este tipo de apoyo incluye diversos aspectos fundamentales (Bosque Sendra, J. 2000).

Almacenar información relacionada con el capital de la empresa y las transacciones realizadas.

- Facilitar la consulta de datos específicos de manera accesible y desde múltiples puntos de acceso.
- Analizar la información para obtener una comprensión más profunda de los desafíos que enfrenta la empresa.
- Apoyar en la toma de decisiones clave dentro de la organización.

2.2.2 Aplicaciones de los SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que facilita la integración de bases de datos espaciales y la aplicación de diversas técnicas de análisis de información geoespacial. "En consecuencia, cualquier actividad que implique el uso del espacio puede beneficiarse significativamente de la implementación de SIG". Entre las aplicaciones más usuales destacan (Bosque Sendra, J. 2000).

- Aplicaciones científicas, especialmente en el campo de las ciencias ambientales y en áreas relacionadas con el estudio del espacio.
- Desarrollo de modelos empíricos, como aquellos que correlacionan variables como la temperatura con factores como altitud, orientación, entre otros, basándose en mediciones realizadas en el sitio.
- Modelización cartográfica, que implica la aplicación de modelos empíricos para la creación de mapas temáticos, como los mapas de temperatura generados a partir de datos sobre altitud, orientación y otras variables.

2.2.3 Teledetección

"La teledetección es la técnica que permite la obtención de información de objetos o fenómenos sin la necesidad de contacto directo, utilizando sensores que captan la radiación emitida o reflejada en diferentes longitudes de onda. Esta información es procesada y analizada para aplicaciones como la monitorización de recursos naturales, el cambio climático y la planificación territorial." (Chuvieco, E., 2002).

2.2.4 Sistemas de Teledetección

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

Teledetectores activos. Estos sensores emiten su propia fuente de energía (como radar o LIDAR) hacia el objeto de estudio y miden la radiación reflejada. Esto les permite obtener información sin depender de la luz natural, lo que los hace útiles incluso en condiciones nocturnas o meteorológicas adversas. (Ingeoexpert, 2018).

Teledetectores pasivos. Estos sensores capturan la radiación natural que emite o refleja el objeto de estudio, como la luz solar reflejada o la radiación térmica infrarroja. Son comunes en aplicaciones que requieren observaciones diurnas, aunque algunos, como los infrarrojos, también pueden ser utilizados en la noche. (Ingeoexpert, 2018).

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

Sensor. Es el dispositivo que captura las imágenes o datos del objeto de estudio. Puede ser una cámara o un sensor especializado que convierte la radiación electromagnética en datos procesables. (Ingeoexpert, 2018).

Centro de recepción. Recibe la información transmitida por el sensor. Esta información se procesa, se decodifica y se corrige antes de ser almacenada o utilizada. (Ingeoexpert, 2018).

Canal de distribución. Una vez procesados los datos, estos se distribuyen para su interpretación y análisis. Dependiendo del tipo de información, puede ser utilizado por expertos o directamente por los usuarios. (Ingeoexpert, 2018).

2.2.5 Ventajas y Desventajas de La Teledetección

2.2.5.1 Ventajas de la Teledetección

1. Acceso a información en áreas inaccesibles: La teledetección permite obtener datos de zonas donde no es posible realizar mediciones directas, como áreas remotas o de difícil acceso, lo cual es crucial para estudios globales o en lugares como océanos o selvas. (Chuvieco & Hurtado, 2017-2017).

2. Monitoreo global y continuo: Los sistemas de teledetección, especialmente los satélites, proporcionan información consistente a nivel mundial, lo que permite realizar estudios y monitoreos en tiempo real, independientemente de las condiciones climáticas. Esta capacidad de observación constante es crucial para abordar problemas como el cambio climático y la gestión de desastres naturales. (Chuvieco & Hurtado, 2017-2017).

3. Integración con sistemas terrestres: Los datos de teledetección pueden combinarse con observaciones en el terreno, lo que permite un análisis más preciso y frecuente de los recursos hídricos y otros parámetros ambientales. (Chuvieco & Hurtado, 2017-2017).

2. Disponibilidad gratuita de datos: Una de las grandes ventajas de la teledetección es que muchos datos están disponibles de forma gratuita, lo que facilita el acceso y el análisis por parte de investigadores y organismos internacionales. Además, existen herramientas en línea que permiten procesar estos datos con facilidad. (Chuvieco & Hurtado, 2017-2017).

Figura 1. Ventajas Teledetección



Nota: (Víctor, 2014)

2.2.5.2 Desventajas de la Teledetección

- **Resolución espectral, espacial, temporal y radiométrica:**

"Es difícil obtener alta resolución en todos los aspectos a la vez. Por ejemplo, un satélite con alta resolución espacial puede tener una resolución temporal limitada debido a la órbita que sigue, lo que puede dificultar la monitorización continua de un área." (Campbell & Wynne, 2011).

- **Grandes cantidades de datos y tiempo de procesamiento:**

"Los datos de teledetección generan grandes volúmenes de información que requieren herramientas avanzadas de almacenamiento, procesamiento y análisis. Esto puede implicar tiempos prolongados de procesamiento y necesidad de software especializado." (Jensen, 2015).

- **Necesidad de herramientas adicionales para procesamiento y visualización:**

"El análisis de los datos satelitales a menudo requiere de software y plataformas especializadas para su procesamiento, lo que puede agregar costos adicionales y aumentar la complejidad de su aplicación." (Lillesand & Chipman, 2015).

- **Validación de los datos a nivel regional y local:**

"A pesar de los avances en la teledetección, los datos satelitales a menudo requieren validación en el terreno, ya que la resolución espacial de los sensores no siempre es suficiente para capturar todas las variaciones en áreas complejas a nivel local." (Sabins, 2007).

Figura 2. Desventajas Teledetección



Nota: NOAA. (*Fundamentals_of_RS_Span.pdf*, 2023).

2.2.6 Fundamentos Físicos de la Teledetección

La teledetección es una técnica que permite obtener información sobre objetos a distancia, sin contacto físico directo, en este caso, objetos ubicados sobre la superficie terrestre. "Para que esta observación sea posible, es fundamental que, aunque no exista contacto material, haya una interacción entre los objetos y el sensor. Esta interacción se produce a través del flujo de radiación que emana de los objetos y se dirige hacia el sensor". Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos: (Jensen, 2015).

Radiación solar reflejada por los objetos(luz visible e infrarrojo reflejado).

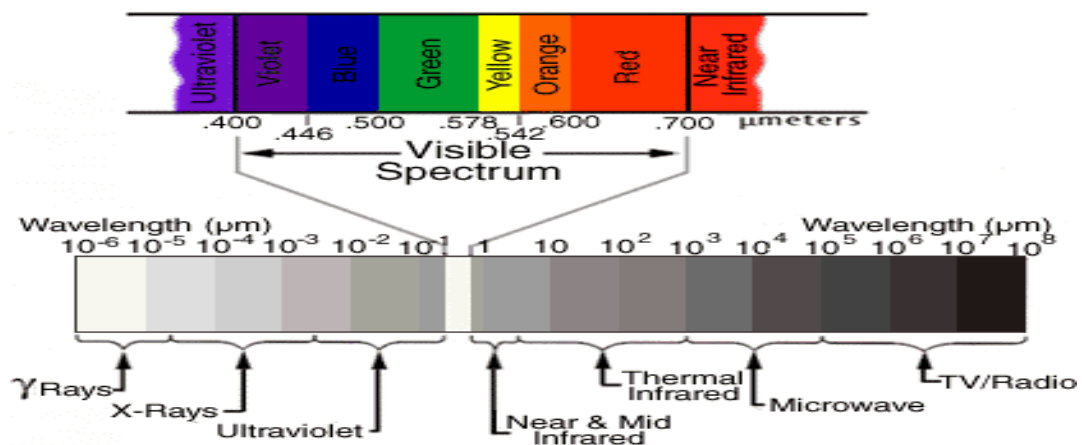
- Radiación térmica emitida por los objetos en la superficie terrestre, especialmente en el espectro del infrarrojo.
- Radiación enviada desde el sensor y reflejada por los objetos, como ocurre en las tecnologías basadas en radar.

2.2.7 Naturaleza de La Radiación

La radiación electromagnética es una forma de energía que se propaga mediante ondas que se desplazan por el espacio a la velocidad de la luz (300000 Km/s) transportando cantidades discretas de energía.(Teledetección, 2023).

Las ondas electromagnéticas se distinguen por su amplia variedad de longitudes de onda, que van desde los rayos X y gamma, con longitudes de onda inferiores a 100 Ångströms, hasta las ondas utilizadas en la televisión y la radio, que superan el metro de longitud. “El conjunto de todas estas longitudes de onda forma lo que se conoce como el espectro electromagnético”. Dentro de este espectro, se pueden identificar diferentes regiones según las variaciones en la longitud de onda. Las regiones más utilizadas por las diferentes técnicas de teledetección son: (Teledetección, 2023).

Figura 3. Naturaleza de la Radiación



Nota: (Universidad de Murcia, Teledetección, 2023)

Luz visible

Infrarrojo reflejado

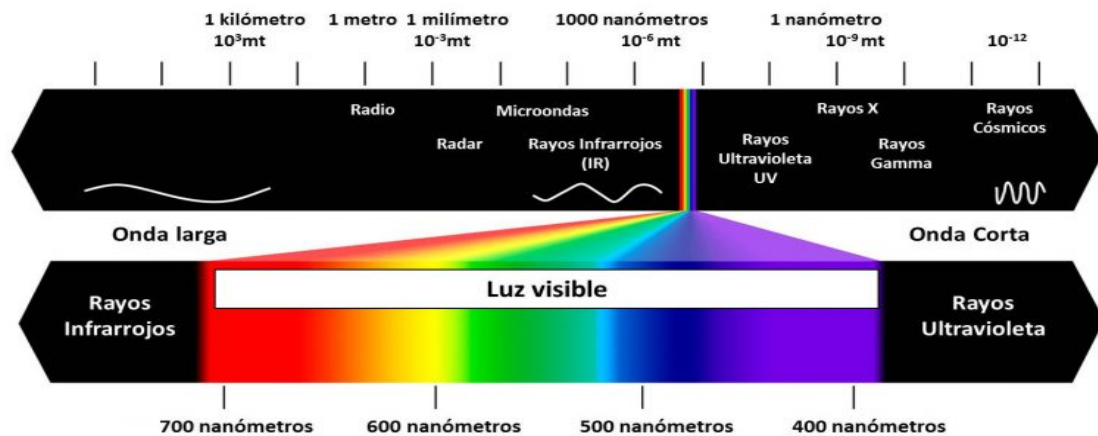
Infrarrojo térmico

Radar

2.2.8 El Espectro Electromagnético

Para comprender el funcionamiento de la teledetección, es fundamental conocer el concepto de espectro electromagnético. Este término hace referencia al rango completo de longitudes de onda que abarca toda la radiación electromagnética, desde las ondas más largas hasta las más cortas. Desde las ondas de longitud corta, como los rayos x, pasando por la luz visible para el ojo humano, hasta las ondas de longitud larga, como las de radio. (Teledetección, 2023).

Figura 4. Espectro Electromagnético



Nota: (Universidad de Murcia, Teledetección, 2023)

Como se puede ver en la figura anterior, lo que denominamos "luz visible" es una pequeña fracción de todo el espectro electromagnético. De hecho, existe mucho más que no podemos ver comparado con lo que nuestros ojos pueden detectar. (Teledetección, s. f.)

Si fuéramos una abeja, la "luz visible" para nosotros correspondería al rango del ultravioleta (10 nm a 380 nm), una longitud de onda que los seres humanos no podemos percibir. Por otro lado, si fuéramos un pez carpín dorado, podríamos detectar la radiación infrarroja (700 nm a 1 mm) con nuestros ojos, una capacidad que los humanos no poseemos. Los humanos no podemos verla, en cambio, sentimos parte de la radiación infrarroja en forma de calor. (Teledetección, 2023).

Es relevante señalar que el espectro electromagnético se clasifica en diferentes regiones, las cuales se definen según sus longitudes de onda. Estas regiones son denominadas bandas espectrales, y cada una de ellas agrupa un conjunto específico de longitudes de onda.

Algunas de ellas son: Ultravioleta, Infrarrojo, Microondas, Visible, etc. (*¿Qué son los Sensores Remotos?*, 2020). (Teledetección, 2023).

2.2.9 Firma Espectral

Una firma espectral es la cantidad de energía reflejada por un objeto en una longitud de onda específica. Cada objeto tiene una firma espectral característica, ya que posee una composición química particular. (Teledetección, 2023).

¿Por qué es tan importante el espectro electromagnético para nosotros? La respuesta es bastante sencilla: Porque cada objeto sobre la superficie terrestre refleja, absorbe y

transmite luz de forma diferente y característica, dependiendo de su composición química. (Teledetección, 2023).

Para nada nuestros ojos son los mejores sensores, en realidad la mayoría de los objetos reflejan luz en bandas que nuestro ojos no pueden detectar, pero sí podemos medirlos por medio de sensores conocidos como espectrómetros, y como es de imaginar, detectan la luz reflejada por los objetos en bandas. (Teledetección, 2023).

Nosotros vemos las plantas de colores verdes porque esas son las longitudes de onda de luz que más reflejan sus hojas. Pero, aunque sabemos que la vegetación que se encuentra en buenas condiciones refleja más luz en la banda del “infrarrojo cercano”, nosotros somos incapaces de percibirlo. (Teledetección, 2023).

Para esto, necesitamos de los datos tomados por los sensores y dentro del programa SIG calculamos el Índice de Vegetación Normalizado (o NDVI), que es que nos ayudará a determinar el estado de salud y clasificar la vegetación. (Teledetección, 2023).

2.2.10 Satélite Landsat

El programa Landsat consiste en una serie de misiones de observación de la Tierra por satélite, gestionadas en conjunto por la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos. En 1972, el lanzamiento de ERTS-1 (Satellite Earth Resources Technology, que posteriormente fue renombrado como Landsat 1) marcó el inicio de una serie continua de satélites que han proporcionado datos sobre la superficie terrestre mediante teledetección espacial. El último satélite de la serie es Landsat 8, la Misión de Continuidad de Datos de Landsat (LDCM), se puso en marcha el 11 de febrero de 2013, los datos adquiridos por el satélite continúan para expandir el archive para los usuarios de en todo el mundo. (Bravo Morales, 2020 & NASA, 2013).

Serie de satélites Landsat y año de su lanzamiento:

Landsat 1: 23/07/1972 – 06/01/1978

Landsat 2: 22/01/1975 – 25/01/1982

Landsat 3: 05/03/1978 – 31/03/1983

Landsat 4: 16/06/1982 – 14/12/1993

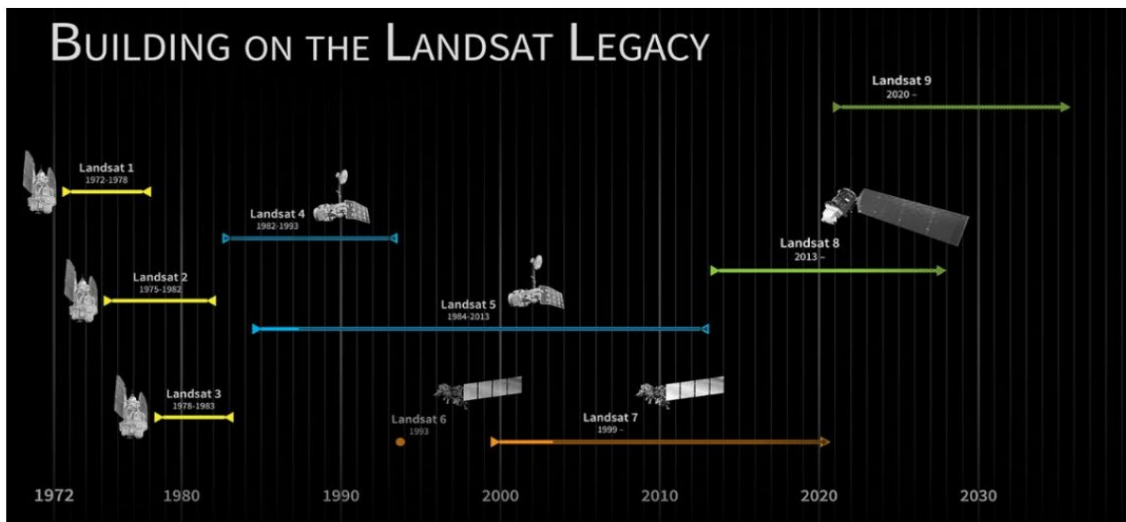
Landsat 5: 07/03/1984 – 05/06/2013

Landsat 6: 03/10/1993 - Lanzamiento fallido.

Landsat 7: 1999 – 2003 OF SLC - actualidad

Landsat 8: 2013 – actualidad

Figura 5. Misión cronológica Landsat



Nota: (Bravo Morales, 2020)

2.2.11 Landsat 8

El 11 de febrero de 2013, el vehículo Atlas-V, que transportaba el satélite LDCM (Landsat Data Continuity Mission), fue lanzado desde la plataforma de lanzamiento USS Vandenberg. Esta misión fue diseñada para dar continuidad al programa de captura global de imágenes espaciales que los Estados Unidos han llevado a cabo desde 1972, utilizando la serie Landsat.

El satélite LDCM está equipado con un sistema de detección remota que incluye el radiómetro multicanal OLI (Operational Land Imager) y el radiómetro infrarrojo de dos canales TIRS (Thermal Infrared Sensor). El OLI, desarrollado por Ball Aerospace & Technologies, opera en nueve longitudes de onda que abarcan el rango de 0.433 a 2.300 μm y ofrece imágenes con una resolución espacial de hasta 15 metros mediante el uso de avanzadas tecnologías de imagen satelital.

Para su desarrollo se utilizó el satélite experimental EO-1 (lanzado en el año 2000 y equipado con el radiómetro Advanced Land Imager, un prototipo del radiómetro OLI). (NASA,2013).

El satélite está equipado con una carga útil que presenta un diseño optimizado, caracterizado por un menor número de elementos móviles. Este diseño contribuye a mejorar la fiabilidad y prolongar la vida útil del satélite, estimándose un aumento de al menos cinco años. Las imágenes generadas por el satélite ofrecen una precisión cartográfica que alcanza los 12 metros o más. Gracias a OLI, por primera vez en la serie de satélites Landsat, es posible realizar observaciones a través de dos nuevos rangos de longitud de onda, que son

cruciales para el estudio de cirros y la evaluación de la calidad de las aguas de lagos y zonas costeras. (NASA,2013).

El instrumento TIRS genera imágenes con una resolución espacial de 100 metros. Su objetivo principal es obtener las características de temperatura de la superficie y estudiar el proceso de transferencia de calor y humedad en el ámbito de la agricultura, la gestión del agua, etc. (NASA,2013).

A diferencia de los equipos instalados en satélites Landsat anteriores, el instrumento TIRS tiene la capacidad de realizar observaciones en dos combinaciones de ocho bandas de longitud de onda infrarroja, en lugar de solo una. Ambos instrumentos fotografían en modo de barrido a lo largo de la trayectoria de la nave, lo que reduce el nivel de distorsión radiométrica en comparación con los instrumentos de barrido transversal utilizados en satélites Landsat anteriores.(*El Satélite Landsat 8*, 2021)

2.2.12 Características de Landsat 8

Tabla 3. Características landsat 8

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Participantes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “NASA” ▪ “DOI USGS” ▪ “Bus Espacial: Orbital Science Corp”. ▪ “Sensor Operational Land Imager (OLI): Ball Aerospace & Technologies Corp”. ▪ “Sensores Thermal Infrared: Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA”
Fecha de lanzamiento	11 de febrero de 2013
Vehículo	Cohete Atlas-V
Lugar	Base de la Fuerza Aérea Vandenberg, California
Nave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registrador de datos de estado sólido de 3.14 terabit ▪ Energía suministrada por un único panel solar de 9 x 0,4 metros y una batería de 125 Amperios-Hora (Ahr) de Níquel-Hidrógeno (NiH2). ▪ Peso: 2,071 kg (4,566 lb) completamente cargado de combustible (sin instrumentos) ▪ Longitud: 3 m (9.8 ft) ▪ Diámetro: 2.4 m (7.9 ft)
Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conexión Directa con grabadoras de estado sólido (SSR) ▪ Velocidad de transmisión de datos: 384 Mbps en la frecuencia de la banda X; 260,92 Mbps en la frecuencia de la banda S

Órbita	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de Referencia Mundial-2 (WRS-2), sistema Path/Row ▪ Órbita sincrónica con el Sol a una altitud de 705 km (438 mi) ▪ Ciclo de 233 órbitas; cubre todo el globo cada 16 días (excepto las latitudes polares más altas) ▪ Inclinación de 98,2° (ligeramente retrógrado) ▪ Realiza un giro completo a la Tierra cada 98.9 minutos ▪ Hora de travesía ecuatorial: 10:00 a.m. +/- 15 minutos
Sensores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ "OLI" ▪ "TIRS"
Tamaño de la escenografía	"170 km x 185 km (106 mi x 115 mi)"
Vida útil	"Un mínimo de 5 años"

Nota: (El Satélite Landsat 8, 2021)

2.2.13 Características de Bandas

Las imágenes obtenidas por Landsat 8 comprenden 10 bandas de trabajo y 1 banda pancromática, con resoluciones espaciales de 15, 30 y 100 metros. Aunque la resolución más alta es de 30 metros, la banda pancromática permite mejorar la resolución de todas las bandas a 15 metros mediante la técnica de pansharpening, un método que remuestrea las bandas a un tamaño homogéneo de 15 metros. En caso de no emplear esta técnica de refinado pancromático, el juego de bandas te obligará a trabajar con resoluciones de 30 metros para todas sus bandas y 100 metros para las bandas térmicas (TIR). (NASA,2013).

Tabla 4. Características imagen Landsat 8

BANDAS	LONGITUD DE ONDA (MICRÓMETROS)	RESOLUCIÓN (METROS)
1- Ultra azul (costero / aerosol)	0,43-0,45	30
2 - Azul	0,45-0,51	30
3 - Verde	0,53-0,59	30
4 - Rojo	0,64-0,67	30
5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0,85-0,88	30
6 - Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1,57-1,65	30
7 - Onda corta infrarroja (SWIR) 2	2.11-2.29	30
8 - Pancromática	0,50-0,68	15
9 - Cirrus	1,36-1,38	30

10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.6-11.19	100
11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50-12.51	100

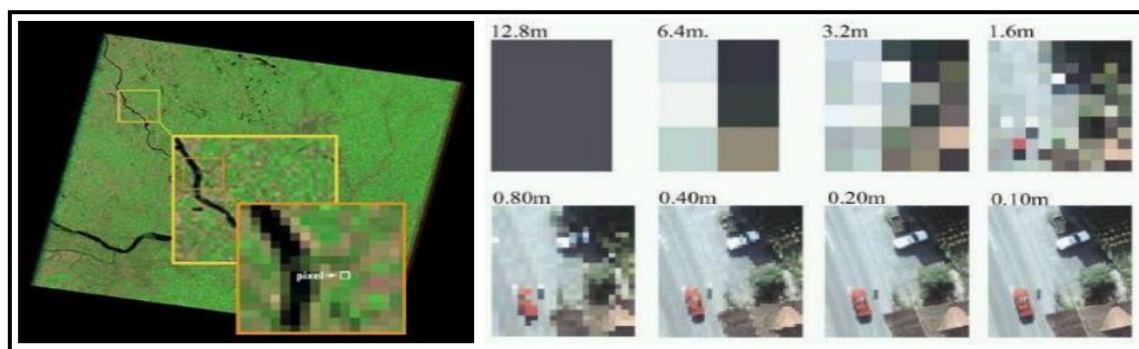
Nota: (Bravo Morales, 2020, (NASA,2013).

