



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL (2013 - 2022)  
DE LOS PÁRAMOS DE LA PARROQUIA ISINLIVÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

---

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

**Autor:**

Ugsha Toaquiza Ángel Mauricio

**Tutor:**

Rivera Moreno Marco Antonio

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA


Ángel Mauricio Ugsha Toaquiza, con cédula de ciudadanía No. 0504300187, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Evaluación multitemporal de la cobertura vegetal (2013 - 2022) de los páramos de la parroquia Isinliví, provincia de Cotopaxi”, siendo el Ingeniero Mg. Marco Antonio Rivera Moreno, 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, 10 de agosto del 2023



Ángel Mauricio Ugsha Toaquiza  
Estudiante  
C.C. 0504300187



Ing. Marco Rivera Moreno, Mg.  
Docente Tutor  
C.C. 0501518955

## **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 **UGSHA TOAQUIZA ANGEL MAURICIO**, identificad con cédula de ciudadanía **0504300187** 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 Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación multitemporal de la cobertura vegetal (2013 - 2022) de los páramos de la parroquia Isinliví, provincia de Cotopaxi”, 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 2019 – Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de mayo del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. Marco Antonio Rivera Moreno

Tema: “Evaluación multitemporal de la cobertura vegetal (2013 - 2022) de los páramos de la parroquia Isinliví, provincia de Cotopaxi”

**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 10 días del mes de agosto del 2023.

  
Ángel Mauricio Ugsha Toaquiza  
**EL CEDENTE**


Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

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

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

**“EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL (2013 - 2022) DE LOS PÁRAMOS DE LA PARROQUIA ISINLIVÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, de Ugsha Toaquiza Ángel Mauricio, de la carrera de Ingeniería 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, 10 de agosto del 2023



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

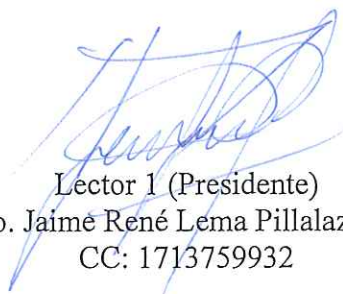
CC: 0501518955

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

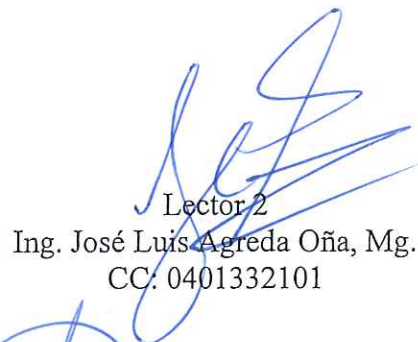
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Ugsha Toaquiza Ángel Mauricio, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL (2013 - 2022) DE LOS PÁRAMOS DE LA PARROQUIA ISINLIVÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

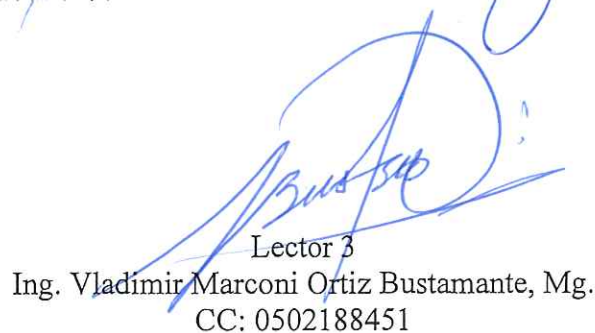
Latacunga, 10 de agosto del 2023



Lector 1 (Presidente)  
Lcdo. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.  
CC: 1713759932



Lector 2  
Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.  
CC: 0401332101



Lector 3  
Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, Mg.  
CC: 0502188451

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento profundo y sincero al Gran Misterio de la vida por brindar salud, fuerza, energía y sabiduría, a mi familia en especial mis padres que son el motor de mi vida; Eduardo Ugsha y Olga Toaquiza, a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi quien abrió las puertas para realizar mis estudios y a todo el personal docente particularmente a mi tutor de tesis Ing. Marco Rivera por guiar y compartir sus conocimientos en este caminar, a mis compañeros de la tesis Douglas Quillupangui y Vanessa Atiaja por ese trabajo colectivo quienes han sido parte de esta tesis y de mi formación académica.

Ángel Mauricio Ugsha Toaquiza

## **DEDICATORIA**

Este trabajo arduo y honesto dedico al Gran Misterio de la vida por brindar salud y la dicha de la vida, los medios necesarios en este caminar. A mis padres: Eduardo Ugsha y Olga Toaquiza, seres maravillosos de mi vida quienes a pesar de las dificultades de la vida me han apoyado siempre, con sus ejemplos de lucha, rebeldía, perseverancia y humildad, sobre todo por su amor. A mis queridos hermanos/as: Arturo, Tito, Luzmila, Tupak y Alka y a mi cuñado Milton Toaquiza quienes han sido mi soporte, me han brindado esa mano sincera para seguir adelante.

Ángel Mauricio Ugsha Toaquiza



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

**TÍTULO: “EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL (2013 - 2022) DE LOS PÁRAMOS DE LA PARROQUIA ISINLIVÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”.**

AUTOR: Ugsha Toaquiza Ángel Mauricio

**RESUMEN**

La investigación se realizó en los páramos de la parroquia de Isinliví, cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi. Con el objetivo de realizar una evaluación multitemporal del cambio de la cobertura vegetal de los páramos en un periodo de nueve años desde el año 2013 hasta 2022. Para lo cual se realizó una revisión bibliográfica integral de criterios técnicos y geospaciales para la delimitación de los páramos, el análisis multitemporal de la distribución y cambios coberturas vegetal se realizó mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) a través de procesamiento de las imágenes satelitales LandSat 8, aplicando la metodología CORINE Land Cover adaptada en Ecuador considerando el protocolo y lineamientos establecidas por el MAE, MAGAP y Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo para la clasificación de la cobertura vegetal y uso de la tierra del Ecuador Continental y elaboración del mapa. Los páramos de Isinliví se considera a partir de 3200 msnm, se determinó cinco clases de cobertura: herbácea, arbustiva, agropecuaria, suelo sin cobertura vegetal y zona antrópica, durante el periodo de estudio tuvo cambios de la cobertura vegetal el 42,75% del total del páramo delimitado, la tierra agropecuaria tuvo cambios significativos que tiene un aumento de 363,19 ha ascendiendo a un total de 1391,505 ha que representa el 26,66 % del páramo y la cobertura que tiene la mayor pérdida es la vegetación arbustiva de 253,04 ha. Se concluye que durante el periodo de estudio existe el avance de la frontera agrícola hacia las partes altas del páramo, siendo la cobertura que tiene mayor expansión reemplazando a la vegetación natural, esto influyen en la disminución de la capacidad de servicios ecosistémicos que brindan los páramos a la población de la localidad, principalmente en la disminución del abastecimiento de recurso hídrico para el consumo humano y riego.

