



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

---

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL  
DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA  
MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Alban Dias Jairo Fabricio

**Tutor:**

Andrade José Antonio

**LATACUNGA- ECUADOR**

**Febrero 2025**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Alban Dias Jairo Fabricio, con cédula de ciudadanía No. 0503931065, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024”**, siendo el Ingeniero Mg. José Antonio Andrade Valencia, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 13 de febrero del 2025



Jairo Fabricio Alban Dias  
C.C: 0504651993  
**ESTUDIANTE**

**CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

---

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ALBAN DIAS JAIRO FABRICIO**, identificado con cédula de ciudadanía **0504651993** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** -**EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ambiente titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA**

**VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 29 febrero de 2024

Tutor: Ing. José Antonio Andrade Valencia, Mg.

Tema: “**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 13 días del mes de febrero del 2024.

  
Jairo Fabricio Alban Dias

**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.


**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024”**, de Alban Dias Jairo Fabricio, de la carrera de Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 13 de febrero del 2025



Ing. José Antonio Andrade Valencia, Ph.D.  
C.C: 0502524481  
**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Alban Dias Jairo Fabricio, con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 13 de febrero del 2025



Lic. Lema Piffalaza Jaime René, Mg.  
C.C: 1713759932  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.  
C.C: 0501518955  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Agreda Oña José Luis, Mg.  
C.C: 1713759932  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## AGRADECIMIENTO

*Queridos amigos y familiares,*

*Hoy quiero tomar un momento para expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en este importante capítulo de mi vida, la obtención de mi título universitario.*

*En primer lugar, quiero rendir un homenaje especial a mi madre, Consuelo, quien siempre fue mi mayor apoyo y fuente de inspiración. Aunque ya no esté físicamente conmigo, su amor y enseñanzas continúan guiándome en cada paso que doy. Te llevo en mi corazón, mamá.*

*A mis abuelos, Luis y María, gracias por su sabiduría y por los valores que me inculcaron. Su legado vive en mí y me motiva a seguir adelante con determinación y pasión.*

*Quiero dedicar un agradecimiento especial a mi hermano menor, Rubén. A lo largo de este viaje académico, tu apoyo y energía han sido una luz constante en mi camino. Aunque seas más joven, ha demostrado una madurez y comprensión que me han sorprendido y motivado en innumerables ocasiones.*

*A mis tíos Antonio, José, Edison, Wellington y Marco, su apoyo incondicional y sus palabras de aliento han sido un pilar en mi vida. Gracias por estar siempre presentes y por creer en mí.*

*A mi novia Andrea, tu amor y comprensión han sido un refugio en los momentos de estrés y desafío. Gracias por ser mi compañera y por motivarme a dar lo mejor de mí.*

*Y, por supuesto, a todas las personas que han sido parte de este proceso: profesores, compañeros, amigos y todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y académico. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en mi vida, y por eso les estoy eternamente agradecido.*

*Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes. Gracias por ser parte de mi historia y por ayudarme a alcanzar este sueño.*

*Con todo mi cariño y gratitud,*

*Jairo Alban*

## DEDICATORIA

*A mi amada madre, Consuelo Díaz, cuya luz y amor han sido mi guía en cada paso de mi vida. Aunque ya no estés físicamente a mi lado, tu espíritu vive en mí y en todo lo que hago. Desde mis primeros pasos hasta este momento tan significativo, siempre has estado presente, brindándome tu apoyo incondicional y enseñándome el valor del esfuerzo y la perseverancia. Este proyecto es un homenaje a tu sacrificio y dedicación, y cada palabra escrita lleva consigo un pedacito de tu amor. Te llevo en mi corazón y en cada logro que alcanzo, porque sé que tú siempre has creído en mí.*

*A mis abuelitos, Luis y María, gracias por ser el pilar de nuestra familia y por inculcarme los valores que me han formado como persona. Su amor, sabiduría y fortaleza han sido una fuente constante de inspiración en mi vida. Ustedes me enseñaron la importancia de la familia, el trabajo duro y la humildad. Este proyecto también es para ustedes, que siempre han estado ahí, apoyándome y animándome a seguir mis sueños.*

*Dedico este trabajo a ustedes, que han dejado una huella imborrable en mi corazón. Su legado vive en mí, y siempre los llevaré conmigo en cada paso que dé. Gracias por ser mi inspiración eterna.*

## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNA ASHIGUA DE LA PARROQUIA MULALÓ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2024”**

**Autor**

Alban Dias Jairo Fabricio

## RESUMEN

Ashigua entre los años 2014 y 2024, utilizando imágenes satelitales y herramientas geoespaciales para evaluar los cambios en los distintos tipos de vegetación presentes en el área de estudio. La investigación busca comprender la dinámica del uso del suelo y sus impactos ambientales, con el fin de aportar información valiosa para la gestión sostenible de los recursos naturales y la conservación del ecosistema del páramo. Mediante el procesamiento de imágenes Landsat y la aplicación de técnicas de clasificación supervisada, se identifican cambios significativos en la cobertura vegetal, particularmente en el páramo, los mosaicos agropecuarios y las áreas de plantaciones forestales. Los resultados evidencian un pequeño incremento en la cobertura del páramo, lo que podría estar asociado a procesos de regeneración natural, reducción de actividades agropecuarias o estrategias de conservación implementadas en la zona. En contraste, se registró una disminución considerable en los mosaicos agropecuarios, lo que sugiere posibles cambios en las prácticas agrícolas. La metodología aplicada en el estudio resalta la importancia del uso de imágenes satelitales de alta resolución y herramientas de análisis SIG para la detección precisa de cambios en la cobertura del suelo a lo largo del tiempo. La validación de los datos a través de observaciones de campo permitió mejorar la precisión de los resultados, proporcionando una visión más detallada sobre la evolución del paisaje en la comunidad Ashigua. Además, el análisis espacial permitió identificar patrones de cambio en la vegetación y evaluar el impacto de factores ambientales y antropogénicos en la transformación del ecosistema. Los hallazgos obtenidos reflejan la naturaleza dinámica de la cobertura vegetal en la comunidad Ashigua, determinada tanto por factores naturales como por la actividad humana. Finalmente, esta investigación sienta las bases para estudios futuros y brinda información esencial para la formulación de políticas públicas orientadas a la conservación del páramo y el desarrollo sostenible de la comunidad.

**Palabras claves:** Análisis multitemporal, Cobertura vegetal, Ecosistema de páramo, Cambio de uso del suelo, Herramientas geoespaciales.

## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE: “MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE VEGETATION COVER OF THE PÁRAMO OF THE ASHIGUA COMMUNE OF MULALÓ PARISH, COTOPAXI PROVINCE 2014-2024”.**

**Author**

Alban Dias Jairo Fabricio

## ABSTRACT

This study focuses on the multitemporal analysis of vegetation cover in the Ashigua community between 2014 and 2024, using satellite images and geospatial tools to assess changes in the different types of vegetation present in the study area. The research seeks to understand the dynamics of land use and its environmental impacts, in order to provide valuable information for the sustainable management of natural resources and the conservation of the páramo ecosystem.

Through the processing of Landsat images and the application of supervised classification techniques, significant changes in vegetation cover are identified, particularly in the páramo, agricultural mosaics and forest plantation areas. The results show a small increase in the coverage of the páramo, which could be associated with natural regeneration processes, reduction of agricultural activities or conservation strategies implemented in the area. In contrast, there was a considerable decrease in agricultural mosaics, suggesting possible changes in agricultural practices. The methodology applied in the study highlights the importance of using high-resolution satellite images and GIS analysis tools for the accurate detection of land cover changes over time. The validation of the data through field observations improved the accuracy of the results, providing a more detailed view of the evolution of the landscape in the Ashigua community. In addition, spatial analysis made it possible to identify patterns of vegetation change and to assess the impact of environmental and anthropogenic factors on the transformation of the ecosystem. The findings obtained reflect the dynamic nature of vegetation cover in the Ashigua community, determined by both natural factors and human activity. Finally, this research lays the foundation for future studies and provides essential information for the formulation of public policies aimed at the conservation of the páramo and the sustainable development of the community.

**Key words:** Multitemporal analysis, Vegetation cover, Páramo ecosystem, Land use change, Geospatial tools.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo General.....	5

6.2. Objetivo Específico.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6
8.1. Ecosistema .....	6
8.2. Ecosistemas Terrestres .....	7
8.3. Páramo .....	7
8.4. Importancia de los paramos .....	8
8.5. Tipos de Paramos.....	8
8.5.1. Paramo Húmedo.....	8
8.5.2. Páramo seco .....	8
8.5.3. Páramo de Superpáramo .....	9
8.5.4. Páramo de Pajonal .....	9
8.5.5. Páramo de Arbustos o Páramo Arbustivo.....	9
8.6. Cobertura Vegetal .....	9
8.7. Beneficios de la cobertura vegetal en los paramos .....	10
8.8. Cambios en la cobertura vegetal .....	10
8.9. Transformación del Paisaje.....	10
8.10. Restauración ecológica.....	11
8.11. Análisis Multitemporal .....	11
8.12. Sistemas de Información Geográfica.....	11
8.13. Componentes SIG .....	11
8.13.1. Redes y conectividad .....	12
8.14. Teledetección.....	12
8.15. Sensores remotos .....	12
8.16. Fotointerpretación .....	12
8.17. Imagen Satelital .....	13
8.18. Imagen Landsat 8.....	13
8.19. Clasificación de imágenes satelitales.....	13
8.20. Clasificación supervisada .....	14
8.21. QGIS .....	14
8.21.1. Clasificación semiautomática .....	14
8.21.2. Plugin Semi-Automatic Classification “SCP” .....	15
8.22. Índice de kappa.....	15

8.23. Matriz de confusión.....	15
8.24. Matriz de transición.....	15
8.22. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	16
8.23. METODOLOGÍAS .....	16
10.1. Clasificación de los tipos de cobertura vegetal presentes en el páramo de Ashigua .....	16
10.2. Tipo de investigación .....	18
10.2.1. 3 Métodos .....	18
10.2.2. Método Bibliográfico.....	18
10.2.3. Método descriptivo .....	18
10.2.4. Datos.....	19
<b>10.3. Metodología Corine Land Cover .....</b>	<b>19</b>
10.4. Adquisición de Imágenes Landsat.....	19
10.5. Preprocesamiento de imágenes satelitales .....	21
10.5.1. Corrección radiométrica .....	21
10.5.2. Corrección atmosférica .....	22
10.6. Coberturas Establecidas .....	22
10.7. Procesamiento de la información .....	23
10.7.1. Creación de Polígonos .....	23
10.7.3. Combinación de bandas .....	24
10.7.4. Creación de conjuntos de bandas .....	24
10.7.5. Corrección geométrica .....	25
10.8. Clasificación supervisada .....	25
10.9. Matriz de confusión.....	26
10.10. Índice de kappa .....	27
10.10.1 Localización.....	29
10.10.2. Coordenadas.....	29
10.10.3. Norte geográfico.....	29
10.11. Información marginal .....	29
10.11.1. Nombre.....	29
10.12. Técnicas.....	30
10.12.1. Observación Directa .....	30
10.12.2. Observación Indirecta .....	30
10.12.3. Técnica de análisis de datos.....	31
10.13. Salida de campo .....	31

10.14. Instrumentos .....	31
10.14.1. Materiales.....	31
10.14.2. Software.....	32
10.14.3. Insumos.....	32
11.1. Comparación de las variaciones en la cobertura vegetal del páramo de Ashigua durante el periodo 2014-2024 .....	32
11.2. Mapa de Cobertura Vegetal 2018.....	32
11.3. Mapa de Cobertura Vegetal 2020.....	38
11.4. Mapa de Cobertura Vegetal 2022.....	39
11.5. Mapa de Cobertura Vegetal 2024.....	42
11.6. Validación de la clasificación supervisada del año 2024 .....	43
11.7. Cuantificación de los cambios en la cobertura vegetal de la comunidad Ashigua .....	45
11.7.1. Discusión y Análisis de las Coberturas Vegetales .....	45
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	47
12.1. Impacto medioambiental.....	47
12.3. Impacto económico .....	48
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
13.1. Conclusiones .....	48
13.2. Recomendaciones.....	49
14. REFERENCIA .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios del Proyecto. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Actividades en relación a los objetivos planteados.....	6
<b>Tabla 3.</b> Datos de las imágenes satelitales. ....	21
<b>Tabla 4.</b> Principales características de las imágenes adquiridas del USGS. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Cobertura y uso del suelo establecido por el MAG del Ecuador. ....	24
<b>Tabla 6.</b> Matriz de Confusión. ....	28
<b>Tabla 7.</b> Valores de Concordancia. ....	28
<b>Tabla 8.</b> Estructura de la matriz de transición. ....	29
<b>Tabla 9.</b> Áreas de las coberturas 2014. ....	35
<b>Tabla 10.</b> Áreas de las coberturas 2016. ....	36
<b>Tabla 11.</b> Áreas de las coberturas 2018. ....	38
<b>Tabla 12.</b> Áreas de las coberturas 2020. ....	40

<b>Tabla 13.</b> Áreas de las coberturas 2022. ....	41
<b>Tabla 14.</b> Áreas de las coberturas 2024. ....	43

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modelo de la matriz de transición. ....	16
<b>Figura 2.</b> Mapa de Ubicación de la Comunidad Ashigua en el Cantón Latacunga. ....	17
<b>Figura 3.</b> Procedimiento de descarga de imágenes satelitales Landsat. ....	20
<b>Figura 4.</b> Clasificación semiautomática (SCP) para correcciones. ....	23
<b>Figura 5.</b> Preprocesamiento de banda en teledetección. ....	25
<b>Figura 6.</b> Combinación de bandas 7-5-3. ....	26
<b>Figura 7.</b> Clasificación supervisada. ....	27
<b>Figura 8.</b> Análisis de la cobertura vegetal 2014.....	34
<b>Figura 9.</b> Análisis de la cobertura vegetal 2016.....	36
<b>Figura 10.</b> Análisis de la cobertura vegetal 2018. ....	37
<b>Figura 11.</b> Análisis de la cobertura vegetal 2020. ....	39
<b>Figura 12.</b> Análisis de la cobertura vegetal 2022. ....	41
<b>Figura 13.</b> Análisis multitemporal de la cobertura vegetal 2024. ....	43



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Análisis Multitemporal de la Cobertura Vegetal del Páramo de la Comuna Ashigua de la Parroquia Mulaló, Provincia de Cotopaxi 2014-2024”

### **Lugar de ejecución:**

Comunidad Mulaló, Parroquia Latacunga, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Ambiental.

### **Nombres de equipo de investigación:**

Tutor: José Antonio Andrade, Ph.D

Estudiante: Jairo Fabricio Alban Dias

LECTOR 1: Lema Pillalaza Jaime Rene

LECTOR 2: Rivera Moreno Marco Antonio

LECTOR 3: Agreda Oña José Luis

**Área de Conocimiento:** Ciencia Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

**Línea de investigación:** Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

**Sub-línea de Investigación de la Carrera:** Manejo y conservación del recurso suelo.

**Línea de Vinculación de la Facultad:** Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

## 2. INTRODUCCIÓN

La parroquia de Mulaló está situada en la Cordillera Oriental, una cadena montañosa forma un sistema de valles montanos caracterizados por paisajes que incluyen laderas escarpadas, colinas, terrazas, llanuras, valles y se encuentra la comuna de Ashigua situado en Mulaló y se caracteriza por el majestuoso volcán Cotopaxi de 5.897 m.s.n.m. (PDOT MULALÓ, 2020). La singular geografía de la parroquia está marcada por paisajes de páramo y una diversidad de ambientes micro climáticos.

Conformada por fuertes pendientes e intensa actividad volcánica, ha sufrido numerosos cambios geológicos y procesos erosivos, esculpiendo sus características distintivas, incluyendo terrazas estructurales, que está definida por colinas medianas y laderas suaves, normalmente con pendientes inferiores al 10%, donde el magma expulsado por el volcán Cotopaxi ha dejado una huella duradera en la geología de la región, a lo largo del tiempo la zona también ha experimentado cambios significativos en la cobertura provocados por el proceso natural, la actividad humana y el uso agrícola lo que ha dado lugar a cambios de la cobertura vegetal de la comuna Ashigua(PDOT MULALÓ, 2020).

La parroquia de Mulaló, en particular la comuna de Ashigua, se enfrenta a importantes retos medioambientales relacionados principalmente por actividades antropogénicas, como la expansión agrícola, el pastoreo de ganado y la deforestación, lo cual pone en riesgo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que el páramo proporciona a sus habitantes.

Este estudio se centra en la comuna de Ashigua, que demuestra los problemas ambientales entre la interacción de la actividad humana la deforestación y la expansión agrícola la investigación pretende analizar el alcance de los cambios en la cubierta terrestre desde los años 2014 - 2022 y sus efectos en la cobertura vegetal esto incluye evaluar el impacto, la comparación de coberturas vegetales correspondientes, análisis de pérdidas y ganancias de cobertura vegetal al abordar estos factores el estudio pretende aportar mapas temáticos para la preservación de esta área de la comunidad de gran importancia ecológica. También contribuirá al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el objetivo 15, que busca promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y la preservación de la biodiversidad para las generaciones futuras (Agenda 2030 en América Latina y el Caribe, 2016).

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El páramo ocupa aproximadamente el 7% del territorio ecuatoriano, es famoso por su excepcional biodiversidad donde alrededor del 6,7% de las especies de plantas son endémicas que abarca un extenso ecosistema alpino en altitudes que oscilan entre los 3,200 m.s.n.m. y los 4.500 m.s.n.m. (Carrillo-Rojas et al., 2019). Sin embargo, menos del 40% de este delicado ecosistema está bajo protección oficial, lo que lo hace muy susceptible a los efectos adversos del cambio climático y las prácticas de uso del suelo (Chuncho & Chuncho, 2019).