2.3 Tipos de Resolución

2.3.1 Resolución espacial

Es la distancia que corresponde a la unidad mínima de información incluida en la imagen (píxel). Así, a menor tamaño del píxel mayor será la resolución espacial, lo que implica que el sensor obtendrá más detalle de los objetos.(Bravo Morales, 2020 & NASA,2013).

Figura 6. Resolución espacial – Comparación de tamaño de píxel de una imagen.



Nota: (Bravo Morales, 2020),(NASA,2013)

Mediante la resolución espacial podemos aplicar la escala topográfica para la presentación de mapas:

Tabla 5. Escala del mapa mediante la resolución espacial (m)

Satélites	Resolución Espacial(M)	Escala Cartográfica Máxima	Unidad Mínima Cartografiable(5mm ²)/1mm
MODIS	1000	1: 1.500.000	10 ha/1500m
	500	1: 1.000.000	5 ha/1000m
	250	1: 500.000	2.5 ha/500
LANDSAT	30	1: 100.000	5 ha/100m
ASTER	15.30	1: 50.000	1.25 ha/20m
SENTINEL-2	10	1: 15.000	0.1 ha/15m
CBERS-4	5	1: 10.000	0.05ha/10m

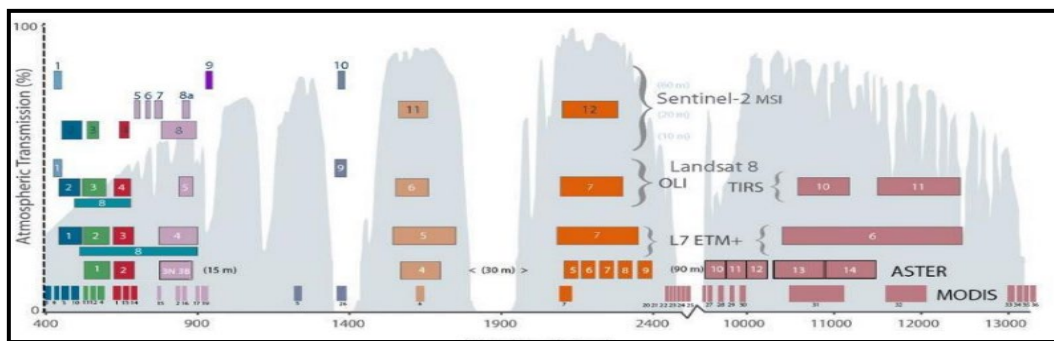
IKONOS	4	1: 8.000	0.03 ha/8m
	1	1: 3.000	0.004ha/3m
QUICKBIRD	2.4	1: 5.000	0.01 ha/5m
	0.6	1: 1.500	0.001 ha/1.5m

Nota: Lencinas & Siebert. (Bravo Morales, 2020)

2.3.2 Resolución espectral

Indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Entre mayor sea esta resolución se tendrá información del comportamiento de una misma cobertura en diferentes bandas espectrales. (NASA,2013).

Figura 7. comparación de bandas LANDSAT 7 y 8, sentinel-2, ASTER L1T y MODIS.

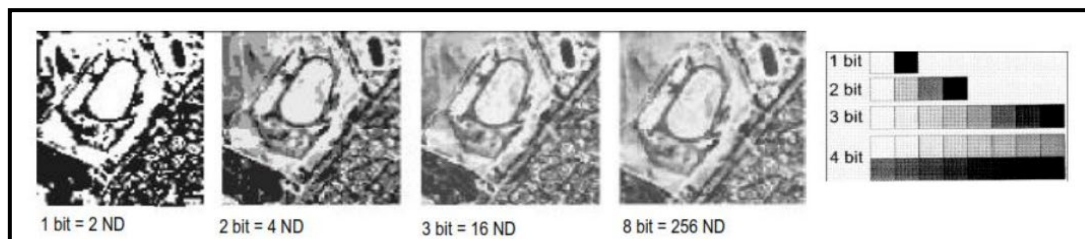


Nota: (Bravo Morales, 2020), (NASA,2013).

2.3.3 Resolución radiométrica

Nos indica la medida en bits (dígitos binarios), es la gama de valores de brillo disponibles, que en la imagen se corresponden con el alcance máximo de DN; por ejemplo, una imagen con una resolución de 8 bits tiene 256 niveles de brillo (RICHARDS, 2006), (NASA,2013).

Figura 8. Resolución radiométrica: comparación en los niveles de grises o niveles digital (ND) de una imagen (UNESCO RAPCA).

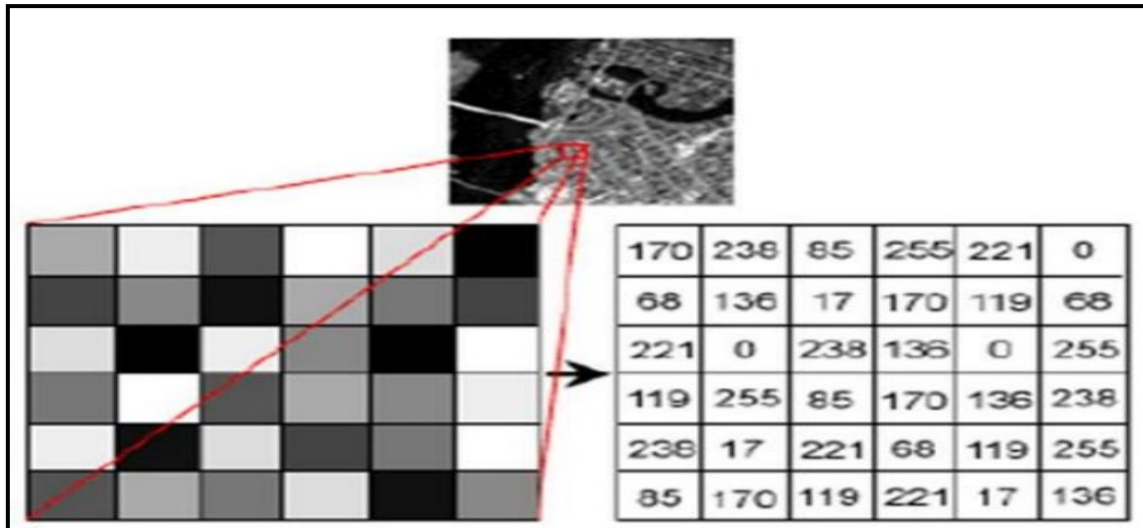


Nota: (Bravo Morales, 2020), (NASA,2013).

En una imagen cada pixel, puede asumir una cantidad de valores específica, dependiendo de su resolución radiométrica, por ejemplo, una imagen de 8bits, va a varias de 0 – 255 tonalidades de gris.

Fórmula para determinar niveles de Gris: $2^{(\text{número de bits})} = \text{Niveles de Gris}$

Figura 9. Codificación de los ND de una imagen Landsat 8bits.



Nota: (Bravo Morales, 2020), (NASA,2013).

Tabla 6. Número de bits determinando el rango de gris o ND.

Bits	Niveles de gris	Rango
1	2	0 1
2	4	0 3
3	8	0 7
4	16	0 15
5	32	0 31
6	64	0 63
7	128	0 127
8	256	0 255
9	512	0 511
10	1024	0 1023
11	2048	0 2047
12	4096	0 4095
13	8192	0 8191
14	16384	0 16383

15	32768	0	32767
16	65536	0	65535

Nota: (Bravo Morales, 2020), (NASA,2013).

2.3.4 Resolución temporal

Para los sensores de satélites, también existe la resolución temporal, que es el tiempo necesario para volver a visitar la misma zona de la Tierra (NASA, 2011). Se refiere a la periodicidad con la que éste adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. El ciclo de cobertura está en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad, inclinación), así como del diseño del sensor. (NASA,2013).

- Alta resolución temporal: < 1 día - 3 días
- Media resolución temporal: 4 - 16 días
- Baja resolución temporal: > 16 días

2.4 Qué es una Imagen Satelital

Una imagen satelital es una representación visual de los datos recolectados por un sensor ubicado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada. (NASA,2013).

La primera imagen satelital de la Tierra fue capturada el 14 de agosto de 1959 por el satélite estadounidense Explorer 6. Posteriormente, el 6 de octubre de 1959, el satélite soviético Luna 3 obtuvo la primera fotografía del lado oculto de la Luna. En 1972, la famosa imagen conocida como "La canica azul" fue tomada desde el espacio, ganando gran popularidad en los medios de comunicación y entre el público en general. Ese mismo año, los Estados Unidos iniciaron el programa Landsat, el cual se ha consolidado como el programa más importante para la captura de imágenes de la Tierra desde el espacio. El último satélite de este programa, Landsat 7, fue lanzado al espacio en 1999. (*Definición de imagen satelital*, s. f.).

2.5 Qué es un Análisis Multitemporal

“Un análisis multitemporal es una técnica utilizada en la interpretación de imágenes de satélite para estudiar cambios en la superficie terrestre a lo largo del tiempo. Se utilizan imágenes de diferentes fechas para comparar y analizar los cambios en la vegetación, la urbanización, la degradación del suelo, entre otros aspectos. Los datos recolectados en estos análisis son utilizados para monitorear y manejar de manera efectiva los recursos naturales y para tomar decisiones en la planificación urbana y en la gestión ambiental”. (Ochoa, 2023).

2.5.1 Uso de Sistemas de Información Geográfica en El Análisis Multitemporal

Existen varios programas y herramientas utilizadas para realizar análisis multitemporales. Algunos de ellos son:

- ERDAS Imagine: Es un software de SIG (Sistemas de Información Geográfica) que permite la visualización y análisis de imágenes de satélite y de teledetección. (Franz,2024)
- ENVI: Es un software de procesamiento de imágenes de satélite que permite la visualización, análisis y extracción de información de imágenes multiespectrales. (Franz,2024)
- ArcGIS: Es un software de SIG de ESRI que permite la visualización, análisis y gestión de datos geográficos, incluyendo imágenes de satélite. (Franz,2024)
- QGIS: Es un software de SIG de código abierto que permite la visualización, análisis y gestión de datos geográficos, incluyendo imágenes de satélite. (Franz,2024)
- Google Earth Engine: Es una plataforma de código abierto que permite el procesamiento y análisis de imágenes de satélite a gran escala. (Franz,2024)

2.5.2 Insumos

Para realizar un análisis multitemporal se requieren varios insumos, algunos de los cuales incluyen:

Imágenes de satélite: Se requieren imágenes de diferentes fechas para comparar y analizar los cambios en la superficie terrestre. Estas imágenes pueden ser de diferentes sensores y plataformas satelitales. (Franz,2024)

Metadatos: Los metadatos son información sobre las imágenes, como la fecha de adquisición, el ángulo de visión, la resolución espacial, entre otros. Los metadatos son necesarios para sincronizar las imágenes y asegurar la comparabilidad. (Franz,2024)

Software de procesamiento de imágenes: Es necesario utilizar un software de procesamiento de imágenes para analizar las imágenes y generar mapas temáticos y otros productos. (Franz,2024)

Conocimientos en interpretación de imágenes: Es necesaria una comprensión de la técnica de interpretación de imágenes satelitales para poder analizar los cambios en la superficie terrestre. (Franz,2024)

Conocimientos en el área de estudio: Es importante tener conocimientos del área de estudio para poder interpretar los cambios y hacer las conclusiones adecuadas. (Franz,2024)

Capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos: Es importante tener una capacidad adecuada de almacenamiento y procesamiento de datos para manejar las grandes cantidades de información generada en el análisis multitemporal. (Franz,2024)

2.5.3 Aplicaciones

Las aplicaciones de los análisis multitemporales son variadas y pueden incluir:

- **Monitoreo y manejo de recursos naturales:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para monitorear y manejar recursos como la vegetación, el agua, la degradación del suelo y los cambios en el uso de la tierra. (Franz,2024)
- **Planificación urbana:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para estudiar los patrones de crecimiento urbano y para tomar decisiones en la planificación urbana. (Franz,2024)
- **Cambio climático:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para estudiar los cambios en la superficie terrestre relacionados con el cambio climático, como la expansión de glaciares o la degradación del suelo. (Franz,2024)
- **Seguridad:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para detectar actividades sospechosas en áreas remotas o para estudiar patrones de tráfico marítimo o aéreo. (Franz,2024)
- **Agricultura:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para estudiar los patrones de cultivo, la salud de los cultivos, el uso de agua y otros aspectos relacionados con la agricultura. (Franz,2024)
- **Catastro y valoración de propiedades:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para estudiar los cambios en el uso de la tierra y para valorar las propiedades. (Franz,2024)
- **Estudios ambientales:** Los análisis multitemporales pueden utilizarse para estudiar la salud de los ecosistemas y para identificar problemas ambientales, como la deforestación o la contaminación. (Franz,2024)

2.6 Clasificación de Imágenes

Clasificación de Imágenes Según (Vicens L. 2009) Las técnicas de clasificación de imágenes posibilitan la transformación de imágenes crudas (fotografías aéreas, imágenes de Satélite, etc.) en datos temáticos o mapas que mostraran información con un significado evidente. Existen diversas técnicas para llevar a cabo clasificaciones, y en la mayoría de los casos, la experiencia y el conocimiento del analista que realiza el trabajo influyen directamente en la calidad de los resultados obtenidos. El objetivo de esta guía es proporcionar al usuario las herramientas necesarias para comprender el proceso y la

metodología requeridos en la generación de un mapa temático digital, con un significado específico y concreto, a partir de una imagen o conjunto de imágenes digitales obtenidas mediante técnicas de percepción remota. la clasificación de imágenes es comparar y relacional las clases espectrales de las categorías de uso que deseamos obtener. (Vicens, 2009)

2.6.1 Técnicas de Clasificación de Imágenes

Las técnicas de clasificación de imágenes se refieren a un conjunto de métodos automáticos que se pueden agrupar principalmente en dos tipos:

Clasificación Supervisada: En este tipo de clasificación, se requiere la intervención activa del analista. El técnico encargado de realizar la clasificación debe proporcionar al software directrices específicas sobre cómo clasificar cada píxel de la imagen. Para ello, el analista define áreas de entrenamiento (training áreas) que ya se conocen a priori, lo que permite al software reconocer la naturaleza de la superficie en estas áreas (Tobar, 2009).

Clasificación No Supervisada: En esta técnica, la clasificación se basa en características como el color, el tono o el agrupamiento (clúster) de los píxeles. A diferencia de la clasificación supervisada, el analista no tiene una participación activa en el proceso de clasificación, sino que solo valida el resultado después de que este se haya realizado. En este caso, el operador tiene mínima influencia sobre el proceso, limitándose a seleccionar el algoritmo de clasificación adecuado. Generalmente, este tipo de clasificación requiere realizar el proceso varias veces para obtener diferentes resultados que se combinan para generar un resultado final válido. La clasificación de imágenes, ya sea supervisada o no supervisada, puede realizarse utilizando una sola banda (a través de un proceso denominado density slicing) o múltiples bandas, lo que se conoce como clasificación multiespectral (Tobar, 2009).

2.7 Interpretación Visual de Imágenes Satelitales

El análisis visual de imágenes satelitales permite identificar, delinear y reconocer objetos o fenómenos presentes en una imagen, además de interpretar su significado en función de su contexto. Esta técnica se basa en la capacidad de observar y extraer información visual de las imágenes para generar conclusiones sobre los elementos representados.

2.7.1 Brillo

El brillo en una imagen satelital está relacionado con las propiedades de reflectividad de las superficies observadas. Las áreas que reflejan más luz aparecerán más brillantes, mientras que aquellas que absorben más luz se presentarán más oscuras. Esta variación en el brillo también depende de la longitud de onda específica dentro del espectro

electromagnético que se esté analizando, ya que diferentes superficies pueden reflejar y absorber luz de manera distinta en diversas partes del espectro. Por esto, es distinto el brillo y color en las distintas combinaciones de bandas. (Di Bella Carlos, 2015)

2.7.2 Color

Las imágenes en combinación de color natural (también conocidas como imágenes en color real) permiten una visualización de la superficie terrestre de manera similar a cómo la percibiría el ojo humano. Sin embargo, en áreas con poco contraste, puede resultar difícil identificar claramente las características del terreno. Por ejemplo, la vegetación se presenta en tonos de verde oscuro; mientras que las zonas urbanas, el suelo desnudo y los espejos de agua con mucha carga de sedimentos se observan de color castaño u ocre. (Di Bella Carlos, 2015)

2.7.3 Tamaño

Al analizar elementos en imágenes satelitales, la forma constituye una característica fundamental para su identificación; sin embargo, el tamaño desempeña un rol complementario. Cuando se presentan objetos con formas semejantes, la dimensión puede ser un criterio determinante para diferenciarlos de manera más precisa. Por lo tanto, la combinación de ambos atributos (forma y tamaño) facilita una interpretación más detallada y exacta de los elementos observados en la imagen.

De todos modos, este criterio depende en gran medida de la resolución espacial de la imagen que permite identificar determinados objetos según su tamaño. (Di Bella Carlos, 2015)

2.7.4 Textura

La textura es un atributo visual que permite distinguir y analizar diferentes elementos en una imagen al evaluar la percepción de suavidad o rugosidad de sus superficies. Este aspecto proporciona información clave para identificar patrones, ya que la variación en la textura refleja características físicas o estructurales del objeto observado. Así, los niveles de detalle textural facilitan la diferenciación entre áreas naturales, construcciones o cuerpos de agua dentro de una imagen satelital. Esta textura no es más que una relación de contraste entre los elementos que la componen, y nos brinda información importante sobre las características de la superficie. (Di Bella Carlos, 2015).

2.7.5 Patrón

Para obtener esta información, es fundamental contar con imágenes de resolución espacial alta o media, en función del tamaño de los objetos analizados. Al examinar el patrón espacial, entendido como la disposición y organización específica de los elementos en una

superficie, es posible reconocer objetos que presentan una distribución característica y fácilmente distinguible.

En particular, algunos tipos de uso del suelo exhiben patrones geométricos regulares y definidos, cuya forma organizada facilita su identificación en las imágenes satelitales. Estas configuraciones espaciales tienden a destacar por su claridad y uniformidad, lo que permite diferenciarlas de otros elementos menos estructurados. Esto también nos permite diferenciar ciertas superficies producto de la actividad. (Di Bella Carlos, 2015)

2.7.6 Sombra

La sombra que genera un determinado objeto nos ayuda a identificar sus características. A partir de esto podemos observar principalmente su altura, profundidad y textura. (Di Bella Carlos, 2015)

2.7.7 Contexto

Al analizar la localización espacial de objetos específicos dentro del contexto general de una imagen, es posible identificar características particulares que ayudan a diferenciarlos. Por ejemplo, una zona cubierta de árboles podría representar un espacio verde urbano o un bosque natural, ya que en ambos casos las especies vegetales pueden ser similares.

Para establecer esta distinción, resulta útil observar el entorno inmediato. Si la superficie arbolada se encuentra delimitada por edificaciones o infraestructura urbana, es más probable que corresponda a un parque urbano en lugar de un bosque natural. En contraste, si el área se sitúa en un contexto aislado y rodeado por características naturales, la interpretación más adecuada sería un ecosistema forestal. De igual medida, observar su entorno geográfico, nos permite interpretar, por ejemplo, qué especies de vegetación puede corresponder si se localizan bordeando un curso de agua, en una zona desértica o en un área montañosa, etc. (Di Bella Carlos, 2015).

2.8 Qué es el Desarrollo Sostenible

El desarrollo sostenible es un concepto que aparece por primera vez en 1987 con la publicación del Informe Brundtland, que alertaba de las consecuencias medioambientales negativas del desarrollo económico y la globalización y trataba de buscar posibles soluciones a los problemas derivados de la industrialización y el crecimiento de la población. (Comunidad de Madrid, 2023).

Figura 10. Desarrollo Sostenible



Nota:(Línea VerdeHuelva, 2023), (Comunidad de Madrid, 2023.).

2.9 Tipos de Sostenibilidad

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), incluso si se logra una reducción drástica e inmediata de las emisiones de gases de efecto invernadero, es altamente probable que el incremento de la temperatura global promedio supere los 1,5 °C en un futuro cercano. Este escenario subraya la urgencia de adoptar estrategias de sostenibilidad que aborden los desafíos ambientales, económicos y sociales asociados al cambio climático. Este aumento de la temperatura puede tener consecuencias desastrosas, como el deshielo de los glaciares, la desaparición de especies animales y vegetales, los incendios forestales y las sequías, entre otros. (Santander Open Academy, n.d.).

Por este motivo, tanto los individuos como las organizaciones desempeñan un papel esencial en la mitigación del cambio climático y en la promoción de acciones que fomenten la sostenibilidad. Sin embargo, el concepto de sostenibilidad no se limita únicamente al ámbito ambiental; su aplicación abarca también dimensiones económicas, sociales y culturales, lo que requiere un enfoque integral y transversal. En este sentido, es importante destacar que existen varios tipos de sostenibilidad. (Santander Open Academy, 2023.).

2.9.1 Sostenibilidad Ambiental

La sostenibilidad ambiental se enfoca en garantizar la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, promoviendo un equilibrio entre el desarrollo económico, el bienestar social y la protección del medioambiente. Su objetivo es asegurar que el progreso humano no comprometa los recursos naturales esenciales para las generaciones presentes y futuras. Las bases de la sostenibilidad ambiental son: cuidar el agua, ahorrar energía, reducir residuos, utilizar envases reciclables, limitar o eliminar el uso de plásticos, utilizar transporte sostenible, reutilizar el papel y cuidar la flora y la fauna. (Santander Open Academy, 2023).

Un ejemplo destacado de sostenibilidad ambiental es la ciudad de Estocolmo, Suecia, reconocida por su compromiso con el desarrollo de infraestructuras sostenibles y su enfoque en la reducción de emisiones contaminantes. La ciudad sobresale por mantener una excelente calidad del aire, con niveles de contaminación ambiental significativamente inferiores al promedio mundial. Este modelo demuestra cómo la planificación urbana sostenible puede generar un entorno saludable y equilibrado para sus habitantes. De esta forma, ha logrado un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medioambiente. (Santander Open Academy, 2023).