**Palabras clave:** Páramos, cobertura vegetal, servicios ecosistémicos, SIG, cuidado, conservación y manejo sustentable.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “MULTITEMPORAL EVALUATION OF THE VEGETATION COVER (2013 - 2022) OF THE MOORLANDS OF ISINLIVÍ PARISH, COTOPAXI PROVINCE”**

AUTHOR: Ugsha Toaquiza Ángel Mauricio

**ABSTRACT**

The research was conducted in the moorlands of the parish of Isinliví, Sigchos canton, Cotopaxi province. The objective was to carry out a multitemporal evaluation of the change in vegetation cover of the moorlands over a nine-year period from 2013 to 2022. For which a comprehensive literature review of technical and geospatial criteria for the delimitation of the moors was conducted, the multitemporal analysis of the distribution and changes in vegetation cover was performed using Geographic Information Systems (GIS) through the processing of LandSat 8 satellite images, applying the CORINE Land Cover methodology adapted in Ecuador considering the protocol and guidelines established by the MAE, MAGAP and National Secretariat of Planning and Development for the classification of vegetation cover and land use of Continental Ecuador and mapping. The Isinliví moorlands are considered from 3200 masl and five cover classes were determined: herbaceous, shrub, agricultural, soil without vegetation cover and anthropic zone, during the study period had changes in vegetation cover 42.75% of the total delimited moor, the agricultural land had significant changes that has an increase of 363.19 ha amounting to a total of 1391.505 ha representing 26.66 % of the moor and the coverage that has the greatest loss is the shrub vegetation of 253.04 ha. It is concluded that during the study period there is an advance of the agricultural frontier towards the higher parts of the moor, being the cover that has the greatest expansion, replacing the natural vegetation, which influences the decrease in the capacity of ecosystem services provided by the moors to the population of the locality, mainly in the decrease of water supply for human consumption and irrigation.

**KEYWORDS:** Highland, Vegetation cover, Ecosystem services, GIS, Care, Conservation and sustainable management.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
TABLA DE FIGURAS .....	xvi
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5 OBJETIVOS.....	6
5.1 General.....	6
5.2 Específicos .....	6
6 ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA.....	9
7.1 Páramos.....	9
7.2 Cobertura vegetal.....	10
7.3 Cambios de la cobertura vegetal.....	10
7.4 El cambio de uso del suelo .....	10
7.5 Biodiversidad .....	11
7.6 Servicios ecosistémicos .....	11

7.7	Vulnerabilidad ambiental.....	11
7.8	Leyenda de la cobertura de la tierra.....	12
7.9	Vegetación herbácea .....	12
7.10	Vegetación arbustiva.....	13
7.11	Tierra agropecuaria .....	13
7.12	Suelo sin cobertura vegetal .....	13
7.13	Zona antrópica .....	13
7.14	Sistemas de información geográfica .....	13
7.15	ArcGIS Desktop.....	14
7.16	USGS Earth Explorer.....	14
7.17	Teledetección .....	14
7.18	Sensores remotos .....	15
7.19	Imágenes satelitales LandSat 8 .....	16
7.20	Procesamiento de las imágenes satelitales .....	16
7.21	Preprocesamiento.....	17
7.22	Corrección atmosférica .....	17
7.23	Interpretación digital de las imágenes satelitales.....	17
7.24	Matriz de confusión .....	17
7.25	Matriz de transición .....	18
7.26	Tasa de cambio .....	18
7.27	Análisis multitemporal.....	19
8	MARCO LEGAL .....	19
8.1	Constitución de la República del Ecuador registro oficial 449 del 20 de octubre de 2008.	19
8.2	Código Orgánico Ambiental COA Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017	22
8.3	Reglamento del Código Orgánico Ambiental (RCOA) Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.-2019 .....	23

8.4	Código Orgánico de Organización Territorial COOTAD Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010 .....	25
8.5	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014 .....	26
9	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	27
10	METODOLOGÍA.....	27
10.1	Metodología de la investigación .....	27
10.1.1	Método inductivo.....	27
10.1.2	Método deductivo .....	28
10.1.3	Revisión Bibliográfica.....	28
10.1.4	Método Cuantitativa .....	28
10.1.5	Método Descriptiva .....	29
10.2	Metodología Cartográfico.....	29
10.3	Metodología Corine Land Cover .....	30
10.4	Adquisición de datos.....	31
10.5	Asignación temática Nivel I.....	36
10.6	Represamiento de datos .....	36
10.6.1	Combinación de bandas.....	36
10.6.2	Corrección atmosférica.....	37
10.6.3	Técnica Pansharpening .....	38
10.7	Procesamiento de datos.....	38
10.7.1	Corte de los datos de entrada para el procesamiento de las imágenes .....	38
10.7.2	Clasificación supervisada .....	39
10.7.3	Evaluación de la exactitud temática .....	40
10.7.4	Matriz de transición .....	41
10.8	Cálculo del cambio de la cobertura vegetal .....	43
10.9	Elaboración de mapas del cambio de la cobertura vegetal .....	43