La investigación evidencia la necesidad urgente de generar información actualizada sobre el estado de la cobertura vegetal de la comunidad de Ashigua, lo que permitirá tomar decisiones fundamentadas para su conservación y manejo sostenible. A través de un análisis multitemporal con imágenes satelitales desde los años 2014 a 2022, este estudio pretende visualizar los cambios en la cobertura vegetal y cuantificar las pérdidas o ganancias del área de estudio que contribuirán a la concienciación de la comunidad y a la toma de decisiones para la implementación de políticas de conservación.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo generar mapas temáticos de cobertura vegetal de la comunidad Ashigua perteneciente a la parroquia de Mulaló utilizando el softwar Qgis, que servirán como base para concientizar a la comunidad y resguardar sus páramos, para evitar futuras invasiones agrícolas y proporcionará información ya que no cuenta con antecedentes de investigación de las condiciones actuales de la cobertura vegetal en el área de estudio mencionado.

La metodología basada en Sistema de Información Geográfico (SIG) sirva de interés para investigaciones futuras o diseño de proyectos ambientales, porque es muy importante esta herramienta fundamental para generar mapas de la cobertura vegetal de los años 2014 hasta el 2022. La principal característica que está diseñado para trabajar con datos referenciados ya sea con coordenadas geográficas o UTM permitiendo así generar información gráfica (Muñoz et al., 2016).

### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.** *Beneficiarios del Proyecto.*

<b>BENEFICIARIOS DIRETOS</b>	<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>
Población de la comunidad Mulaló	Población del Cantón Latacunga
Hombres: 4,348	Hombres: 82,301
Mujeres: 4,746	Mujeres: 88,188
Total: 9,094	Total: 170,489

*Fuente:* INEC 2010

## **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El Ecuador es reconocido como uno de los 17 países megadiversos del mundo, con una variedad de ecosistemas, especies y recursos ecosistémicos (Aguirre, 2012). El páramo, un ecosistema andino de gran altitud, se caracteriza por su exuberante biodiversidad y su papel crucial en la regulación del agua. Estos ecosistemas, que se encuentran por encima de la línea de árboles entre 2800 y 5000 metros, son conocidos por su alta capacidad de almacenamiento de carbono y su flora única (Brück et al., 2023).

Los páramos enfrentan amenazas significativas por las actividades humanas, incluida la agricultura, la ganadería y los incendios forestales, el cambio climático plantea una amenaza adicional y creciente para estos ecosistemas a pesar del creciente interés científico, persisten vacíos de conocimiento sobre las características del suelo, la hidrología y la dinámica climática en los páramos (Brück et al., 2023). Las complejas interacciones entre las actividades humanas y la vegetación de páramo destacan la necesidad de estrategias de gestión efectivas que consideren tanto los factores ecológicos como los antropogénicos.

Las actividades humanas y el pastoreo intensivo han llevado a una disminución de la diversidad de especies de plantas, el contenido de carbono del suelo y la capacidad de retención de agua. La mayoría de las áreas de páramo de pastos en Ecuador muestran signos de intervención humana, con más de tres cuartas partes del área original del páramo modificada o transformada. Si bien una perturbación moderada puede promover la riqueza de especies, la influencia humana excesiva amenaza la estabilidad ecológica del páramo y su función de regulación del agua (Perez Julieth, 2020).

El páramo es un ecosistema vital, esencial para la conservación de la biodiversidad, el almacenamiento de carbono y la regulación del agua su sostenibilidad se ve cada vez más

amenazada por actividades humanas como el sobrepastoreo, las quemadas y la expansión agrícola, así como los crecientes impactos del cambio climático (Salinas-Castillo et al., 2020). La comuna de Ashigua, situada dentro de este frágil ecosistema, se enfrenta a estos mismos retos. Proteger el páramo y los medios de subsistencia de comunidades como Ashigua exige esfuerzos urgentes de conservación, incluidas prácticas sostenibles de uso del suelo, restauración de zonas degradadas y estrategias de gestión eficaces que integren las necesidades ecológicas y comunitarias. Promover la concienciación y educación ambiental garantiza la resiliencia y la sostenibilidad a largo plazo tanto del páramo como de la comunidad de Ashigua (Salinas-Castillo et al., 2020).

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo General**

- Analizar los cambios en la cobertura vegetal del páramo de la comuna Ashigua en la parroquia Mulaló, provincia de Cotopaxi, mediante el uso de imágenes satelitales y técnicas de análisis multitemporal entre los años 2014-2024.

### **6.2. Objetivo Específico**

- Clasificar los tipos de cobertura vegetal presentes en el páramo de Ashigua mediante el uso de imágenes satelitales.
- Comparar las variaciones en la cobertura vegetal del páramo de Ashigua durante el periodo 2014-2022.
- Cuantificar los cambios en la cobertura vegetal de la comunidad Ashigua durante el período de 2014-2022.

## **7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

**Tabla 2.** *Actividades en relación a los objetivos planteados.*

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
------------------	--------------------	--------------------	------------------

O.1.- Clasificar los tipos de cobertura vegetal presentes en el páramo de Ashigua mediante el uso de imágenes satelitales	Recopilación de información secundaria y metadatos de imágenes satelitales y Shps de coberturas. Realización de visitas de campo para muestreo y validación in situ. Preprocesamiento de imágenes satelitales y creación de polígonos en software QGIS. Aplicación de técnicas de clasificación supervisada y no supervisada.	Uso de software SIG QGIS para el procesamiento de imágenes. Clasificación supervisada (matriz de confusión) y no supervisada para identificar coberturas vegetales.	Mapa de cambio del uso del suelo en la comunidad de Ashigua en los años 2014-2024
O.2.- Comparar las variaciones en la cobertura vegetal del páramo de Ashigua durante el periodo 2014-2022.	Transformación de imágenes satelitales (ráster a vector). Comparación de coberturas vegetales correspondientes a los años 2014-2024. Análisis de pérdidas y ganancias de cobertura vegetal mediante mapas de transición. Intersección y análisis espacial de las coberturas.	Generación de matrices de transición que evalúan el cambio del periodo 2014-2022, utilizando técnicas de clasificación supervisada y no supervisada. Comparación espacial de coberturas distintos años.	Mapas temáticos que muestren áreas con pérdidas y ganancias de cobertura vegetal.
O.3.- Cuantificar los cambios en la cobertura vegetal de la comunidad Ashigua durante el período de 2014-2022.	Creación de mapas temáticos siguiendo estándares de información geográfica. Socialización de resultados con la comunidad local. Presentación de mapas y análisis cuantitativo de cambios de cobertura vegetal.	Comparación de pérdidas o ganancias causadas por cambios de uso del suelo durante los períodos de estudio.	Matriz de transición y análisis espacial que permiten cuantificar y comparar los cambios en la cobertura vegetal.

Fuente: Jairo Fabricio Alban Días, 2024

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1. Ecosistema

Un ecosistema es un sistema diverso que engloba las interacciones entre los organismos vivos y su entorno físico (D. V. S. Martínez, 2015). Incluye una amplia variedad de especies, como hongos, plantas, bacterias, protozoos, algas y animales, junto con factores abióticos como el suelo, el agua y las condiciones atmosféricas donde los ecosistemas son esenciales para proporcionar

bienes y servicios vitales para la supervivencia humana, como minerales, combustibles fósiles, madera y productos farmacéuticos. Además, desempeñan un papel fundamental en servicios ecosistémicos como la regulación del clima, la descomposición de residuos y la regeneración de la fertilidad del suelo (Bonina, 2003).

La sostenibilidad de los ecosistemas es fundamental tanto para las generaciones presentes como para las futuras generaciones, las actividades humanas, como la deforestación, los incendios forestales y la contaminación, han alterado cada vez más los ecosistemas, frenando su capacidad de recuperación y acelerando su degradación (Vargas Gálvez, 2021). Como componentes integrales de la biosfera la parte de la Tierra que sustenta la vida, los ecosistemas subrayan la interconexión de todos los elementos vivos y no vivos (J. Rodríguez & Leiton, 2021). Reconocer y abordar estos impactos es crucial para preservar el equilibrio y la funcionalidad de los ecosistemas en todo el mundo.

## **8.2.Ecosistemas Terrestres**

Un ecosistema terrestre es un sistema complejo que comprende las interacciones entre organismos vivos y factores abióticos en la superficie terrestre (United Nations, 2020). Estos ecosistemas han evolucionado desde los primeros registros en el Fanerozoico y son fundamentales para la biodiversidad y los ciclos naturales del planeta (Beraldi, 2014). Sin embargo, la actividad humana está erosionando la salud de estos ecosistemas, provocando pérdida de bosques y poniendo en peligro de extinción a numerosas especies (United Nations, 2020). La ecología estudia las relaciones entre los organismos y su entorno en estos ecosistemas, que forman parte de la biosfera, definida como la parte de la Tierra donde existe la vida (Salvo et al., 2009). Aunque se están implementando medidas de conservación, se requieren urgentes para proteger y restaurar estos valiosos recursos naturales.

## **8.3.Páramo**

El páramo es un ecosistema andino de gran altitud conocido por su mega biodiversidad y sus servicios ecosistémicos como la regulación del agua, la captación de carbono, la protección del suelo y la conservación del agua (Brück et al., 2023). Sus suelos con capacidad para almacenar hasta 60 kg/m<sup>2</sup> de carbono, desempeñan un papel importante en la mitigación del cambio climático debido a la lenta descomposición de la materia orgánica a bajas temperaturas (Pinos-Morocho et al., 2021). Sin embargo, el páramo se enfrenta a amenazas como la sobreexplotación, la limitada

protección gubernamental y el insuficiente reconocimiento de su valor ecológico por parte de las comunidades locales (Torres & Naranjo, 2024).

#### **8.4. Importancia de los paramos**

El páramo es un sistema socioecológico moldeado por la actividad humana desde hace aproximadamente 10.000 años reconocido por sus servicios ecosistémicos vitales, en particular relacionados con el agua, sustenta a millones de personas al servir de cabecera de los principales ríos de la región andino-amazónica (Mosquera et al., 2023). Para preservar este ecosistema es esencial desarrollar estrategias de conservación que involucren a las comunidades locales, nacionales e internacionales, basadas en el entendimiento científico de las relaciones ecológicas (Morales & Estévez, 2006). La importancia de este ecosistema está directamente relacionada con las funciones fundamentales que proveen para el bienestar social y humano de la población, como la purificación del aire, el almacenamiento de carbono, el abastecimiento de agua y la regulación de la temperatura estos ecosistemas son únicos en el mundo (Vargas et al., 2022).

#### **8.5. Tipos de Paramos**

Los ecosistemas de páramo en Ecuador son ambientes andinos diversos de gran altitud caracterizados por pastos, arbustos y humedales, se necesitan investigaciones y medidas de conservación urgentes para proteger estos ecosistemas únicos y valiosos los esfuerzos de conservación son un desafío, ya que la mayoría de los páramos muestran signos de intervención humana, algunas áreas bien preservadas que se encuentran principalmente en el lado amazónico de los Andes y en el extremo norte y sur de Ecuador (Brück et al., 2023).

##### **8.5.1. Paramo Húmedo**

Es un ecosistema altoandino por encima de los 3.000 y 4.200 m.s.n.m. Presenta diversas comunidades de plantas adaptadas a condiciones ecológicas únicas, incluyendo los característicos pastizales de "pajonal" se caracteriza por frecuentes lluvias de baja intensidad, alta humedad del suelo, baja evapotranspiración y caudal variable (Brück et al., 2023).

##### **8.5.2. Páramo seco**

Ubicado a los 3.000 y 4.200 m.s.n.m. En áreas con menor precipitación y mayor exposición solar su vegetación es más dispersa, con predominio de pajonales y arbustos resistentes a la sequía los suelos son menos profundos y con menor capacidad de retención hídrica (Morales & Estévez, 2006).

### **8.5.3. Páramo de Superpáramo**

El un ecosistema de gran altitud desde los 3,800 y 4,800 m.s.n.m. La riqueza de las especies generalmente disminuye por encima de los 4200 m.s.n.m. Las gradientes de humedad influyen en la composición de las especies y la estructura de la vegetación, la mayor rotación de especies entre el páramo secos y el superpáramo en las montañas son más secas estos patrones están determinados por la altitud, las perturbaciones y los factores microambientales (Lemus & Carolina, 2020).

### **8.5.4. Páramo de Pajonal**

El páramo pajonal es un ecosistema andino de gran altitud entre 3,200 y 4,300 m.s.n.m. caracterizado por su vegetación de pastos y diversas comunidades vegetales presenta una alta riqueza de especies, con estudios que reportan más de 200 especies de plantas vasculares en el sur de Ecuador la flora del páramo varía con la altitud y las condiciones ambientales (Anzoategui et al., 2023).

### **8.5.5. Páramo de Arbustos o Páramo Arbustivo**

El ecosistema de páramo arbustivo está entre los 2,800 y 3,500 m.s.n.m. Esta en transición generalmente presenta un cambio de bosque alto a matorrales y eventualmente vegetación herbácea a medida que aumenta la altitud la vegetación de páramo está determinada principalmente por el clima diurno tropical de alta montaña, siendo la temperatura y la humedad factores clave que influyen en la composición de la comunidad hay una alta rotación de especies y patrones de diversidad variables a lo largo del gradiente de elevación (Salazar et al., 2022).

## **8.6. Cobertura Vegetal**

La cobertura vegetal se refiere a la vida vegetal que cubre la superficie del suelo y desempeña un papel crucial en el equilibrio ambiental y la estabilidad del ecosistema. Proporciona numerosos beneficios en entornos urbanos y agrícolas, incluida la conservación del suelo, la regulación del ciclo del agua, la preservación de la biodiversidad y la mejora del microclima (Guamán et al., 2023). La cobertura vegetal es la capa de plantas, incluidas hierbas, arbustos y árboles, que cubre la superficie de la Tierra. Desempeña un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio ecológico, ya que regula el clima, evita la erosión del suelo, con(Lemus & Carolina, 2020) la biodiversidad (Lemus & Carolina, 2020). La cobertura vegetal actúa como un filtro natural, reduciendo el impacto de las precipitaciones en el suelo, ralentizando la escorrentía

superficial y favoreciendo la infiltración del agua en el suelo también es crucial para los servicios ecosistémicos o la selección adecuada de especies (Duarte et al., 2017).

### **8.7. Beneficios de la cobertura vegetal en los paramos**

Los estudios han demostrado que la vegetación de páramo puede interceptar la niebla, lo que contribuye a la humedad del suelo y la disponibilidad de agua (Tobon & Morales, 2007). La cubierta vegetal de los ecosistemas de páramo proporciona beneficios ecológicos e hidrológicos, actuando como regulador natural de los recursos hídricos gracias a su elevada capacidad de retención e infiltración que garantiza un caudal constante y mitiga el riesgo de inundaciones y sequías (Anzoategui et al., 2023). La cobertura vegetal previene la erosión del suelo estabilizando las pendientes y reduciendo la escorrentía superficial preservando la integridad del frágil paisaje del páramo. Además, sustenta una gran biodiversidad sirviendo de hábitat a numerosas especies endémicas al tiempo que contribuye al equilibrio ecológico y a la resiliencia del ecosistema (León Cadena et al., 2017). Estas funciones hacen que la conservación de la cobertura vegetal del páramo sea esencial para mantener sus servicios ecológicos y los medios de vida de las comunidades que dependen de ellos.

### **8.8. Cambios en la cobertura vegetal**

Los cambios en la cubierta vegetal de los ecosistemas de páramo hacen referencia a las alteraciones en la distribución espacial la composición y la densidad de la vida vegetal a lo largo del tiempo provocadas tanto por procesos naturales como por actividades antropogénicas (Ceceña et al., 2021). Estos cambios suelen ser el resultado de factores como la expansión agrícola, el pastoreo excesivo, la deforestación y los efectos del cambio climático, incluidos los cambios en los patrones de temperatura y precipitaciones. Estas modificaciones de cambio que experimenta la cobertura vegetal y uso de suelo de un área o región en particular son consideradas como una de las principales causas de la contaminación ambiental que afecta significativamente al equilibrio ecológico del páramo (Castro et al., 2021). Comprender estos cambios es crucial para desarrollar estrategias que mitiguen sus efectos negativos y garanticen la gestión sostenible y la conservación de este ecosistema frágil y vital.

### **8.9. Transformación del Paisaje**

La transformación del paisaje en los ecosistemas del páramo es impulsada por los cambios en la cobertura vegetal refleja la interacción dinámica entre los procesos naturales y las

intervenciones humanas (Cruz et al., 2024). Estas transformaciones suelen implicar la conversión de la vegetación nativa en tierras agrícolas o de pastoreo, la degradación de las comunidades vegetales debido al sobrepastoreo y la pérdida de biodiversidad por la deforestación y los cambios inducidos por el clima. Las alteraciones no sólo perturban la integridad ecológica del páramo, sino que también comprometen su capacidad de servicios ecosistémicos estas transformaciones son fundamentales para comprender los impactos ambientales y socioeconómicos de los cambios en el uso de la tierra y aplicar estrategias de conservación que promuevan la resiliencia y la sostenibilidad del paisaje (Salazar et al., 2022).

### **8.10. Restauración ecológica**

La restauración ecológica es una disciplina que busca reparar ecosistemas degradados, recuperando el suelo, agua, aire y especies originales (Sides, 2023). El proceso de restauración implica varios pasos incluyendo la definición del ecosistema de referencia evaluación del estado actual, establecimiento de escalas de disturbio, participación comunitaria, la restauración ecológica se considera una práctica de reparación de relaciones en sistemas vivos (Llosa & Monge, 2010).

### **8.11. Análisis Multitemporal**

El análisis multitemporal es una técnica valiosa para monitorear los cambios del paisaje a lo largo del tiempo utilizando imágenes satelitales los estudios han aplicado este método a varias regiones el uso de la tierra y los bosques estos análisis generalmente implican la comparación de imágenes satelitales de diferentes años para detectar cambios en la cobertura vegetal, la erosión, la expansión urbana y la fragmentación forestal (Martínez & Yuly, 2020).

### **8.12. Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han surgido como una poderosa herramienta para la toma de decisiones y la gestión de datos espaciales originalmente, los sistemas tradicionales no podían combinar datos espaciales con descriptivos, lo que dificultaba el análisis geográfico (Saavedra, 1992). Los SIG funcionan como bases de datos con información geográfica y alfanumérica asociados a objetos gráficos en mapas digitales su desarrollo ha sido dinámico, con aplicaciones innovadoras en informática y un impacto significativo en la sociedad (Rojas, 1999).