Otro caso representativo es el de Grupo Bimbo, una compañía que busca minimizar su impacto ambiental a través de la implementación de prácticas como la agricultura regenerativa, la neutralidad en emisiones de carbono, la utilización de energías renovables y la disminución de residuos.

2.9.2 Sostenibilidad Económica

La sostenibilidad económica se refiere a la capacidad de una empresa para lograr un equilibrio financiero, asegurando que sus ingresos superen sus costes operativos. Este equilibrio permite que la organización genere beneficios, los cuales son esenciales para su permanencia y crecimiento a largo plazo. Al optimizar sus recursos y operar de manera eficiente, las empresas no solo garantizan su viabilidad financiera, sino que también contribuyen al desarrollo económico sostenible. La sostenibilidad económica hace referencia a la capacidad de la organización de administrar los recursos que tiene y generar rentabilidad de forma responsable a largo plazo. (Santander Open Academy, 2023).

Un caso notable de sostenibilidad económica es el de la compañía Unilever, que en 2010 implementó una estrategia empresarial integral orientada a equilibrar el rendimiento económico con la responsabilidad ambiental. Esta iniciativa busca optimizar los procesos productivos, reducir los impactos negativos sobre el medioambiente y, al mismo tiempo, garantizar la rentabilidad del negocio mediante prácticas sostenibles. Para ello, tomó varias

medidas como: aumentar el reciclaje de envases, impulsar el uso de materiales reciclados y realizar campañas de sensibilización para el consumo responsable. (Santander Open Academy, 2023.).

Asimismo, podemos destacar el caso de la empresa Suez que, en su Informe de Desarrollo Sostenible de 2020, pone de manifiesto que ha reducido en un 95% sus emisiones relacionadas con el consumo eléctrico, mediante la compra y generación de energía renovable; que ha implantado medidas de eficiencia energética y que, además, en cuanto a la preservación de espacios naturales, el 81,5% de sus instalaciones están libres de fitosanitarios y pesticidas. (Santander Open Academy, 2023).

2.9.3 Sostenibilidad Social

En cualquier comunidad donde se lleve a cabo una actividad económica en un entorno determinado, es posible observar la interconexión de las tres dimensiones de la sostenibilidad: la ambiental, la económica y la social. Estas dimensiones se complementan y se refuerzan mutuamente, ya que el desarrollo económico debe ir acompañado de una gestión responsable del entorno y de la promoción del bienestar social para alcanzar un crecimiento sostenible y equitativo. Sin embargo, la sostenibilidad social, en particular, tiene como objetivo fortalecer la cohesión y la estabilidad de grupos sociales concretos. (Santander Open Academy, 2023.).

La empresa CEMEX, por ejemplo, trabaja para contribuir al desarrollo social de las comunidades. De esta manera, esta compañía ofrece una vivienda digna, a través de la autoconstrucción y créditos con condiciones de acceso favorables, a aquellas personas que más lo necesitan. (Santander Open Academy, 2023.).

El Grupo Gigante es también otro ejemplo, ya que, mediante la Fundación Gigante, aporta recursos a diversas causas sociales, como la entrega de material escolar a colaboradores o ayudas para la mejora de la salud visual. (Santander Open Academy, 2023.).

2.10 Los Objetivos De Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030

Para conocer a fondo qué es la sostenibilidad y qué implicaciones tiene, es fundamental citar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030. La Agenda 2030 es la sucesora de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y se estructura a través de los llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que en total son 17 objetivos. (Santander Open Academy, 2023.).

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) realiza un informe anual para analizar cómo progresa cada objetivo. A continuación, te presentamos un breve

análisis sobre el cumplimiento actual de los ODS en base al informe del año 2021: (Santander Open Academy, 2023.).

1. **“Poner fin a la pobreza.** Se trata de un objetivo que se ha visto afectado por la pandemia a causa de la covid-19, ya que se considera que en 2020 han caído entre 119 y 124 millones de personas más en la pobreza extrema”.
2. **“Poner fin al hambre.** La pandemia también ha afectado a este objetivo, dado que entre 70 y 161 millones de personas de todo el mundo pasaron hambre como consecuencia de esta misma”.
3. **“Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.** Tras una década de avances en este sentido, la pandemia ha supuesto que se haya acortado la esperanza de vida. Además, es complicado medir el impacto real de la pandemia porque faltan datos al respecto”.
4. **“Garantizar una enseñanza inclusiva y equitativa de calidad.** Aunque la tasa de finalización de los estudios de primaria y secundaria ha aumentado, en muchos países, faltan infraestructuras escolares básicas relativas al agua potable o a la electricidad”.
5. **“Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.** En este aspecto, también son necesarios avances, ya que las mujeres tan solo tienen un 25,6% de representación en los parlamentos nacionales, un 36,3% en los gobiernos locales y un 28,2% en los puestos directivos”.
6. **“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.** Según los datos de la ONU, 129 países no están al día para lograr recursos hídricos sostenibles en el año 2030”.
7. **“Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.** En el mundo todavía hay 759 millones de personas que carecen de acceso a la electricidad”.
8. **“Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible.** Aunque la recuperación económica está en marcha, la pandemia ha provocado una pérdida que equivale a 255 millones de empleos a tiempo completo”.
9. **“Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.** La producción de manufactura mundial cayó en el año 2020, pero, a finales de ese mismo año, la fabricación de productos de media y alta tecnología impulsó la recuperación económica”.

10. **“Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.** Para alcanzar este objetivo en 2030, es necesario un mayor desarrollo porque se prevé que la pandemia afecte a los progresos que se han alcanzado en materia de reducción de desigualdades”.
11. **Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.** Los datos de la ONU muestran que 156 países ya han desarrollado políticas urbanas nacionales, pero solo la mitad se están implementando.
12. **“Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.** Tal y como hemos citado al inicio del artículo, todavía sigue habiendo un gran consumo de plásticos. Sin embargo, en el año 2020, se reportaron un total de 700 políticas y actividades de implementación en el marco de programas sobre modalidades de consumo y producción sostenibles”.
13. **“Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.** Muchos países y empresas están haciendo un gran esfuerzo para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, pero es necesario que se tomen más acciones para frenar el cambio climático”.
14. **“Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.** Sin duda, como se puede ver a partir de los datos citados en la introducción, la sostenibilidad de los océanos se encuentra amenazada sobre todo por la contaminación por plásticos”.
15. **“Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres.** Los avances para proteger áreas clave de biodiversidad se han estancado durante los últimos cinco años y cada vez existen más especies en peligro de extinción”.
16. **“Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible.** La pandemia ha intensificado el riesgo de explotación de niños para trabajo infantil, y solo 82 países tienen instituciones nacionales independientes relativas a los derechos humanos y que cumplen con las normas internacionales”.
17. **“Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.** Un 63% de los países con ingresos bajos y medios-bajos necesitan financiación adicional para hacer frente a la pandemia”.

Tal y como has podido ver, el informe de la ONU pone en evidencia la necesidad de realizar grandes avances si se quieren conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2030. En este sentido, desde un punto de vista individual, cada uno tiene la responsabilidad de actuar y formarse para garantizar un desarrollo sostenible. (Santander Open Academy, 2023.).

CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

3.1 Ubicación Geográfica

El Área Natural de Manejo Integrado El Palmar Ubicado al Norte del departamento de Chuquisaca en la Provincia Zudáñez, municipio de Presto, la misma se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: Coordenadas Universal Transversal De Mercator (UTM) y Coordenadas Geográficas.

Tabla 7. Ubicación Geográfica.

ZONA	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS (UTM)		
	LONGITUD (W)	LATITUD (S)	ESTE	NORTE	ALTURA
20	64°.55' 06.5723"	18°.41' 37.1412"	297682	7931983	3551.80

Nota: Elaboración Propia.

3.2 División Política Administrativa

El Municipio de Presto limita al Norte – Nor Este con el Departamento de Cochabamba, específicamente con los Municipios de Aiquile y Pasorapa, al Sud – Sur Oste con los Municipios de Zudañez y Tarabuco, al Oeste con el Municipio de Sucre y al Este con el Municipio de Mojocoya, todos los citados pertenecen al Departamento de Chuquisaca.

Respecto a la superficie total del Municipio de Presto existe información diferente, de acuerdo a la información del INE 2012, el municipio tiene una superficie total de 1.443,73 km², con respecto de la superficie total del Departamento de Chuquisaca representa el 2,80% del y el 8.56% de la Provincia Zudáñez. En el Plan Territorial de Desarrollo Integral ajustado a medio término 2016-2020 se indica que la superficie municipal total es 1.329,25 Km².

El municipio de Presto está compuesto por cuatro distritos municipales, cada uno con su respectiva organización territorial:

- En el Distrito I, se encuentran tres barrios en la localidad de Presto (la capital del municipio) y un total de 17 comunidades.
- El Distrito II abarca nueve comunidades, y su capital es El Peral.
- El Distrito III cuenta con seis comunidades, siendo Rodeo El Palmar su capital.
- Finalmente, el Distrito IV está formado por cinco comunidades, con Pasopaya como su capital.

Tabla 8. División política y administrativa del Municipio de Presto.

Distrito	N°	Comunidades /Barrios	Organizaciones sociales y de representación local
I	1	Muyu Lomita	Sub Centralía Presto
	2	Motaya	
	3	Presto Porvenir	
	4	Mala Vista	
	5	San José de Toca	
	6	Rosas Pampa	
	7	Jarqa Pampa	
	8	Cocayapito	
	9	Misión Pampa	
	10	Cochopampa	
	11	Llvetani	
	12	Wayra Kasa	
	13	Corralón	Sub – Centralía Huayllapampa
	14	Huaylla Pampa	
	15	Huaylla Pampa	
	16	Trancas Horno Kasa	
	17	Pasopayita	
	Barrio 14 de enero	Centro Poblado Comité Cívico	
	Barrio 6 de agosto		
	Barrio Virgen del Rosario		
II	18	El Peral	Sub Centralía El Peral
	19	Tomoroco	
	20	Qochi	
	21	Machaca	
	22	Chimori	
	23	Puca Pampa	

	24	Sillani	
	25	Jatum Huasi	
	26	Torco Torco	
III	27	Rodeo El Palmar	Sub Centralía Rodeo El Palmar
	28	Loman	
	29	San Francisco	
	30	Aramasi	
	31	Molani	
	32	Joya Charal	
IV	33	El Palmar	Sub Centralía Pasopaya
	34	Pasopaya	
	35	Rumi Cancha	
	36	San Lucas Uñucuri	
	37	Chajra Mayu	

Nota: Pre cumbres y Cumbre Municipal 2022(PDTI)

3.3 Extensión

De acuerdo con el Decreto de Creación, la superficie estimada es de 59,484 hectáreas, lo que equivale aproximadamente a 594.8 km². Sin embargo, según la medición realizada sobre la poligonal oficial gestionada por el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), a través de su Dirección de Monitoreo Ambiental, la superficie real es de 60,275 hectáreas, es decir, 602.75 km². Esta medición muestra una diferencia de 791 hectáreas, lo que representa 7.91 km². Corresponde a la Autoridad Competente, definir los límites e indicar dónde está las variaciones. (Palmar, 2014-2023).

Límites

El Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar limita con los siguientes territorios: al norte con el Departamento de Cochabamba, al sur con los municipios de Tarabuco y Zudáñez, al este con el municipio de Mojocoya, y al oeste con los municipios de Sucre y Tarabuco, todos los cuales pertenecen al Departamento de Chuquisaca.

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 24623, los límites del ANMI El Palmar se definen de la siguiente manera: a partir de la intersección del camino Rodeo–Pasopaya, en el lugar denominado Komer Loma, se traza una línea recta hacia el lugar denominado Minas Punta. Desde este punto, la delimitación sigue por la divisoria de aguas hasta llegar al lugar denominado Puente Loma. A partir de allí, el límite continúa aguas abajo por la Quebrada de Puente Loma hasta su confluencia con el Río Grande. Luego, el límite sigue aguas abajo por el Río Grande hasta su confluencia con el Río Seripona. Aguas arriba, la delimitación sigue el curso de los Ríos Seripona y Zudáñez hasta la confluencia con el Río Pino Mayu, y luego sigue aguas arriba del Río Pino Mayu hasta su confluencia con el Río Trancas. Finalmente, el límite continúa aguas arriba por el Río Trancas hasta sus nacientes, en la intersección del camino Rodeo–Pasopaya (lugar denominado Komer Loma), cerrando así la poligonal. Estos límites en sus coordenadas se muestran en el cuadro. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 9. Límites Naturales del Anmi El Palma

PUNTOS	REFERENCIA CARDINAL	COORDENADAS UTM		NOMBRE DEL (O EL) PUNTO
		ESTE	NORTE	
PP	Sud - Oeste	297735	7919858	Intersección del camino Rodeo – Pasopaya, denominado Komer Loma
P1	Sud – Oeste	298860	7920222	Desde el anterior punto en línea recta, hasta el lugar denominado Minas Punta
P2	Sud - Oeste	298627	7921258	Divisoria de aguas
P3	Sud - Oeste	299953	7922542	Divisoria de aguas
P4	Sud - Oeste	298556	7926420	Divisoria de aguas
P5	Sud - Oeste	297606	7928366	Divisoria de aguas
P6	Sud – Oeste	296710	7931378	Divisoria de aguas
P7	Sud – Oeste	295454	7932566	Divisoria de aguas
P8	Sud - Oeste	295041	7932928	Divisoria de aguas
P9	Oeste	294020	7935005	Divisoria de aguas
P10	Oeste	293350	7935976	Divisoria de aguas
P11	Oeste	292923	7937768	Divisoria de aguas
P12	Oeste	292694	7940132	Divisoria de aguas
P13	Oeste	293858	7940810	Puente Loma; a partir de este punto aguas arriba por la Quebrada de Puente Loma, hasta su confluencia con el Río Grande
P14	Norte	290207	7947148	Siguiendo aguas abajo por el Río Grande, hasta su confluencia con el Río Seripona.
P15	Nor – Este	312132	7951152	Aguas arriba por los Ríos Seripona y Zudáñez, hasta la confluencia con el Río Pino Mayu
P16	Sud – Este	315380	7918773	Aguas arriba del Río Pino Mayu, hasta la confluencia con el Río Trancas
				Aguas arriba del Río Trancas, hasta sus nacientes en la intersección del camino Rodeo
P17	Sud - Este	309748	7917873	– Pasopaya.
PP	Sud Oeste	297735	7919858	Lugar Komer Loma, punto donde cierra la poligonal

Nota: Decreto Supremo N° 24623. Límites del ANMI El Palmar 1996.(Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023)

3.4 Caracterización del Ambiente Físico

3.4.1 Clima

En el Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar, no se dispone de estaciones meteorológicas propias. El único registro disponible de precipitación proviene de la Estación Pluviométrica de Presto, que se encuentra en una localidad cercana al área protegida. Para la caracterización del clima del AP, se ha recurrido a información extrapolada

de las estaciones termopluviométricos y pluviométricas cercanas de Tarabuco, Redención Pampa, Presto y Buena Vista, respectivamente. (Palmar, 2014-2023).

En función de la información disponible, se puede concluir que el clima en el Área Protegida (AP) es irregular, ya que presenta variaciones significativas de acuerdo con los diferentes ecosistemas presentes en la región. Estas variaciones climáticas están fuertemente condicionadas por las características topográficas del área, que influyen de manera determinante en las condiciones meteorológicas locales. Los parámetros climatológicos que se presentan están referidos a temperatura, precipitación y humedad relativa. (COBODES, 2005. Plan de Manejo del ANMI El Palmar. Documento no aprobado). (Palmar, 2014-2023).

La información climática utilizada en este estudio se basa en el bioclima del Departamento de Chuquisaca, según lo presentado por Navarro y Ferreira (2011), quienes citan el Estudio Integrado de Recursos como fuente principal para esta clasificación climática. Naturales del Departamento de Chuquisaca. Isoyetas, Isotermas, Zonificación Climática, Cuencas, Hidrología e Hidrogeología. Corporación de Desarrollo de Chuquisaca. Según el Departamento de Recursos Naturales (1994), y conforme a la Zonificación Climática de este estudio, en el Área Protegida (AP) se identifican los siguientes tipos de clima:

3.4.2 Clima sub húmedo – húmedo C2

Este clima se presenta en la zona occidental del AP, específicamente en la subcuenca alta y media del Río Rodeo, y corresponde al ecosistema de bosque siempre verde y nublado. La precipitación media anual estimada es de 650 mm, con una temperatura media aproximada de 16 °C y una humedad relativa estimada en 70%. Además, presenta un índice hídrico que varía entre 0 y 20. El balance hídrico presenta en general entre 2 a 4 meses de excedencia y entre 3 a 5 meses de déficit hídrico. (Palmar, 2014-2023).

En las zonas bajas de los valles, se observa un porcentaje de humedad más elevado, con la presencia frecuente de neblina. En éste clima se presentan formaciones de bosques bajos, densos a ralos, siempre verdes con abundantes epífitas, musgos y líquenes. (Palmar, 2014-2023).

3.4.3 Clima sub húmedo – seco C1

Este clima se extiende por las zonas sudeste y este del Área Protegida (AP), específicamente en la subcuenca del Río Zudáñez. Está asociado a un ecosistema predominantemente caducifolio, caracterizado por su vegetación decidua, adaptada a las condiciones de sequía. La precipitación media estimada es 500 mm/año, la temperatura media estimada de 18 °C y humedad relativa estimada del 50%. (Palmar, 2014-2023).

Con índice hídrico entre - 20 a 0. El balance hídrico de este clima, indica que se tiene en general, de 1 a 2 meses de excedencia, como máximo y entre 6 a 7 meses de déficit hídrico. (Palmar, 2014-2023).

En este clima se presentan formaciones de bosques bajos caducifolios que pierden sus hojas en la época de déficit de humedad. (Palmar, 2014-2023).

3.4.4 Clima semiárido D

Este clima se encuentra en la zona noreste del Área Protegida (AP), abarcando tanto la cuenca del Río Grande como la confluencia del Río Seripona con el Río Grande en el noreste del área. Está asociado a un ecosistema de bosque bajo, caracterizado por una vegetación rala y predominantemente espinosa, con adaptaciones xeromórficas propias de ambientes áridos. La precipitación media estimada es de 400 mm/año, la temperatura media estimada es de 20 °C y humedad relativa estimada menor a 30%. (Palmar, 2014-2023).

El índice hídrico en esta zona varía entre -40 y -20, lo que indica un déficit hídrico pronunciado a lo largo del año. Según el balance hídrico, prácticamente no existe un excedente de humedad. En el mejor de los casos, solo algunos meses presentan una precipitación que contribuye mínimamente a la reposición hídrica. Se estima que de 6 a 7, o incluso hasta 12 meses del año, se experimenta un déficit hídrico constante (Palmar, 2014-2023).

Este clima se caracteriza por su sequedad extrema, con porcentajes de humedad muy bajos, sin ningún mes que registre un excedente de agua. El déficit hídrico es total, con inviernos casi completamente secos y lluvias de verano que son limitadas y esporádicas (Palmar, 2014-2023).

Debido a estas condiciones climáticas, se desarrollan formaciones vegetales propias de un bosque a matorral bajo, de vegetación rala, donde las hojas presentan apéndices espinosos y los troncos de los árboles son típicamente tortuosos. Además, en varias zonas, el suelo se encuentra desnudo, revelando el material parental subyacente. (Los mapas de isoyetas, isotermas y climático se presentan en los Anexos). (Palmar, 2014-2023).

3.4.5 Vulnerabilidad al cambio climático

La evaluación de la vulnerabilidad derivada del cambio climático deberá considerar tres factores: la naturaleza y la magnitud de la variabilidad climática; el capital natural y humano en riesgo; y la capacidad actual de las comunidades y ecosistemas para adaptarse y afrontar los impactos de este fenómeno. (Palmar, 2014-2023).

En los últimos años, la variabilidad climática ha mostrado una creciente heterogeneidad, con fluctuaciones en la frecuencia de lluvias, granizadas y días calurosos.

Según los habitantes locales, estos eventos climáticos se han vuelto impredecibles, contrastando con los patrones más estables del pasado.

El capital natural y humano en la región ha sufrido daños leves en los últimos años, debido principalmente a la alteración de los ecosistemas. La biodiversidad ha experimentado un uso creciente, lo que ha generado un impacto en el equilibrio ecológico. El Área Protegida (AP), dadas sus características medioambientales, posee un enfoque predominantemente silvopastoril, con la ganadería extensiva como una de las principales actividades productivas.

En cuanto a la agricultura, no existen áreas disponibles para cultivos a gran escala. Las tierras de cultivo se encuentran en las pendientes, donde el acceso a agua para riego es limitado y el suelo presenta restricciones para la producción agrícola. Para habilitar éstas parcelas de cultivo se recurre al desbosque con la consecuente pérdida de la cobertura vegetal que incide en la regulación de las condiciones medio ambientales, en la disponibilidad de agua que hace al AP vulnerable a la sequía, principalmente y como consecuencia debilita la dinamicidad de las unidades agropecuarias familiares. (Palmar, 2014-2023).

En términos generales, la capacidad de adaptación de las comunidades y los ecosistemas ante los impactos del cambio climático es positiva. La población permanece en la región, con una migración mínima, lo que refleja su resiliencia frente a las adversidades. Además, existe una clara esperanza de avanzar en el desarrollo de actividades agroecológicas productivas, lo cual permite no solo mejorar la calidad de vida, sino también contribuir activamente a la conservación de los recursos naturales del Área Protegida (AP). Los ecosistemas por el momento también tienen una respuesta favorable no incidiendo gravemente en su seno que provoquen grandes cambios. (Palmar, 2014-2023).

3.5 Geología y Estratigrafía

3.5.1 Geología

Para caracterizar la Geología y Fisiografía en el ANMI El Palmar, hemos recurrido al "Estudio Integrado del Palmar - Provincia Zudáñez del Municipio de Presto, Departamento de Chuquisaca", (Garrón. Manuel, 2005), que tiene enfoque sintético de la litología, estratigrafía y tectónica. (Palmar, 2014-2023).

El Área Protegida (AP) se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental y abarca una franja del valle que se extiende en dirección noreste (NE) a sureste (SE), con una longitud de aproximadamente 36 km y un ancho promedio de 14 km. Sin embargo, en su sector noreste, la franja se amplía a 21 km de ancho. Este territorio se caracteriza por una gran extensión de material paleozoico y cenozoico, con un basamento rocoso formado principalmente por rocas

paleozoicas que datan desde el Ordovícico, Silúrico, Devónico y Carbonífero. Por su parte, el Cenozoico está representado por rocas del Sistema Cuaternario (Palmar, 2014-2023).

En consecuencia, de la existencia de fallas longitudinales preponderante en el área, el paisaje se halla fuertemente controlado tanto por el plegamiento como por las indicadas fallas, desarrollando un paisaje caracterizado por una alternancia de valles y serranías longitudinales, alineadas con el rumbo general de la estructura Nor Oeste – Sud Este (NW-SE), muy característico de la zona montañosa que predomina el área. (Palmar, 2014-2023).