11	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	44
11.1	Delimitación del área de estudio.....	44
11.2	Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal.....	46
11.2.1	Clasificación de la cobertura vegetal 2013.....	46
11.2.2	Clasificación de la cobertura vegetal 2022.....	50
11.2.3	Cambios de la cobertura vegetal 2013 – 2022.....	53
11.3	Porcentaje y su dinámica de cambio de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 55	
11.4	Informaciones geográficas del cambio de cobertura vegetal .....	60
11.5	Discusión de resultados .....	64
12	IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES y ECONÓMICOS.....	67
12.1	Impactos técnicos.....	67
12.2	Impactos sociales .....	67
12.3	Impactos ambientales.....	68
12.4	Impactos económicos.....	68
13	CONCLUSIONES.....	69
14	RECOMENDACIONES .....	70
15	BIBLIOGRAFÍA.....	71
16	ANEXOS.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación .....	3
<b>Tabla 2</b>	Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados .....	6
<b>Tabla 3</b>	Características de las bandas de LandSat 8.....	16
<b>Tabla 4</b>	Leyenda temática de la cobertura y uso de la tierra establecida por el Ministerio de Agricultura.....	36
<b>Tabla 5</b>	Matriz de confusión para validar la clasificación de la cobertura vegetal .....	41
<b>Tabla 6</b>	Matriz de transición para determinar los cambios de la cobertura vegetal .....	42
<b>Tabla 7</b>	Matriz de cambio durante el periodo de estudio 2013 – 2022 de la cobertura vegetal	43
<b>Tabla 8</b>	Área en hectáreas (Ha) de la delimitación del páramo de Isinlivi .....	45
<b>Tabla 9</b>	Matriz de confusión de la clasificación de cobertura del año 2013 .....	48
<b>Tabla 10</b>	Área en hectáreas (Ha) de la clasificación de la cobertura del año 2013 .....	49
<b>Tabla 11</b>	Matriz de confusión de la clasificación de cobertura del año 2022.....	51
Nota: Validación de la clasificación mediante el cálculo de índice del Kappa y su precisión del año 2022. Elaborado por: Ugsha (2023).....		
<b>Tabla 12</b>	Área en hectáreas (Ha) de la clasificación de la cobertura del año 2022 .....	52
<b>Tabla 13</b>	Matriz de transición de los cambios de la cobertura vegetal 2013 – 2022.....	55
Nota: Se determina los cambios generados entre las coberturas vegetales y áreas de conservación en la misma cobertura. Elaborado por: Ugsha (2023).....		
<b>Tabla 14</b>	Áreas de cambio y conservación de las coberturas entre los años 2013 y 2022	57
<b>Tabla 15</b>	Cambios de las coberturas vegetales generados entre los años 2013 y 2022.....	58

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Espectro visible para el ojo humano de las imágenes satelitales. ....	15
<b>Figura 2</b>	Esquema metodológico CORINE Land Cover para el análisis multitemporal de la cobertura vegetal.....	31
<b>Figura 3</b>	Descarga de las capas Shape de las delimitaciones políticas. ....	32
<b>Figura 4</b>	Descarga de la imagen DEM de la página web ASF Data Search.....	33
<b>Figura 5</b>	Descarga de las imágenes satelitales de la página USGS de los años 2013 y 2022. 34	
<b>Figura 6</b>	Imagen satelital descargada del año 2013 .....	35
<b>Figura 7</b>	Imagen satelital descargada del año 2022.....	35
<b>Figura 8</b>	Combinación de las bandas con la herramienta “Image Analysis”.....	37
<b>Figura 9</b>	Correcciones atmosféricas a las imágenes satelitales. ....	38
<b>Figura 10</b>	Datos de entrada para el procesamiento de las imágenes satelitales. ....	39
<b>Figura 11</b>	Toma de muestra de los píxeles para la clasificación supervisada.....	40
<b>Figura 12</b>	Requisitos Mínimos de Información Marginal para la Cartografía Temática....	44
<b>Figura 13</b>	Ubicación geográfica del área de estudio “Páramos de Isinliví” .....	46
<b>Figura 14</b>	Mapa de clasificación de la cobertura vegetal del año 2013. ....	47
<b>Figura 15</b>	Representación gráfica de las áreas de clasificación de la cobertura de año 2013 49	
<b>Figura 16</b>	Mapa de clasificación de la cobertura vegetal del año 2022. ....	50
<b>Figura 17</b>	Representación gráfica de las áreas de la clasificación de la cobertura del año 2022. 52	
<b>Figura 18</b>	Mapa de cambios de la cobertura vegetal 2013 y 2022.....	53
<b>Figura 19</b>	Mapa de cambio y conservación de las coberturas entre los años 2013 y 2022.	56
<b>Figura 20</b>	Representación gráfica de las áreas de cambio y conservación. ....	57
<b>Figura 21</b>	Disminución y aumentos de las coberturas vegetales generadas entre 2013 – 2022. 59	



<b>Figura 22</b>	Dinámica geográfica de los cambios de la cobertura vegetal 2013 y 2022.....	60
<b>Figura 23</b>	Información geográfica de clasificación de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013.	61
<b>Figura 24</b>	Información geográfica de clasificación de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2022.	62
<b>Figura 25</b>	Información geográfica de los cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013 – 2022.....	63
<b>Figura 26</b>	Dinámica de los cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013 – 2022.	64

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Comparación Multitemporal de las áreas de páramos de los años 1970 y 2011 de la provincia de Cotopaxi.....	79
<b>Anexo 2</b>	Bandas descargadas del año 2013 .....	80
<b>Anexo 3</b>	Bandas descargadas del año 2022 .....	80
<b>Anexo 4</b>	Ráster descargada del área de estudio de 12.5m de píxeles.....	81
<b>Anexo 5</b>	Herramienta GEOBIA LandSat 8 descargada para realizar corrección atmosférica. 81	
<b>Anexo 6</b>	Bandas aplicadas Pansharpening de 15m de píxeles del año 2013 .....	82
<b>Anexo 7</b>	Bandas aplicadas Pansharpening de 15m de píxeles del año 2022.....	82
<b>Anexo 8</b>	Capas Shape de las delimitaciones políticas de parroquias, cantones y provincias 83	
<b>Anexo 9</b>	Aval del traductor de centros de idioma.....	84

## 1 INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“Evaluación multitemporal de la cobertura vegetal (2013 - 2022) de los páramos de la parroquia Isinliví, provincia de Cotopaxi”

**Fecha de inicio:** 10 de abril del 2023.

**Fecha de finalización:** 10 de agosto del 2023.

**Lugar de ejecución:** Páramos de Isinliví, parroquia Isinliví, cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:** Ciencias Agropecuaria y Recursos Naturales - CAREN

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Ambiental

**Proyecto de investigación vinculada:** Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y local.

**Equipo de trabajo:**

Nombre del investigador: Ángel Mauricio Ugsha Toaquiza

Tutor: Marco Antonio Rivera Moreno

Lector 1. Mg. Jaime Lema

Lector 2. Mg. José Agreda

Lector 3. Mg. Vladimir Ortiz

**Área de conocimiento:** Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

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

**Sub líneas de investigación de la Carrera:** Manejo y conservación de la biodiversidad.

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

## 2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Ecuador es uno de los países reconocidos a nivel mundial por su gran biodiversidad florística y faunística que posee en su territorio, estos paisajes naturales están determinados por factores climáticos como la precipitación y la temperatura y por las actividades antropogénicas. La provincia de Cotopaxi tiene una temperatura media anual de 12° C, a lo largo de su territorio cuenta con clima frío, templado y cálido húmedo, posee grandes paisajes que contempla la Cordillera de los Andes, Valle Interandino y una parte del subtrópico, a lo largo del tiempo estos ecosistemas han sufrido alteraciones androgénicas y naturales generando la degradación ambiental, marcando una tendencia de pérdida de la vegetación natural a nivel de su territorio Cotopaxi.