### **8.13. Componentes SIG**

Los SIG integran hardware, software y procedimientos para facilitar la obtención, gestión, análisis y representación de datos espacialmente referenciados estos sistemas permiten a los profesionales de diversos campos analizar y visualizar información geográfica de manera eficiente

(Pauta et al., 2019). Un enfoque implica extraer información sobre los componentes de SIG de repositorios web y estructurarla con base en un esquema de información estandarizado mejorado por técnicas de procesamiento del lenguaje natural (Pérez et al., 2019).

Los componentes básicos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son esenciales para la recopilación de datos, el análisis y la visualización de la información espacial. Estos componentes incluyen

#### **8.13.1. Redes y conectividad**

Sistemas que permiten el intercambio y la integración de datos, incluidas las conexiones a Internet el almacenamiento en la nube y las plataformas de teledetección de colaboración para datos SIG (Pérez et al., 2023).

#### **8.14. Teledetección**

La teledetección es una técnica para adquirir y analizar datos sobre la superficie de la Tierra a distancia, generalmente utilizando sensores en plataformas aéreas o espaciales surgió a partir de la fotografía aérea y evolucionó con los avances tecnológicos durante la Guerra Fría (Rodríguez, 2016). La teledetección puede ser pasiva, utilizando la radiación solar, o activa, donde el sensor proporciona su propia fuente de energía, esta tecnología tiene diversas aplicaciones incluida la monitorización ambiental (Bognanni et al., 2020). Estas tecnologías continúan evolucionando mejorando para estudiar y monitorear la superficie de la Tierra y los fenómenos atmosféricos.

#### **8.15. Sensores remotos**

El sensoriamiento remoto (SR) es una tecnología que utiliza sensores para obtener información sobre objetos a distancia, sin contacto físico (Guedes & Silva, 2018). Aplicada en diversas áreas como geología y agricultura donde los vehículos aéreos no tripulados equipados con sensores remotos también muestran herramientas valiosas en la gestión de recursos forestales o satélites que sirven para captar datos en diferentes espectros electromagnéticos se usan para recopilar información (Souza et al., 2020).

#### **8.16. Fotointerpretación**

La fotointerpretación es una técnica valiosa en varios campos implica analizar fotografías aéreas e imágenes satelitales utilizando conceptos de fotogrametría, geomorfología, topografía, geodesia y cartografía (Sisti, 2022). El uso de fotografías emplea un método que considera las

imágenes como fragmentos de tiempo y espacio este enfoque implica extraer información, contextualizar, percibir procesos y lograr la abstracción a través de la observación de singularidades (Juárez et al., 2022). En general, la fotointerpretación sirve como una herramienta poderosa para comprender y analizar varios aspectos del entorno natural y construido en diferentes disciplinas.

### **8.17. Imagen Satelital**

Las imágenes satelitales juegan un papel crucial en varios campos, incluidos la geología, la meteorología, la agricultura y los estudios ambientales estas imágenes permiten el análisis de procesos y eventos ambientales a lo largo del tiempo, como cambios en los cursos de los ríos debido a fenómenos meteorológicos (Curbelo, 2022). Se han desarrollado sistemas de procesamiento digital de imágenes para calcular áreas de interés en imágenes satelitales, utilizando técnicas de visión artificial y procesos de segmentación (León et al., 2019). La calidad de las imágenes satelitales es primordial para extraer información valiosa, y los artefactos pueden influir potencialmente en la interpretación los sistemas de teledetección tienen como objetivo detectar, medir, identificar e interpretar varios objetivos en las imágenes, lo que se puede realizar de forma manual o automática utilizando herramientas avanzadas (González & Vargas, 2019).

### **8.18. Imagen Landsat 8**

Los investigadores han utilizado varios sensores satelitales, como Landsat y Sentinel-2, y han empleado técnicas de clasificación supervisada basadas en metodologías como Corine Land Cover los resultados de estos estudios brindan información valiosa sobre la dinámica del paisaje, incluidos los cambios en las propiedades costeras, la migración de dunas, la urbanización y la conectividad forestal, que pueden informar los esfuerzos de gestión y conservación de la tierra (Valencia et al., 2018).

### **8.19. Clasificación de imágenes satelitales**

La clasificación de imágenes satelitales es una herramienta crucial para estudiar la cobertura terrestre y los procesos ecológicos los métodos tradicionales basados en píxeles consideran solo la reflectancia de píxeles individuales, mientras que los enfoques basados en regiones incorporan vecindarios de píxeles a través de la segmentación (Conde et al., 2009). Los avances recientes en aprendizaje automático, han demostrado ser prometedores para la clasificación automática de la cobertura terrestre (Londoño et al., 2017). Estos métodos automatizados ofrecen alternativas más rápidas, precisas y rentables a la interpretación visual

manual de imágenes satelitales la elección del método de clasificación puede tener un impacto significativo en los índices del paisaje y en el análisis resultante de los patrones y procesos ecológicos.

### **8.20. Clasificación supervisada**

Los métodos de clasificación supervisada se han aplicado a varios dominios en las ciencias ambientales y biológicas en el mapeo de la cobertura terrestre, la clasificación supervisada de imágenes satelitales ha demostrado ser eficaz, con la clasificación de máxima verosimilitud (Barbosa et al., 2018). Para estimar los cambios espaciotemporales en los ecosistemas se han evaluado algoritmos de aprendizaje automático que han demostrado la mayor precisión estos estudios resaltan la versatilidad y eficacia de las técnicas de clasificación supervisada en diferentes disciplinas científicas, enfatizando su importancia en el análisis de datos y los procesos de toma de decisiones (Poveda et al., 2022).

### **8.21. QGIS**

QGIS (Quantum GIS) es un potente software de sistema de información geográfica (SIG) de código abierto que ofrece una alternativa gratuita que proporciona una amplia gama de funcionalidades para la cartografía, el análisis espacial y la visualización de datos, lo que lo hace adecuado para diversos campos, incluidos los recursos naturales, la agricultura y la planificación urbana, permite a los usuarios crear mapas de cobertura terrestre, generar mapas de calor y realizar otros procesos SIG (Flenniken et al., 2020). El software ha evolucionado significativamente desde su inicio, ofreciendo funciones avanzadas que van más allá de las operaciones SIG básicas es particularmente útil para procesar y analizar imágenes satelitales, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para aplicaciones de teledetección terrestre (Ramdani, 2023).

#### **8.21.1. Clasificación semiautomática**

La clasificación semiautomática es una técnica de teledetección utilizada para clasificar la cubierta terrestre o los tipos de vegetación en imágenes de satélite combinando algoritmos automatizados con la experiencia humana (Flenniken et al., 2020). Este enfoque agiliza el proceso de identificación y categorización de las diferentes características de la cobertura vegetal, bosques, campos agrícolas o agua, al tiempo que permite la intervención manual para refinar y validar los resultados.

### 8.21.2. Plugin Semi-Automatic Classification “SCP”

El complemento de clasificación semiautomática (SCP) de QGIS es una potente herramienta diseñada para facilitar la clasificación de imágenes de teledetección y el tratamiento de datos de satélite donde permite a los usuarios realizar clasificaciones supervisadas, generar mapas de cobertura del suelo y analizar cambios multitemporales en la vegetación y el uso del suelo (Barbosa et al., 2018). SCP agiliza los flujos de trabajo ofreciendo funciones como el fácil acceso a imágenes de satélite gratuitas de Sentinel y Landsat la combinación de bandas, la corrección atmosférica.

### 8.22. Índice de kappa

La matriz de confusión se utiliza para crear tres tipos de precisión. La resolución global de (Po) muestra la proporción de todos los píxeles de referencia. Precisión esperada (Pe), que expresa la probabilidad de que una determinada clase sea identificada correctamente. El índice Kappa evalúa el grado de concordancia entre dos mediciones, el cual es responsable de qué tan cerca se corresponde la realidad del área con la clasificación automática realizada en el software, comprobando la clasificación realizada al final del análisis (Abraira, 2015).

### 8.23. Matriz de confusión

La matriz de confusión es una herramienta estadística y de aprendizaje automático que se utiliza para evaluar el rendimiento de un modelo de clasificación. Esta matriz muestra la comparación entre las predicciones del modelo y las clases de datos reales (Amin, 2022).

### 8.24. Matriz de transición

Una matriz de transición es muy eficaz para identificar transiciones importantes en el cambio de vegetación, "porque la estructura viene dada por un doble etiquetado, donde las filas muestran los valores de cobertura como la fecha de inicio y las columnas muestran las últimas fechas". Por tanto, la matriz ayuda a identificar las pérdidas y ganancias de las categorías (OsunaOsuna et al., 2015).

**Figura 1.** *Modelo de la matriz de transición.*

		Fecha 2				Suma total fecha 1 ( $P_{i+}$ )
		Cat 1 ( $j$ )	Cat 2	Cat 3	Cat $j$	
Fecha 1	Cat 1 ( $i$ )	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{1j}$	$P_{1+}$
	Cat 2	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{23}$	$P_{2j}$	$P_{2+}$
	Cat 3	$P_{31}$	$P_{32}$	$P_{33}$	$P_{3j}$	$P_{3+}$
	Cat $i$	$P_{i1}$	$P_{i2}$	$P_{i3}$	$P_{ij}$	$P_{i+}$
	Suma total fecha 2 ( $P_{+j}$ )	$P_{+1}$	$P_{+2}$	$P_{+3}$	$P_{+j}$	1
Ganancia ( $G_j$ )		$P_{+1}-P_{11}$	$P_{+2}-P_{22}$	$P_{+3}-P_{33}$		

**Fuente:** (Toledo Concha & León Reyes, 2021)

## 8.22.VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿El análisis multitemporal de la cobertura vegetal del páramo de la comuna Ashigua de la parroquia Mulaló, permitirá determinar los cambios existentes entre los años 2010 y 2024?

Mediante el análisis multitemporal, es posible evaluar las transformaciones en la cobertura vegetal del páramo de la comuna Ashigua en los años mencionados. A través de imágenes satelitales y técnicas de teledetección, se identifican las áreas afectadas por cambios en la vegetación, lo que permite entender los patrones y dinámicas del ecosistema durante este periodo.

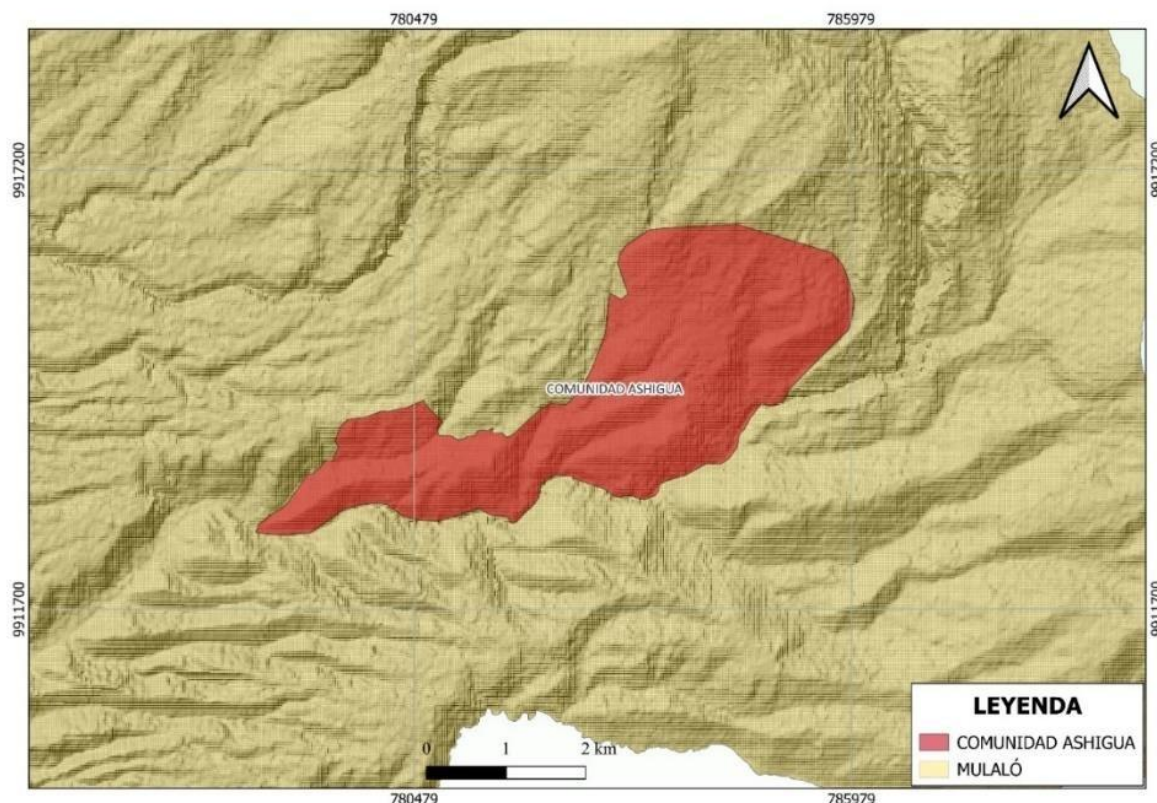
## 8.23.METODOLOGÍAS

### 10.1. Clasificación de los tipos de cobertura vegetal presentes en el páramo de Ashigua

El páramo del área de estudio se encuentra ubicado en la comuna Ashigua una de las comunidades pertenecientes a la parroquia de Mulaló del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi, se encuentra a una altitud de 3000 m.s.n.m. Con un área total de 3600,41 ha, la economía en la parroquia mayormente se estructura y desarrolla a partir de la agricultura, el comercio, así como en la actividad industrial agroexportadora de la Floricultura bajo invernadero, los páramos forman parte de una notable biodiversidad que se presentan como páramo herbáceo, páramo seco, páramo

arbustivo y páramo de almohadillas que beneficia a la población con un total de 228 habitantes de la comunidad (PDOT MULALÓ, 2020).

**Figura 2.** Mapa de Ubicación de la Comunidad Ashigua en el Cantón Latacunga.



**Nota.** El área de estudio se encuentra dentro del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en la parroquia de Mulaló.

Límites de la parroquia de Mulaló: al norte con la parroquia de Machachi, al sur con las parroquias Joséguango Bajo y Aláquez, al este con las parroquias de Archidona y Pano, al oeste con las parroquias de Pastocalle y Tanicuchi. Los resultados de este estudio proporcionan un análisis exhaustivo de los cambios en la cubierta vegetal dentro de la comunidad Ashigua durante los años 2014-2024, utilizando imágenes de satélite y datos de campo los resultados revelan cambios significativos en la cobertura del suelo incluyendo la expansión de las zonas agrícolas y la degradación de los páramos. Estos resultados subrayan la necesidad crítica de prácticas de gestión sostenibles y constituyen un valioso recurso para comprender los retos medioambientales a los que se enfrenta la comunidad de Ashigua.

## **10.2. Tipo de investigación**

La investigación realizada en este estudio adopta un enfoque cualitativo la información se obtiene a través de imágenes de satélite y Shps que abarcan desde 2014 hasta 2024. Se trata de una investigación mixta, ya que implica la manipulación o el control de variables con datos recopilados. También se centra en la observación e interpretación de fenómenos dentro de su entorno natural los datos recogidos se analizarán posteriormente para extraer conclusiones sobre los cambios en la cobertura vegetal dentro de la comunidad de Ashigua.

### **10.2.1. 3 Métodos**

Enfoques estructurados abarcan técnicas y flujos de trabajo estructurados que garantizan la recopilación, el procesamiento, el análisis y la interpretación precisos de los datos espaciales la validación garantiza la fiabilidad de los resultados los SIG son esenciales para obtener información precisa y práctica para la toma de decisiones (Pérez et al., 2023).

### **10.2.2. Método Bibliográfico**

El método bibliográfico es un enfoque crucial en la investigación científica para revisar y analizar la literatura implica procedimientos sistemáticos para recopilar, seleccionar y evaluar críticamente publicaciones relevantes sobre el tema de interés este método permite a los investigadores identificar autores, publicaciones clave en el campo de estudio (Canuto & Souto de Oliveira, 2020).

Para el desarrollo del proyecto de investigación se recopiló información de varias fuentes de la Red de Revistas Científicas de acorde al tema planteado, libros online, PDOT de la parroquia Mulaló, información cartográfica, documentos de investigación de anteriores años de la misma área de interés de estudio, ayudando a contrastar la información de los cambios de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad de Ashigua.

### **10.2.3. Método descriptivo**

El método descriptivo es un enfoque de investigación crucial el objetivo es describir sistemáticamente las características proporcionando información comparable a otras fuentes incluida la capacidad de retratar con precisión la realidad (Alban et al., 2020).

Al obtener los mapas se empleó el método descriptivo de los diferentes años mediante una interpretación, al conocer las clases de cobertura vegetal mediante la observación directa se

expondrá los cambios ocurridos en el área de estudio y la verificación mediante la salida de campo para determinar el deterioro del páramo.

#### **10.2.4. Datos**

El núcleo del SIG, que comprende datos espaciales datos georreferenciados como mapas, imágenes de satélite y modelos de elevación DEM y datos de atributos información descriptiva sobre características espaciales, como la densidad de población o los tipos de uso del suelo (Pérez et al., 2023).

#### **10.3. Metodología Corine Land Cover**

Corine Land Cover (CLC) es una metodología normalizada desarrollada en el marco del programa de Coordinación de la Información sobre el Medio Ambiente (CORINE) de la Unión Europea. Está diseñada para cartografiar y clasificar la cubierta terrestre y los cambios en el uso del suelo en Europa que se adapta a América Latina utilizando un enfoque coherente de cada país la metodología proporciona información valiosa para la gestión medioambiental, la planificación urbana y el desarrollo de políticas de uso del suelo (Martínez et al., 2019).