El diseño del drenaje refleja igualmente un control estructural, manifestándose en un patrón dendrítico y su paralelo. En este esquema, los ríos principales siguen una dirección casi norte-sur (N-S), formando un sistema de afluentes sucesivos.

Por tratarse de un área controlada por fallamiento, se observa que los valles se encuentran en estado de profundización, los perfiles longitudinales de los ríos, no están en equilibrio, por lo que la acción de erosión vertical de los ríos es intensa, como consecuencia de la elevada pendiente de los mismos. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 10. Estratigrafía

ERAS	SISTEMA	FORMACION
CENOZOICO	Cuaternario	Depósitos Aluviales: Son depósitos compuestos de bolones de piedras, gravas, arenas, arcillas y limos. Actualmente cubren la mayor parte del lecho de los ríos.
		Depósitos Terrazas aluviales: Depósitos de sedimentos finos de limos y arcillas, depositados en las riberas de los ríos. Depósitos Coluviales: Depósitos coluviales compuestos por bolones de piedras, gravas, arenas, limos y arcillas, se presentan en las faldas y piedemontes.
PALEOZOICO	Carbonífero	Formación Itacua o Saipurú: Se presentan desde la población de Aramasi, ubicada al Este de la población de Pasopaya, se inicia con una alternancia de areniscas blanquecinas de grano medio a fino, poco micáceas y compactas, intercaladas con bancos bien estratificados de limolitas de matices claros, algo micáceas y compactas, continúan paquetes delgados de lutitas gris oscuras, bastante micáceas y finamente estratificadas.
	Devónico	Formación Huamanpampa: Se halla constituida por areniscas macizas de tonalidades amarillo verdoso de grano fino, estratificados en bancos de espesores considerables, que en su tope se tornan más compactos, intercalados con estratos delgados de lutitas en la base.
		Formación Icla: Litológicamente están conformadas por lutitas gris negruzcas micáceas, bien consolidadas, estratificadas en capas delgadas, intercaladas con bancos de areniscas arcillosas micáceas, compactas, de grano fino y buena selección, fosilíferas, de tonalidades grisáceas a verdosas, pasando paulatinamente a lutitas y siltitas grisáceas oscuras finamente estratificadas, con pequeñas concreciones calcáreas.
	Silúrico	Formación Santa Rosa: Están constituidos por una serie de intercalaciones de areniscas micáceas, blanca verdosas con paquetes delgados de lutitas micáceas, de granulometría media a fina subangulares y estratificadas en horizontes de potencia media.
		Formación Kirusillas: Conformada por capas potentes de lutitas fisiles y friables, micáceas y untuosas al tacto, gris negruzcas a verdosas de grano fino, poco micáceas, finamente estratificadas en bancos delgados, intercalados con de capas delgadas de limonitas micáceas, friables.
	Ordovícico	Formación Mizque: Litológicamente conformada por areniscas micáceas, intercaladas con lutitas plumizas duras, de granos finos a medios, redondeadas, bien seleccionadas, micáceas, con estratificación paralela en bancos de 0.20 a 0.50 m de espesor y clara manifestación de steep slopes. (Cortes casi verticales).

Nota: Elaboración propia en base a información ZONISIG 2001 y documento de trabajo Plan de Manejo el Palmar, 2005. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

3.5.2 Fisiografía

En el ANMI El Palmar la Fisiografía, es el resultado de la interacción de factores geológicos, climatológicos, flora y fauna, a través de la integración del relieve, es posible definir varios aspectos que están en relación con los factores y procesos medio ambientales que permiten definir el paisaje. (Palmar, 2014-2023).

Las unidades fisiográficas del Área de Protección (AP) corresponden a paisajes de transición entre dos grandes unidades geográficas: el "bloque andino elevado y frío" y las "planicies bajas y cálidas". En cuanto a su ubicación dentro de la provincia fisiográfica, el AP forma parte de la Cordillera Oriental-Central. Típicamente está formada por complejos de cadenas montañosas (dirección N-S), en las que existen depresiones tectónicas rellenas por sedimentos, siempre acompañados por fuertes procesos de erosión. (Palmar, 2014-2023).

Por las características de altura, forma, pendiente, relieve, diseño y densidad de drenaje, grado de disección y litología, se distinguen varias unidades de Gran Paisaje (CORDECH 1993, Mapa de suelos), cuyas particularidades determinan ecosistemas-espacios de vida diferente. (Documento de trabajo Plan de Manejo del AP El Palmar 2005). (Palmar, 2014-2023).

Tabla 11. Fisiografía

UNIDADES FISIOGRAFIA	HA	%
Serranías Altas con disección fuerte	40782,2	67.66
Serranías Medias con disección fuerte	2396.7	3.98
Serranías Medias con disección moderada	17022.1	28.24
Serranías Altas con disección moderada	74.3	0.12

Nota: Elaboración propia en base a información ZONISIG 2001 y Plan de Manejo el Palmar, 2005 (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

3.6 Recursos Hídricos – Cuencas Y Sub Cuencas

3.6.1 Características

La red hidrográfica del ANMI El Palmar forma parte de la cuenca del Río Amazonas, donde se han delimitado 2 cuencas menores o subcuencas; del Río Grande – Rodeo y el Río Zudáñez. El área de la subcuenca del Río Grande – Rodeo es de 30.375 ha y de la subcuenca del Río Zudáñez de 29.900 has. (ZONISIG, 2000). (Palmar, 2014-2023).

El recurso hídrico del ANMI El Palmar, toma importancia por el aporte de las aguas provenientes de las serranías: Pucara Loma, Perka Loman Loma, Pata Lampazo Loma y de los cerros Condortiana, Aliso, Cantu Punta, Jamaco, Trigoloma, Sauce Pujio Lomas; forman

ríos, arroyos, riachuelos y otras fuentes, que desembocan al Río Grande. Abastece el consumo de agua de poblaciones asentadas en las cercanías de las serranías, como Trancas Horno Kasa, Loman, Aramasi, Torco Torco, Joya Charal, Molani, El Palmar, Chajra Mayu, Rodeo El Palmar; en estas comunidades el agua es utilizada para riego y consumo animal. (Palmar, 2014-2023).

La subcuenca del Río Grande - Rodeo, es dendrítica sin control estructural, tiene una orientación Sud – Oeste a Nor - Este. Sus afluentes son de tramo corto, en los últimos tramos de su desembocadura toma el nombre de Río Trapiche; sin embargo, como es el Río Rodeo el predominante en la sub cuenca, recibe el nombre de este. Sus principales afluentes son los ríos terciarios; de Sur a Norte: Jatun Wayqho, Segura, Kesera, Cuñuriuj Mayu, Chajra, Molle Wayco, Sunchu Mayu, Molani, Chajra Mayu, Lampazón, El Palmar, Rodeo, Rodeito, Higuierita Qhotumayo y Trapiche, recorre los territorios de las comunidades de: Aramasi, Chajra Mayu, Rodeo El Palmar, Molani Khasa, El Palmar y parte de la Joya Charal. (Palmar, 2014-2023).

La subcuenca del Río Zudáñez es subparalela con control estructural, tiene una orientación de Oeste a Este, en su primer tramo corresponde al Río Trancas hasta desembocar al Río Zudáñez. A partir de la desembocadura al Río Zudáñez, toma una orientación Nor – Noreste, hasta desembocar con el nombre de Seripona al Río Grande.

Los afluentes de la sub cuenca de los Ríos Zudáñez y Grande, son los siguientes: Anaslla, Yunguyu Mayu, Aramasi, Cajon Aramasi, Trancas Horno Kasa, Canastayuj, Kanka Quebrada, Arisaca Wayco, Leon Quebrada, Llave Tranca, Soto Pujyu, Salto, Molaniuj, Chancanita Waycu, Cusillo Waycu y Palmarcito. Las comunidades que territorialmente pertenecen a esta sub cuenca son: Trancas Horno Kasa, TorcoTorco, Lomán, Rodeo El Palmar, Molani Khasa y Joya Charal. (Palmar, 2014-2023).

El potencial hidrológico identificado dentro del ANMI El Palmar es Agua dulce proveniente de las serranías, para uso de las poblaciones que se han estableciendo a través de los años, por la existencia de estas fuentes de agua, recurso fundamental para la vida.

En las dos sub cuencas se han identificado 31 afluentes entre ríos y quebradas, 11 pertenecen a la subcuenca del Río Grande - Rodeo y 20 a la subcuenca del Río Zudáñez, como se muestran en el Cuadro. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 12. Curso y uso de los Recursos Hídricos.

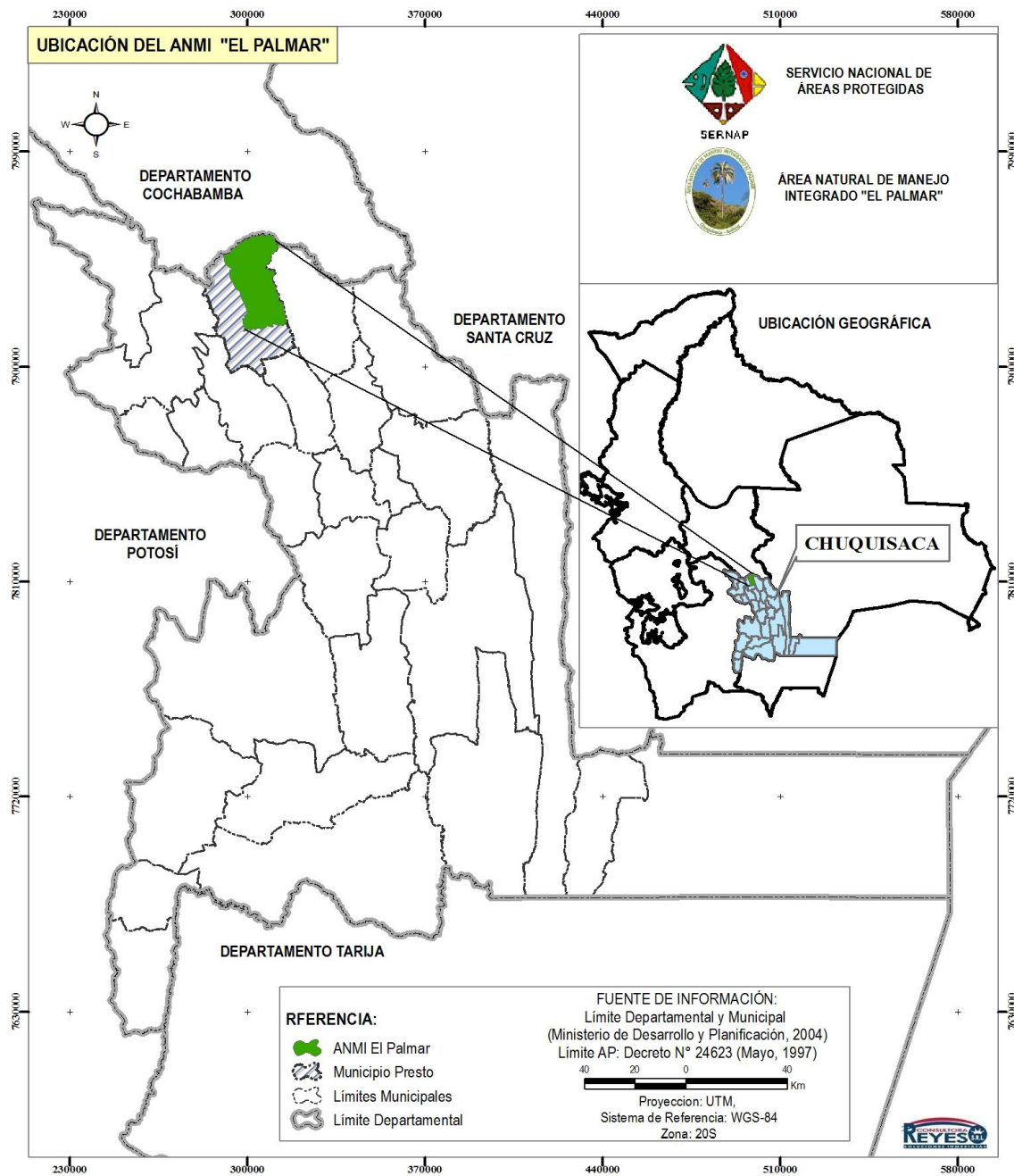
Nº	SUB CUENCA	TIPO	NOMBRE	CURSO DE AGUA	USO	OBSERVACIONES
1	Río Grande - Rodeo	Río	Rodeo	Permanente	Agricultura, Ganadería y humano	Leve contaminación con basura principalmente la población de Rodeo El Palmar.
2		Río	Palmar	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
3		Río	Cajón (Palmar)	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
4		Río	Palmar kjawana	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
5		Quebrada	Chajra Mayu	Temporal	Ganadería y humano	Disminución del caudal
6		Quebrada	Cuñuriuj	Temporal	Ganadería y humano	Disminución del caudal
7		Quebrada	Quewiñas	Temporal	Ganadería y humano	Disminución del caudal
8		Río	Jatun Huayco	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
9		Quebrada	Coquecara	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
10		Quebrada	Molle Waycu	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
11		Quebrada	Hukju Huaycu	Temporal	Ganadería	Disminución del caudal
12	Río Zudáñez	Quebrada	Palmarcito	Permanente	Ganadería	Mantiene el caudal todo el año
13		Quebrada	Cusillo Waycu	Permanente	Ganadería	Mantiene el caudal todo el año
14		Quebrada	Choncanita Waycu	Permanente	Ganadería	Mantiene el caudal todo el año
15		Quebrada	Molaniuj	Temporal	Ganadería y humano	Disminución del caudal
16		Quebrada	Quebrada Seca	Seco		Disminución del caudal
17		Quebrada	Salto	Temporal	Ganadería	Disminución del caudal
18		Quebrada	Soto puju	Temporal	Ganadería	Disminución del caudal
19		Quebrada	Llave tranca	Seco	Ganadería	Disminución del caudal
20		Quebrada	León Quebrada	Temporal	Ganadería	Disminución del caudal
21		Quebrada	Arisaca Wayco	Seco	Ganadería	Disminución del caudal
22		Quebrada	Kanca Quebrada	Seco	Ganadería	Disminución del caudal
23		Quebrada	Canastayuj	Temporal	Ganadería	Disminución del caudal
24		Río	Yuguyu Mayu	Permanente	Agricultura, Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
25		Quebrada	Aramasi	Temporal	Ganadería y humano	Disminución del caudal
26		Río	Cajón (Aramasi)	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
27		Río	Torco Torco	Permanente	Agricultura, Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
28		Río	Trancas Horno kasa	Permanente	Agricultura, Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
29		Quebrada	Trancas	Seco		Disminución del caudal
30		Quebrada	Ansaslo	Permanente	Ganadería y humano	Mantiene el caudal todo el año
31		Quebrada	Chajra Mayu (Trancas)	Seco		Disminución del caudal

Nota: Elaboración Propia en base al mapa de Recursos hídricos e hidrología de ZONOSIG, 2000. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

3.7 Ubicación de la región

Según la división política administrativa del país, el ANMI El Palmar está ubicado en el Municipio Presto de la Provincia Zudáñez del Departamento de Chuquisaca.

Figura 11. Ubicación del ANMI El Palmar



Nota: Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 – 2023

3.8 Escenario de Planificación

3.8.1 Plan Estratégico De Gestión

a planificación estratégica para la gestión del ANMI se fundamenta en determinaciones técnicas y sociales del diagnóstico estratégico y caracterización, producto de diferentes pasos del proceso participativo de planificación. Esencialmente se trata de:

- Dar viabilidad a los mandatos legales del AP. (Palmar, 2014-2023).
- Construir una visión compartida entre los principales actores (Comunidades/gestores del área) sobre el futuro desarrollo sustentable. (Palmar, 2014-2023).
- Analizar los principales problemas, limitaciones y potencialidades que resultan del diagnóstico estratégico del área y sus condiciones de sus valores naturales, culturales, sociales y de la gestión realizada. (Palmar, 2014-2023).
- Enmarcarse en los ambitos gestión del SERNAP a través del Plan Maestro y su integración a los objetivos estratégicos del Plan Estratégico Institucional. (Palmar, 2014-2023).

3.8.2 Marcos normativos y políticos

El marco estratégico para la gestión de áreas protegidas a nivel nacional está dado por las siguientes orientaciones articuladoras nacionales. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 13. Marco Normativo y Políticos

Relación de la Ley- Norma y/o Política nacional con el Plan de Manejo del ANMI El Palmar	
Constitución Política del Estado Plurinacional	<p>En el caso específico de áreas protegidas, la CPE, en su Artículo 385 dice:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las áreas protegidas constituyen un bien común y forman parte del patrimonio natural y cultural del país; cumplen funciones ambientales, culturales, sociales y económicas para el desarrollo sustentable. - Donde exista sobreposición de áreas protegidas y territorios indígena originario campesinos, la gestión compartida se realizará con sujeción a las normas y procedimientos propios de las naciones y pueblos indígena originaria campesinos, respetando el objeto de creación de estas áreas.

	<p>Por consecuencia el Plan de Manejo tiene como FIN el desarrollo sustentable, los habitantes del ANMI El Palmar son conscientes que el territorio del AP es un bien común porque cumple funciones ambientales, culturales, sociales y económicas. Además de constituir patrimonio natural y cultural de la humanidad.</p>
<p>Ley de Derechos de la Madre Tierra</p>	<p>En la formulación compartida del Plan de Manejo del ANMI El Palmar, se plantea la defensa y respeto a la Madre Tierra.</p> <p>En el Plan de Manejo se propone que los diferentes proyectos planteados por los habitantes del ANMI El Palmar, deben estar en armonía con la Madre Tierra, tanto las comunidades como la naturaleza en los sistemas de vida.</p> <p>Se plantea respeto y defensa de los derechos de la Madre Tierra de todos los habitantes del ANMI El Palmar.</p> <p>En el Plan de Manejo se plantea prácticas de producción agroecológica, como el cultivo orgánico para la venta en los mercados de las ciudades. Se plantea recuperar los hábitos de consumo para estar en armonía con los derechos de la Madre Tierra.</p>
<p>Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien</p>	<p>La elaboración del Plan de Manejo se ha realizado en forma participativa, donde se han realizado diferentes eventos con la participación activa de los habitantes de AP.</p> <p>En los eventos participativos se han recogido las diferentes inquietudes que tienen los habitantes del AP, para ser formulados en políticas, estrategias, planes, programas y proyectos en el Plan de Manejo, con el propósito del Vivir Bien.</p> <p>De acuerdo al Diagnóstico Estratégico se ha determinado que en el AP no existe disponibilidad de tierras aptas para la agricultura intensiva, su vocación es silvopastoril por lo tanto el Plan de Manejo debe formular proyectos para su utilización sostenible con responsabilidad de Gestión Compartida</p> <p>Al no disponer de tierras aptas para la agricultura extensiva el Plan de Manejo propone proyectos con Enfoque biocultural donde los habitantes puedan ejecutar cultivos aplicando el conocimiento ancestral. Una alternativa viable es la</p>

	<p>producción orgánica, donde se pueda certificar los productos por los agricultores capacitados en este rubro.</p> <p>La palmera janchi coco <i>Parajubaea Torallyi</i> es el recurso más emblemático del AP. El Plan de Manejo determinará proyectos para mantener el patrimonio genético de esta especie.</p> <p>Se ha identificado en el Diagnóstico Estratégico que las cabeceras de la cuenca están desprovistas de cobertura vegetal, El Plan de Manejo propone proyectos de repoblamiento forestal para garantizar las zonas de recarga hídrica. La gestión y ejecución de estos proyectos debe ser en Gestión Compartida.</p> <p>También se han detectado que las terrazas aluviales de los ríos principales están desprotegidas de las crecidas de las aguas, al ser éstas áreas las más productivas por tener acceso a agua para riego, en el Plan de Manejo se está formulando proyectos para ejecutar obras de protección de las riberas de los ríos. De la misma forma la gestión y ejecución de estos proyectos debe ser en Gestión Compartida.</p>
Plan Nacional de Desarrollo: Bolivia digna, soberana, productiva y democrática	<p>El Plan de Manejo del ANMI El Palmar, ha sido desarrollado con inclusión social, donde todas las comunidades han participado a través de los talleres comunales donde han planteado sus necesidades para que se formulen en proyectos.</p> <p>A través del Plan de Manejo se plantea el poder social comunitario, donde los actores sociales planteen sus necesidades, prioricen y ejecuten los proyectos.</p>
Decreto Supremo 24781	Reglamento General de Áreas Protegidas de 31 de julio de 1997.
Decreto Supremo 28591	Reglamento General de Operaciones Turísticas en Áreas Protegidas de 17 de enero de 2006
Decreto Supremo 25158	Manejo Integral de Áreas Protegidas de 4 de septiembre de 1998.
Ley 300	Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien de 15 de octubre de 2012.
Ley 1333	Medio Ambiente

Nota: (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

3.8.3 Programas De Manejo

Los programas constituyen el instrumento de planificación por medio del cual se estructuran o adecuan conceptos, estrategias, objetivos, resultados, acciones y recursos financieros para operativizar uno o más objetivos de gestión, a un nivel más específico, basados en los preceptos del Plan de Manejo. (Palmar, 2014-2023).

Las actividades de gestión del Área Protegida El Palmar se organizan a través de los programas de manejo o gestión. Este proceso de organización incluye la priorización de las actividades, la determinación espacial y temporal de su ejecución, y la asignación de responsabilidades y recursos financieros. En este contexto, los programas actúan como el marco operativo para implementar el Plan de Manejo, garantizando el logro de los objetivos y líneas de acción establecidos para el Área Protegida. Por lo tanto, la formulación de los programas de gestión refleja una agrupación funcional y operativa de las actividades planificadas (Palmar, 2014-2023).

En el marco de la metodología del SERNAP, los programas de gestión tienen un horizonte de tiempo variable para su implementación, con un lapso general de 10 años. Aunque se diseñan inicialmente para un periodo limitado de tres años, estos pueden ser reformulados total o parcialmente según su complejidad y grado de implementación, lo que podría implicar ajustes a corto o largo plazo.

Los programas resultan de un proceso colaborativo, donde se identifican y abordan los problemas de manera conjunta entre los pobladores y el personal de la Dirección del Área Protegida (AP). Sin embargo, su implementación dependerá en gran medida de la capacidad de gestión del director, del Concejo de Gestión Compartida y de los financiamientos que puedan contribuir entidades públicas y privadas. (Palmar, 2014-2023).

Una de las características importantes que se determinó en la construcción del sistema de programas de acuerdo a trabajo de campo, es que los programas centrales de acuerdo a sus requerimientos o complementaciones que deben ejecutarse son el de Protección y el de manejo de Recursos Naturales como se muestra en la siguiente figura. (Palmar, 2014-2023).