Los páramos cumplen un rol fundamental para la subsistencia de los seres vivos sobre la tierra, donde radica la acumulación de la materia orgánica y humedales, siendo ecosistemas estratégicos que dispone de varios servicios ambientales para el abastecimiento de las comunidades locales, en estos ecosistemas únicos existen gran cantidad de especies endémicas que están en peligros de extinción, por lo cual es importante la conservación y manejo sustentable de los páramos. Los servicios ecosistémicos que proveen los páramos son esenciales por su capacidad de interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos superficiales y subterráneos que garantiza la producción de alimentos para la población, almacenamiento del carbono y como un ente de mitigación del cambio climático.

En la actualidad los páramos enfrentan una amenaza constante, por el creciente avance de la frontera agrícola, por la actividad ganadera, por las concesiones mineras, quema de pajonales, por el desconocimiento y la inconsciencia de la sociedad sobre la funcionalidad que cumplen de los páramos para la subsistencia de la vida. Evaluar el cambio de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví es de vital importancia, los páramos son fuentes vitales de agua que provee a la población urbana y 14 comunidades rural de la parroquia, garantizando la seguridad hídrica en su disponibilidad y calidad para las generaciones actuales y futuras.

Mediante la evaluación multitemporal de la cobertura vegetal se determinó los cambios y distribución de la cobertura vegetal de los páramos mediante la generación de información técnica y científica, tanto como la elaboración de mapas, es indispensable conocer el estado actual de los páramos así implementar planes, programas y proyectos de cuidado, conservación

y manejo sustentable de los páramos, para garantizar su funcionalidad y servicios ecosistémicos para el equilibrio de la vida ante tanta destrucción ambiental.

El objetivo de la investigación es contribuir con la información técnica y científica, como una herramienta importante para una adecuada planificación, toma de decisiones, estructurar los planes, programas y proyectos para la conservación y manejo sustentable de los páramos, mitigar el cambio climático y los problemas ambientales, a través la generación de políticas públicas a partir del conocimiento del estado actual de la cobertura vegetal y los patrones de cambio de manera participativa con los actores y autoridades locales, frente a las condiciones actuales y la tendencia de cambio de la cobertura vegetal que presentan los páramos de la parroquia Isinliví, es necesario estructurar medias para su conservación y manejo sostenible.

### 3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Beneficiarios directos:** Las catorce comunidades indígenas, quienes poseen los páramos en sus territorios.

**Beneficiarios indirectos:** La población en general de la parroquia Isinliví, instituciones gubernamentales y no gubernamentales quienes trabajan en aspectos ambientales para su cuidado, conservación y manejo sustentable de los páramos.

Estimación de los beneficiarios directos e indirectos de la investigación según los datos de INEC 2010:

**Tabla 1**

*Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación*

BENEFICIARIO DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Habitantes de la Parroquia de Isinliví	Habitantes de Cantón Sigchos:
Hombres: 1625	Hombres: 10991
Mujeres: 1602	Mujeres: 10.953
Total, de beneficiarios directos: 3227	Total, de beneficiarios indirectos: 21.944

*Nota:* Datos tomados de PDOT del cantón Sigchos. Elaborado por Ugsha (2023).

#### 4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A nivel global se vislumbran dos grandes problemas desde el punto de vista ambiental: el primero se refiere a la denominada crisis de agua que los países viven en la actualidad y que la mayoría de las naciones están propensas a padecer, pues el recurso se ha ido degradando paulatinamente durante siglos; el segundo problema, está referido al cambio climático, que trae como consecuencia una alteración en la temperatura media del planeta como consecuencia de las actividades antropogénicas que degradan los recursos naturales de manera irracional (Vargas & Rosales, 2014).

Las condiciones ambientales y su deterioro afectan y determinan la calidad de vida de los seres vivos sobre la tierra ya sea de manera directa o indirecta (Chuncho & Chuncho, 2019). Según el autor Paiter (2013), menciona que los científicos afirman que la forma en que los páramos reaccionan al cambio climático podría tener un impacto mucho más grande en el suministro de agua para algunas ciudades que el derretimiento de los glaciares, uno de los grandes problemas que enfrentan los páramos es que las temperaturas globales más altas podrían secar su suelo y su vegetación, y por lo tanto reducir su capacidad de atrapar los excedentes de agua en la temporada de lluvias y liberarla en la estación seca.

Los páramos del Ecuador han sufrido cambios severos por las actividades agrícolas, ganaderas, quema de pajonales y por las actividades mineras e industriales, entre otras, esto degrada la diversidad biológica y sus servicios ecosistémicos que satisface las necesidades de la población. Los autores Chuncho & Chuncho (2019), afirman que en la actualidad en Ecuador se han concesionado áreas de páramo para la minería, considerando los proyectos mineros en ejecución, además de las concesiones mineras que están en curso, más del 28 % del páramo andino podría ser afectado por la minería en el país.

Los páramos de la provincia de Cotopaxi, mediante una comparación multitemporal uso del suelo de los años 1979 y 2011, afirma que hay una tendencia marcada hacia la pérdida de la vegetación natural, de bosques nativos, páramos y matorrales, de manera general, se puede indicar que entre el año 1979 y el año 2011, el ritmo de cambio de los páramos fue de alrededor de 1.700 Ha. por año, y 1.900 Ha. de bosques nativos por año, es decir 4,65 y 5,20 Ha por día respectivamente (PDYOT Cotopaxi, 2020)

La parroquia Isinliví enfrenta varios problemas ambientales generados de manera natural y antropogénica, donde el 80% de PEA de la parroquia se dedica a las actividades

agrícolas, ganaderas, silvicultura y pesca según los datos que determina en el PDOT de la parroquia. El avance de la frontera agrícola disminuye la extensión de los páramos, de tal manera que amenaza el abastecimiento de recursos hídricos utilizados para el consumo humano, riego y para otras actividades productivas comunitarias que realizan dentro de la parroquia.

Según los datos del MAE se tiene en sus registros que la superficie en hectáreas de deforestación entre los años 2016 – 2018 es de 5,49 hectáreas del territorio parroquial, poniendo en peligro de extinción las especies de flora y fauna. La explotación y el deterioro de los bosques en la parroquia han causado pérdidas importantes de su biodiversidad, provocando la disminución de las fuentes de agua. La tala inmoderada de árboles, los incendios forestales, la práctica del pastoreo y el desmonte, son sus principales depredadores. Otro factor importante es el crecimiento de la población y económico que ha experimentado la parroquia, generando la degradación de los recursos naturales (PDOT Isinliví, 2021).