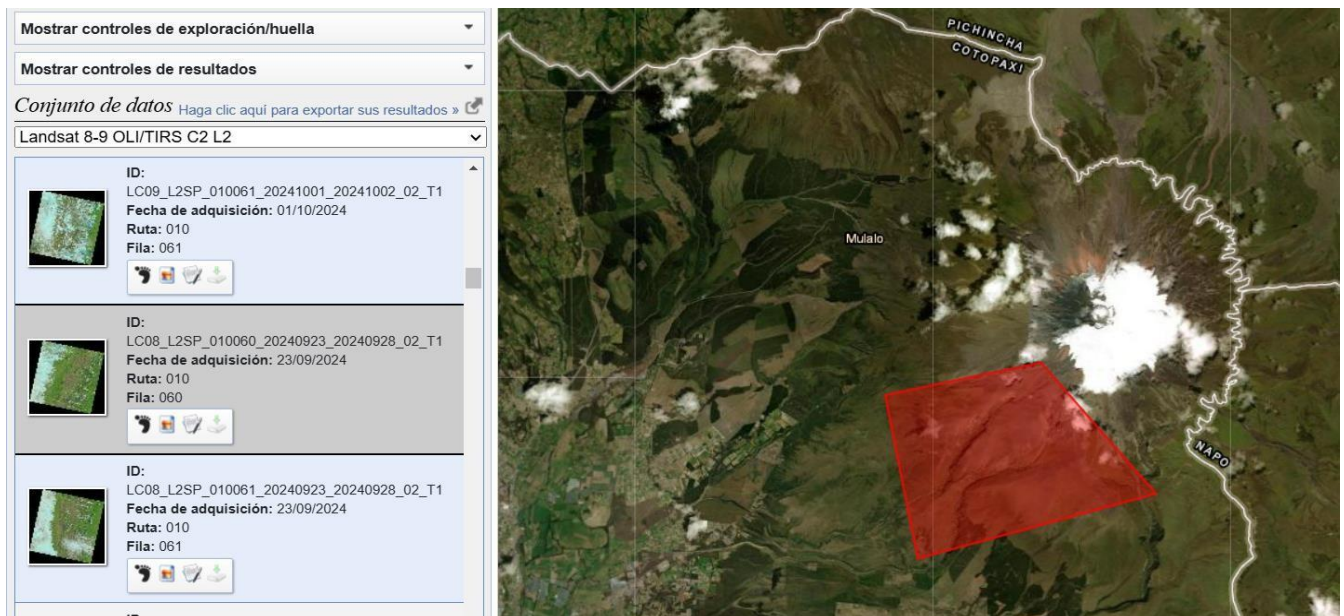
La metodología consistió en el preprocesamiento y procesamiento de las imágenes satelitales, incluyendo el recorte del área de estudio, la combinación de bandas y el uso de herramientas del software QGIS estos pasos facilitaron la clasificación supervisada, permitiendo la creación de mapas temáticos este enfoque sistemático proporcionó un marco sólido para analizar e interpretar los cambios en la cubierta vegetal del páramo de Ashigua (IDEAM, 2021).

#### **10.4. Adquisición de Imágenes Landsat**

Las imágenes Landsat se obtienen mediante el registro a la página oficial Earthexplore que capturan información en diferentes satélites estas imágenes están disponibles de forma gratuita para los usuarios, ofrecen resoluciones espaciales adecuadas para realizar análisis a nivel regional y global. Asimismo, la integración de estas imágenes con herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) y algoritmos de procesamiento ha facilitado la generación de mapas detallados y la extracción de información clave para la toma de decisiones.

la adquisición de imágenes Landsat 8 no solo ha transformado la manera en que entendemos los cambios de la cobertura vegetal, la serie histórica de imágenes Landsat es esencial para realizar estudios de largo plazo al proporcionar datos consistentes de imágenes satelitales de todos los meses e incluyen datos de hace décadas.

**Figura 3.** Procedimiento de descarga de imágenes satelitales Landsat.



**Nota:** A partir de la selección del área se cada imagen se adquiere del portal USGS metadato de las imágenes obtenidas del área de estudio.

**Tabla 3.** Datos de las imágenes satelitales.

METADATA FILE NAME	Fecha de captura	Hora	Ángulo de elevación del sol
LE07_L2SP_010061_20100723_20200911_02_T1	23/07/2014	13:46:31	53.04753656
LC08_L2SP_010060_20240923_20240928_02_T1	23/09/2024	13:56:49	65.02897107

Cada imagen obtenida presenta una resolución espacial de 30m, para la descarga de las imágenes se tuvo en cuenta el porcentaje de nubosidad ya que debe ser baja, las imágenes descargadas son del período climático seco, las imágenes están a disposición en la base de datos del portal Web de la U.S Geological survey (USGS). Las imágenes descargadas cubren el área de interés la pre visualización de las imágenes y sus principales características o información de datos se exponen en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Principales características de las imágenes adquiridas del USGS.

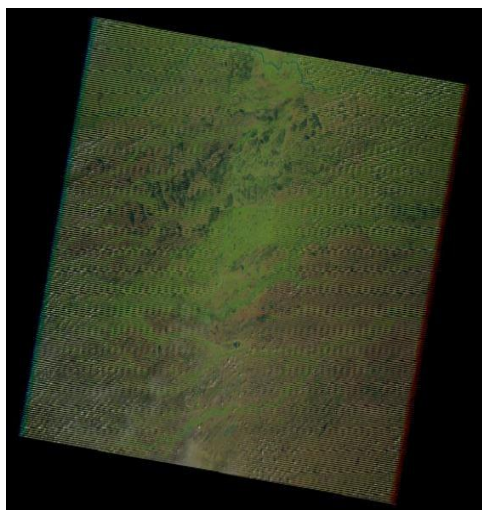
---

**PRE VISUALIZACIÓN**
**DATOS DE LA IMAGEN**


---

**Imagen Satelital 2010**


---



**Origen de la Imagen:** Earth Explorer del USGS

**Código USGS:**  
LC08\_L2SP\_010060\_20240923\_2024092  
8\_02\_T1

**Fecha de captura:**  
2010/07/23

**Satélite:** Landsat 8

**Orientación:** hemisferio sur

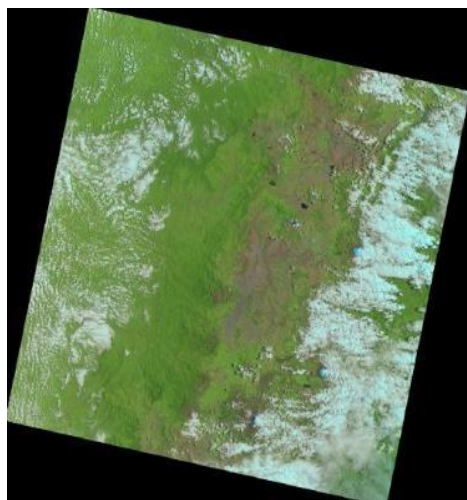
**DATUM:** WGS84

**Zona UTM:** 17

---

**Imagen Satelital 2024**


---



**Origen de la Imagen:** Earth Explorer del USGS

**Código USGS:**  
LE07\_L2SP\_010061\_20100723\_2020091  
1\_02\_T1

**Fecha de captura:**  
2024/09/23

**Satélite:** Landsat 8

**Orientación:** Hemisferio Sur

**DATUM:** WGS84

**Zona UTM:** 17

---

**Nota:** *Imágenes satelitales descargadas con baja nubosidad, con una resolución de 30 metros*

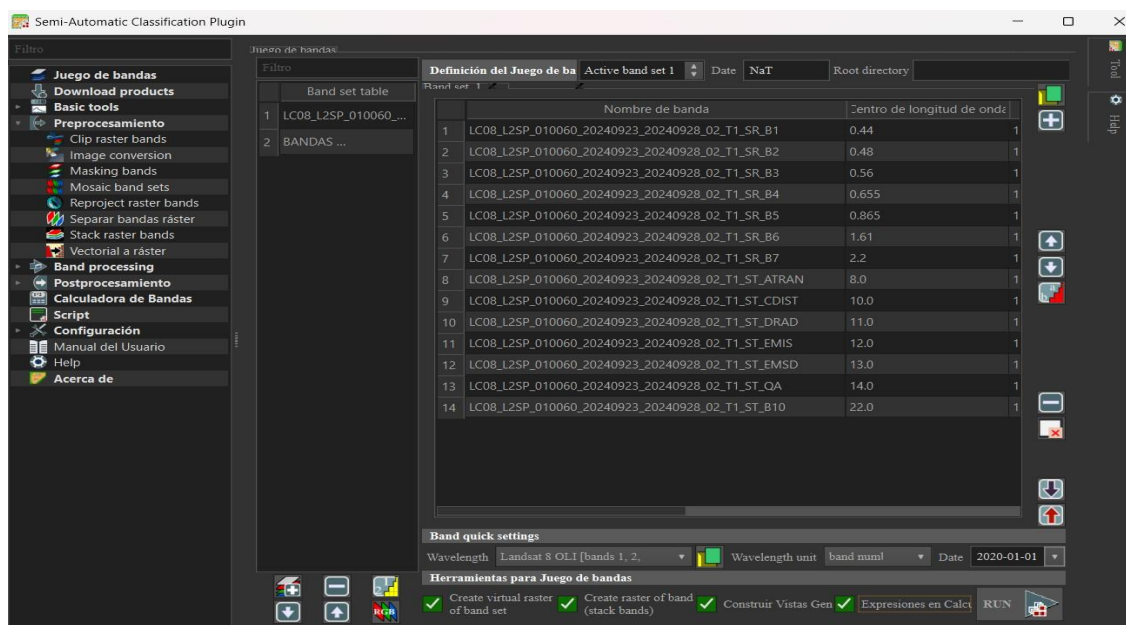
## 10.5. Preprocesamiento de imágenes satelitales

### 10.5.1. Corrección radiométrica

La corrección radiométrica es crucial para el análisis preciso de imágenes en teledetección aborda efectos atmosféricos como la dispersión y la absorción, estas correcciones son esenciales para varias técnicas de análisis de imágenes la implementación adecuada de las correcciones

radiométricas es crucial, ya que la aplicación inadecuada puede conducir a resultados incorrectos la corrección radiométrica mejora la calidad de la imagen y facilita una interpretación más precisa de los datos de teledetección.(Flórez-Yepes et al., 2017) La corrección radiométrica ajusta los errores del sensor, las inconsistencias de iluminación para garantizar que los valores de los píxeles representen con precisión la corrección atmosférica elimina las distorsiones causadas por factores atmosféricos permitiendo que las imágenes reflejen las condiciones reales de la superficie de Ashigua

**Figura 4.** Clasificación semiautomática (SCP) para correcciones.



### 10.5.2. Corrección atmosférica

La corrección atmosférica es un proceso crucial en los estudios de teledetección, cuyo objetivo es minimizar los efectos de los componentes atmosféricos es particularmente importante para los enfoques multitemporales y multisensoriales, así como para estimar parámetros de superficie basados en características espectrales el proceso implica comprender los componentes atmosféricos gases y partículas y sus propiedades ópticas dispersión y absorción la corrección atmosférica adecuada es esencial para un análisis espectral preciso y una estimación de la reflectancia de la superficie en aplicaciones de teledetección(Pellat, 2018).

### 10.6. Coberturas Establecidas

Para la identificación de las clases de cobertura vegetal se basó en la leyenda de niveles del MAG, como se observa en la tabla 3, establecidos por el metadato de Cobertura y uso de la tierra

y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental 2009-2015 definido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, para la detección de coberturas en los páramos de la comunidad Ashigua.

**Tabla 5.** Cobertura y uso del suelo establecido por el MAG del Ecuador.

Nivel 1	Nivel 2
Tierra agropecuaria	Cultivo
	Otras tierras agrícolas
	Pastizal
	Mosaico agropecuario
Tierra arbustiva y herbácea	Páramo
	Vegetación arbustiva
	Vegetación herbácea
Tierra forestal	Plantación forestal
	Bosque nativo
Tierra sin cobertura vegetal	Erial o tierras erosionadas

**Nota:** La leyenda nivel 1 y nivel 2 clasificaciones del año 2009-2015. **Fuente:** (MAG, 2020)

## 10.7. Procesamiento de la información

### 10.7.1. Creación de Polígonos

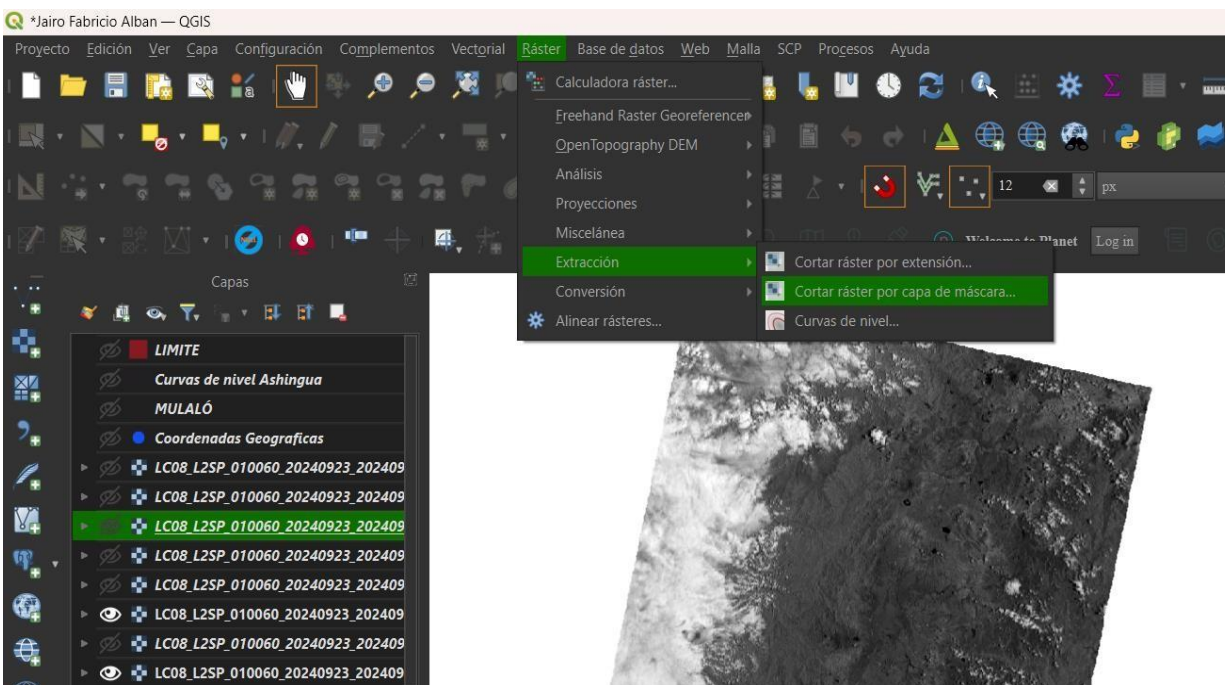
Es necesario crear polígonos referentes al área de estudio de la comunidad Ashigua debido a que el análisis se basa en una clasificación supervisada, en la inspección in situ al campo se tomó coordenadas se utilizó las imágenes Landsat 8 para la combinación de bandas para color natural y además se utilizó cartografía nacional del mapa interactivo del MAATE y el Geoportal del Instituto Geográfico Militar para la revisión de la zona.

### 10.7.2. Recortes de bandas

La recolección de puntos y la altitud durante la salida de campo en la comunidad de Ashigua proporcionó datos esenciales para validar y perfeccionar el análisis de los cambios de la cobertura vegetal mediante dispositivos GPS se registraron con precisión las 15 coordenadas geoespaciales, lo que permitió delimitar la zona de estudio estos puntos sirvieron como marcadores de referencia para comparar las clasificaciones de las imágenes de satélite, para limitar el conjunto de datos al área específica de interés, en este caso, el páramo de Ashigua. Al reducir la extensión

espacial de los datos, este proceso evita el procesamiento innecesario de información irrelevante, optimizando los recursos informáticos y mejorando la eficiencia

**Figura 5.** *Preprocesamiento de banda en teledetección.*



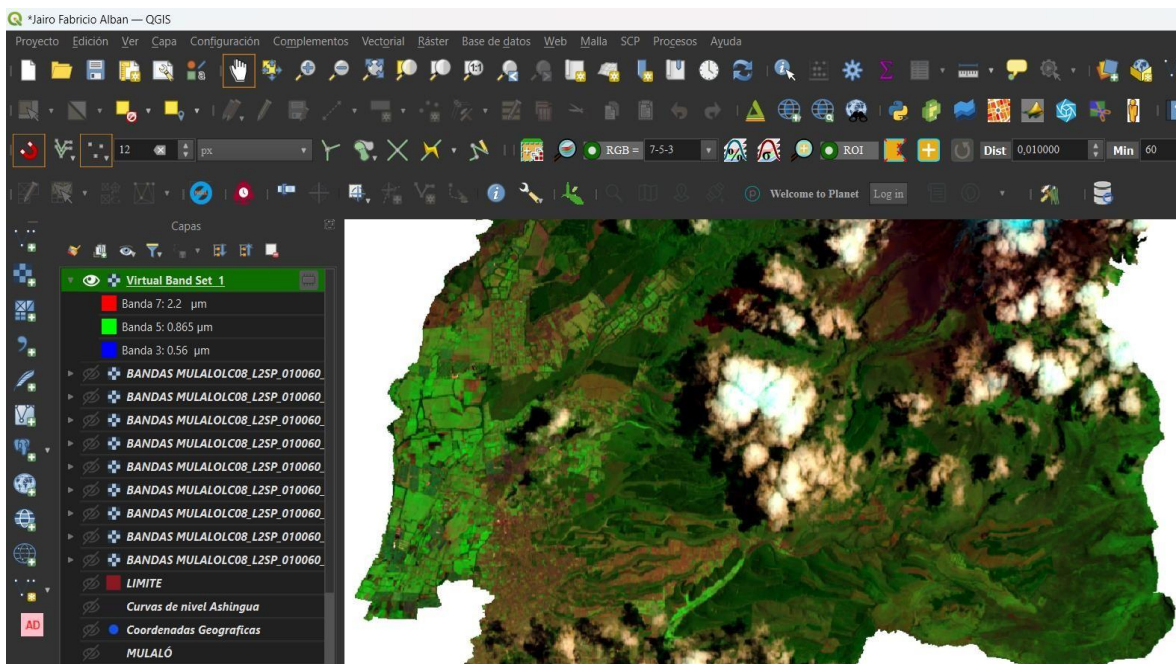
### 10.7.3. Combinación de bandas

La combinación de estas bandas permite resaltar o analizar características específicas de la superficie terrestre, como la vegetación, las masas de agua o los tipos de suelo, la combinación de las bandas roja, verde e infrarroja cercana se utiliza habitualmente para crear imágenes en falso color que mejoran la detección de la vegetación, esta técnica es esencial para mejorar la interpretación de las imágenes y facilitar el análisis detallado en aplicaciones como la clasificación de la cubierta terrestre y la vigilancia del medio ambiente esto ayudara a un mejor análisis en nuestra área de estudio de la comunidad Ashigua(Correa et al., 2020).