Figura 13. Programa de Gestión del AP.



Nota: .(Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

Los programas identificados y trabajados de acuerdo al marco que facilita la Guía de Planificación de Planes de Manejo son seis y subprogramas once. Los programas mas importantes por su importancia en el AP y por su razón de ser en el ANMI son el Sistema de Protección y el de Gestión y manejo de Recursos Naturales. (Palmar, 2014-2023).

3.9 Condiciones Socioeconómicas

3.9.1 Turismo

El Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar cuenta con una variedad significativa de recursos naturales y culturales que constituyen atractivos turísticos. Estos recursos potencian al área como un destino turístico destacado, especialmente considerando que ya está en funcionamiento el circuito turístico "Tarabuco - Uyuni - Potosí". Este circuito es respaldado por diversas instituciones nacionales e internacionales, las cuales ven en él una nueva alternativa para la llegada de turistas al municipio de Presto y, por ende, al área protegida. La cercanía a la población de Tarabuco, ubicada a solo 40 km de su capital, presenta una oportunidad estratégica para fomentar el desarrollo turístico en la zona (Palmar, 2014-2023).

3.9.2 Políticas y lineamientos ambientales y de desarrollo turístico

3.9.2.1 El turismo sostenible

A partir de la Declaración sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, conocida como - Agenda 21 (Río de Janeiro, 1992), el sector turismo liderado por la Organización Mundial del Turismo (OMT), en 1995 adoptó la Carta del Turismo Sostenible (CTS), que fue una consecuencia de la declaración mundial sobre la aplicación de la Agenda 21 al turismo, manifestación que determina que el futuro del turismo depende de la protección de todos los entornos naturales y culturales de la tierra y que es uno de los puntos de partida

fundamental de la CTS; en este entendido la OMT definió al turismo sostenible como un modelo de desarrollo económico que fue diseñado para: (Palmar, 2014-2023).

“Mejorar la calidad de vida de las comunidades receptoras”.

“Proveer una experiencia de alta calidad a los visitantes”.

“Mantener la calidad del medio ambiente del que dependen la comunidad receptora y los visitantes”.

Los criterios propuestos y fundamentales para la sostenibilidad del desarrollo del turismo son:

- El desarrollo del turismo ha de ser soportable ecológicamente, viable económicamente y aceptable social y éticamente para las comunidades locales, considerando que una buena gestión del turismo exige garantizar la sostenibilidad de los recursos de los que depende. (Palmar, 2014-2023).
- Las estrategias turísticas deben considerar los efectos sobre el patrimonio natural y cultural y las actividades tradicionales reconociendo los elementos y actividades de las comunidades locales y apoyando su identidad, cultural e intereses. (Palmar, 2014-2023).
- Para la gestión sostenible del turismo es necesaria la concertación, el mutuo respeto y la participación de todos los actores implicados en el proceso, particularmente los pobladores locales. (Palmar, 2014-2023).
- En este marco, las iniciativas internacionales, nacionales, regionales y locales de desarrollo turístico deberán asumir la responsabilidad ambiental de toda actividad económica o social relacionada al uso de los recursos naturales y culturales de un sitio o destino específico. (Palmar, 2014-2023).

3.9.3 La política nacional sobre Áreas Protegidas

Art. 32.- El objetivo fundamental del turismo en las áreas protegidas, es la educación ambiental de los visitantes y se constituye en una alternativa económica para mejorar la calidad de vida de la población local. (Palmar, 2014-2023).

En función a estos fines, el Vice ministerio de Turismo en coordinación con la autoridad nacional de áreas protegidas, según los intereses y condiciones específicas de cada área, incorporará a otros actores en la operación del turismo y prestación de servicios turísticos, bajo modalidades reconocidas exclusivamente para el sistema nacional de áreas protegidas en el marco especial vigente de áreas. (Palmar, 2014-2023).

3.10 Cadena de valor de turismo

La cadena de valor se compone de una red de actores económicos cuya labor se centra en la creación, producción o provisión de un producto o servicio. Esta red incluye diversas actividades que contribuyen al desarrollo y optimización de la oferta, abarcando desde la obtención de recursos hasta la entrega del producto final al consumidor. Estos eslabones interactúan entre sí bajo una relación de mercado donde unos son los proveedores, y otros son los clientes, Esta relación entre eslabones además de ser una relación de mercadeo es una relación de transacción, donde existen costos de transacción específicos. (Palmar, 2014-2023).

La cadena de valor en el turismo abarca una amplia gama de componentes, que se pueden clasificar principalmente en dos áreas: la demanda turística y la oferta turística. La parte de demanda se agrupa en cinco componentes interdependientes; atracción, servicios, transporte, información y promoción. (Palmar, 2014-2023).

3.10.1 Actores dentro de la cadena de valor

Los sectores que deben participar en desarrollo de un proceso integral de turismo en consideración al diagnóstico realizado deben ser: el gobierno departamental, municipal, autoridades del AP, comunidades, ONGs, así como la iniciativa privada. (Palmar, 2014-2023).

Gobierno: El papel del sector público en el desarrollo del turismo es vital. Lo más importante es que se le dé la importancia debida tanto a nivel nacional, departamental como el municipal. (Palmar, 2014-2023).

Las autoridades con competencia en turismo, medio ambiente, agricultura, ganadería, educación y áreas protegidas deben participar coordinadamente en el establecimiento de políticas, legislación normatividad y programas concretos que incidan sobre la actividad turística. (Palmar, 2014-2023).

Comunidades: Las comunidades que se encuentran en AP deben participar activamente en la planificación y manejo del turismo sin embargo los que pretenden desarrollar el turismo prefieren evitar la inversión en tiempo y esfuerzo que se requiere para que las poblaciones locales aprendan y se involucren en el proceso. (Palmar, 2014-2023).

Es común ver a los que desarrollan la actividad turística marginar a las comunidades por razones económicas en la manera de no compartir beneficios o evitarse problemas en el trato con ellos. Si las comunidades no son involucradas activamente en la industria turística y no reciben beneficios que compensen de alguna manera su restricción de accesibilidad a

los recursos naturales pueden recurrir a una serie de obstáculos e impedimentos hacia los desarrolladores turísticos y los propios turistas. (Palmar, 2014-2023).

Organizaciones No Gubernamentales (ONGs): Las ONGs, especialmente aquellas vinculadas con la conservación, el desarrollo sostenible y las microempresas, son recursos valiosos para el sector turístico. Su función principal radica en proporcionar asistencia técnica y financiera para proyectos específicos relacionados con el turismo (Palmar, 2014-2023).

Industria Turística: Esta industria tiene una influencia significativa en los destinos, actividades y experiencias de los viajeros. Es crucial su participación en el proceso de planificación, ya que proporciona información valiosa sobre las tendencias y las fluctuaciones en la demanda, y juega un papel fundamental en las estrategias promocionales y de marketing.

Turistas: Los turistas son el motor fundamental de toda actividad turística, ya que constituyen los consumidores que impulsan la demanda del sector.

A fin de cuentas, ellos son quienes deciden donde y cuando irán cuales actividades recreativas desean, Por tanto, su pensamiento y preferencias habrán de ser tomadas en cuenta en cualquier estrategia de planeación. (Palmar, 2014-2023).

3.11 Caracterización Económica Productiva

3.11.1 Caracterización de la agricultura.

La producción agrícola en las comunidades del ANMI El Palmar, es tradicional, estacional, poco diversificada y en superficies pequeñas, la producción es para autoconsumo con pocos excedentes para la comercialización. (Palmar, 2014-2023).

En el ANMI El Palmar se han diferenciado dos zonas de producción, el valle bajo que está comprendido entre 1196 msnm y los 2500 msnm; donde su cuota más baja esta localizada en la confluencia de los ríos Zudáñez y Grande, y el valle alto que está entre los 2501 a 3182 msnm, esta última localizada en el Cerro Palmarcito. (Palmar, 2014-2023).

Los principales productos agrícolas cultivados en el Valle Alto son el trigo, maíz, cebada y papa; se cultiva también en menor proporción haba, quinua y hortalizas. El Valle Bajo es el más productivo, se cultivan productos como maíz, trigo, cebada, papa miska, haba y maní. Así mismo se cultivan frutas como: chirimoya, pacay, cítricos y papaya. (Palmar, 2014-2023).

3.11.2 Áreas producción

Las áreas donde se desarrolla la actividad productiva agrícola, han sido agrupadas según características particulares de cada zona por ejemplo el relieve, tierras disponibles y aptas para el laboreo agrícola. (Palmar, 2014-2023).

Valle Alto: Esta zona se localiza a una altitud que varía entre los 2,501 y los 3,182 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una extensión total de 18,946 hectáreas, de las cuales 3,337 hectáreas son utilizadas para fines productivos. Los principales cultivos en esta área, ordenados según su importancia, incluyen trigo, maíz, cebada, papa y haba.

Valle Bajo: Este valle se encuentra entre los 1,196 y 2,500 msnm. Las áreas productivas en esta región son relativamente pequeñas, sumando un total de solo 301 hectáreas. Estas áreas están distribuidas entre las comunidades de Trancas, Horno Kasa, Aramasi, Loman, Torco Torco, Rodeo El Palmar, Molani y la Joya Charal. En este valle se cultivan maíz, trigo, cebada, papa, maní, ají, frijol, caña de azúcar, durazno, chirimoya, naranja, mandarina, limón, pacay y papaya.

3.12 Caracterización De La Actividad Pecuaria

La ganadería extensiva es la actividad principal de las familias que residen en el Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar. Esta actividad se desarrolla principalmente bajo un sistema semi-estabulado, donde los animales se crían en amplias zonas de pastoreo, pero con cierta organización de los recursos. La tenencia de crianza predominante es de ovinos, caprinos, bovinos y aves de corral, quedando en menor proporción los porcinos y equinos (burros, mulos y caballos). (Palmar, 2014-2023).

La actividad pecuaria extensiva se distingue por la utilización de amplias áreas de pastoreo comunal, especialmente en las comunidades ubicadas al norte del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar. Estas áreas de pastoreo son esenciales para el desarrollo de la ganadería, permitiendo a los productores mantener sus prácticas de pastoreo a gran escala. La actividad pecuaria semi estabulada, de forma complementaria utiliza los restos de las cosechas, como ser los rastrojos. (Palmar, 2014-2023).

Las áreas de pastoreo extensivo, son utilizadas durante 6 meses por el ganado bovino de diciembre a mayo. (Palmar, 2014-2023).

Durante la temporada de cosecha, los bovinos son trasladados a los predios familiares para aprovechar los restos de la cosecha. En estas áreas, se lleva a cabo un manejo controlado, asegurando el uso adecuado de los recursos disponibles y garantizando la salud del ganado. En las comunidades de Torco Torco y la Joya Charal, el ganado bovino tiene la

particularidad de permanecer todo el año en las áreas de pastoreo comunal. (Palmar, 2014-2023).

El pastoreo del ganado ovino y caprino se lleva a cabo diariamente bajo la supervisión de un responsable, quien actúa como cuidador. Esta labor es principalmente realizada por mujeres y niños, y se desarrolla en áreas cercanas al predio familiar. En la época de cosecha, este ganado se une a los bovinos, en las áreas de los cultivos cosechados para aprovechar los rastrojos. (Palmar, 2014-2023).

Las áreas destinadas al pastoreo extensivo se distinguen por contar con fuentes de agua, como ríos y vertientes, que proporcionan este recurso esencial al ganado. En cuanto a la alimentación en estas zonas, las principales especies forrajeras provienen del estrato herbáceo, especialmente las gramíneas, así como de especies arbustivas y arbóreas. Los dos primeros son consumidos en mayor proporción todo el año y el tercero solo en época de estiaje como hojarasca. (Palmar, 2014-2023).

Durante el periodo de mayor cobertura vegetal, que coincide con el ciclo agrícola de diciembre a mayo, la población pecuaria experimenta un aumento considerable. Este incremento provoca la invasión de las parcelas productivas, lo que genera conflictos entre los propietarios. Para evitar que el ganado invada parcelas de cultivo, se debe prever métodos de control, sean sociales (elaboración de Normas Comunes) o físicos (implementación de cercos). (Palmar, 2014-2023).

3.13 Características de los Ingresos, Comercialización e Intercambio

Para la caracterización de los ingresos económicos de las familias y comunidades, se tomó como base la producción agropecuaria. (Palmar, 2014-2023).

3.13.1 Fuentes de ingresos de la población

En el Cuadro se detallan los ingresos de producción agrícola y pecuaria, obtenido de acuerdo a las encuestas familiares, talleres comunales e informantes clave. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 14. Ingreso Neto de la Producción Agrícola

RODUCTO	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN (\$US)	COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE (\$US)	INGRESO NETO (\$US)
	1	2	3=1-2
Trigo	340.185,4	323.477,8	16.707,6
Maíz	184.629,4	159.495,2	25.134,3
Cebada	63.545,6	62.009,4	1.536,1
Papa	245.512,8	187.222,9	58.289,9
Haba	52.635,6	24.080,1	28.555,4
Papa Miska	39.126,1	26.702,6	12.423,5
Maní	18.914,8	9.837,8	9.077,0
Frejol	6.980,3	3.673,6	3.306,7
Arveja	4.824,6	3.994,5	830,2
Chirimoya	89.623,2	4.490,8	85.132,4
Cítricos	6.243,0	2.731,1	3.511,8
Durazno	13.898,5	1.122,9	12.775,6
Total	1.066.119,2	808.838,8	257.280,4

Nota: Elaboración Propia en base a encuestas y talleres comunales, 2012. Tipo de cambio: 1 \$us = 6.96 Bs. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

El mayor ingreso proviene del sector frutal, particularmente del cultivo de chirimoya, seguido por los cultivos de haba y papa miska. Las familias del Área Protegida (AP) tienen un ingreso promedio anual estimado de 367 dólares, lo que equivale a 2.554,45 bolivianos, considerando un tipo de cambio de Bs. 6,96 por dólar (Palmar, 2014-2023).

Tabla 15. Ingreso Neto de la Producción de Ganado.

PRODUCTOS	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN (\$US)	COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE (\$US)	INGRESO NETO (\$US)
	1	2	3=1-2
Vacuno	552.051,2	249.674,4	302.376,9
Ovino	139.176,5	77.337,6	61.838,9
Caprino	134.844,9	74.930,6	59.914,3
Porcino	61.675,2	55.507,7	6.167,5
Gallinas	17.058,3	4.861,6	12.196,7
Total	904.806,1	462.311,9	442.494,2

Nota: Elaboración Propia en base a encuestas y talleres comunales, 2012. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

La venta de animales domésticos genera un ingreso promedio anual de 631,2 dólares por familia, lo que equivale a 4.393,38 bolivianos. Las principales especies que contribuyen a los ingresos económicos de las familias del Área Protegida (AP) son los bovinos, seguidos por los ovinos y caprinos.

Las familias de las comunidades de El Palmar y Molani, por tener en su territorio la palmera janchicoco, generan adicionalmente a los ingresos agrícolas y pecuarios, 107.6 dólares anuales que equivalen a 750,00 Bs., por la venta de la almendra del coco. (Palmar, 2014-2023).

3.14 Situación actual

Las nacientes o cabeceras de las subcuencas y microcuencas generalmente presentan una cobertura vegetal limitada. Esta falta de vegetación contribuye al arrastre de sedimentos y, por ende, a la erosión de los suelos. No obstante, en algunas áreas se observa la presencia de palmas y otras especies de mirtáceas que ayudan a proteger las fuentes de agua. (Palmar, 2014-2023).

En la parte superior de la subcuenca del río Grande - Rodeo, se encuentran áreas de cultivo, las cuales se gestionan sin la implementación de medidas para la conservación de los suelos. En la parte media y baja existe mayor cobertura vegetal que protege mejor los suelos y cursos de agua, que permite que la regeneración de la biomasa sea más rápida. (Palmar, 2014-2023).

La cabecera de la sub cuenca del Río Zudáñez, también tienen escasa cobertura vegetal. Existe arrastre de sedimentos y erosión de los suelos, aunque en la parte media y baja existe cobertura boscosa que evita la erosión de los suelos y protege la calidad del agua, especialmente al Norte de esta sub cuenca. (Palmar, 2014-2023).

La calidad de las aguas es apta para la captación y distribución en sistemas de riego, como de agua segura para consumo humano y rebaje para animales, hasta el momento no se tiene ningún problema de contaminación fuerte que ponga en riesgo la salud de las personas y de su ganado. (Palmar, 2014-2023).

No obstante, los ríos que atraviesan las zonas habitadas por una mayor concentración de población, como Rodeo El Palmar, Palmar y La Joya Charal, enfrentan problemas significativos de contaminación por residuos sólidos. Esta situación genera un impacto ambiental negativo para la subcuenca. Otro problema ambiental son los pozos sépticos en Centros de Salud, Unidades Educativas y Campamentos, ya que están contaminando los acuíferos por la eliminación de las aguas residuales. (Palmar, 2014-2023).

3.14.1 Suelos

3.14.1.1 Características

Para la caracterización del suelo en el AP, se ha recurrido a ZONISIG, 2000 donde se identifican 4 unidades de suelo. A partir de las unidades de terreno mediante el análisis, selección y asignación de Grandes Grupos de suelos (FAO, 1990), empleando además los

criterios de consociación, asociación e inclusión de suelos8. Los Grupos Principales de Suelos (nivel 1) con las respectivas Unidades de Suelo (nivel 2) son los siguientes: (Palmar, 2014-2023).

- “Consociación leptosoles”.

“Consociación leptosoles”

“Consociación leptosoles”

“Consociación leptosoles con inclusión cambisoles, Regosoles, Arenosoles y Fluviosoles. Los Cambisoles”.

Tabla 16. suelos

GRAN PAISAJE	COMPONENTE	SUELOS IDENTIFICADOS	
		(ORDENADOS DESDE LOS SUELOS MÁS JÓVENES A LOS MÁS DESARROLLADOS)	UNIDADES DEL SUELO
Serranías altas y medias con disección moderada, fuerte a muyfuerte, constituida por rocas sedimentarias. Sedimentos clásticos de conglomerados, areniscas y lutitas.	cima y pendiente	Leptosol Lítico y Eútrico; Cambisol Dístico	-1
	rellano	Cambisol Eútrico; Lixisol Háptico	-2
	valle	Fluvisol Eútrico; Cambisol Eútrico; Lixisol Háptico	-4
Valles aluviales con disección ligera. Constituidos por materialno consolidado de origen fluvial y coluvial.	terraza	Fluvisol Eútrico; Arenosol Háptico; Cambisol Eútrico; Lixisol Háptico	-3
	pie demonte	Fluvisol Eútrico; regosol Eútrico; Cambisol Eútrico	-4

Nota: ZONISIG, 2000. Suelos por grandes paisajes y componentes de terreno en el ANMI El Palmar, según el sistema de clasificación del Mapa Mundial de Suelos (FAO-UNESCO. 1990. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

Las serranías presentes en el área protegida (AP) son de altitudes altas y medias, de origen sedimentario. Su litología, por orden de importancia, está compuesta principalmente por areniscas, lutitas, limolitas y conglomerados. Los suelos predominantes varían entre poco y moderadamente profundos, con un desarrollo pedogenético limitado debido a las pendientes escarpadas, las cuales los hacen susceptibles a la erosión hídrica. Estos suelos, en su mayoría bien o excesivamente drenados, tienen texturas que van de franco-arenosas a franco-arcillosas. En los pequeños rellanos, donde el relieve es ondulado, los suelos tienden a ser más profundos que en las pendientes. Aunque el desarrollo pedogenético es generalmente limitado, en algunas áreas se observa la formación de un horizonte argílico. La erosión, tanto laminar como en surcos, es de grado moderado en la mayoría de las zonas.

Entre la topografía accidentada de las serranías, se encuentran pequeños valles encajonados, terrazas aluviales y piedemontes que se destinan principalmente a actividades agrícolas. Los suelos de origen coluvio-aluvial, bien drenados; las terrazas son susceptibles a inundaciones, depositando sedimentos nuevos. (Palmar, 2014-2023).

Los valles se extienden a lo largo de los ríos Grande, Seripona y Zudáñez, abarcando terrazas aluviales, llanuras de piedemonte y lechos fluviales. Las pendientes varían desde planas hasta moderadamente escarpadas, especialmente en las áreas de piedemonte, donde se encuentran numerosas piedras en la superficie. Los suelos, que pueden ser desde poco profundos hasta muy profundos, presentan texturas que van de franco-arcillo-limosas a areno-francosas, siendo generalmente bien drenados. Estos suelos pueden ser clasificados desde "jóvenes", resultado de sedimentaciones fluviales recientes, hasta suelos más desarrollados, con horizontes bien diferenciados. En general, la erosión en estos valles es de grado leve. (ZONISIG, 2000; Palmar, 2014-2023).

3.14.2 Cobertura del suelo

De acuerdo al Servicio Departamental de Riego (SIDERI, 2012). El "Estudio de la Erosión de Suelos en Chuquisaca" utiliza el factor de cobertura del suelo (C) de la ecuación universal de erosión como indicador del grado de protección que diferentes tipos de cobertura vegetal proporcionan al suelo. Este factor refleja la capacidad de la vegetación para mitigar la erosión, actuando como una barrera natural contra la degradación del suelo. En el factor C están representados los efectos del porcentaje de cubrimiento de la vegetación, el efecto protector de los residuos vegetales, incluidos en la hojarasca y la acción de agregación que tiene las raíces en el suelo. (Palmar, 2014-2023).

El factor C utilizado por SIDERI se obtuvo mediante imágenes satelitales de Landsat 5, aplicando el cálculo del índice de vegetación. Este índice permite diferenciar entre dos tipos de cobertura, evaluando su comportamiento tanto como suelo como vegetación. El procedimiento para la clasificación de la cobertura vegetal, fue con la obtención de la información en campo, para posteriormente obtener la cobertura vegetal (SIDERI, 2012), (Palmar, 2014-2023).

A continuación, se presenta un cuadro con los valores del factor C utilizados por SIDERI para clasificar la cobertura del suelo en Chuquisaca. A partir de este análisis, se determinó la cobertura presente en el Área Protegida.

Tabla 17. Cobertura de suelo.

CÓDIGO	COBERTURA	SIGLA	FACTOR C	HAS.
1	Agua	AGU	0.01	27.4
2	Sin vegetación y ríos	CyR	0.5	2874.1
3	Pasto y Terrenos de Cultivo (0 a 20 %)	1PTC	0.385	1639.1
4	Pasto y Terrenos de Cultivo (20 a 40 %)	2PTC	0.2	11569
5	Pasto y Terrenos de Cultivo (40 a 60 %)	3PTC	0.12	15241
6	Pasto y Terrenos de Cultivo (60 a 100 %)	4PTC	0.045	8750.6
7	Bosque sin Sotobosque Apreciable (0 a 20 %)	1BsS	0.385	4670
8	Bosque sin Sotobosque Apreciable (20 a 40 %)	2BsS	0.18	7668.9
9	Bosque sin Sotobosque Apreciable (40 a 60 %)	3BsS	0.09	6652.3
10	Bosque sin Sotobosque Apreciable (60 a 100 %)	4BsS	0.043	1182.3
	TOTAL			60275

Nota: SIDERI 2012. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

3.14.3 Uso actual del suelo

Durante los talleres comunales, se han elaborado mapas del uso actual del suelo que asignan los comunarios del AP, los mismos que han sido validados con el trabajo realizado por el especialista con apoyo de datos de otros estudios. (Palmar, 2014-2023).