El deterioro de la cobertura vegetal de los páramos, reduce las funcionalidades de los páramos y genera vulnerabilidad del lugar, debido a que sus potencialidades y sus servicios ecosistémicos que provee a la sociedad se ven afectadas negativamente y disminuye sus capacidades. Uno de los problemas fundamentales que posee en las comunidades indígenas, es el desconocimiento y la inconsciencia sobre los impactos ambientales que se genera a través de sus actividades productivas, por ello es de vital importancia trabajar con los actores principales de la localidad quienes se encuentran relacionadas de manera directa con las áreas donde existe los páramos, con el objetivo de proporcionar la información técnica mediante el cual generar espacios de trabajo participativo y colectivo para la conservación y manejo sustentables de estos ecosistemas de alta montaña. Según La Gaceta (2021), los megaproyectos mineros podrían dejar sin agua de consumo. El objetivo sería hacer una mina de oro, plata y cobre, que se construiría sobre 10.784 hectáreas que agrupan a tres concesiones ubicadas en tres de las cinco parroquias: Isinliví, Chugchilán y Fraylejón., esto afectaría gravemente el ecosistema que se encuentra a su alrededor.

## 5 OBJETIVOS

### 5.1 General

- Evaluar el cambio de la cobertura vegetal desde el enfoque multitemporal (2013 – 2022) de los páramos de la parroquia de Isinliví, provincia de Cotopaxi.

### 5.2 Específicos

- Definir de manera cartográfica los límites geográficos de los páramos del área de estudio, bajo los criterios técnicos y geoespaciales, con el propósito de facilitar su identificación, gestión y conservación del ecosistema.
- Determinar el estado de la cobertura vegetal mediante la generación de información geoespacial de los páramos de Isinliví para su análisis multitemporal.
- Generar mapas de la distribución y cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví entre los años 2013 y 2022 para la identificación geográfica.

## 6 ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2**

*Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados*

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
O.1.- Definir de manera cartográfica los límites geográficos de los páramos del área de estudio, bajo los criterios técnicos y geoespaciales, con el propósito de facilitar su identificación, gestión y conservación de ecosistemas.	A1: Revisión bibliográfica integral de los criterios técnicos y geoespaciales de la delimitación de los páramos. A2: Descarga de las capas Shape de las delimitaciones políticas de las parroquias, cantones y provincias. A3: Adquisición y selección del DEM del área de estudio.	M1: Revisión bibliográfica del uso del suelo y cobertura vegetal establecidas por MEA con el apoyo de Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo y del Sistema Nacional de Información M2: Metodología Cartográfica mediante el uso de software ArcGIS.	Delimitación de páramos de la parroquia de Isinliví



---

	<p>A4: Proyección de la delimitación de la parroquia Isinliví y las altitudes que comprenden mediante curvas de nivel en ArcGIS.</p> <p>A5: Delimitar y recortar la parroquia Isinliví a una altura de 3200 msnm que se considera páramo bajo los criterios técnicos establecidos por el Ministerio del Ambiente.</p>		
<p>O.2.- Determinar el estado de la cobertura vegetal mediante la generación de información geoespacial de los páramos de Isinliví para su análisis multitemporal.</p>	<p>A6: Adquisición y selección de las imágenes satelitales de los periodos de estudio.</p> <p>A7: Preprocesamiento de las imágenes satelitales mediante el uso de software ArcGIS como la: combinación de mandas, corrección atmosférica y recortes de las capas Shape y ráster del área de estudio.</p> <p>A8: Procesamiento de las imágenes satelitales; clasificación de la cobertura vegetal en consideración de leyenda Nivel I establecida por MAG (2020) de los años de estudios de los páramos de Isinliví.</p>	<p>M3: Se realizará mediante la aplicación de la metodología Corine Land Cover considerando el Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental establecidas por MAE y MAGAP en el año 2015.</p> <p>M4: Para determinar la leyenda temática de la clasificación de la cobertura vegetal se realizó mediante la aplicación de la “Metodología Unificada Del Levantamiento De Cobertura Y Uso” establecida por MAG (2020).</p> <p>M5: Aplicación de la matriz de confusión y</p>	<p>Análisis espacial y temporal de la distribución y los cambios generados en la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013 – 2023</p> <p>Cálculos de la variación de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví.</p>

---

---

<p>A9: Validación de mapas de clasificación de los dos años de estudio.</p> <p>A10: Realizar cálculos matemáticos de las áreas en hectáreas (Ha) y en porcentajes.</p> <p>A11: Representación gráfica de la distribución y cambios de la cobertura vegetal en Excel.</p> <p>A12: Análisis multitemporal de la distribución y cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013 y 2022.</p> <p>A13: Determinar la dinámica de cambio de la cobertura vegetal mediante la elaboración de matrices en hectáreas y porcentajes.</p> <p>A14: Interpretación de los mapas generados a través de procesamiento de imágenes satelitales de la distribución y transformación durante el periodo de estudio.</p> <p>A15: Elaboración de matrices de cálculo de las pérdidas y ganancias de las</p>	<p>transición para la validación de las clasificaciones y la matriz de transición para determinar los cambios de la cobertura con los datos generados en ArcGIS mediante el uso de Excel</p> <p>M6: Se determinará mediante la elaboración de la matriz de cambio y mediante cálculos matemáticos con el uso de Microsoft Excel, con los datos generados en ArcGIS.</p>
--	---

---

---

	cinco clases de las coberturas establecidas.		
	A16: Integración y análisis de datos multitemporales de imágenes satelitales.		
O.3.- Generar mapas de la distribución y cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví entre los años 2013 y 2019 para la identificación geográfica.	A17: Revisión del formato y sus alineamientos que faciliten la interpretación a los lectores, establecidas por la SNPD en el año 2020. A18: Proyección de curvas de nivel, delimitación del páramo a partir de 3200 msnm. A19: Elaboración de los mapas de la distribución y dinámica de cambio de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví.	M7: Se generó mapas de las clasificaciones y cambios de la cobertura vegetal mediante el uso de la metodología establecida por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.	Información geográfica de la distribución y dinámicas de cambios de las coberturas vegetales de los páramos de Isinliví.