### 10.7.4. Creación de conjuntos de bandas

La combinación de bandas 7-5-3 en falso color mejora la visualización de las características de la cubierta terrestre asignando infrarrojo de onda corta (banda 7), infrarrojo cercano (banda 5) y rojo (banda 3) a los canales RGB.

**Figura 6.** *Combinación de bandas 7-5-3.*



### 10.7.5. Corrección geométrica

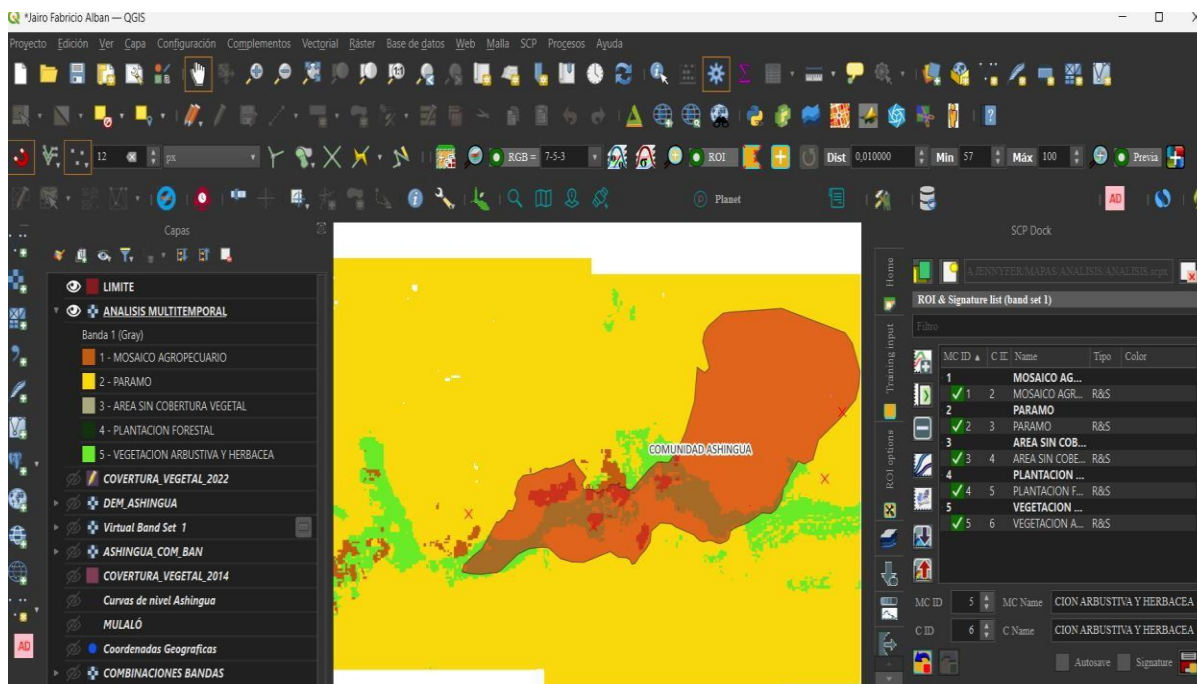
La corrección geométrica es un proceso crucial en teledetección que impacta significativamente las etapas de análisis posteriores usando datos de elevación que arrojan resultados superiores en comparación con los métodos polinomiales basados en coordenadas planimétricas los enfoques fotogramétricos rigurosos que tienen en cuenta todas las distorsiones geométricas los errores se propagan significativamente a la imagen corregido pueden aplicar diferentes modelos de transformación (Picot et al., 2018). Las imágenes descargadas necesitan una corrección geométrica asignando un sistema de coordenadas para cada imagen satelital el proceso de georreferenciación asignamos el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zona 17 Sur.

### 10.8. Clasificación supervisada

Los métodos de clasificación supervisada se han aplicado a varios dominios en las ciencias ambientales y biológicas en el mapeo de la cobertura terrestre, la clasificación supervisada de imágenes satelitales ha demostrado ser eficaz, para estimar los cambios espaciotemporales en los ecosistemas de Ashigua, se ha evaluado algoritmos de la cobertura vegetal estos estudios resaltan las técnicas de clasificación supervisada enfatizando su importancia en el análisis de datos y los procesos de toma de decisiones (Perez Julieth, 2020). Para el análisis el archivo raster creado se transforma a polígono, para calcular las áreas de cada polígono y con la herramienta del geo procesamiento llamada Dissolve agrupara los polígonos según el código, obteniendo polígonos

con sus respectivas áreas en hectáreas y con el nombre de la clase o (García Culqui & Hachi Pazmiño, 2022)

**Figura 7.** *Clasificación supervisada.*



### 10.9. Matriz de confusión

La matriz de confusión se utilizó para evaluar el rendimiento predictivo del modelo de clasificación. Este recurso organiza los resultados de las clasificaciones, permitiendo visualizar las tasas de verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos (Amin, 2022). Para llevar a cabo este análisis, se estableció una metodología que incluyó la selección al azar de 44 muestras por categoría, lo que resultó en un total de 220 muestras. Estas se dispusieron en una matriz organizada en filas y columnas, estructuradas en una capa de puntos shape. A continuación, se presenta el modelo de tabla basado en esta metodología.

**Tabla 6.** *Matriz de Confusión.*

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase n	Total
Clase 1	$x_{11}$				
Clase 2		$x_{22}$			
Clase 3			$x_{33}$		

Clase n	$x_{nn}$
Total	

**Nota:** Formato de la Matriz de Confusión Fuente: (Abraira, 2015).

### 10.10. Índice de kappa

Se utilizó el método Kappa para evaluar la concordancia en base a la matriz de confusión de los puntajes asignados de una clase o tipo de cobertura, utilizando la siguiente ecuación: Ecuación índice kappa

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \text{ Donde:}$$

Po= Concordancia observada

Pe= Concordancia esperada por azar

1-Pe= máxima concordancia no correspondida a lo casual

Valores de concordancia índice de kappa

**Tabla 7.** *Valores de Concordancia.*

Valor de Kappa	Calidad
< 0.00	Pobre
0.0 - 0.20	Leve
0.20 -0.40	Aceptable
0.40 -0.60	Moderado
0.60 -0.80	Muy Buena
0.80 -1.00	Excelente

**Nota:** Validación de la clasificación supervisada Fuente: (Abraira, 2015)

### 10.11. Matriz de transición

Para presentar los cambios en la cobertura vegetal, y perdida del recurso hídrico, se realizó matrices de transición obteniendo resultados de ganancias y pérdidas la cual se detalló los más significantes cambios, para ello se hace uso de la herramienta Intersect del software ArcGIS La herramienta intersect, agregando la columna de cambio, área en hectáreas, porcentaje y cambio. En la primera columna agregada se indicó si el tipo de cobertura durante el período de transición

cambió o permaneció igual durante ese período, como se confirmó al asignar códigos para el segundo año (Osuna-Osuna et al., 2015).

**Tabla 8.** Estructura de la matriz de transición.

Matriz de transición del periodo 2018-2022		2022			Suma Total 1 (Pi+)	Pérdidas (Li)
		1	2	3		
	1	P11	P12	P13	P1+	P1+-P11
	2	P21	P22	P23	P2+	P2+-P22
	3	P31	P32	P33	P3+	P3+-P33
2018	Suma Total 2 (P+j)	P+1	P+2	P+3		
	Ganancias (Pj)	P+1-	P+2	P+3-		

**Nota:** Matriz de transición o cruzado para la estimación de ganancia y pérdida Fuente: (Toledo Concha & León Reyes, 2021).

A la matriz de transición se le aumenta una columna al final que representa la suma de las superficies de todas las categorías en el segundo año y con una fila hasta abajo de igual manera la suma total para las categorías del primer año. Al final se agregaron columnas y filas que representan la ganancia y la pérdida obteniendo como resultados el total de pérdidas y ganancias para cada categoría (Toledo Concha & León Reyes, 2021).

### 10.12. Método cartográfico

Se aplicó el método cartográfico para elaborar mapas de la cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua, utilizando el software Qgis para gestionar los datos ráster y poligonales dentro del área de estudio, el proceso de creación de mapas se adhirió a la guía Normas de Información Geográfica, que describe los pasos necesarios y la información marginal requerida para los mapas temáticos estos mapas cumplen las normas mínimas para una presentación eficaz y se utilizaron para socializar los resultados con los residentes de Ashigua (Campos Carolina, 2018).

## **10.13. Cuerpo del mapa**

### **10.10.1 Localización**

El cuerpo del mapa presenta las clasificaciones supervisadas de 2014, 2018, 2016 y 2022 estas clasificaciones se situaron en la esquina superior izquierda del formato del documento.

### **10.10.2. Coordenadas**

Las propiedades del cuerpo del mapa se configuraron para incluir un sistema de coordenadas planas o geográficas esto se consiguió ajustando las propiedades “Grillas” y encerrando el mapa temático dentro de un marco definido.

### **10.10.3.Norte geográfico**

Se ha añadido una flecha del norte al cuerpo del mapa mediante la función “insertar” situándola en la parte derecha de la pantalla de creación del mapa.

## **10.11. Información marginal**

### **10.11.1.Nombre**

Se insertó un cuadro de texto para incluir el título del mapa, identificando el proyecto, área de estudio o sector de este modo se garantiza que cada mapa temático tenga una etiqueta clara y específica.

### **10.11.2.Mapa de ubicación**

Se creó un segundo marco cartográfico para mostrar la ubicación de la zona de estudio en un formato más reducido se colocó junto a la sección de símbolos y señales convencionales.

### **10.11.3.Escala de impresión**

Se añadió una barra de escala en kilómetros utilizando la función “insertar” la escala se presenta en formato gráfico y numérico, ajustándose al Sistema Métrico Internacional

### **10.11.4.Leyenda**

Se insertó una leyenda que representaba el contenido temático del mapa, mostrando gráficos de clasificación de la cubierta vegetal la leyenda se colocó a la derecha del cuerpo del mapa temático.

### **10.11.5.Análisis de cambios**

Se analizaron los cambios ocurridos para dos periodos, 2014-2018 y 2014-2022 que fueron calculadas las tasas de cambio con los cálculos en Excel usando el método *changes in the use of land* (CUS) con la fórmula siguiente propuesta por la FAO:

$$TC = \left[ \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

**Donde:**

TC es la tasa de cambio (%),

$S_1$  es la superficie en el año inicial (ha)  $S_2$

la superficie en el año final (ha)  $n$  el

número de años del periodo de análisis.

Este proceso consiste en comparar datos de cobertura vegetal de los diferentes años para detectar cambios en características que permite comprender mejor la dinámica medioambiental, como la deforestación, la expansión agrícola o la degradación de los ecosistemas, y ayuda a evaluar el impacto de las actividades humanas o los fenómenos naturales. Al comprender estos cambios se puede desarrollar estrategias para la gestión sostenible del suelo, la conservación y la adaptación a los retos medioambientales.

## **10.12. Técnicas**

### **10.12.1. Observación Directa**

La observación directa permitió conocer el área de estudio y mirar las diferentes coberturas vegetales que tiene la comunidad, con la ayuda de un GPS se tomó coordenadas de las diferentes áreas de la zona cuando se hizo la visita. La observación indirecta permitió analizar la clasificación supervisada del cambio de las variables de la cobertura vegetal de los años que se estableció para el estudio para llegar a obtener un mayor conocimiento e interpretar de mejor manera las gráficas o mapas temáticos.

### **10.12.2. Observación Indirecta**

La observación indirecta implica el uso de técnicas de teledetección e imágenes de satélite para analizar los cambios en la cubierta vegetal y el uso del suelo a lo largo del tiempo sin

interacción directa con la zona de estudio con este enfoque permite la adquisición de datos geoespaciales de plataformas como Landsat, lo que permite realizar evaluaciones detalladas de la dinámica del ecosistema del páramo aplicando la clasificación supervisada y el análisis espacial dentro del software Qgis, es posible identificar patrones de deforestación, expansión agrícola y regeneración natural.

### **10.12.3.Técnica de análisis de datos**

Se realizó un análisis de datos determinando el estado o cambio de las variables de la cobertura vegetal, desde el año 2014 hasta el 2022, mediante la recolección de datos insumo de imágenes satelitales tipo Landsat, Shps de coberturas del MAATE para llegar interpretar las gráficas mapas con base de Planet Explore.

### **10.13. Salida de campo**

El trabajo de campo en la comunidad de Ashigua es un componente fundamental de la investigación medioambiental ya que permite recopilar y validar directamente datos espaciales fundamentales para analizar la cobertura vegetal y los cambios en el uso del suelo. Mediante esta técnica, se puede realizar observaciones sobre el terreno para delimitar la zona de estudio, recopilar coordenadas geográficas utilizando dispositivos GPS y verificar clasificaciones derivadas de imágenes por satélite. Las actividades de campo pueden incluir la documentación fotográfica para complementar los datos de teledetección, las interacciones con los residentes locales proporcionan información valiosa sobre las prácticas de gestión de la tierra este proceso de verificación sobre el terreno aumenta la precisión de los mapas temáticos y garantiza la fiabilidad de los análisis realizados con programas informáticos de SIG, también contribuye al desarrollo de estrategias de gestión sostenible adaptadas al contexto ecológico y cultural único de la comunidad Ashigua.

### **10.14. Instrumentos**

Aumenta la fiabilidad de los modelos basados en Qgis y de los mapas temáticos sirve de base para la gestión sostenible y las prácticas de conservación adaptadas a las condiciones medioambientales únicas del páramo de Ashigua.

#### **10.14.1.Materiales**

- Cámara fotográfica
- GPS
- Libreta de campo
- Una laptop

- Flash Memory

#### **10.14.2. Software**

- Earth Explorer del USGS
- QGIS
- Planet Explore
- Microsoft Exce

#### **10.14.3. Insumos**

- Imágenes satelitales Landsat 8 del año 2014-2024
- Internet
- Mapa Interactivo MAATE

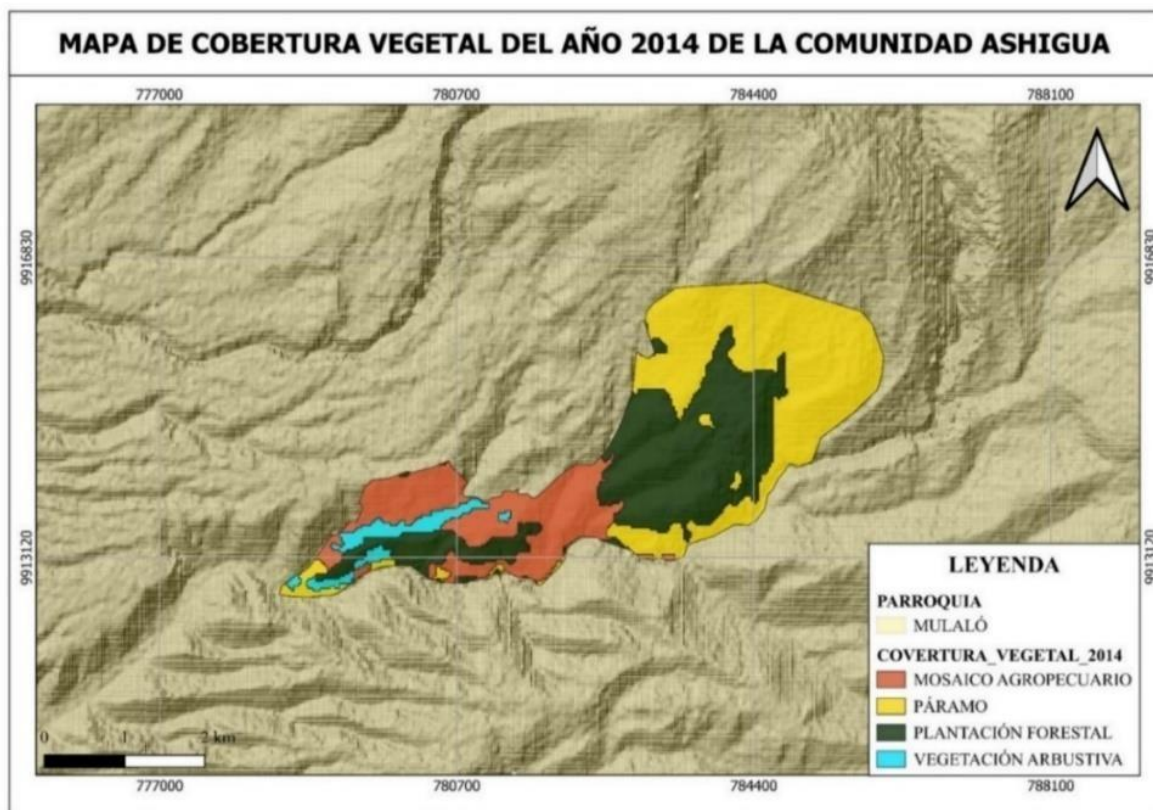
### **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **11.1. Comparación de las variaciones en la cobertura vegetal del páramo de Ashigua durante el periodo 2014-2024.**

A partir de la clasificación supervisada se identificaron las siguientes clases de cobertura terrestre: mosaico agropecuario, páramo, plantación forestal y vegetación arbustiva. Sin embargo, estas categorías pueden presentar variaciones dependiendo del año analizado, ya que algunas áreas podrían haber sido modificadas por actividades humanas, como la expansión de la agricultura o la ganadería, o bien afectadas por procesos naturales. Estas fluctuaciones reflejan los cambios en la dinámica del ecosistema a lo largo del tiempo, permitiendo una evaluación detallada de la evolución de la cobertura vegetal en el páramo de Ashigua.