Con base en los datos proporcionados por los comunarios y el trabajo de campo realizado, se elaboró el Mapa de Uso Actual del Área Protegida. Este mapa clasifica el uso del suelo en varias categorías, entre las que destaca la agricultura extensiva, que representa el 5.98% del AP. El suelo en esta zona enfrenta limitaciones climáticas, topográficas, de tamaño de parcela y accesibilidad. No obstante, estas restricciones no impiden que los pobladores destinen estas tierras a actividades económicas. Las áreas habilitadas suelen ser empleadas para cultivos anuales sin riego, en su mayoría, donde la fertilidad del suelo es moderada a baja. Esta situación obliga a los agricultores a dejar "en descanso" las parcelas de cultivo después de 2 a 3 años de explotación agrícola. Además, cabe señalar que los residuos de las cosechas, como el rastrojo, se utilizan para alimentar tanto al ganado mayor como al menor, en lugar de ser incorporados al suelo para restaurar su fertilidad. Esta categoría de suelo se presenta en las tierras relativamente planas y en laderas de pendientes moderadas a fuertes de las comunidades de: Aramasi, Rodeo El Palmar, El Palmar, Molani, Chajra Mayu, Trancas Horno K'asa, Loman y Torco Torco. (Palmar, 2014-2023).

La categoría Silvopastoril representa el 77,16% de la superficie del Área Protegida. Esta categoría hace referencia al uso combinado de los recursos forestales, donde predomina la gestión de los recursos naturales. En estas áreas, la cobertura boscosa (compuesta por árboles y arbustos) se utiliza para el ramoneo, en asociación con pastos naturales. Este uso puede realizarse de manera simultánea o en secuencias temporales. Esta categoría de suelo,

se presenta en todas las comunidades del AP, en mayor o menor porcentaje. (Palmar, 2014-2023).

La categoría Forestal representa el 16,78% del territorio del Área Protegida. Esta categoría abarca tierras con cobertura arbórea, que incluyen formaciones de palmeras. El bosque presente en el área protegida tiene un bajo potencial maderable, debido a la escasez de árboles con valor comercial. Esta categoría se presenta en todas las comunidades del AP, en mayor o menor porcentaje. (Palmar, 2014-2023).

La categoría Agricultura Múltiple representa solo el 0,08% de la superficie del Área Protegida. Esta categoría se caracteriza por condiciones climáticas favorables, una topografía relativamente plana, suelos profundos y, especialmente, la disponibilidad de agua para riego mediante acequias. Estas características hacen de la agricultura múltiple la categoría más productiva dentro del área protegida. Se ubica en pequeñas áreas planas de las terrazas aluviales de los ríos Zudáñez, Seripona y Grande, así como en los piedemontes donde se cultivan frutales con riego. Las principales áreas de cultivo de esta categoría se encuentran en la comunidad de Joya Charal. En el Cuadro 9 y Mapa 8 muestran el uso actual del suelo en el AP. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 18. Uso actual del suelo

CATEGORIA	SUPERFICIE HECTAREAS.	%
Agricultura extensiva	3605.4	5.98
Silvopasturas	46505.5	77.16
Forestal con pastoreo en sectores	10116.7	16.78
Agrícola múltiple	47.8	0.08

Nota: Elaboración propia en base al mapa de uso actual del suelo, 2012. (Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

3.14.4 Uso potencial del suelo

Las condiciones ambientales actuales como la distribución irregular de la precipitación pluvial, elevada evapotranspiración; pendientes generalmente fuertes a muy fuertes, suelos superficiales y déficit de agua para riego; son limitantes a las que se enfrentan cotidianamente los pobladores del AP y a las que se adapta para realizar sus actividades productivas, como la agricultura y ganadería, principalmente; además de áreas de conservación o protección de sus recursos naturales. (Palmar, 2014-2023).

El uso potencial hace referencia a las condiciones de aprovechamiento que podrían desarrollarse basándose en las características inherentes del suelo. Este "potencial", considera como principio un manejo sustentable de los recursos naturales. (Palmar, 2014-2023).

Para determinar el uso potencial del suelo en el ANMI, se consideraron factores como las pendientes, la profundidad efectiva del suelo y la cobertura vegetal. En este ámbito, se identificaron las siguientes categorías de uso potencial: agrícola (18.45 %), agrosilvopastoril (32.69 %), silvopasturas (25.37 %) y protección (23.49 %). Estos porcentajes y el área correspondiente se presentan en el siguiente cuadro. (Palmar, 2014-2023).

Tabla 19. Uso Potencial del Suelo

CATEGORÍA DE USOS	SUPERFICIE HECTAREAS	%
Agrícola	11119	18.45
Agrosilvopastoril	19702.1	32.69
Silvopastoril	15293.5	25.37
Protección	14160.9	23.49

Nota: Elaboración Propia en base a mapa de potencial del suelo MDRyT, 2010. .(Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

El potencial agrícola identificado podría facilitar la expansión de las áreas cultivables en comparación con el uso actual. Este aumento en las superficies dedicadas a la agricultura sería posible principalmente en las comunidades con terrenos relativamente planos o con pendientes moderadas, aptas para cultivos de secano. También pueden incrementarse las áreas de cultivos agrícolas en las comunidades que tienen terrazas aluviales, porque tienen posibilidades de incorporar riego permanente mediante acequias. (Palmar, 2014-2023).

Este posible escenario debe ser considerado cuidadosamente por la Dirección del ANMI El Palmar para asegurar la protección del suelo mediante un manejo integral. Los habitantes del AP siempre encontrarán justificaciones para habilitar nuevas áreas de cultivo. Esta situación deberá estar condicionada con normas comunales y la incorporación de manejo y conservación de suelos. (Palmar, 2014-2023).

Las cimas y pendientes de las serranías donde existen suelos descubiertos o con escasa vegetación, susceptibles a los procesos erosivos están sujetos a la protección y deben merecer un manejo especial, para evitar quemas de pastos y otros usos no permitidos. (Palmar, 2014-2023).

3.15 Usos y Aprovechamiento del Bosque

El bosque tiene un valor especial para los comunarios, ya que, aunque no aporta recursos maderables significativos, ofrece productos como frutos, resinas, hojas, leña y otros subproductos, tales como la materia orgánica (sacha huano). Además, proporciona áreas destinadas a la actividad pecuaria extensiva, al servir como fuente de ramoneo para el ganado, tanto mayor como menor. Para el buen uso de este recurso los pobladores del AP

están dispuestos, junto a la Dirección de área protegida, generar normas comunales para la protección y conservación del bosque. (Palmar, 2014-2023).

Para satisfacer sus necesidades de madera, los habitantes recurren al Bosque Tucumano-Boliviano, con el previo consentimiento tanto de la comunidad como de la Dirección del ANMI El Palmar. Las maderas más valoradas para la construcción de viviendas y muebles son el cedro, el pino de monte y la quina quina. También requieren las hojas de las palmeras para techos de sus viviendas y artesanías. (Palmar, 2014-2023).

Cuando los comunarios necesitan madera para la construcción de utensilios de uso diario o herramientas de labranza, recurren al Bosque Seco Interandino. En este bosque, las especies más utilizadas son el algarrobo, la tipa, la jarca, el ceibo, el molle, el aliso y otras.

Asimismo, el Chaco Serrano proporciona madera dura para diversas actividades, como la fabricación de postes para corrales, horcones para viviendas y otros usos. Las maderas más aprovechadas en esta región son el soto, la mara y algunos cactus columnares, como el caraparí. La Dirección del ANMI El Palmar bajo la administración del SERNAP, tiene los registros de permisos de aprovechamiento forestal de las especies de valor comercial. (Palmar, 2014-2023).

Con el objetivo de evaluar el potencial del bosque y sus posibilidades de manejo, la Fundación para el Desarrollo de la Formación Forestal y Medio Ambiente (FUNDFORMA) llevó a cabo, en 1996, el "Inventario Forestal y Propuesta de Manejo de Bosques Nativos Andinos: Caso El Palmar, Chuquisaca", en una zona del cantón Pasopaya. La principal conclusión de este estudio es que los palmares representan la mayor riqueza forestal de la región. Otra conclusión, es que no existen suficientes especies maderables para una explotación forestal, la calidad de la madera no es la más apropiada, la mayoría sirve solamente para leña. (Palmar, 2014-2023).

En los talleres participativos realizados, se identificaron varios problemas relacionados con el uso y aprovechamiento del bosque. Entre estos, destacan la tala ilegal de árboles y la extracción no autorizada de leña por personas ajenas a la comunidad. Estos problemas se presentan en las comunidades que tienen cobertura boscosa: Joya Chajral, Chajra Mayu, Torco Torco, El Palmar y Loman. (Palmar, 2014-2023).

3.16 Biodiversidad

En 1997, la Fundación ACLO, en colaboración con el Programa de Bosques Nativos (PROBONA), realizó un estudio sobre la biodiversidad en torno a *Parajubaea torallyi* (janchi coco), destacando también la presencia de diversas especies de fauna, como el jukumari (*Tremarctos ornatus*), el puma (*Puma concolor*), el taitetu (*Tayassu tajacu*) y el cóndor (*Vultur*

gryphus). El informe documentó la existencia de 22 especies de mamíferos, 112 especies de aves, 6 especies de anfibios, 1 especie ictícola y 53 especies de insectos, sumando un total de 207 especies de fauna, tanto superiores como insectos (ACLO & PROBONA, 1997; Palmar, 2014-2023).

Respecto a la diversidad florística, la ecorregión de los bosques tucumano-bolivianos transicionales se destaca como una de las unidades territoriales más originales y diversas de Bolivia. En el ANMI El Palmar, que alberga una transición entre los bosques tucumano-bolivianos y los bosques secos interandinos y chaco serrano, se espera que la riqueza florística y los endemismos sean de los más representativos entre las áreas protegidas de Bolivia (Guerra et al., 1997, citado en Plan de Manejo ANMI El Palmar, COBODES S.R.L. – FAMHNNKM, 2006; Palmar, 2014-2023).

El estudio de la flora de los Bosques Secos Interandinos del Centro de Bolivia que incluye el Sur del Departamento de Cochabamba colindante con el AP; realizado por Antezana & Navarro, 2002 nos menciona la existencia de aproximadamente 902 especies distribuidas en 130 familias; debido a su proximidad con el ANMI El Palmar, la mayoría de éstas especies tienen también la posibilidad de ampliar su distribución en el sector Norte y Noreste. (Palmar, 2014-2023).

El uso adecuado de la biodiversidad representa una alternativa para aprovechar los ecosistemas sin destruirlos, conservar las áreas poco o no intervenidas y lograr beneficios socioeconómicos y culturales para los pobladores. (Palmar, 2014-2023).

3.16.1 Flora

La mayor parte de la vegetación original se compone de un bosque mediano a bajo, que se distribuye de manera dispersa. Este tipo de vegetación se concentra principalmente en pequeñas áreas donde las condiciones edáficas e hídricas son favorables, particularmente en las depresiones formadas por las quebradas y en las laderas con pendientes moderadas. Existen otros tipos de vegetación, como los matorrales bajos y abiertos, y los pastizales con sinusia leñosa, que se desarrollan en las pendientes superiores abruptas y en las cimas de las serranías. (Palmar, 2014-2023).

3.16.1.1 El Bosque Tucumano Boliviano Transicional

El Bosque Tucumano-Boliviano Transicional es una formación vegetal de tipo bosque bajo, caracterizado por ser siempre verde y contar con una sinusia de palmeras, así como una abundante presencia de epífitas. Este tipo de bosque se encuentra principalmente en la Comunidad de El Palmar y en el Cerro Palmarcito, ubicado en la Comunidad de La Joya Charal. Se distribuye a altitudes que varían entre los 2400 y los 3200 metros sobre el nivel

del mar (msnm). Una de sus principales características es ser el hábitat central de la palmera *Parajubaea torallyi* (janchi coco), cuyas palmas pueden alcanzar alturas de entre 20,0 y 25,0 metros. Los árboles reportados son: pino de monte (*Podocarpus parlatorei*), aliso (*Alnus acuminata*), cedro (*Cedrela lilloi*) y el sahuinto (*Myrcianthes cisplatensis*). (Palmar, 2014-2023).

En las comunidades de Lomán, Rodeo El Palmar y Chajra Mayu, la vegetación predominante corresponde a un bosque ralo, siempre verde, que no presenta la presencia de la palmera *Parajubaea torallyi* (janchi coco). Esta área también alberga formaciones de matorral con una sinusia de árboles caducifolios. La unidad vegetal en cuestión se encuentra ubicada en una franja de transición entre la Ecorregión del Bosque Tucumano-Boliviano y la Ecorregión de los Bosques Secos Interandinos. Están distribuidos entre los 1900 a 2400 msnm, donde existe la dominancia de especies leñosas arbustivas como la chacatea (*Dodonea viscosa*) con árboles caducifolios de tarco (*Jaracaranda mimosifolia*), tipa (*Tijuana tipu*) y satajchi (*Celtis espinosa*). (Palmar, 2014-2023).

3.16.1.2 El bosque abierto caducifolio de los Valles Secos Interandinos

El bosque abierto caducifolio de los Valles Secos Interandinos se distribuye entre los 1.300 y 2.000 msnm, abarcando principalmente la parte baja de la Cuenca del Río Rodeo, la cual desemboca en el Río Grande. Esta unidad se caracteriza por la presencia de especies xerofíticas asociadas a cactáceas columnares, como *Neoraimondia herzogina* (carapari), *Espostoa guentheri* (cola de zorro) y *Pereskia sacharosa* (sacha rosa). Los árboles reportados son los siguientes: lloque (*Mauria thaumatophylla*), soto mara (*Cardenasiodendro brachypterum*), soto (*Schinopsis haenkeana*), ck'acha ck'acha (*Aspidosperma quebracho blanco*), sotillo (*Athyana weinmannifolia*), bandor (*coccoloba tiliacea*), cebil (*Anadenathera colubrina*), choroque (*Rurechtia triflora*), algarrobilla (*Caesalpinia paraguariensis*), tumbulo *Pseudo bombax andicola*), satajchi (*Celtis enhenbergiana*), willca (*Parapitadenia excelsa*), algarrobo (*Prosopis laevigata*), ceibo – cuñuri (*Erythrina falcata*), entre otros. (Palmar, 2014-2023).

3.16.1.3 El Chaco Serrano

El Chaco Serrano se distribuye entre los 1.196 y 1.300 msnm, ocupando la parte baja de la Cuenca del Río Rodeo, la cual desemboca y limita con el Río Grande. Esta área ha experimentado una notable intervención humana, y en ella se encuentran amplias extensiones de roca expuesta. Se han registrado las siguientes especies: brea (*Cercidium precox*), choroque (*Rupitia triflora*), algarrobilla (*Caesalpinia paraguarensis*), kala pierna (*Cochlospermum herzoqianum*), higuera (*Jatropha apyrifera*), sacha poroto (*Capparis retusa*); existencia de cactáceas columnares como el carapari (*Neoraimondia herzogina*) y

otras suculentas como: (*Opuntias* spp.); *sacha rosa* (*Pereskia sacharosa*) y *ckisca loro* (*Harrisia tetraacantha*). (Palmar, 2014-2023).

3.16.2 Fauna

La presencia de tres ecorregiones como son el Bosque Tucumano – Boliviano, los Bosques Secos Interandinos y los Bosques Transicionales Chaco Serrano dentro del ANMI El Palmar, que a su vez están conformados por un mosaico de ecosistemas y una variedad de tipos de vegetación, distribuidos en un gradiente altitudinal que va desde 1196 los hasta los 3182 m.s.n.m., hacen que esta área presente una riqueza faunística considerable que necesita ser estudiada a más detalle, especialmente por la presencia de especies de alto valor ecológico y amplia distribución como el oso jucumari (*Tremarctos ornatus*) (ACLO 1994), así como especies con distribución más restringida como la paraba de frente roja (*Ara rubrogenys*) (PROBONA 1997), (Palmar, 2014-2023).

En términos generales, el conocimiento sobre la fauna silvestre en esta área protegida es limitado, dado que se han realizado pocos inventarios. En 1997, el Programa Regional de Bosques y Agroecosistemas Nativos (PROBONA) llevó a cabo el primer estudio destinado a describir la biodiversidad de los bosques de El Palmar. Este estudio resultó en un listado inicial de la fauna silvestre, que incluyó 157 especies de vertebrados y 53 especies de invertebrados, principalmente insectos. Posteriormente, con la finalidad de desarrollar el Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2005 (Documento de trabajo), se amplía los registros de fauna incorporando 12 nuevas especies de vertebrados para el área (Azurduy, 2005), (Palmar, 2014-2023).

Posteriormente, en la gestión 2012, el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) lanza la convocatoria para el desarrollo del Plan de Manejo del ANMI El Palmar para el período 2014 - 2023, a partir del cual se requiere la realización de un nuevo diagnóstico donde se evalúen entre muchos aspectos la biodiversidad del área y su estado actual, de manera que sean considerados en la planificación estratégica del área. (Palmar, 2014-2023).

De esta manera el presente trabajo abarca un diagnóstico sobre la fauna silvestre a partir de la actualización del inventario de especies, la determinación de los objetivos de conservación, las amenazas y las prioridades de conservación. (Palmar, 2014-2023).

El objetivo de realizar un diagnóstico sobre la fauna silvestre del ANMI El Palmar es evaluar su situación actual, para que esta información sea considerada en el proceso de elaboración de la planificación estratégica del Plan de Manejo. El trabajo de campo se realizó del ANMI El Palmar, tratando de abarcar la mayor cantidad de espacio de las nueve comunidades que conforman el ANMI El Palmar. (Palmar, 2014-2023).

3.16.2.1 Fauna silvestre.

A partir de la revisión bibliográfica, complementada con información proporcionada por los pobladores del área y observaciones realizadas en el campo, se han identificado cuatro nuevas especies de vertebrados. Las nuevas especies incorporadas a los listados son el oso hormiguero (*Tamandua tetradáctila*) quien había sido mencionado anteriormente en el Documento de Creación del ANMI El Palmar (ACLO, 1994), pero no figuraba en los listados de estudios anteriores y cuya presencia ha sido ratificada por los pobladores del área, quienes también han señalado la presencia del puerco espín (*Coendou prehensiles*). Asimismo, se han incorporado dos especies de peces el sábalo (*Prochilodus lineatus*) y el dorado (*Salminus maxillosus*). (Palmar, 2014-2023).

Con la adición de estas nuevas especies a los listados anteriores de vertebrados (PROMETA 1997, Azurduy 2005) e invertebrados (PROMETA 1997), en el presente trabajo se tiene un total de 173 especies de fauna de vertebrados y 53 especies de invertebrados. (Palmar, 2014-2023).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

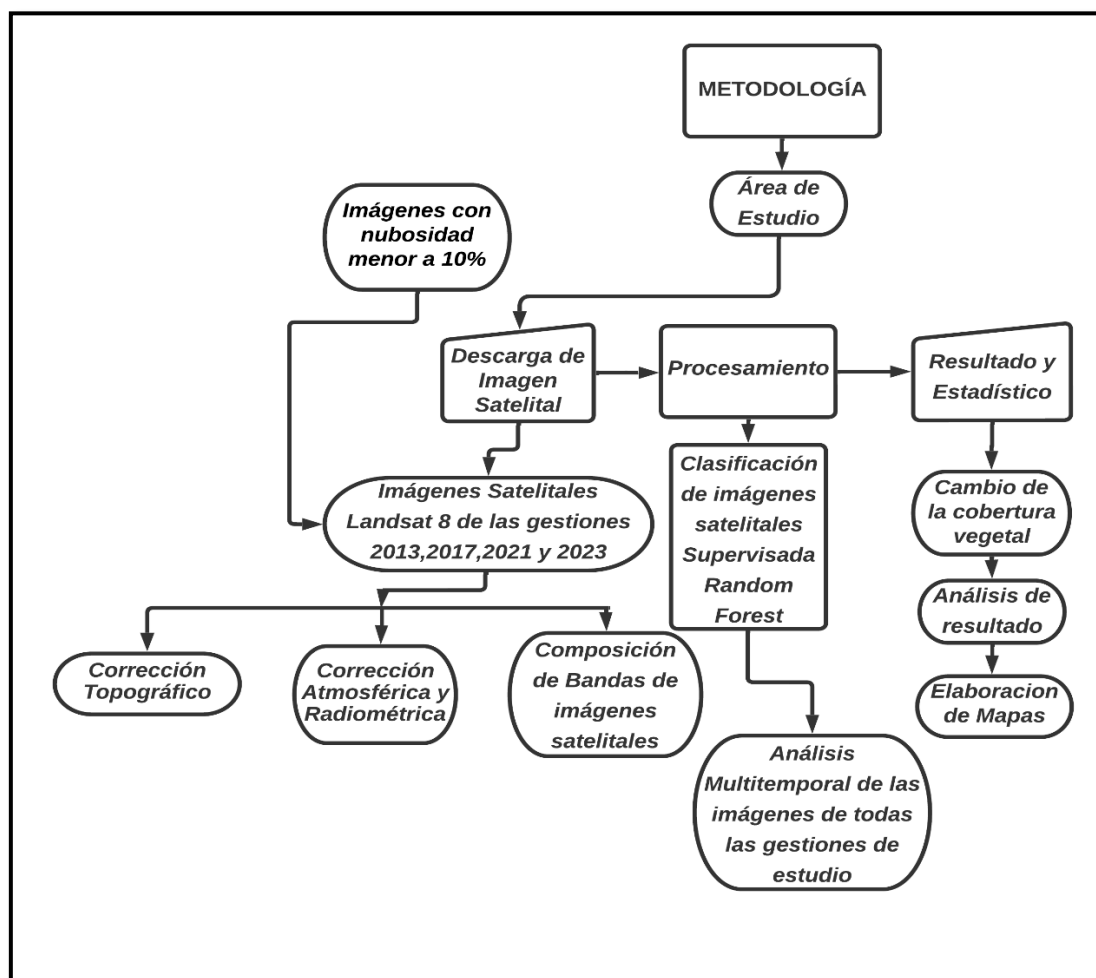
4.1 Resultados

Los resultados obtenidos del procesamiento de imágenes satelitales landsat 8 de los años 2013, 2017, 2021 y 2023. Sobre el área de interés del área protegida Nacional El Palmar.