---

## 7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA

### 7.1 Páramos

EL páramo es un ecosistema neotropical ubicado entre el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas este ecosistema se localiza a lo largo de las cordilleras o en picos aislados, y su altitud oscila alrededor de los 3.000 a 5.000 metros aproximadamente (Mena & Castillo, 2011). Hidrológicamente este ecosistema presenta una buena regulación de los caudales bases, como resultado de la interacción de los componentes precipitación, humedad del suelo y evapotranspiración, garantiza el abastecimiento permanente del recurso hídrico para la población de la localidad (Torres & Proaño, 2018). En el territorio ecuatoriano tienen una altura

promedio de 3300 msnm que cubre el 7 % de su superficie, y proveen servicios ecosistémicos como: recursos hídricos de calidad y sumideros de carbono (Chuncho & Chuncho, 2019).

## **7.2 Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal se define como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que comprende desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). Además, se incluyen las coberturas vegetales generadas mediante las actividades humanas como serían las áreas de cultivos, existe diversos tipos de vegetación, definidos en cierto grado por parámetros físico ambientales, biológicos y edáficos (Maza, 2009).

## **7.3 Cambios de la cobertura vegetal**

El cambio de la cobertura vegetal es toda aquella modificación o alteración que presenta en la distribución, estructura y composición de la vegetación de la superficie terrestre en un área determinada a lo largo del tiempo. El cambio de la cobertura vegetal es el resultado de procesos dinámicos, tales como; la deforestación, la sucesión ecológica, el avance de la agricultura, el desarrollo urbano, los incendios forestales, la fragmentación del hábitat, entre otras ya sea de origen natural o antropogénica, de manera que estos cambios pueden tener consecuencias significativas en los servicios ecosistémicos, la biodiversidad, el ciclo del agua, el clima regional y el equilibrio de los ecosistemas (Turner et al., 2007).

## **7.4 El cambio de uso del suelo**

El uso del suelo es la forma en que se emplea y se gestiona el terreno o espacio geográfico para diferentes actividades humanas, el uso del suelo comprende las prácticas y actividades humanas que involucran la ocupación y transformación de la superficie terrestre, incluyendo la selección de actividades económicas, la asignación de áreas para diversos usos, acorde a la realidad y necesidad del lugar se establece la planificación del territorio (Ferrara et al., 2009).

El cambio del uso del suelo es la variación de la función original y la cobertura de un área específica debido a la intervención humana para satisfacer las demandas y necesidades debido al crecimiento demográfico, este proceso implica la conversión de un tipo de uso del suelo, como bosques, praderas o áreas naturales, hacia otro uso, como agricultura, urbanización,

infraestructura o actividades industriales, presentando una amenaza severa a los ecosistemas, la biodiversidad, los recursos naturales y el equilibrio del medio ambiente, los factores que determinan estos cambios son socioeconómicos, políticos y ambientales (Turi et al., 2019).

### **7.5 Biodiversidad**

La biodiversidad es la variedad y diversidad de vidas que existe en un espacio determinado, abarca todas las especies de plantas, animales, hongos y microorganismos también incluye el entorno en los que habitan. La biodiversidad comprende tanto los ecosistemas terrestres como los acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, estos ecosistemas proporciona varios servicios benéficos para la preservación del medio ambiente, entre ellos están la degradación de desechos orgánicos, la formación de suelos y el control de la erosión, la fijación del nitrógeno, el incremento de los recursos alimenticios, el control biológico de plagas, la polinización de las plantas, la elaboración de medicinas farmacéuticas y naturistas, entre otras (Universidad de Caldas, 2011).

### **7.6 Servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que obtienen las poblaciones humanas de las funciones del ecosistema para satisfacer sus necesidades, es así que la ONU establece como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (Avendaño et al., 2020). Los servicios ambientales son componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados que se realizan con el objetivo de aumentar el bienestar humano, tomando en cuenta la demanda de los beneficiarios y la dinámica de los ecosistemas (Balvanera et al., 2015).

Los ecosistemas proveen una serie de beneficios valiosos a la humanidad. Estos beneficios incluyen la generación de alimentos y medicinas, la regulación del clima y control de enfermedades, la disponibilidad de suelos fértiles y recursos hídricos, la protección ante desastres naturales, espacios de recreación, la preservación del patrimonio cultural y beneficios de índole espiritual (Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), 2018).

### **7.7 Vulnerabilidad ambiental**

La vulnerabilidad ambiental o ecológica es la capacidad de respuesta de un ecosistema ante los efectos directos o indirectos de origen antrópico, como el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad, además, esta vulnerabilidad incluye la capacidad del medio ambiente

para adaptarse internamente a estos cambios. El medio ambiente como un sistema vivo tiene su propia dinámica, ciclos propios, la forma en que se ajusta de manera interna a sus propios cambios y transformaciones que garantiza su equilibrio, sin embargo, la relación contradictoria del hombre con la naturaleza, el uso irracional de los recursos naturales, por el avance industrial esto se ha visto severamente alterado (Flores & Díaz, 2013).

La vulnerabilidad socio-ambiental es una condición sistémica en la interacción del hombre y el medio ambiente, esta vulnerabilidad se manifiesta cuando los grupos humanos se encuentran expuestos en zonas de riesgo, teniendo como resultado un desastre de origen natural ocasionando así la pérdida del bienestar, la misma que dependen del medio ambiente, vivienda, salud, empleo, educación, entre otros aspectos (Padilla et al., 2021).

### **7.8 Leyenda de la cobertura de la tierra**

Es el área del mapa donde se describen los símbolos utilizados en la temática tratada. La leyenda es indispensable para la comprensión del documento; no debe faltar en ella ninguno de los símbolos que aparecen en el mapa, así como tampoco ninguna de las unidades. Se deben utilizar frases concisas y palabras sencillas en la explicación de los símbolos, aplicando jerarquías adecuadas. Dependiendo de la complejidad del mapa, las leyendas pueden variar de tamaño (IGAC, 1998).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020), establece la leyenda para la determinar el uso de la tierra y cobertura vegetal de manera jerárquica según sus niveles de clasificación, en la cual en el Nivel I se establece: tierra arbustiva, tierra herbácea, tierras agropecuarias, zona antrópica y suelo sin cobertura vegetal.

### **7.9 Vegetación herbácea**

“Las plantas herbáceas son aquellas que no desarrollan tallos ni estructuras leñosas, como sí lo hacen árboles y arbustos. Pertenecen a un grupo muy extenso en el planeta, siendo muy comunes tanto en el campo como en ambientes urbanos” (Moreno, 2018).

Según M Belén Acosta (2021), menciona que son las hierbas que caracteriza por la ausencia de tallos leñosos, los tallos y hojas de los vegetales son de color verde muchas de ellas contienen propiedades medicinales que es consumida como en aceite esencial o a su vez en infusión.