#### **11.2. Mapa de cobertura vegetal 2014.**

**Figura 8.** *Análisis de la cobertura vegetal 2014.*



**Nota:** El mapa de la cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua en 2014 muestra distintos tipos de cobertura vegetal identificados.

El mapa de la parroquia Mulaló ofrece una visión detallada de la distribución de la cobertura vegetal en la región. Esto resulta invaluable para identificar áreas dominadas por la agricultura, páramos, plantaciones forestales y vegetación arbustiva. Este tipo de mapa es útil para la planificación territorial, la gestión de recursos naturales y la implementación de proyectos de conservación en la comunidad Ashigua. Comparar el mapa de 2014 con datos más recientes podría revelar cambios significativos en la cobertura vegetal, permitiendo evaluar el impacto de las actividades humanas y los proyectos de conservación en la región. Dicho análisis proporcionaría información crucial para la gestión sostenible del territorio y la preservación de los recursos naturales en la comunidad Ashigua.

**Tabla 9.** *Áreas de las coberturas 2014.*

Año	2014
Cobertura Vegetal	Área ha
MOSAICO AGROPECUARIO	245,41
PÁRAMO	476,68

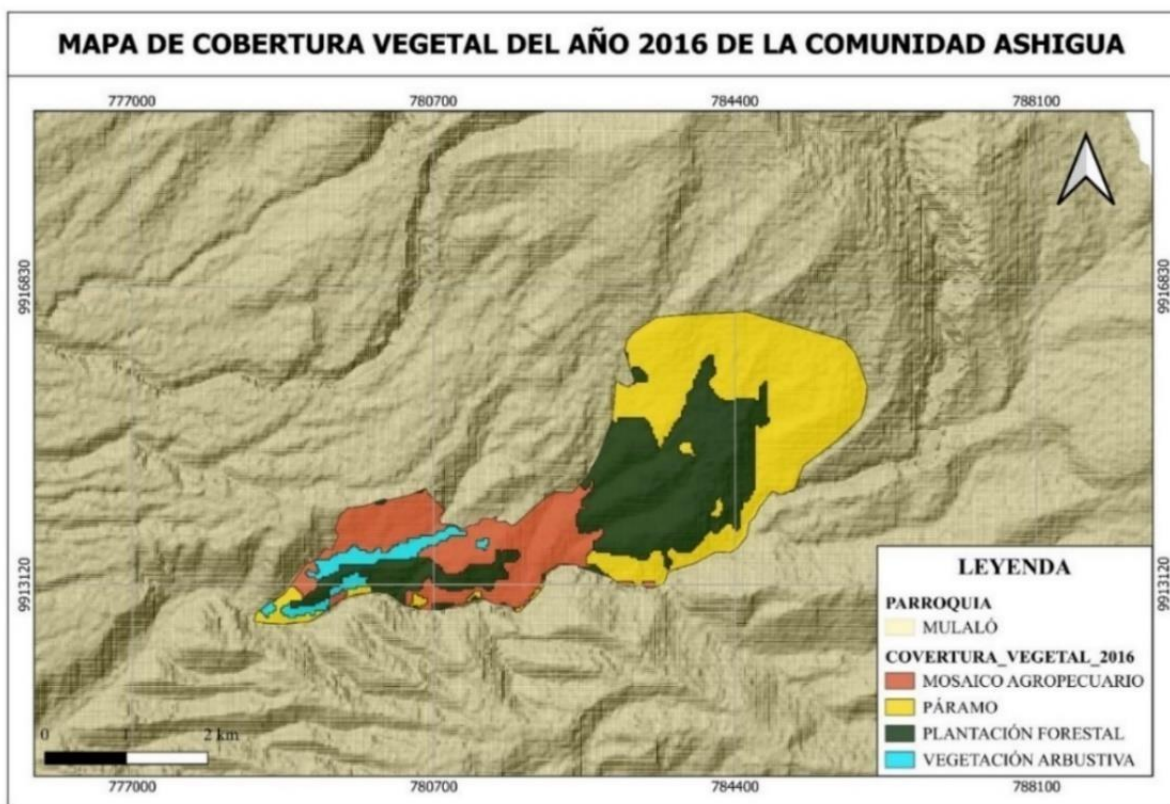
PLANTACIÓN FORESTAL	416,29
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	48,42

**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

La mayor parte de su territorio está dominada por el páramo, que abarca 476,68 hectáreas, seguido de las plantaciones forestales, que ocupan 416,29 hectáreas, y el mosaico agropecuario, que se extiende por 245,41 hectáreas. En contraste, la vegetación arbustiva es la que menos espacio ocupa, con 48,42 hectáreas. El análisis de la cobertura vegetal en esta comunidad nos brinda una perspectiva clara sobre la distribución y el uso de las tierras en la región.

### 11.1. Mapa de cobertura vegetal año 2016.

**Figura 9.** Análisis de la cobertura vegetal 2016.



**Nota:** El mapa de la cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua en 2016.

El mapa presenta una variedad de tipos de cobertura del territorio, cada uno con un color distintivo. El Mosaico Agropecuario, representado en rojo, indica las áreas destinadas a la agricultura y actividades afines. El Páramo, en amarillo, se refiere a las regiones de alta montaña

que albergan una vegetación única y adaptada a estas condiciones. La Plantación Forestal, color verde, comprende los terrenos donde se cultivan árboles con el propósito de obtener recursos forestales, mientras que la Vegetación Arbustiva, en celeste, se extiende sobre áreas dominadas por arbustos.

**Tabla 10.** *Áreas de las coberturas 2016.*

Año	2016
Cobertura Vegetal	Área ha
MOSAICO AGROPECUARIO	245,41
PÁRAMO	476,68
PLANTACIÓN FORESTAL	416,29
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	48,42

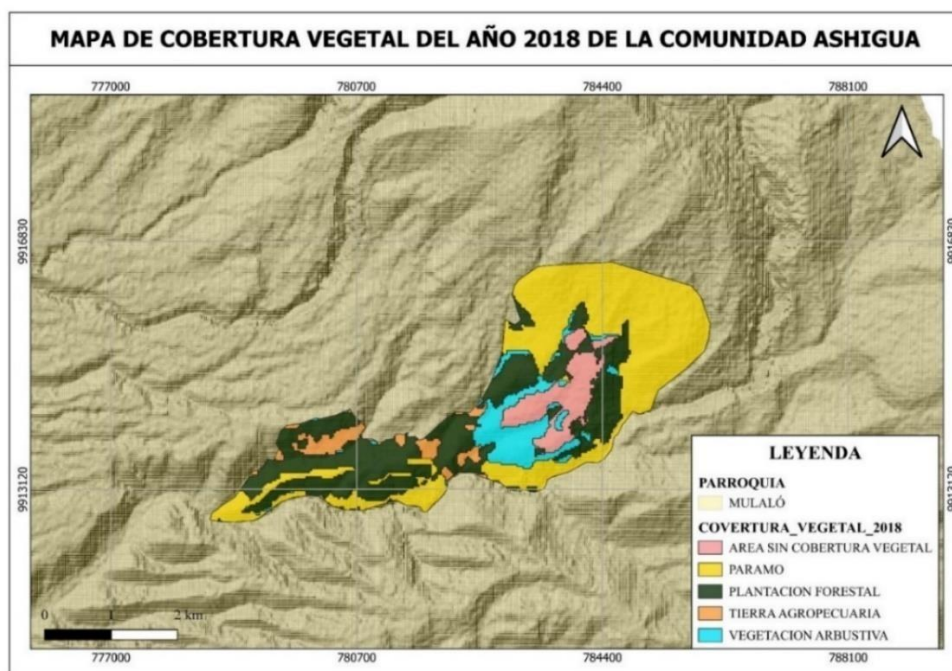
**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

La tabla que detalla la cobertura vegetal y su área correspondiente en hectáreas durante el año 2016. En esta tabla, se distinguen cuatro tipos de cobertura: el Mosaico Agropecuario, con una extensión de 245. 41 hectáreas; el Páramo, que ocupa 476. 68 hectáreas; la Plantación Forestal, que se extiende sobre 416. 29 hectáreas; y la Vegetación Arbustiva, con un área de 48. 42 hectáreas. Esta información es clave para analizar la distribución del territorio y evaluar posibles cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo.

## 11.2. Mapa de Cobertura Vegetal 2018

**Figura 10.** *Análisis de la cobertura vegetal*

2018.



**Nota:** El mapa de la cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua en 2018.

El "Mapa de Cobertura Vegetal del Año 2018 de la Comunidad Ashigua" presenta la distribución de los distintos tipos de cobertura vegetal en la parroquia Mulaló. Entre sus características más relevantes, destaca una leyenda que identifica cada tipo de cobertura mediante colores específicos: Área sin cobertura vegetal en rosa, Páramo en amarillo, Plantación forestal en verde oscuro, Tierra agropecuaria en naranja y Vegetación arbustiva en celeste. Este mapa se convierte en una herramienta fundamental para estudios ambientales, planificación del uso del suelo y conservación de ecosistemas, ya que ofrece información detallada sobre la distribución de la vegetación en la comunidad Ashigua.

**Tabla 11.** Áreas de las coberturas 2018.

Año	2018
Cobertura Vegetal	Área ha
ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	101,97
PARAMO	527,49
PLANTACIÓN FORESTAL	397,39
TIERRA AGROPECUARIA	53,9

## VEGETACIÓN ARBUSTIVA

106,05

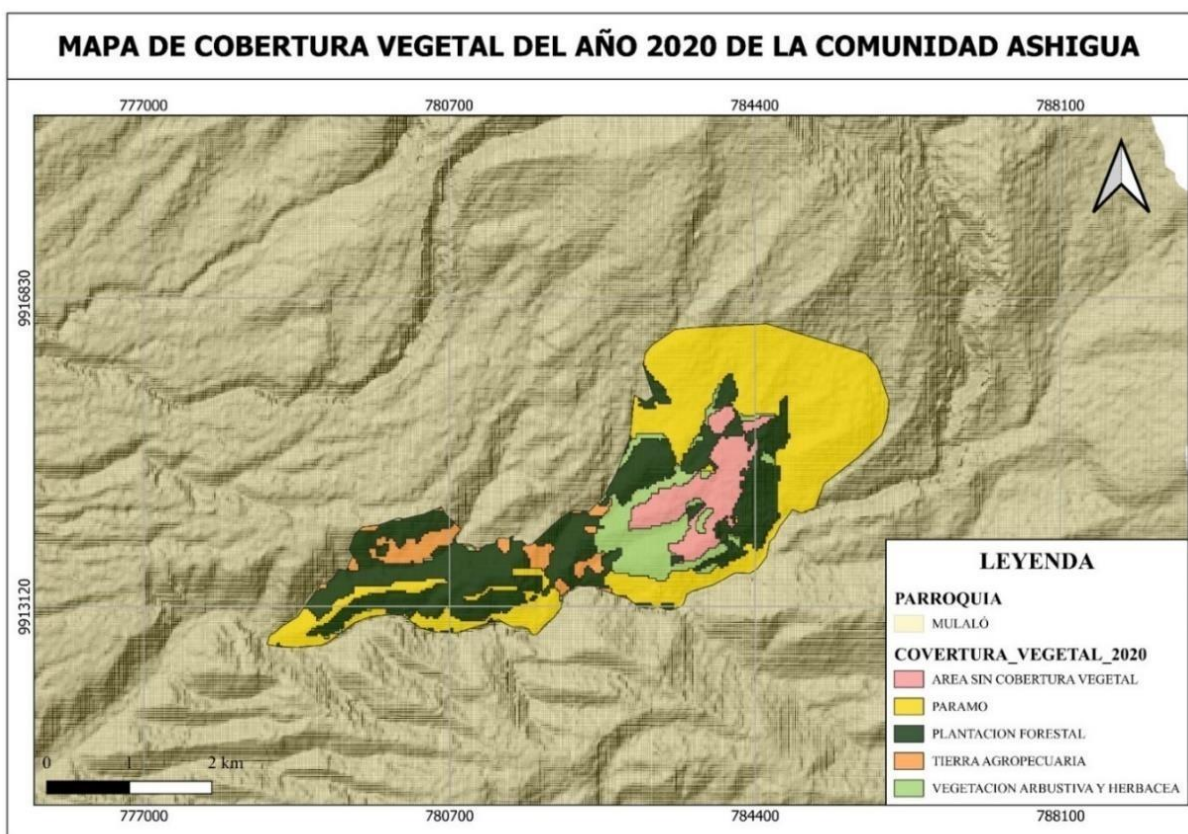
---

**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

La tabla 11. representa el área de diferentes tipos de cobertura vegetal en hectáreas. La tabla incluye dos columnas: "Cobertura Vegetal" y "Área ha", donde se detalla la distribución del territorio en la comunidad de Ashigua para ese año. Los datos reflejan que el Páramo ocupa 527,49 hectáreas, seguido por la Plantación Forestal con 397,39 hectáreas y la Vegetación Arbustiva con 106,05 hectáreas. Además, se identifican Áreas sin Cobertura Vegetal, que abarcan 101,97 hectáreas, y Tierra Agropecuaria, con una extensión de 53,9 hectáreas. Esta información es clave para la planificación del uso del suelo, la conservación del medio ambiente y el análisis de los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo

### 11.3. Mapa de Cobertura Vegetal 2020

#### 11 Análisis de la cobertura vegetal 2020.



**Nota:** El mapa de la cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua en 2020

El Mapa de Cobertura Vegetal del Año 2020 de la Comunidad Ashigua ilustra la distribución de distintos tipos de vegetación y usos del suelo en la región, empleando una codificación de colores que se detalla en la leyenda. Entre las categorías representadas, encontramos la Parroquia Mulaló en amarillo, el Área sin cobertura vegetal en rosa, el Páramo en verde claro, las Plantaciones forestales en verde oscuro, la Tierra agropecuaria en marrón y la Vegetación arbustiva y herbácea en naranja. Esta herramienta es fundamental para entender la distribución de la vegetación y los usos del suelo en la comunidad Ashigua, lo que a su vez facilita la planificación ambiental, la conservación de los ecosistemas y la gestión sostenible del territorio.

**Tabla 12.** Áreas de las coberturas 2020.

Año	2020
-----	------

**Figura .**

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Área ha</b>
ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	101,97
PARAMO	527,49
PLANTACIÓN FORESTAL	397,39
TIERRA AGROPECUARIA	53,9
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	106,05

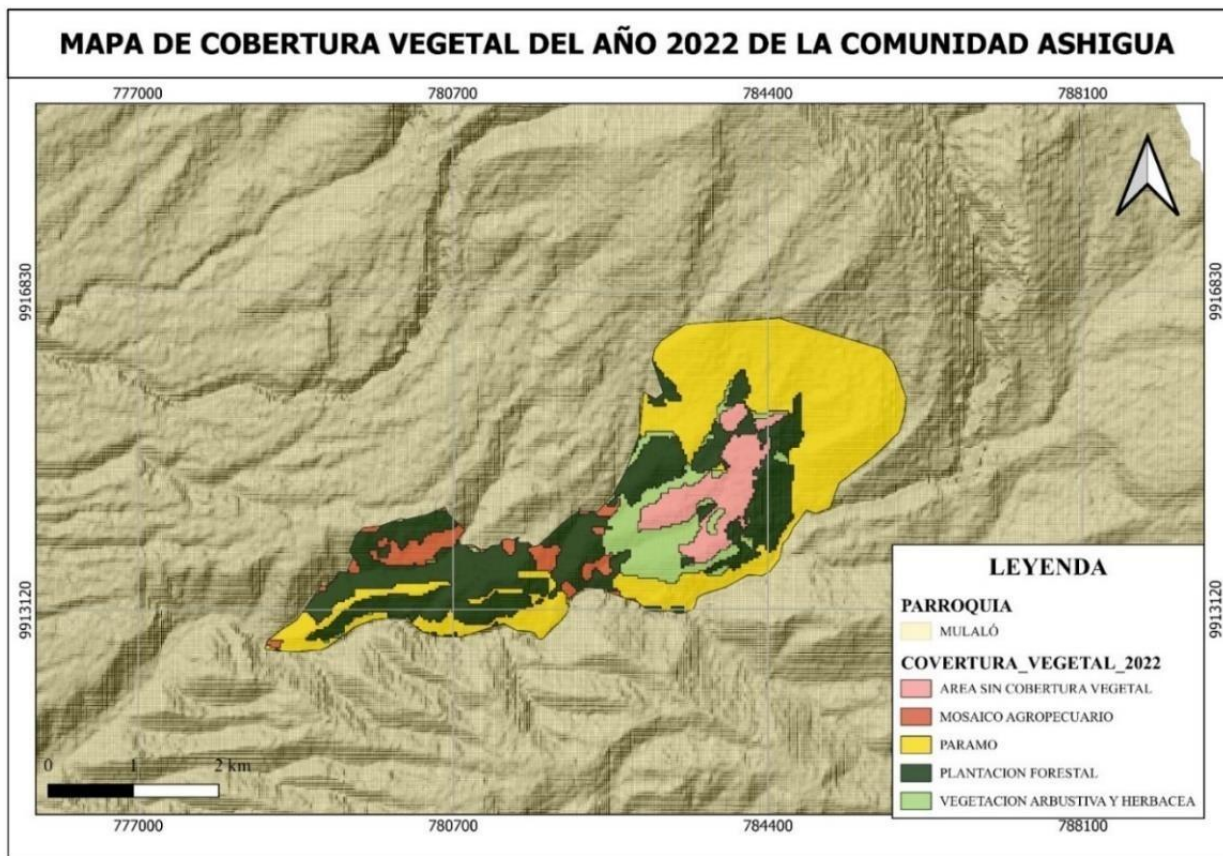
**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

La imagen muestra una tabla que presenta la cobertura vegetal en hectáreas para el año 2020. Esta tabla está organizada en dos columnas: "Cobertura Vegetal" y "Área ha". Los datos reflejan la distribución del territorio en la comunidad de Ashigua. En este sentido, el Páramo ocupa una extensión de 527,49 hectáreas, seguido de cerca por la Plantación Forestal con 397,39 hectáreas y la Vegetación Arbustiva y Herbácea, que abarca 106,05 hectáreas. También se identifican las Áreas sin Cobertura Vegetal, que suman 101,97 hectáreas, y la Tierra Agropecuaria, que comprende 53,9 hectáreas. Esta información es esencial para la planificación del uso del suelo, la conservación del medio ambiente y el análisis de los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo.