4.2 Metodología

La metodología de la tesis es elaborada de acuerdo al esquema:

Figura 14. Esquema Metodología



Nota: Elaboración Propia.

4.3 Cálculo de la variación multitemporal de la cobertura del Área Protegida El Palmar y identificación de los tipos de bosques o áreas con cobertura vegetal y cambios de cobertura de suelo.

El cálculo de la variación multitemporal de la cobertura vegetal en el Área Protegida El Palmar entre 2013 y 2023 es fundamental para entender cómo han evolucionado los ecosistemas en esta región a lo largo del tiempo. A través de la comparación de imágenes

satelitales de distintos años, es posible identificar cambios en la extensión y distribución de la vegetación, revelando patrones de deforestación, reforestación y otros procesos ecológicos.

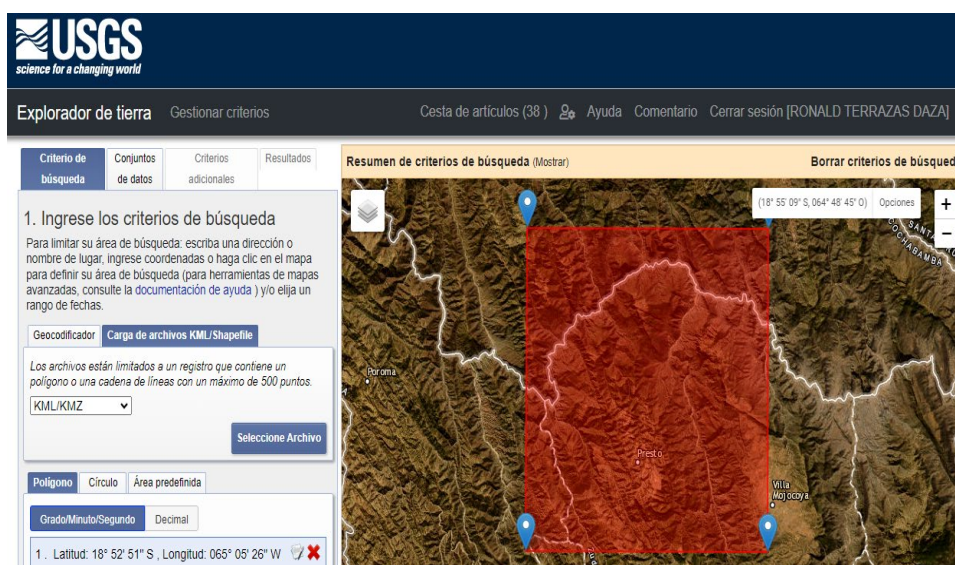
4.3.1 Obtención de imágenes satelitales landsat 8 de earth explorer

Actualmente, existe una amplia variedad de plataformas en línea que facilitan la descarga de imágenes Landsat. Una de las más destacadas es Earth Explorer, gestionada por el USGS. Este recurso es accesible desde la dirección <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Para obtener acceso completo a las escenas completas, se recomienda crear una cuenta de usuario. El proceso de registro es sencillo y se realiza a través de la opción "Register", ubicada en la esquina superior derecha de la página.

4.3.2 Crear cuenta en Earth Explorer para bajar imágenes satelitales

Se crea cuenta en EARTH EXPLORET para la selección del are de trabajo, selección de imágenes landsat 8 y la nubosidad menor a 10%.

Figura 15. Pantalla de la página EARTH EXPLORET



Nota: Elaboración Propio

Se descarga imágenes satelitales landsat 8 de la página de las diferentes gestiones 2013,2015,2017,2019,2021 y 2023 del sector de estudio en este caso del área Protegida El Palmar.

4.3.3 Post procesamiento de la Imagen

El procesamiento de imágenes satelitales involucra una serie de técnicas diseñadas para mejorar la calidad de las imágenes, extraer información útil y prepararlas para análisis más avanzados. Dado que estas imágenes pueden verse afectadas por diversas

interferencias y errores, es esencial corregirlas para garantizar que la información obtenida sea precisa y no distorsionada. Las principales fuentes de perturbación en las imágenes satelitales incluyen fallos en los sensores, que pueden generar píxeles erróneos, movimientos de los satélites, los cuales provocan distorsiones globales en las imágenes, y alteraciones atmosféricas, que modifican de manera sistemática los valores de los píxeles. La corrección de estos efectos es crucial para garantizar la fiabilidad y calidad de los datos utilizados en los análisis posteriores.

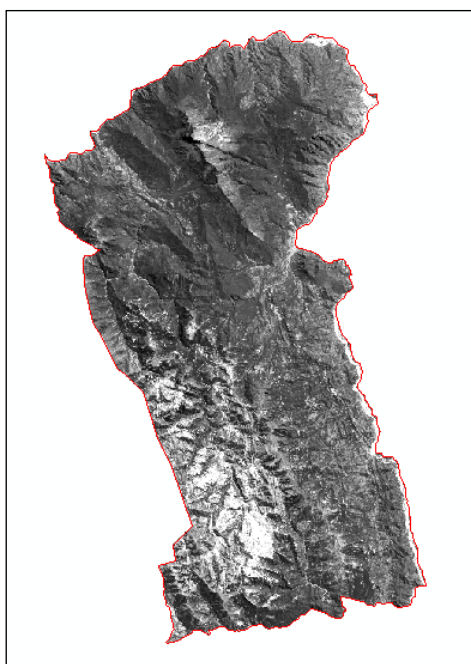
4.3.4 Corrección Radiométrica y Atmosférica de las Imágenes Landsat en el QGIS

Una vez descargada las imágenes Landsat de la página Web: USGS, es necesario hacer la corrección Radiométrica y Atmosférica, para el procesamiento de las imágenes, lo cual se realizó en el QGIS, con la herramienta (Semi – Automatic Classification Plugin), del autor Luca Congedo, versión instalada 7.10.11.

El complemento de clasificación semiautomática (SCP) es una herramienta diseñada para facilitar la clasificación supervisada de imágenes de teledetección. Desarrollado por Luca Congedo, SCP ofrece diversas funcionalidades que abarcan desde la descarga y el preprocesamiento de imágenes hasta su posterior análisis y posprocesamiento.

Esta herramienta permite a los usuarios clasificar imágenes de manera eficiente, integrando varias etapas del proceso para obtener resultados más precisos y optimizados.

Figura 16. Corrección Atmosférica en QGIS del área de estudio Área protegida el Palmar



Nota: Elaboración Propia

Para Corrección Atmosférica en QGIS se agrega las imágenes satelitales y se trabaja en herramienta SCP donde en Preprocesamiento Landsat se abre una ventana en la cual en directorio conteniendo bandas lansat donde se selecciona las imágenes satelitales de estudio, en la misma ventana se selecciona el archivo MTL donde contiene los metadatos así mismo elegimos que nos calcule la temperatura de brillo y la corrección atmosférica y que nos realice el **PANSHARPENING (LANDSAT 8)** esto para mejorar la resolución de la imagen con la banda pancromática 8 reduciendo la calidad de pixel de 30 metros a 15 metros de la resolución en la banda 2, banda 3 y banda 4 y de esta manera se realiza el proceso donde al concluir se corrige geoméricamente y atmosféricamente.

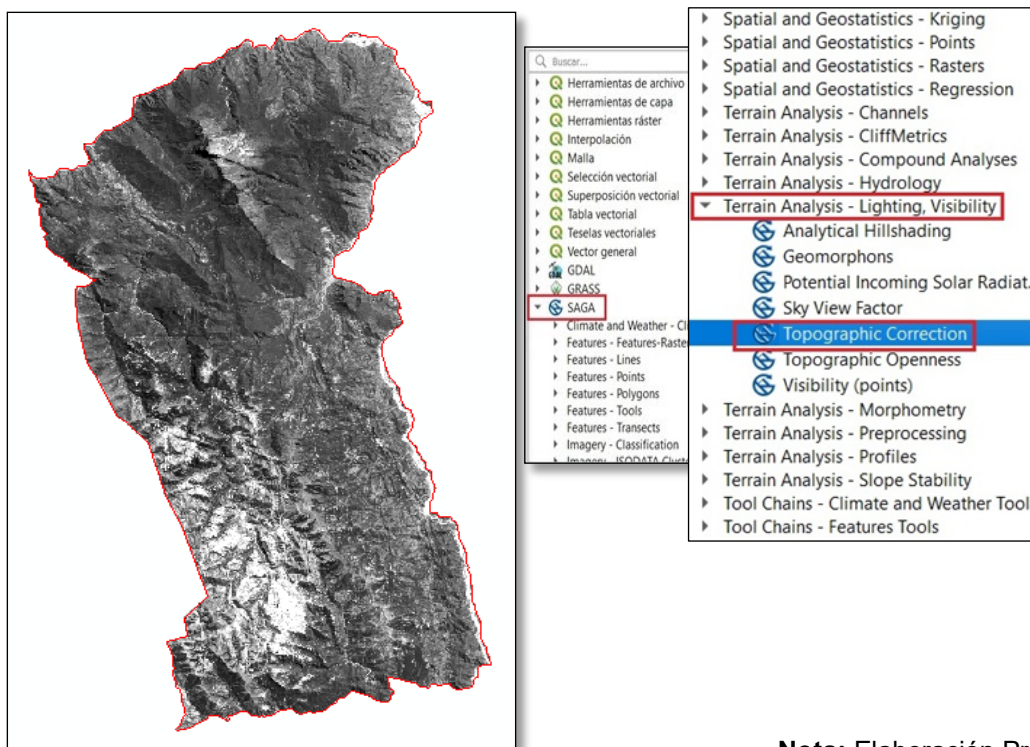
4.3.5 Proyectar imagen

En ArcToolbox realizamos la proyección de la imagen satelital landsat en Data Management Tools y nos vamos a Projections and Transformations después a Project Raster donde proyectamos a la zona donde corresponde ya que la imagen viene con sistema de proyección N.

4.3.6 Corrección topográfica de imágenes landsat 8 en QGIS

Para realizar la corrección topográfica de las imágenes satelitales de Landsat, se descargó el modelo digital del terreno (DEM) de ALOS PALSAR, con una resolución de 12.5 metros, desde la siguiente página web: <https://search.asf.alaska.edu/#/>.

Figura 17. Corrección Topográfica.



Nota: Elaboración Propia.

Una vez añadido la imagen DEM en QGIS en la ventana de Topographic correction añades el DEM y las bandas que serán corregidas topográficamente, también los datos del MTL , para la corrección topográfica se aplicó el método de Minnaert del año 2004, (corrección de minnaert con pendiente) con una corrección de 0,5000, con un rango de valor 2 byte para landsat 8 (0-65535).

4.3.7 Clasificación de imágenes satelitales Landsat 8

4.3.7.1 Clasificación supervisada

Para la presente tesis se optó por el método de "Clasificación supervisada", el cual requiere un conocimiento previo de la zona de estudio. Este conocimiento permite identificar y delimitar áreas representativas dentro de la imagen satelital, conocidas como sitios de entrenamiento, que se utilizan para entrenar al sistema y facilitar el reconocimiento de las distintas categorías de cobertura y uso de suelo. Al aplicar la clasificación supervisada, Es fundamental tener en cuenta los siguiente:

- Las áreas de entrenamiento deben ser ubicadas con alta precisión dentro de la imagen para evitar que los errores de ubicación afecten los resultados de la clasificación. Una colocación incorrecta de estas áreas puede conducir a la asignación errónea de clases, ya que el sistema entrenado no será capaz de identificar correctamente las características espectrales de las clases de interés. Para garantizar una clasificación precisa, las áreas de entrenamiento deben ser representativas de los diferentes tipos de cobertura y uso del suelo presentes en la escena.

Además, las muestras seleccionadas deben cubrir la variabilidad dentro de cada clase de objetos presentes en la imagen. La representatividad es crucial, ya que las clases pueden mostrar variaciones espectrales debido a factores como la iluminación, la atmósfera o las características específicas del terreno. Para una clasificación exitosa, cada clase debe estar adecuadamente representada en el conjunto de entrenamiento.

- Es igualmente esencial contar con un número adecuado de muestras para que el modelo de clasificación sea estadísticamente robusto. Un número insuficiente de muestras puede generar parámetros inexactos y aumentar la probabilidad de error en la clasificación, afectando la fiabilidad de los resultados. Cuantas más muestras se utilicen, más preciso será el modelo en la estimación de las respuestas espectrales y, por ende, en la clasificación de las imágenes.

4.3.8 Clasificación Con Random Forest

El método Random Forest es un procedimiento de categorización que se basa en el entrenamiento de puntos representativos de los ecosistemas identificados tanto en gabinete

como en campo. A través de este enfoque, se establecieron los criterios de clasificación utilizados para diferenciar y analizar estos ecosistemas, permitiendo una categorización precisa y robusta en el estudio.

Una opción adicional es utilizar la herramienta integrada en el software SNAP para llevar a cabo la clasificación Random Forest. SNAP, desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA), es un software especializado en el procesamiento de datos de teledetección y ofrece un conjunto completo de herramientas para análisis avanzados. La clasificación Random Forest dentro de SNAP permite trabajar con grandes volúmenes de datos satelitales, utilizando un algoritmo de aprendizaje automático que genera múltiples árboles de decisión para mejorar la precisión de la categorización.

Esta herramienta es especialmente útil para identificar patrones complejos en los ecosistemas, apoyando el análisis multitemporal

4.3.9 Categorías de Uso de Suelos

Las categorías de uso de suelos se definieron considerando los descriptores o clasificadores, agrupados según aspectos fisonómicos, para la cobertura vegetal natural y los tipos de uso de suelos en el municipio de Presto, de acuerdo con el Plan de Manejo del ANMI El Palmar. Finalmente, se establecieron cuatro categorías, que se describen detalladamente e incluyen ilustraciones con paisajes representativos en las imágenes satelitales.

La siguiente tabla presenta estas categorías, utilizadas para la clasificación supervisada de las imágenes Landsat 8 y el análisis del período 2013-2023 en el Área Protegida El Palmar.

Tabla 20. Categoría de Uso de Suelos

N°	CATEGORIA DE USO DE SUELO	Cod	DESCRIPCIÓN
1	BOSQUE ALTO	BA	La categoría "Bosque Alto" en el Área Protegida El Palmar se refiere a zonas con una densa cobertura de vegetación arbórea, caracterizadas por árboles de gran altura que forman un dosel cerrado. Este tipo de bosque es representativo de los ecosistemas prístinos de los Valles Secos Interandinos, donde predominan especies como el aliso (<i>Alnus acuminata</i>) y el pino de monte (<i>Podocarpus parlatorei</i>), que son esenciales para la conservación de la biodiversidad en esta área protegida.
2	SUELO DESNUDO	SD	En el contexto del Área Protegida El Palmar, esta categoría se refiere a superficies terrestres que carecen de cobertura vegetal, es decir, áreas donde

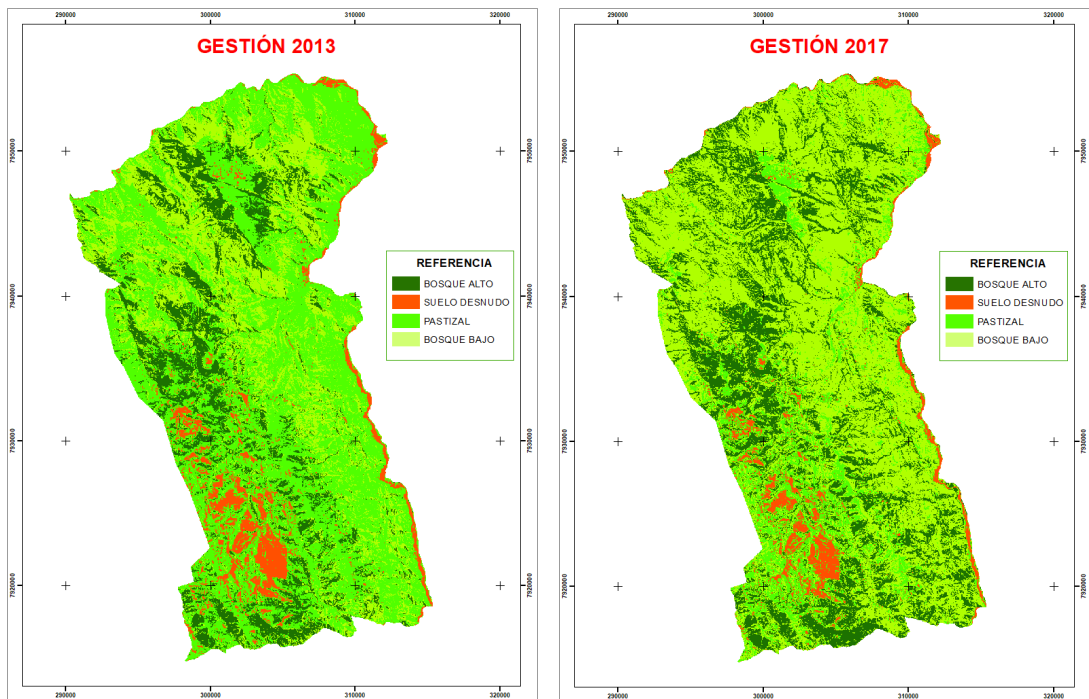
			la capa superior del suelo está expuesta y no está cubierta por vegetación. Estas zonas pueden resultar de procesos naturales como la erosión o de actividades humanas, y son indicadores importantes de la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad en el área.
3	PASTIZAL	P	En el Área Protegida El Palmar, los pastizales son ecosistemas terrestres dominados por vegetación herbácea, como gramíneas, hierbas y otras plantas de tallo bajo, con una escasa o nula presencia de árboles y arbustos. Estos pastizales son esenciales para la biodiversidad local, proporcionando hábitat para diversas especies y desempeñando un papel clave en el mantenimiento de la estabilidad ecológica de los Valles Secos Interandinos.
4	BOSQUE BAJO	BB	En el Área Protegida El Palmar, el término "Bosque Bajo" se refiere a un tipo de cobertura terrestre caracterizada por vegetación arbórea de baja altura y menor densidad. Este tipo de bosque, que incluye especies adaptadas a las condiciones de los Valles Secos Interandinos, juega un papel crucial en la conservación del suelo y la biodiversidad, sirviendo de transición entre los ecosistemas más densos y las áreas abiertas del paisaje.

Nota:(Plan de Manejo del ANMI El Palmar 2014 - 2023).

4.3.10 Clasificación de la cobertura y su análisis

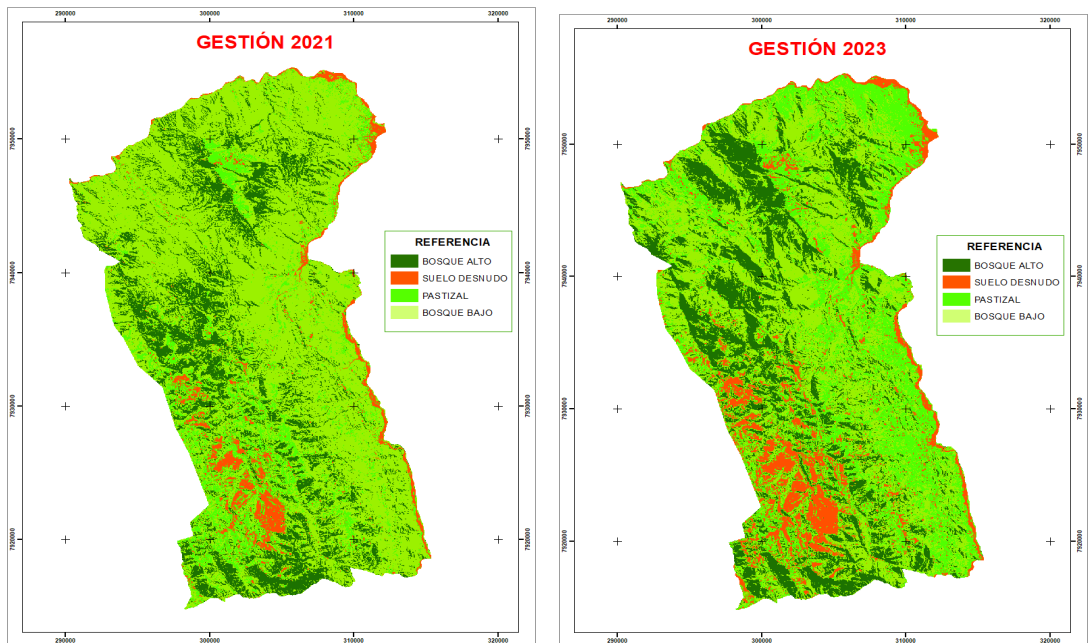
A partir del procesamiento de las imágenes satelitales, se obtuvieron los mapas de cobertura y uso de suelos del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar correspondientes a los años 2013, 2017, 2021 y 2023. A continuación, se presentan las imágenes y tablas que detallan los resultados obtenidos.

Figura 18. Clasificación de la cobertura y uso de suelos del año 2013 y 2017



Nota: Elaboración propia.

Figura 19. Clasificación de la cobertura y uso de suelos del año 2021 y 2023



Nota: Elaboración propia.

Tabla 21. Superficies y porcentaje

SUPERFICIE Y PORCENTAJE DEL AREA PROTEGIDA EL PALMAR								
COBERTUR A	2013		2017		2021		2023	
	Sup. Has.	%	Sup. Has.	%	Sup. Has.	%	Sup. Has.	%
BA	10383.3 9	17.23	10581.0 3	17.55	10632.5 1	17.64	10372.7 7	17.21
SD	4471.83	7.42	2365.56	3.92	4548.87	7.55	5248.62	8.71
P	12321.7 2	20.44	8767.98	14.55	6011.28	9.97	20702.3 4	34.35
BB	33099.3 9	54.91	38561.7 6	63.97	39083.6 7	64.84	23952.6	39.73
TOTAL	60276.3 3	100,0 0	60276.3 3	100,0 0	60276.3 3	100,0 0	60276.3 3	100,0 0

Nota: Elaboración propia.

4.4 Matriz de confusión

La matriz de confusión, también conocida como matriz de error, es una herramienta fundamental en el análisis de clasificación de imágenes satelitales. Esta matriz se construye utilizando los datos de una imagen satelital, organizando las clases reales (verdad de terreno) en las columnas y las unidades cartográficas o clases del mapa en las filas. Los valores que se encuentran en la diagonal principal de la matriz indican la cantidad de clasificaciones correctas realizadas, es decir, aquellas donde la clase predicha coincide con la clase real. En contraste, los valores fuera de la diagonal representan migraciones o errores de clasificación.

Existen dos tipos principales de errores que pueden ser identificados a través de esta matriz:

- 1. Errores de omisión (riesgos del usuario):** Estos errores ocurren cuando un elemento que pertenece a una clase específica no se clasifica correctamente y es asignado erróneamente a otra clase. En la matriz, estos errores se encuentran debajo de la diagonal principal.
- 2. Errores de comisión (riesgos del productor):** Se producen cuando un elemento que no pertenece a una clase determinada es clasificado erróneamente como perteneciente a esa clase. Estos errores se localizan por encima de la diagonal principal de la matriz.