### **7.10 Vegetación arbustiva**

Un arbusto es una especie vegetal de tipo leñoso, es decir, que tiene sus tallos y sus ramas duras y rígidas, lignificadas, que alza su estructura no sobre un único tronco, como los árboles, sino con ramificaciones que se dividen ya desde su base a ras de suelo o incluso por debajo (Acosta, 2021).

Según Acosta (2021), menciona que la vegetación que arbustivas son consideradas especies de gran resistencia frente a los cambios climáticos. Además, la altura máxima se puede llegar a medir hasta los 6 metros según su especie.

### **7.11 Tierra agropecuaria**

Se define como toda extensión de tierra utilizada total o parcialmente para actividades agrícolas, pecuarias o forestales, sin consideración de título, tamaño ni ubicación, por un productor y los miembros de su vivienda. No obstante, si un miembro de la vivienda de un productor trabaja un terreno separado, se tratará como una unidad de explotación agropecuaria independiente y puede constar de una o varias fincas (ONU, 2021).

### **7.12 Suelo sin cobertura vegetal**

Según MAE (2018), menciona que el suelo sin cobertura herbácea son espacios en la cual carecen de vegetación la misma se debe a las limitaciones como edáficas, climáticas y topográficas, el área que comprende de este tipo de suelo no es utilizada para actividades pecuarias o forestales. Sin embargo, esta superficie puede tener uso para glaciación y hielos en las cumbres de las elevaciones andinas.

### **7.13 Zona antrópica**

Cuando hablamos del sistema antrópico nos referimos a los cambios que sufre la naturaleza por acciones realizadas por el hombre. Muchas de estas actividades han causado gran daño en el medio ambiente. Algunos de los elementos que se han desarrollado debido a la evolución del hombre son: más industrias, nuevas tecnologías y crecimiento urbanístico (Ortiz, 2022).

### **7.14 Sistemas de información geográfica**

Los sistemas de información geográfica (SIG) es una herramienta tecnológica que proporciona datos georreferenciados, y atributos que permiten analizar, visualizar y gestionar

información geográfica, su enfoque de aplicación es en la cartografía, la planificación territorial, el análisis ambiental, la gestión de recursos, entre otros aspectos (Olaya, 2014).

Según Sarría (2020), afirma que las herramientas SIG permiten capturar, almacenar, manipular, analizar y presentar datos georreferenciados y características geográficas de objetos y fenómenos en cualquier espacio de la Tierra.

### **7.15 ArcGIS Desktop**

Es un software SIG (Sistema de Información Geográfica) avanzada, desarrollado por la empresa ESRI para la visualización, análisis y gestión de datos geo-espaciales para resolver problemas complejos geográficos de manera efectiva. ArcGIS Desktop es una herramienta que permite crear, analizar, administrar y compartir información geográfica con el fin de cooperar con la información técnica y científica a las entidades correspondientes, para una buena toma de decisiones y planificación territorial (ESRI, 2002).

### **7.16 USGS Earth Explorer**

Earth Explorer Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) es una de las mayores fuentes gratuitas de imágenes de satélite y datos LiDAR. En la búsqueda se pueden introducir diferentes criterios (fechas, porcentaje de nubes, path/row, sensor, etc.) permite a los usuarios acceder y descargar datos geoespaciales y recursos relacionados con la Tierra, que son aplicadas por los investigadores, científicos, profesionales y el público en general relacionados a los datos geográficos y cartográficos (Morales, 2023).

### **7.17 Teledetección**

La teledetección espacial o percepción remota es la observación de la Tierra mediante sensores remotos montadas en plataformas como satélites, aviones o drones, que registran la energía electromagnética reflejada, esto permite obtener información sobre las propiedades físicas de los objetos, los fenómenos geológicos, los recursos naturales y las actividades antrópicas en base a mediciones y observaciones realizadas desde cierta distancia, la información que se obtiene mediante estos procesos se utiliza para comprender y analizar los fenómenos de la superficie terrestre o de la atmósfera (Soria, 2016).

El empleo de herramientas como la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten procesar y analizar para comprender aspectos como el uso del suelo, los cambios en la vegetación, la calidad del agua, la temperatura de la superficie, la composición

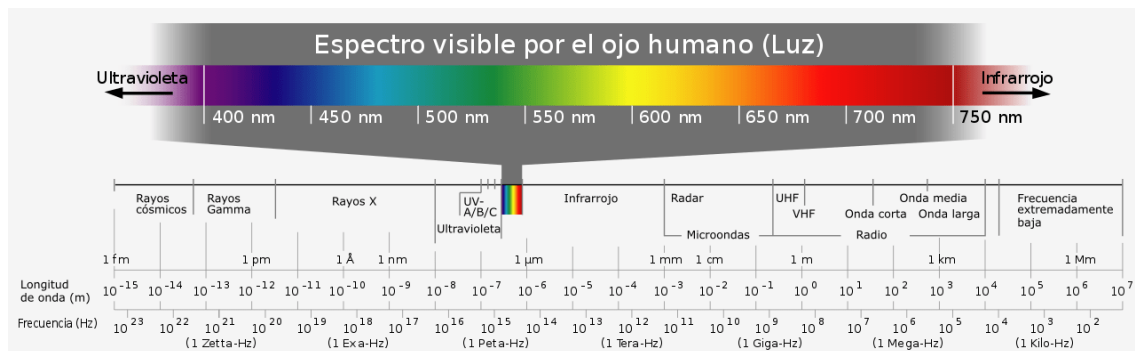


de la biodiversidad, entre otras aspectos y características lo que contribuye al proceso de toma de decisiones para una correcta planificación del recurso (Instituto Geográfico Nacional, 2023).

La teledetección se registra en diferentes bandas del espectro electromagnético, lo que genera una imagen monocroma que podemos visualizar en escala de grises con una paleta de 256 tonos, donde cada pixel de la imagen puede contener un valor que oscila entre el negro (valor 0) y el blanco (valor 256) como se observa en la Figura 1 (Alonso, 2019).

**Figura 1**

*Espectro visible para el ojo humano de las imágenes satelitales.*



*Nota:* Interpretación de la reflectancia para la clasificación de las imágenes satelitales. Fuente: Alonso (2019).

## 7.18 Sensores remotos

Los sensores remotos son herramientas esenciales para la captura de datos que serán incorporados a un SIG y para el monitoreo en tiempo real de condiciones ambientales, permite estudiar respuestas y cambios en las comunidades vegetales frente a cambios climáticos graduales en su composición (FAO, 2010).