#### **11.4. Mapa de Cobertura Vegetal 2022**

##### **12 *Análisis de la cobertura vegetal 2022.***

<b>Año</b>	<b>2022</b>
------------	-------------



**Nota:** El mapa de la cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua en 2022.

El "Mapa de Cobertura Vegetal del Año 2022 de la Comunidad Ashigua" muestra la distribución de la vegetación en la parroquia Mulaló durante ese año. La leyenda utiliza colores específicos para clasificar los distintos tipos de cobertura: el Área sin cobertura vegetal está representada en rosa, el Mosaico agropecuario en rojo, el Páramo en verde claro, las Plantaciones forestales en verde oscuro y la Vegetación arbustiva y herbácea en amarillo. Esta herramienta resulta esencial para el análisis de la distribución vegetal en la comunidad Ashigua y puede ser de gran utilidad en la planificación del uso del suelo, en estudios ambientales y en la implementación de estrategias de conservación de los ecosistemas.

**Tabla 13.** Áreas de las coberturas 2022.

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Área ha</b>
ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	101,97
MOSAICO AGROPECUARIO	55,35

**Figura .**

PARAMO	526,04
PLANTACIÓN FORESTAL	397,39
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	106,05

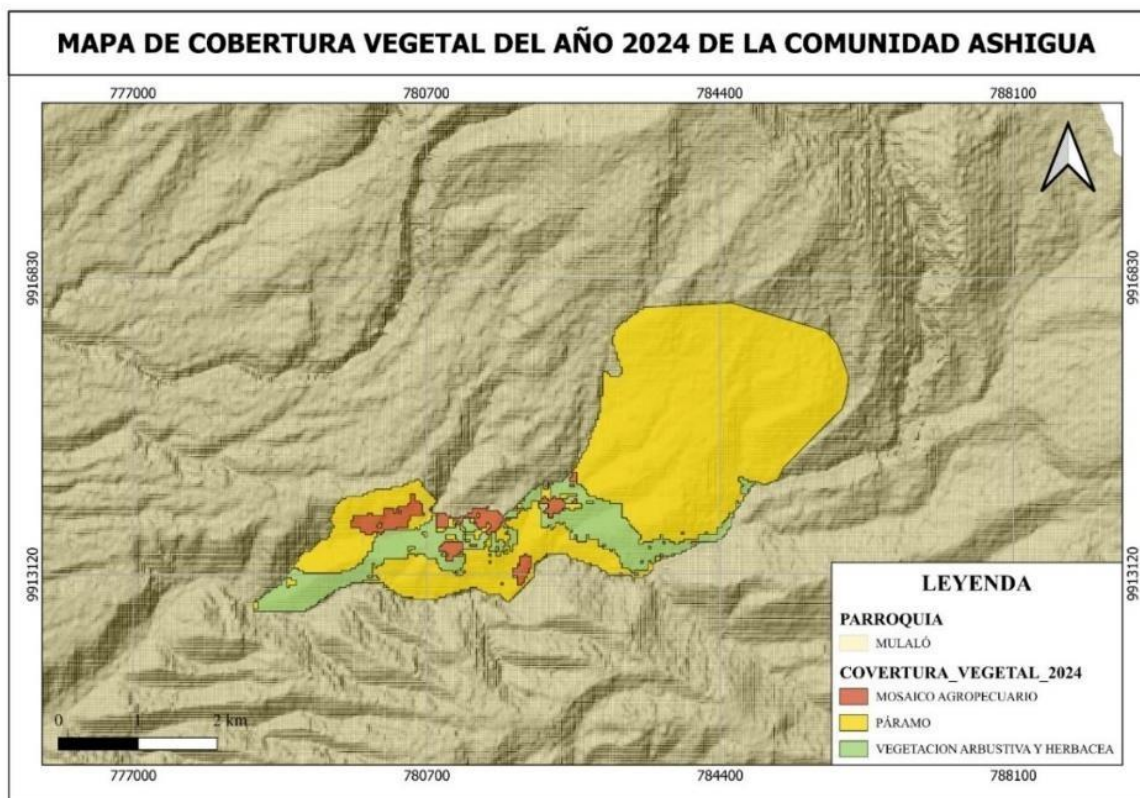
---

**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

La tabla presenta la cobertura vegetal en hectáreas (ha) para el año 2022 y se estructura en dos columnas: "Cobertura Vegetal" y "Área ha". Según los datos, el Páramo abarca 526,04 hectáreas, seguido por la Plantación Forestal con 397,39 hectáreas. La Vegetación Arbustiva y Herbácea ocupa 106,05 hectáreas. También se identifican Áreas sin Cobertura Vegetal, que representan 101,97 hectáreas, y el Mosaico Agropecuario, que cuenta con 55,35 hectáreas. Esta información es fundamental para estudios sobre el uso del suelo, la conservación ambiental y la planificación territorial, ya que permite analizar los cambios en la vegetación y orientar estrategias para un manejo sostenible del territorio.

### 11.5. Mapa de Cobertura Vegetal 2024

#### 13 Análisis multitemporal de la cobertura vegetal 2024.



**Nota:** El mapa de cubierta vegetal de la comunidad de Ashigua con imágenes satelitales de Lansat en 2024.

El "Mapa de Cobertura Vegetal del Año 2024 de la Comunidad Ashigua" ilustra la distribución de la vegetación en la parroquia Mulaló correspondiente a ese año. En la leyenda, se pueden distinguir tres tipos de cobertura vegetal, cada uno representado por un color específico: Mosaico Agropecuario en rojo, Páramo en amarillo y Vegetación Arbustiva y Herbácea en verde. Este mapa se convierte en una herramienta fundamental para analizar la vegetación de la comunidad Ashigua, siendo especialmente valioso para la planificación del uso del suelo, la realización de estudios ambientales y el desarrollo de estrategias de conservación de los ecosistemas.

**Tabla 14.** Áreas de las coberturas 2024.

Año	2024
-----	------

**Figura .**

Cobertura Vegetal	Área ha
MOSAICO AGROPECUARIO	194,76
PÁRAMO	945,01
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	49,32

**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

La tabla presenta la cobertura vegetal en hectáreas (ha) para el año 2024, estructurada en dos columnas: "Cobertura Vegetal" y "Área ha". De acuerdo con los datos proporcionados, el Páramo se destaca como la cobertura más extensa, con una superficie de 945,01 hectáreas. Le sigue el Mosaico Agropecuario, que ocupa 194,76 hectáreas, y la Vegetación Arbustiva y Herbácea, que abarca 49,32 hectáreas. Esta información es esencial para el análisis del uso del suelo, la planificación territorial y la conservación del medio ambiente en la comunidad Ashigua. Además, permite evaluar los cambios en la vegetación y desarrollar estrategias para un manejo sostenible del territorio.

### 11.6. Validación de la clasificación supervisada del año 2024

**Tabla 15.** Matriz de confusión de la cobertura vegetal del año 2024.

Clases	Área sin cobertura vegetal	Mosaico agropecuario	Paramo	Plantación forestal	Vegetación arbustiva y herbácea	total	error de comisión
Área sin cobertura vegetal	44	1	0	0	0	45	0
Mosaico agropecuario	0	43	0	0	0	43	0
Paramo	0	0	44	0	0	44	0
Plantación forestal	0	0	0	42	1	44	0
Vegetación arbustiva y herbácea	0	0	0	1	43	44	
<b>Total</b>	44	44	44	44	44	<b>220</b>	
error de omisión	0	0	0	0	0		
Precisión Global		90%					

---

<b>Precisión esperada</b>	25%
<b>K</b>	0.90

---

**Nota:** Realizado mediante el software ArcGIS

La matriz de confusión basada en píxeles se visualiza para estimar o confirmar la incertidumbre del proceso de clasificación supervisada. Las clases más confusas son tierras forestales y tierras sin vegetación, con el mayor error. Estas clases de vegetación se presentan muy similares. Los píxeles espectrales que hacen difícil clasificarlos con la realidad terrestre. Obteniendo una precisión global de 90% y el valor del índice Kappa fue de 0,90 para la clasificación supervisada del año 2024. (Abraira, 2015), se obtuvo una índice kappa mayor a 0,85 esto significa que es muy bueno, que el clasificador supervisado de vegetación 2024 tiene buena correspondencia y calidad cartográfica.

## 11.7. Cuantificación de los cambios en la cobertura vegetal de la comunidad Ashigua.

### 11.7.1. Discusión y Análisis de las Coberturas Vegetales

El análisis y discusión de las coberturas vegetales constituye un componente fundamental para comprender las dinámicas espaciales y temporales de los ecosistemas en la comunidad Ashigua. En este aparato se analiza los cambios observados en las diferentes clases de cobertura vegetal identificadas durante el período de estudio 2014-2024, enfatizando su relación con factores naturales y antropogénicos, como se vio en las tablas anteriores de cobertura vegetal las áreas no tienen gran cambio solo cambia las coberturas

En la tabla 11, se puede ver el porcentaje de cambios de los años 2014-2018 analizado a los 4 años en el cambio de cobertura que tiene cada superficie.

## 11.8. Matrices de transición.

**Tabla 16.** Análisis en porcentajes de las coberturas 2014-2018.

Cobertura Vegetal		Superficie en		Tasas de Cambio	Tasa de Cambios en %	Porcentaje de cambios en los años	
		Ha	Ha			2014	2018
2014	2018	2014	2018	2014-2018	2014-2018	2014	2018
Mosaico agropecuario		245,41	0	0	0	20,68	0

	Área sin cobertura vegetal	0	101,97	0	0	0,00	8,59
Páramo	Páramo	476,68	527,49	0,03	2,56	40,17	44,45
Plantación forestal	Plantación forestal	416,29	397,39	-0,01	-1,15	35,08	33,48
	Tierra agropecuaria	0	53,9	0	0	0	4,54
Vegetación arbustiva	Vegetación arbustiva	48,42	106,05	0,22	21,65	4,08	8,94
<b>Superficie Total</b>		1186,8	1186,8				

**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

El análisis de los cambios en la cobertura vegetal entre los años 2014, 2018 muestra una dinámica significativa en la distribución de las diferentes coberturas lo que más se destaca es la expansión del área sin cobertura vegetal, que pasa de 0 ha en 2014 a 101,97 ha en 2022, lo que podría reflejar procesos de degradación o cambios en el uso del suelo.

Entre 2014-2018 la cobertura del páramo experimentó un incremento del 2,56%, lo que refleja una ganancia en su superficie de 50,81 hectáreas, pasando de 476,68ha en 2014 a 527,49ha en 2018 este aumento porcentual indica una ligera recuperación de esta cobertura vegetal en el período analizado.

En la tabla 12, se puede ver el porcentaje de cambios de los años 2014-2022 analizado a los 8 años en el cambio de cobertura que tiene cada superficie..

**Tabla 17.** *Análisis en porcentajes de las coberturas 2014-2024.*

Cobertura Vegetal		Superficie en Ha		Tasas de Cambio	Tasa de Cambios en %	Porcentaje	
2014	2024	2014	2024	2014-2022	2014-2022	2014	2024

	Área sin cobertura vegetal	0	101,97	0	0	0	8,59
Mosaico agropecuario	Mosaico agropecuario	245,41	55,35	-0,17	-16,99	20,68	4,66
Páramo	Paramo	476,68	526,04	0,01	1,24	40,17	44,32
Plantación forestal	Plantación forestal	416,29	397,39	-0,01	-0,58	35,08	33,48
Vegetación arbustiva	Vegetación arbustiva y herbácea	48,42	106,05	0,10	10,30	4,08	8,94
<b>Superficie Total</b>		1186,8	1186,8				

**Nota:** Realizado mediante el software QGIS.

El análisis de los cambios en la cobertura vegetal entre los años 2014, 2018 se observa una disminución notable en el mosaico agropecuario, con una tasa de cambio negativa (-16,99%) en el periodo 2014-2022, indicando una posible conversión de tierras agrícolas a otros usos.

En 2014 la superficie cubierta por el páramo era de 476,68ha para 2022, esta cifra aumentó ligeramente a 526,04 hectáreas, esto representa un incremento neto de aproximadamente 49,36ha en el período de 8 años el incremento en la superficie del páramo puede estar relacionado con una posible recuperación natural del ecosistema, quizás como resultado de esfuerzos de conservación o la disminución de actividades agropecuarias intensivas en estas áreas no obstante este cambio positivo es relativamente bajo sobre este ecosistema puede deberse a la expansión de otras actividades humanas o los efectos del cambio climático.

## 12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

### 12.1. Impacto medioambiental

Los mapas desarrollados en este estudio proporcionan herramientas valiosas para los responsables del cuidado de la comunidad los administradores de recursos naturales y los investigadores para alinear las acciones de conservación con las prioridades nacionales tanto inmediatas como a largo plazo. El análisis del páramo de Ashigua revela cambios significativos en la cobertura vegetal entre 2014-2024, impulsados principalmente por actividades antropogénicas. Estos cambios han provocado alteraciones en las zonas del páramo y pastizales lo que ha dado lugar a una pérdida de hábitat que afecta negativamente a la flora y la fauna endémicas como

consecuencia, muchas especies se ven obligadas a emigrar a otras regiones la expansión de las fronteras agrícolas es un factor clave que contribuye a estos cambios en la cubierta vegetal.

### **12.2. Impacto social**

El impacto social de los cambios en el páramo de Ashigua se extiende a la conciencia cultural y medioambiental de la comunidad a medida que avanza la degradación de la cubierta vegetal, los conocimientos y prácticas tradicionales relacionados con el uso sostenible de los recursos naturales corren el riesgo de perderse. Este cambio no sólo afecta a los medios de subsistencia de los residentes locales, sino también a su conexión con la tierra que es parte integrante de su identidad la implicación de la comunidad en los esfuerzos de conservación y educación ambiental puede fomentar un sentido de la administración que capacite a los residentes para proteger el páramo y adaptarse a los retos reforzar la cohesión social mediante la toma de decisiones participativa y las prácticas sostenibles es esencial para abordar los impactos sociales a largo plazo de los cambios medioambientales en Ashigua.

### **12.3. Impacto económico**

La promoción de iniciativas como el turismo comunitario puede proporcionar fuentes de ingresos alternativas reduciendo la dependencia de la agricultura y mejorando las condiciones económicas locales, el estado actual de los bosques y páramo de Ashigua refleja el aumento de la actividad agrícola y el pastoreo que degradan gradualmente el páramo. El deterioro de la salud del páramo podría provocar un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y una reducción de la productividad agrícola, lo que agravaría aún más la inestabilidad económica. Los problemas económicos resultantes ligados a la disminución de la viabilidad agrícola, comprometen la capacidad de la comunidad para mantener sus medios de subsistencia y satisfacer sus necesidades básicas lo que pone de relieve la urgencia de aplicar prácticas sostenibles de gestión de la tierra.

## **13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **13.1. Conclusiones**

La clasificación de los tipos de cobertura vegetal en el páramo de Ashigua, realizada mediante imágenes satelitales y el uso de herramientas SIG, permitió identificar cuatro categorías principales: mosaico agropecuario, páramo, plantación forestal y vegetación arbustiva. Este proceso reveló la distribución espacial de cada cobertura, destacando la extensión del páramo como

el ecosistema predominante en 2014. Sin embargo, también se evidenciaron las presiones sobre estas coberturas debido a la interacción entre actividades humanas y factores naturales. La metodología empleada, basada en clasificación supervisada y validación en campo, garantiza un alto nivel de precisión y confiabilidad, proporcionando una base sólida para el análisis posterior y la gestión ambiental.

El análisis multitemporal permitió evaluar los cambios en la cobertura vegetal del páramo de Ashigua durante el periodo de estudio, evidenciando un aumento del 10,35% en la extensión del páramo, pasando de 476,68 hectáreas en 2014 a 526,04 hectáreas en 2022. Este incremento sugiere una leve recuperación del ecosistema, posiblemente asociada a esfuerzos de conservación y cambios en las actividades humanas. Sin embargo, el análisis también destaca un aumento significativo en las áreas dedicadas a mosaicos agropecuarios y plantaciones forestales, reflejando una transformación en el uso del suelo.

La cuantificación de los cambios en la cobertura vegetal de la comunidad Ashigua mostró un incremento en la superficie del páramo, con una tasa de cambio positiva del 1,24% durante el período 2014-2022. Las áreas de mosaico agropecuario y plantación forestal también experimentaron un aumento significativo, indicando una presión creciente sobre el ecosistema. Estos cambios reflejan tanto los impactos de las decisiones humanas como la necesidad de evaluar y ajustar las políticas locales de uso del suelo y manejo ambiental. Los resultados refuerzan la importancia de implementar programas de restauración y conservación para mitigar los efectos negativos y promover la sostenibilidad del ecosistema.

### **13.2. Recomendaciones**

Para mejorar la precisión en la clasificación de las coberturas vegetales, es necesario utilizar imágenes satelitales con mínima nubosidad y realizar correcciones atmosféricas adecuadas. Además de implementar el plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) en QGIS, que facilita procesos como la corrección radiométrica y atmosférica, y permite una gestión eficiente de bandas espectrales. Este enfoque, complementado con un monitoreo continuo mediante herramientas SIG, permitirá detectar cambios tempranos en el uso del suelo y planificar estrategias de conservación más efectivas.

Al abordar las variaciones en la cobertura vegetal, se recomienda fomentar prácticas agrícolas sostenibles y realizar visitas de campo frecuentes que permitan controlar la expansión de

las tierras agrícolas. Asimismo, es esencial seleccionar periodos de tiempo uniformes para analizar los cambios en la cobertura vegetal, asegurando una interpretación más precisa de la dinámica ecosistémica. Estas acciones deben complementarse con programas de educación ambiental dirigidos a la comunidad para reducir la presión sobre el páramo y promover la conservación.