4.4.1 Porcentaje correctamente clasificado para el año 2013

La matriz del análisis digital de las imágenes satelitales Landsat 8 para el año 2013, en las cuatro clases de uso de suelo evaluadas, presenta una confiabilidad general del 96.25%.

Tabla 22. Matriz de confusión año 2013

RASTERVALU	BOSQUE ALTO	SUELO DESNUDO	PASTIZAL	BOSQUE BAJO	TOTAL	PRECISION
BOSQUE ALTO	37	0	0	0	37	100.00
SUELO DESNUDO	3	40	2	0	45	88.88
PASTIZAL	0	0	37	0	37	100.00
BOSQUE BAJO	0	0	1	40	41	97.56
TOTAL	40	40	40	40	160	96.25

Nota: Elaboración propia

El porcentaje correctamente clasificado o precisión global para el año 2013

$$Po=(37+40+37+40)/160=0.96$$

$$Po= 0.96*100=96.25\%$$

La matriz del análisis digital de las imágenes satelitales Landsat 8 para el año 2017, en las cuatro clases de uso de suelo evaluadas, presenta una confiabilidad general del 96.87%.

Tabla 23. Matriz de confusión año 2017

RASTERVALU	BOSQUE ALTO	SUELO DESNUDO	PASTIZAL	BOSQUE BAJO	TOTAL	PRECISION
BOSQUE ALTO	36	0	0	0	36	100.00
SUELO DESNUDO	1	40	0	0	41	97.56
PASTIZAL	0	0	39	0	39	100.00
BOSQUE BAJO	3	0	1	40	44	90.91
TOTAL	40	40	40	40	160	96.87

Nota: Elaboración propia

El porcentaje correctamente clasificado o precisión global para el año 2017

$$Po=(36+40+39+40)/160=0.97$$

$$Po= 0.97*100=96.87\%$$

La matriz del análisis digital de las imágenes satelitales Landsat 8 para el año 2021, en las cuatro clases de uso de suelo evaluadas, presenta una confiabilidad general del 95.63%.

Tabla 24. Matriz de confusión año 2021

RASTERVALU	BOSQUE ALTO	SUELO DESNUDO	PASTIZAL	BOSQUE BAJO	TOTAL	PRECISION
BOSQUE ALTO	40	1	0	2	43	93.02
SUELO DESNUDO	0	38	0	2	40	95.00
PASTIZAL	0	0	40	1	41	97.56
BOSQUE BAJO	0	1	0	35	36	97.22
TOTAL	40	40	40	40	160	95.62

Nota: Elaboración propia

El porcentaje correctamente clasificado o precisión global para el año 2021

$$P_o = (40 + 38 + 40 + 35) / 160 = 0.96$$

$$P_o = 0.96 * 100 = 95.63\%$$

La matriz del análisis digital de las imágenes satelitales Landsat 8 para el año 2023, en las cuatro clases de uso de suelo evaluadas, presenta una confiabilidad general del 100%.

Tabla 25. Matriz de confusión año 2023

RASTERVALU	BOSQUE ALTO	SUELO DESNUDO	PASTIZAL	BOSQUE BAJO	TOTAL	PRECISION
BOSQUE ALTO	40	0	0	0	40	100
SUELO DESNUDO	0	40	0	0	40	100
PASTIZAL	0	0	40	0	40	100
BOSQUE BAJO	0	0	0	40	40	100
TOTAL	40	40	40	40	160	100

Nota: Elaboración propia

4.5 Discusión

La discusión de los resultados obtenidos a partir del análisis multitemporal del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar revela patrones significativos de cambio en la cobertura vegetal y el uso de suelos entre 2013 y 2023. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de estos cambios:

4.5.1 Dinámica de Cobertura Vegetal

El análisis de las imágenes satelitales ha mostrado fluctuaciones en las categorías de uso de suelos, con cambios notables en la extensión de los bosques altos, suelos desnudos, pastizales y bosques bajos. A lo largo de la década estudiada, se observó una disminución general en la extensión de los bosques bajos (BB), que pasó de ocupar el 54.91% del área en 2013 a solo el 39.73% en 2023. Este declive puede estar asociado con factores como la presión agrícola, la expansión de áreas de pastizales, y posiblemente actividades de tala ilegal, lo cual refleja un proceso de degradación forestal.

Por otro lado, los pastizales (P) experimentaron un aumento significativo, especialmente entre 2021 y 2023, donde la cobertura pasó de 9.97% a 34.35%. Este

crecimiento podría indicar un cambio en el uso del suelo, quizás relacionado con el aumento de áreas destinadas a la ganadería o a la recuperación natural de suelos previamente degradados. Sin embargo, este cambio también podría estar relacionado con la disminución de la cobertura de bosque bajo, donde áreas deforestadas o perturbadas han sido colonizadas por especies herbáceas.

4.5.2 Impacto en la Biodiversidad y la Conservación

La reducción de la cobertura de bosque bajo y la expansión de los pastizales tienen implicaciones directas en la biodiversidad local. El bosque bajo, que alberga especies adaptadas a las condiciones específicas de los Valles Secos Interandinos, es esencial para la estabilidad ecológica y la conservación de especies endémicas. La pérdida de este tipo de cobertura puede llevar a una disminución en la diversidad biológica, afectando tanto a la flora como a la fauna que dependen de este hábitat.

Además, el incremento en la superficie de suelos desnudos (SD), que pasó de un 7.42% en 2013 a un 8.71% en 2023, sugiere un aumento en la erosión y en la degradación del suelo. Este proceso puede ser consecuencia de prácticas de manejo inadecuadas o de fenómenos climáticos extremos, y constituye una señal de alarma sobre la sostenibilidad a largo plazo del manejo del área.

4.5.3 Evaluación de las Políticas de Manejo

Los resultados obtenidos también plantean preguntas sobre la efectividad de las políticas de manejo implementadas en el ANMI El Palmar. El Plan de Manejo vigente entre 2014 y 2023, que debía orientar la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, no parece haber frenado la tendencia de pérdida de cobertura forestal. Esto sugiere la necesidad de revisar y fortalecer las estrategias de manejo, incluyendo una mayor vigilancia, control de actividades ilegales, y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

4.5.4 Consideraciones Futuras

El análisis multitemporal realizado permite identificar tendencias clave que deben ser abordadas en futuras gestiones. La restauración de las áreas de bosque bajo debe ser una prioridad para mitigar los efectos de la pérdida de biodiversidad y prevenir la erosión. Además, es crucial implementar programas de monitoreo continuo que utilicen tecnologías de teledetección para seguir evaluando los cambios en la cobertura vegetal y adaptar las estrategias de manejo en consecuencia.

Finalmente, el aumento en la extensión de los pastizales y la disminución de los bosques debe ser contextualizado dentro de un marco más amplio de cambio climático y

dinámicas socioeconómicas locales, que incluyen migración, cambio en los patrones de uso de la tierra, y las necesidades de las comunidades locales.

CONCLUSIONES

1. **Disminución de la cobertura de bosques bajos:** Entre 2013 y 2023, se observó una significativa reducción en la extensión de los bosques bajos en el Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) El Palmar, pasando de representar el 54.91% de la superficie total en 2013 a solo el 39.73% en 2023. Esta pérdida de cobertura forestal sugiere una tendencia preocupante hacia la degradación ecológica, posiblemente impulsada por actividades humanas y la falta de una gestión eficaz.
2. **Aumento de áreas de pastizales y suelos desnudos:** Durante el mismo período, las áreas clasificadas como pastizales y suelos desnudos han aumentado considerablemente. En particular, los pastizales se incrementaron del 20.44% al 34.35%, mientras que los suelos desnudos pasaron del 7.42% al 8.71%. Este cambio puede estar relacionado con prácticas agrícolas intensivas, la presión ganadera, y la falta de cobertura vegetal, lo cual podría generar un aumento en la erosión del suelo y una mayor vulnerabilidad del área a la degradación.
3. **Impactos negativos en la biodiversidad:** La pérdida de bosques bajos y el aumento de suelos desnudos y pastizales tienen serias implicaciones para la biodiversidad del ANMI El Palmar. Estos cambios en la cobertura vegetal pueden llevar a la pérdida de hábitats críticos para especies endémicas y afectar la estabilidad ecológica del área, lo que subraya la urgencia de implementar medidas de conservación más efectivas.
4. **Necesidad de un manejo adaptativo:** Los resultados indican la necesidad de un enfoque de manejo adaptativo que se base en el monitoreo continuo de la cobertura vegetal y en la participación activa de las comunidades locales. Solo a través de una gestión flexible y adaptativa se podrán mitigar los efectos negativos observados y se podrán restaurar las áreas degradadas.

RECOMENDACIONES

1. **Implementar programas de reforestación:** Se recomienda desarrollar y ejecutar programas de reforestación específicos para restaurar los bosques bajos que han sido degradados. Esto debería incluir la plantación de especies nativas adaptadas a las condiciones de los Valles Secos Interandinos, lo que contribuirá a la recuperación de la biodiversidad y a la mejora de la estabilidad ecológica.
2. **Promover la agricultura sostenible:** Para evitar la expansión de pastizales y la degradación del suelo, es fundamental promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la presión sobre los recursos naturales. Esto puede incluir técnicas de agroforestería, rotación de cultivos, y la integración de métodos de conservación del suelo que minimicen la erosión.
3. **Fortalecer la vigilancia y control de actividades ilegales:** Se recomienda intensificar la vigilancia y el control de actividades ilegales, como la tala y la explotación no autorizada de recursos naturales, dentro del ANMI El Palmar. Esto requerirá una mayor coordinación entre las autoridades locales, los guardaparques, y las comunidades, así como la implementación de sanciones efectivas.
4. **Fomentar la participación comunitaria en la conservación:** Es crucial involucrar a las comunidades locales en las estrategias de conservación, proporcionando capacitación y recursos para que puedan participar activamente en la gestión del área protegida. Esto puede incluir la creación de incentivos económicos, como pagos por servicios ambientales, para alentar la conservación y el uso sostenible de los recursos.
5. **Desarrollar un sistema de monitoreo continuo:** Para evaluar la efectividad de las medidas de manejo implementadas, se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo utilizando técnicas de teledetección. Este sistema debería ser capaz de detectar cambios en la cobertura vegetal y en el uso del suelo en tiempo real, permitiendo una respuesta rápida y adaptativa a las amenazas emergentes.

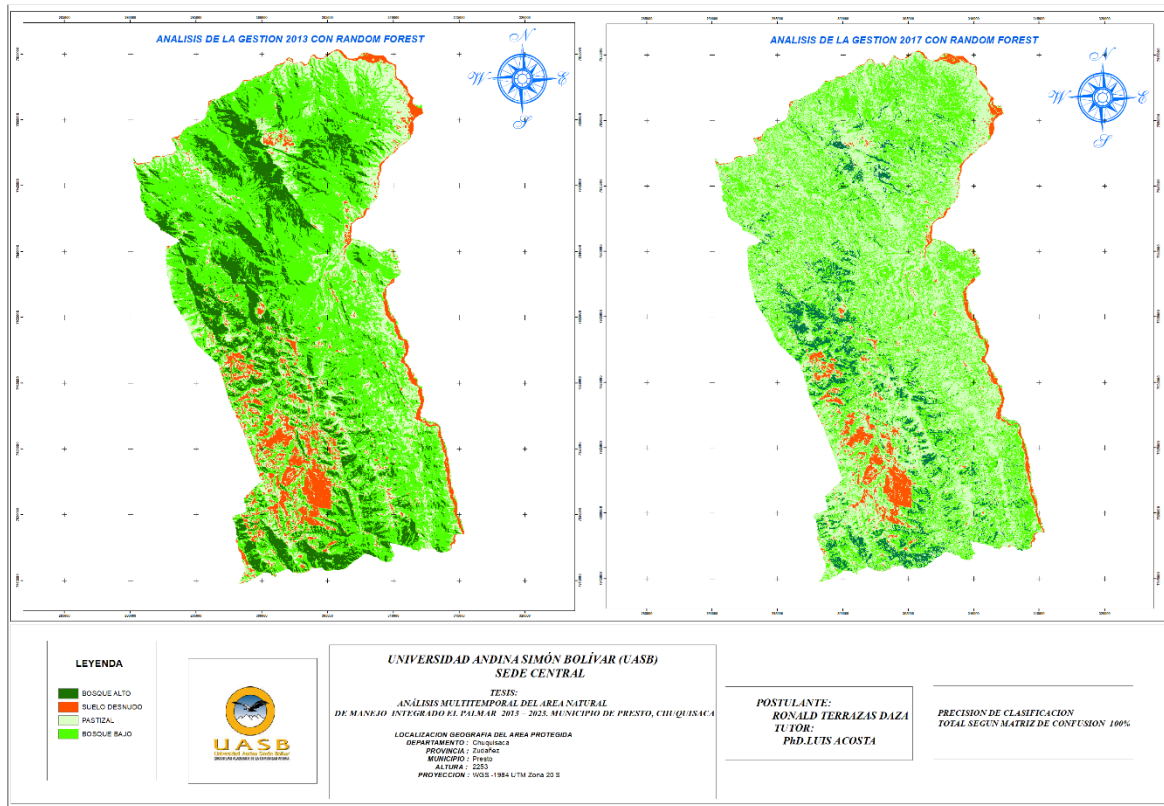
BIBLIOGRAFÍA

- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing* (5th ed.). Guilford Press.
- Bosque Sendra, J. (2000). Análisis de posibles errores en la base de datos Corine Land Cover (1990-2000) en la Comunidad de Madrid.
- Bravo Morales, N. F. (2020). Teledetección y procesamiento de imágenes satelitales.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing* (5th ed.). Guilford Press.
- Cárdenas, A. (2005). Prognosis espacial y análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo del cantón Baños (1991-2004), Tasas de cambio. *EcoCiencia*.
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Editorial Rialp.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Comunidad de Madrid. (s. f.). *Sostenibilidad: Quiero saber*. Recuperado de <https://www.comunidad.madrid/portal-lector/quiero-saber/sostenibilidad>
- Di Bella, C. (2015). *Interpretación visual de imágenes*. Material de clase de la Especialización en Teledetección y SIG, FAUBA.
- El portal de la tesis. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2023, de https://recursos.uco.mx/tesis/disen%C3%B3_experimental.php
- El Satélite Landsat 8: Imágenes, descripción y características. (2021, diciembre 16). Recuperado de <https://eos.com/es/find-satellite/landsat-8/>
- Fundamentals_of_RS_Span.pdf. (s. f.). Recuperado 10 de octubre de 2023, de https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2023-03/Fundamentals_of_RS_Span.pdf
- Guía de interpretación visual de imágenes satelitales. (s. f.). Recuperado 13 de octubre de 2023, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_interpretacion_visual_de_imagenes_satelitales.pdf
- Hurtado Albir, A. (Ed.). (2017). *Investigando la competencia en traducción e interpretación por el Grupo PACTE*. [Benjamins Translation Library, 127]. John Benjamins.
- Ingeoexpert. (2018, julio 6). ¿Qué es la teledetección y qué sistemas existen? Recuperado de <https://ingeoexpert.com/2018/07/06/que-es-la-teledeteccion/>

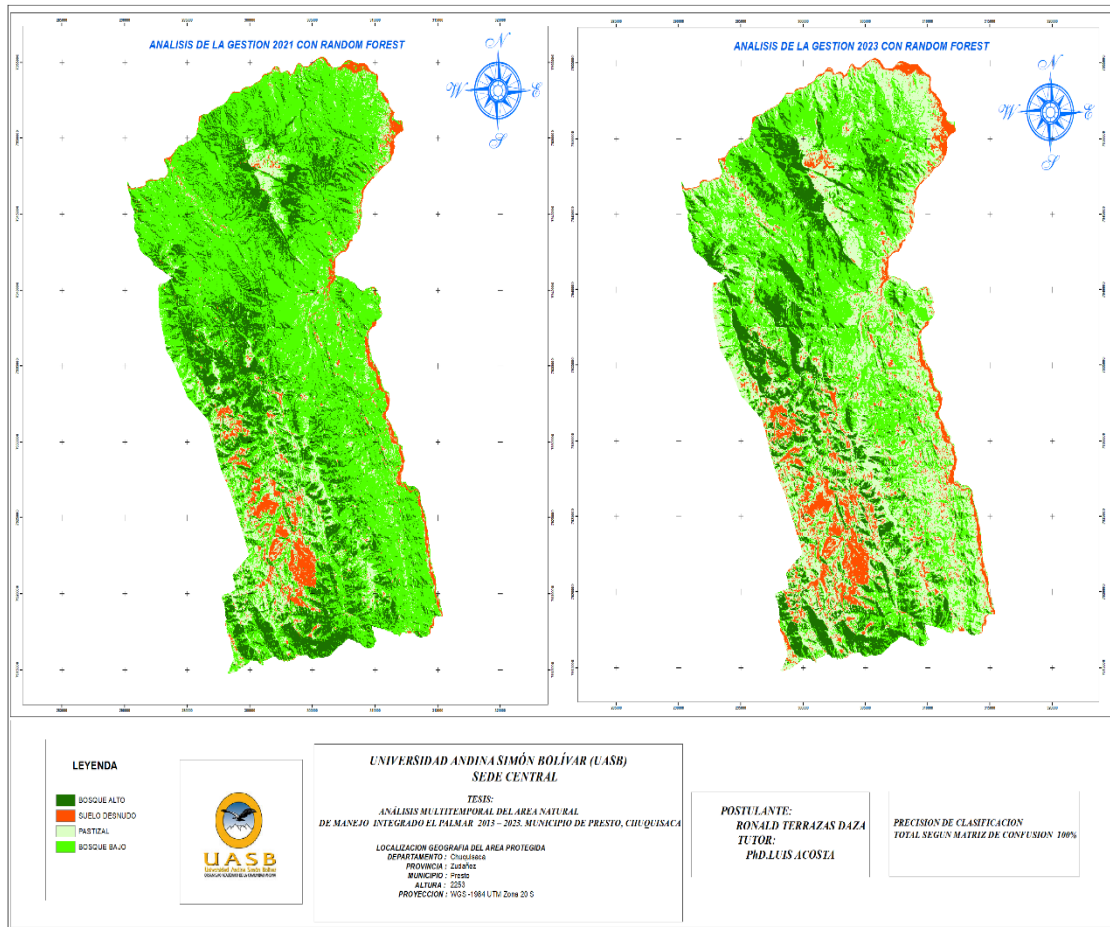
- Jensen, J. R. (2015). *Introductory remote sensing: A GIS approach* (5th ed.). Pearson.
- Jensen, J. R. (2015). *Introducción a la teledetección: Un enfoque SIG* (5.ª ed.). Pearson.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation* (7th ed.). Wiley.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Percepción remota e interpretación de imágenes* (7ª ed.). Wiley.
- Línea Verde Huelva. (s. f.). Recuperado 10 de octubre de 2023, de <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/conciencia-ambiental/Que-es-el-desarrollo-sostenible.asp>
- NASA. (n.d.). LP DAAC. NASA EOSDIS. Recuperado de <https://search.earthdata.nasa.gov/>
- Ochoa, F. (2023, enero 17). ¿Qué es un análisis multitemporal? El blog de Franz. Recuperado de <https://acolita.com/que-es-un-analisis-multitemporal/>
- Qué es la sostenibilidad: Definición, tipos y ejemplos. (s. f.). Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://www.becas-santander.com/es/blog/que-es-la-sostenibilidad.html>
- Sabins, F. F. (2007). *Teledetección: Principios e interpretación* (5.ª ed.). W.H. Freeman and Company.
- Santander Open Academy. (s. f.). Qué hace a una ciudad sostenible. Recuperado de <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/que-es-la-sostenibilidad.html>
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas. (2013). Plan de manejo del Área Natural de Manejo Integrado El Palmar (2014-2023). Área Natural de Manejo Integrado El Palmar. Sucre, Chuquisaca, Bolivia.
- Skole, D., et al. (1994). Title of the work. Journal Name, Volume(Issue), Page range. <https://doi.org/xxxx>
- Teledetección. (s. f.). Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>
- Tobar, M. F. M. (s. f.). Guía práctica: Clasificación de imágenes satelitales.
- Víctor. (2014, junio 16). Qué ventajas tiene el utilizar la teledetección cuando existen muchas otras fuentes de datos geográficos. Noticias de Ecología y Medio Ambiente. Recuperado de https://www.ecoticias.com/sostenibilidad/92610_noticia-medio-ambiente-ventajas-utilizar-teledeteccion-cuando-existen-fuentes-geograficos

ANEXOS

1.-ELABORACIÓN DE MAPAS DE LA GESTIÓN T2013 Y 2017



2.-ELABORACIÓN DE MAPAS DE LA GESTIÓN T2021 Y 2023



3.- MUESTRARIO FOTOGRÁFICO










4.- SOLICITUD INFORMACIÓN

Sucre, 20 de julio de 2023

Señor:

Jaime Roque Castro
 ALCALDE GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE PRESTO
 Presente. -



REF: Solicita autorización de entrada e información.

Distinguido alcalde:

Reciba su autoridad un cordial saludo y mis deseos de éxito en las delicadas funciones que desempeña acertadamente en pro del municipio.

Me dirijo a su distinguida autoridad, para solicitarle muy respetuosamente me permita realizar y autorice la entrada al municipio y al área protegida a efectuar el trabajo de campo que consiste netamente en obtener puntos de control en todos los lugares de acceso carretero información que es necesaria para la elaboración de mi tesis, asimismo me proporcione información PTDI - PLUS - PDM del Municipio e información del Área Protegida El Palmar por la sesión que corresponda Dicha información será resguardada y manejada de manera muy profesional, información que servirá de base para obtener datos fidedignos y confiables.

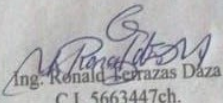
Toda información generada a partir de la misma será entregada en formato digital (Tesis) que le servirán de base para realizar proyectos de Planificación.

El motivo la elaboración de mi tesis de mi maestría con el tema **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL AREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO EL PALMAR 2013 - 2022. MUNICIPIO DE PRESTO, CHUQUISACA**, curso de Post Grado realizado en la Universidad Andina Simón Bolívar titulada "Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica y Desarrollo Sostenible" Versión I. Asimismo con su aprobación mi persona estaría entrando previa autorización bajo el siguiente cronograma TENTATIVO, los gastos logísticos serán cubiertos por mi persona.

CRONOGRAMA DE TRABAJO		
FECHA	TRABAJO	DESCRIPCIÓN
05,06, 12 Y 13 de Agosto 2023	Puntos para análisis supervisado y validación de puntos	Recorrido trabajo de campo y verificación

Sin otro particular, y esperando una respuesta positiva me despido con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.


 Ing. Ronald Terrazas Daza
 C.I. 5663447ch.

CEL: 72863469
 CORREO: ronaldterrazas202@gmail.com