Es sugerente el diseñar e implementar programas de restauración ecológica enfocados en la reintroducción de especies nativas del páramo y en la recuperación de áreas degradadas. Es crucial establecer alianzas con instituciones académicas y gubernamentales para desarrollar políticas que promuevan la conservación de los servicios ecosistémicos.

#### 14. REFERENCIA

- Agenda 2030 en América Latina y el Caribe. (2016). 15. *Vida de ecosistemas terrestres / Agenda 2030 en América Latina y el Caribe*. <https://agenda2030lac.org/es/ods/15-vida-deecosistemas-terrestres>
- Abraira, V. (2015). *El índice kappa*. [http://www.hrc.es/bioest/Intro\\_errores.html](http://www.hrc.es/bioest/Intro_errores.html)
- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Primera*. [https://www.researchgate.net/publication/280625434\\_Especies\\_forestales\\_de\\_los\\_bosques\\_secos\\_del\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/280625434_Especies_forestales_de_los_bosques_secos_del_Ecuador)
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. *RECIMUNDO*, 4(3), 163–173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Anzoategui, L. V., Gil-Leguizamón, P. A., & Sanabria-Marin, R. (2023). *Agricultural frontier and multi-temporality of vegetation cover in moorland of the Cortadera Regional Natural Park (Boyacá, Colombia)*. *Bosque*, 44(1), 159–170. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000100159>
- Amin, M. F. (2022). *Confusion Matrix in Binary Classification Problems: A Step-by-Step Tutorial*. *Journal Of Engineering Research - Egypt/Journal Of Engineering Research*, 6(5), 0. <https://doi.org/10.21608/erjeng.2022.274526>
- Barbosa, J. R., Andrade da Costa, J., Ferreira dos Santos, J., Silva da Silva, E. L., & Trindade

- Favacho, A. (2018). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN SUPERVISADA APLICADOS AL MAPEO DE COBERTURA DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE MEDICILANDIA*. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 4(13), 26. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.V4N13P26-44>
- Beraldi, H. (2014). *La vida temprana en la Tierra y los primeros ecosistemas terrestres*. 66(1), 65–83. <http://www.ecologicalprocesses.com/series/BSC>
- Bognanni, F., Valentini, M. P., Darigo, M., Warr, M., & Lara Moschetoni, M. (2020). *Teledetección espacial aplicada a la búsqueda de restos de la Estancia San Miguel del Carcarañá*.
- Bonina, E. (2003). *Los beneficios que proveen al hombre los ecosistemas naturales: bienes y servicios ecosistémicos*. *Revista de Educación En Biología*, 6(1), 34–39. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.V6.N1.36675>
- Brück, S. A., Torres, B. D. M., & de Moraes Polizeli, M. de L. T. (2023). *The Ecuadorian paramo in danger: What we know and what might be learned from northern wetlands*. *Global Ecology and Conservation*, 47, e02639. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2023.E02639>
- Canuto, L. T., & Souto de Oliveira, A. A. (2020). *MÉTODOS DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA EN ESTUDIOS CIENTÍFICOS*. *Psicologia Em Revista*, 26(1), 83–102. <https://doi.org/10.5752/P.1678-9563.2020V26N1P82-100>
- Campos Carolina, 2018Pellat, F. P. (2018). Relative atmospheric corrections of satellite images: Invariant patterns and atmospheric models. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.228>
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Céleri, R., & Bendix, J. (2019). The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265, 30–47. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2018.11.006>
- Castro, J. C., Obando, M., Rodríguez, D., & Torres, Y. (2021). *Valoración del cambio en la cobertura vegetal de la subcuenca del río El Salto, Guanacaste, Costa Rica*. *Biocenosis*, 32(2). <https://doi.org/10.22458/RB.V32I2.3908>
- Ceceña, M. L., Eaton-González, R., Solís-Cámara, A. B., Delgadillo-Rodríguez, J., LunaMendoza, L., & Ortega-Rubio, A. (2021). *Evaluación de cambios en la cobertura*

- vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación. Madera y Bosques*, 27(1).  
<https://doi.org/10.21829/MYB.2021.2712018>
- Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. 9(2), 1–13.  
[https://drive.google.com/file/d/1\\_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view](https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view)
- Conde, M. C., Perelman, S. B., & Cerezo, A. (2009). *Efecto de diferentes métodos de clasificación de imágenes satelitales sobre índices de paisaje*.
- Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., & Sevink, J. (2002). *El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador*.  
[https://www.researchgate.net/publication/260423686\\_El\\_estado\\_de\\_conservacion\\_de\\_los\\_paramos\\_de\\_pajonal\\_en\\_el\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/260423686_El_estado_de_conservacion_de_los_paramos_de_pajonal_en_el_Ecuador)
- Correa, A., Ochoa-Tocachi, B. F., Birkel, C., Ochoa-Sánchez, A., Zogheib, C., Tovar, C., & Buytaert, W. (2020). *A concerted research effort to advance the hydrological understanding of tropical páramos. Hydrological Processes*, 34(24).  
<https://doi.org/10.1002/hyp.13904>
- Cruz, E., Osorio, G. M., & Nava, B. E. (2024). *Transformación del paisaje rural desde los significados sociales. Caso Malinalco, Estado de México. Investigaciones Turísticas*, 28(28), 127–150. <https://doi.org/10.14198/INTURI.25431>
- Curbelo, J. (2022). *Cambios en el trazado del Arroyo Solís Grande en el Departamento de Lavalleja, Uruguay: Changes in the course of the Solis Grande Creek in the Lavalleja County, Uruguay. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(5), 75–88. <https://doi.org/10.34188/BJAERV5N5-005>
- Duarte, T. E. P., Angeoletto, F. H. S., Santos, J. W. M. C., Leandro, D. da S., Bohrer, J. F. C., Vacchiano, M. C., & Leite, L. B. (2017). *El papel de la cubierta vegetal en los entornos urbanos y su influencia en la calidad de vida en las ciudades. Desenvolvimento Em Questão*, 15(40), 175–203. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2017.40.175-203>
- Flenniken, J. M., Stuglik, S., & Iii, B. V. I. (2020). *Quantum GIS (QGIS): An introduction to a free alternative to more costly GIS platforms: FOR359/FR428, 2/2020. EDIS*, 2020(2), 7–7. <https://doi.org/10.32473/EDIS-FR428-2020>

- González, A., & Vargas, N. (2019). *Contenido y calidad de las imágenes de observación terrestre*. 9(2), 1–7.  
<https://revistaeciperu.com/wpcontent/uploads/2019/01/20120015.pdf>
- Guamán, P., Basante, C., & Mármol, J. L. (2023). *Advantages of the application of vegetation cover in agroecological crops*. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1032>
- Guedes, J., & Silva, S. (2018). *TELEDETECCIÓN EN EL ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN: PRINCIPIOS FÍSICOS, SENSORES Y MÉTODOS. ACTA GEOGRÁFICA*.  
<https://doi.org/10.5654/ACTA.V12I29.4001>
- Juárez, A., Díaz-Jiménez, M., Uribe-Alcántara, E. M., Escamilla Casas, J. C., Ortiz-Hernández, L. E., & Montiel-Palma, S. (2022). Cartografía geológica asistida por dron: cerro de san cristóbal, Hidalgo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 10(19), 94–98. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i19.8871>
- Keating, P. L. (2007). *Fire Ecology and Conservation in the High Tropical Andes: Observations from Northern Ecuador*. *Journal of Latin American Geography*, 6(1), 43–62.  
<https://doi.org/10.1353/LAG.2007.0003>
- Lemus, P., & Carolina, G. (2020). *Alteración de la cobertura vegetal por la explotación minera en Ciudad Bolívar*.  
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9058/1/SM330Borja-Mineria.pdf>
- León Cadena, P., Tapia Valenzuela, E., Rodríguez Espinosa, F., Ingeniería Geográfica Y Del Medio Ambiente, C. DE, Ciencias De La Tierra Y Construcción, D. DE, & LA FUERZAS ARMADAS -ESPE Av General Rumiñahui, U. DE. (2017). *VALOR ECONÓMICO DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LOS PÁRAMOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL ECONOMIC VALUE OF CARBONO STORAGE IN THE HIGHLANDS OF EL ANGEL ECOLOGICAL RESERVE*.  
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1596>
- León, J. L., Lozada Yánez, P. E., Zabala Haro, M. A., & Jiménez Granizo, C. N. (2019). *Sistema de Procesamiento Digital de Imágenes Satelitales para Cálculo de Áreas de Interés*. *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 29–48.  
<https://doi.org/10.33262/CIENCIADIGITAL.V3I3.4..832>
- Llosa, Z. B., & Monge, J. (2010). *Restauración ecológica en la meseta central de Costa Rica*.  
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosisis/article/view/1240>

- Londoño, A. S. S., López, A. F. J., Franco, M. C., & Roa, A. A. C. (2017). *Clasificación y mapeo automático de coberturas del suelo en imágenes satelitales utilizando Redes Neuronales Convolucionales*. *Orinoquia*, 21(1 Sup), 64–75.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.432>
- Martínez, D. V. S. (2015). *Ecosistemas*. *Boletín Científico de La Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 2(3). <https://doi.org/10.29057/ESAT.V2I3.1450>
- Martínez, J., Ruiz-Benito, P., Bonet, A., & Gómez, C. (2019). *Methodological variations in the production of CORINE land cover and consequences for long-term land cover change studies. The case of Spain*. *International Journal of Remote Sensing*, 40(23), 8914–8932.  
<https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1624864>
- Martínez, N., & Yuly, M. (2020). *Análisis multitemporal mediante imágenes de sensores remotos para la determinación de los cambios de uso de suelo en el municipio de San Francisco de Sales, Cundinamarca (Colombia) entre los años 90's y 2018*.  
<https://doi.org/10.35537/10915/111198>
- Morales, J., & Estévez, J. (2006). *EL PÁRAMO: ¿ECOSISTEMA EN VÍA DE EXTINCIÓN?*  
[http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com\\_content&task=view&id=44&Itemid=...](http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=...)
- Mosquera, G. M., Hofstede, R., Bremer, L. L., Asbjornsen, H., Carabajo-Hidalgo, A., Célleri, R., Crespo, P., Esquivel-Hernández, G., Feyen, J., Manosalvas, R., Marín, F., MenaVásquez, P., Montenegro-Díaz, P., Ochoa-Sánchez, A., Pesántez, J., Riveros-Iregui, D. A., & Suárez, E. (2023). *Frontiers in páramo water resources research: A multidisciplinary assessment*. *The Science of the Total Environment*, 892.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.164373>
- Muñoz, J. L., Andrade, M., & González, B. (2016). *Cambio Multitemporal De La Cobertura Vegetal Y Fragmentación En La Reserva Ecológica "Mache-Chindul" Ecuador*. *European Scientific Journal*, 12(30), 1857–7881.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n30p152>
- Osuna-Osuna, A. K., Díaz-Torres, J. D. J., De Anda-Sánchez, J., Villegas-García, E., GallardoValdez, J., & Davila-Vazquez, G. (2015). *Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010*. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10(2).

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1539>

- Pauta, R. C., Mayorga Arias, D., & Castro Macías, E. R. (2019). USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS DE FINCAS AGRÍCOLAS. *Opuntia Brava*, 11(1), 217–223. <https://doi.org/10.35195/OB.V11I1.714>
- PDOT MULALÓ. (2020). ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA MULALÓ, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2020 - 2023.
- Pérez, C., Pérez, J., Hernández, L., Gustabello, R., & Becerra de Armas, E. (2019, February 5). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. *Sistemas y Telemática*, 16(44), 63–74. <https://doi.org/10.18046/SYT.V16I44.2788>
- Pérez, C., Sosa, I., Machado, N., & Ruiz, M. (2023). Herramientas SIG, revisión de sus fundamentos, tipos y relación con las bases de datos espaciales. 32. <https://chatgpt.com/c/672297e4-6078-800f-8f35-88dd636845af>
- Perez Julieth. (2020, April 22). *DOS VERSIONES DEL MAPA DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA EN UN ÁREA DE PRUEBA SELECCIONADA, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE MAGDALENA; GENERADOS MEDIANTE CLASIFICACION NO SUPERVISADA Y CLASIFICACION SUPERVISADA, UTILIZANDO LOS ALGORITMOS K-MEANS, Y RANDOM FOREST RESPECTIVAMENTE*. Pubs Por RStudio. <https://rpubs.com/juperezve/603314>
- Pellat, F. P. (2018). Relative atmospheric corrections of satellite images: Invariant patterns and atmospheric models. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.228>
- Picot, E. A., Costa, D. G., Meneu, M. J. B., & Rodríguez, Á. G. (2018). GeoPattern, una app para resolver problemas de patrones geométricos en Primaria. *Edma 0-6: Educación Matemática En La Infancia*, 7(2), 1–23. <https://doi.org/10.24197/EDMAIN.2.2018.1-23>
- Pinos-Morocho, D., Morales-Matute, O., Durán-López, M. E., Pinos-Morocho, D., MoralesMatute, O., & Durán-López, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de

- percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 151–173. <https://doi.org/10.15359/RCA.55-2.8>
- Podwojewski, P., Poulenard, J., Zambrana, T., & Hofstede, R. (2002). Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). *Soil Use and Management*, 18(1), 45–55. <https://doi.org/10.1111/J.1475-2743.2002.TB00049.X>
- Poveda, Y., Bermúdez-Cella, M. A., & Gil-Leguizamón, P. (2022). Evaluation of supervised classification methods for the estimation of spatiotemporal changes in the Merchán and Telecom paramos, Colombia. *Boletín de Geología*, 44(2), 51–72. <https://doi.org/10.18273/REVBOL.V44N2-2022002>
- Ramdani, F. (2023). Exploring the Earth with QGIS. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-460425>
- Rodríguez, J., & Leiton, M. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2021.92.3449>
- Rodríguez, L. M. (2016). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio. *Electronic Government, An International Journal*, 3. <https://doi.org/10.25100/EG.V0I3.3579>
- Rojas, L. (1999). SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Industrial Data*, 2(2), 65–68. <https://doi.org/10.15381/idata.v2i2.6531>
- Saavedra, N. (1992). Los sistemas de información geográfica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de decisiones. [http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v32n3/es\\_2071-0054-rcta-3203-e10.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v32n3/es_2071-0054-rcta-3203-e10.pdf)
- Salazar, V., Chavoya-Gama, J. I., & Hernández, J. C. M. (2022). Transformación del paisaje del municipio Bahía de Banderas. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de La Universidad de Guanajuato*, 3(2), 40–53. <https://doi.org/10.15174/CIA.V3I2.21>
- Salvo, A. Di, Romero, N., & Briceño, J. (2009). Estudio de los ecosistemas desde la perspectiva de la complejidad. *MULTICIENCIAS*, 9, 242–248.
- Salinas-Castillo, W. E., Terrazas-Ruiz, M., Mora-Olivo, A., & Paredes-Hernández, C. U.

- (2020). Análisis multitemporal de cambios de uso de la tierra en San Fernando, Tamaulipas, durante el periodo 1987 a 2017. *CienciaUAT*, 14(2), 160. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1298>
- Sides, M. (2023). Seeding Ecologies of Interventions: Relating Transition Design and Ecological Restoration | Semantic Scholar. 1–15. <https://www.semanticscholar.org/paper/Seeding-Ecologies-of-Interventions%3ARelating-Design-Sides/7e3a4816ccaae736fbfe1ff4ce99cd8a97eda6ad>
- Sisti, J. M. (2022). Fotointerpretación en agrimensura. Fotointerpretación En Agrimensura. <https://doi.org/10.35537/10915/139092>
- Sklenár, P., & Ramsay, P. M. (2001). Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions*, 7(3), 113–124. <https://doi.org/10.1046/J.14724642.2001.00101.X>
- Souza, I. V., Braga, V., Duarte, R., De Cássia, F., Da Silva, S., Silva, M. C., Gomes De Almeida Sousa, H., Nayara, J., Gomes, N., Giongo, M., & Carlos Batista, A. (2020). Vehículos aéreos no tripulados y sensores remotos: herramientas para la gestión de recursos forestales. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 8(2), 148–157. <https://doi.org/10.20873/JBB.UFT.CEMAF.V8N2.VSOUZA>
- Tobon, C., & Morales, E. G. G. (2007). CAPACIDAD DE INTERCEPTACIÓN DE LA NIEBLA POR LA VEGETACIÓN DE LOS PÁRAMOS ANDINOS.
- Torres, M. C., & Naranjo, E. (2024). Limitaciones para la aplicación de tecnología social en la protección del páramo. *Estudios de La Gestión*, 16, 29–51. <https://doi.org/10.32719/25506641.2024.16.2>
- Toledo Concha, E. J., & León Reyes, V. M. (2021). Matriz de transición: una herramienta para determinar la probabilidad de default en las instituciones microfinancieras. *Apuntes Contables*, 29. <https://doi.org/10.18601/16577175.n29.07>
- United Nations. (2020). Vida de ecosistemas terrestres. UN-Library, 52–53. [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6601/\(6\)Beraldi.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6601/(6)Beraldi.pdf)
- Valencia, A. L. M., Hincapié, C. F. Á., Giraldo, C. E., & Soto, S. U. (2018). Análisis multitemporal del paisaje en el Magdalena Medio en el periodo 1985-2011: una ventana

- de interpretación de cambios históricos e implicaciones en la conectividad estructural de los bosques. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(1), 10–26. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.55783>
- Vargas, C. A., González Díaz, J. M., & Rueda Ramírez, M. A. (2022). Evaluación ambiental en el escenario actual y con bonos de carbono: páramo La Cortadera, departamento de Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 27(1), 125–145. <https://doi.org/10.19053/01233769.11953>
- Vargas Gálvez, C. A. (2021). Ecosistemas y capital natural de las comunidades rurales. *Revista Académica CUNZAC*, 4(1), 95–100. <https://doi.org/10.46780/CUNZAC.V4I2.48>