Según Kogut (2021), menciona que los sensores remotos son dispositivos capaces de detectar la energía emitida, transmitida o reflejada por un objeto o superficie en su mayoría de estos dispositivos de teledetección emplean microondas, ya que son relativamente inmunes a las condiciones meteorológicas que operan en diferentes rangos del espectro electromagnético, como el visible, infrarrojo, térmico, radar o incluso microondas.

### 7.19 Imágenes satelitales LandSat 8

Las imágenes satelitales LandSat 8 son una serie de imágenes espaciales de alta resolución que se puede obtener y descargar de manera gratuita con resoluciones espaciales de 15 metros por píxel (GISADMINBEERS, 2019).

Landsat 8 es un satélite de observación de la Tierra construido, lanzado y operado en la colaboración de la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) desde el 11 de febrero de 2013, el vehículo Atlas-V que transporta el satélite LDCM (Landsat Data Continuity Mission) fue lanzado desde el buque USS Vandenberg, siendo una fuente importante de datos geoespaciales que se utiliza en diferentes campos de administración e investigación (EOSDA LANDVIEWER, 2021).

**Tabla 3**

*Características de las bandas de LandSat 8*

Landsat 8 Banda	Sensor	Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolución Espacial (m)	Resolución Radiométrica
B1 - Ultra azul (costero / aerosol)	OLI	0.43 - 0.45	30	16 bits
B2 - Azul	OLI	0.45 - 0.51	30	16 bits
B3 - Verde	OLI	0.53 - 0.59	30	16 bits
B4 - Rojo	OLI	0.64 - 0.67	30	16 bits
B5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	OLI	0.85 - 0.88	30	16 bits
B6 - Onda corta infrarroja (SWIR) 1	OLI	1.57 - 1.65	30	16 bits
B7 - Onda corta infrarroja (SWIR) 2	OLI	2.11 - 2.29	30	16 bits
B8 - Pancromática	OLI	0.52 - 0.90	15	16 bits
B9 - Cirrus	OLI	1.36 - 1.38	30	16 bits
B10 - Infrarrojo térmico 1	OLI	10.60 - 11.19	100	16 bits
B11 - Infrarrojo térmico 2	OLI	11.50 - 12.51	100	16 bits

*Nota:* Datos de las imágenes satelitales utilizadas para la clasificación. Fuente: (EOSDA, 2023).

### 7.20 Procesamiento de las imágenes satelitales

El procesamiento de las imágenes digitales es la aplicación de una serie de técnicas y métodos implementadas con el objetivo de mejorar, corregir, analizar, extraer y visualizar datos de las imágenes captadas por los sensores a bordo de los satélites, para su uso y aplicación en diversos campos (Stocker & Qin, 2013). Según los autores Fernández & Rincón (2020), determinan que mediante la ejecución de este proceso se mejora la calidad de la imagen, que

facilita una mejor identificación y el análisis de patrones y características geográficas captadas por las imágenes satelitales.

### **7.21 Preprocesamiento**

El preprocesamiento de las imágenes satelitales consiste en corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen con el objetivo de optimizar su interpretación de datos numéricos y geográficos, mediante una mejora de la calidad de las imágenes adquiridas por satélites (Lillesand et al., 2015). Mediante este proceso eliminará cualquier distorsión o anomalía que presenten en las imágenes satelitales pueda afectar la calidad de los resultados de análisis posteriores (IDEAM, 2015).

### **7.22 Corrección atmosférica**

La radiación electrogénica es notablemente afectada por la influencia de varios componentes de la atmósfera terrestre. La presencia de los aerosoles y el vapor de agua distorsionada de forma selectiva la radiación transmitida entre la superficie y el sensor por lo que la radiancia que es finalmente detectada por el sensor no corresponde a un valor real de la superficie captada, si no que cuenta con un porcentaje de error añadido debido a la inferencia y efecto de estos aspectos atmosférico (Chuvienco, 2010).

### **7.23 Interpretación digital de las imágenes satelitales**

La interpretación digital de las imágenes satelitales es una técnica que tiene como objetivo analizar, estudiar la información extraída por satélites artificiales de percepción remota mediante el uso de las tecnologías digitales, este proceso ayuda a identificar y caracterizar elementos y fenómenos en la imagen el objetivo de interés a determinar (Knudby, 2022).

Según la UPM (2012), menciona que dentro del proceso de la interpretación de las imágenes satelitales debe considerar los rangos principales, elementos estratégicos del área con el fin de lograr una descripción concreta y específica, mas no de manera general, para una adecuada identificación se debe realizar comprende los siguientes enfoques: detectar, reconocer e identificar, analizar.

### **7.24 Matriz de confusión**

La matriz de confusión también conocida como matriz de error es una tabla de contingencia utilizada implementada en el campo de la clasificación y evaluación de modelos,

está estructurada de manera tabular la comparación entre las clases reales y las clases predichas por un modelo o algoritmo de clasificación, define la exactitud temática de cualquier producto de datos derivados de la teledetección que evalúa la calidad temática de cualquier tipo de dato espacial como parcelas catastrales, cubiertas vegetales, red viaria, base de datos topográfica (Ariza & Alba, 2018).

Según Muñoz (2016) menciona que, la matriz de confusión se define los elementos generales de calidad en la Norma ISO 19157 que establece el propósito y el uso del material cartográfico, consiste en una tabla que muestra la cantidad de veces que el modelo clasificó de manera correcta e incorrecta cada una de las clases que se están prediciendo.

Según Sánchez (2016), la matriz de confusión establece los cálculos de los siguientes errores:

- Errores de omisión (riesgos del usuario): son los elementos que perteneciendo a esa clase no aparecen en ella por estar erróneamente incluidos en otra (datos por debajo de la diagonal principal de la matriz de confusión).
- Errores de comisión (riesgos del productor): son los elementos que no perteneciendo a una clase aparecen en ella (datos por encima de la diagonal principal de la matriz de confusión).

### **7.25 Matriz de transición**

La matriz de transición es una herramienta matemática que determina la estimación de las probabilidades de cambio de estados de un componente en un periodo de tiempo determinado (INEC, 2017). Técnicamente una matriz de transición permite estudiar, analizar y representar los cambios entre diferentes estados o categorías a lo largo del tiempo, está estructurado en forma de una tabla en la que las filas representan el estado inicial (tiempo 1) y las columnas representan el estado final (tiempo 2), donde cada celda de la matriz contiene la proporción o probabilidad de transición de un estado a otro (Ossa, 2013).

### **7.26 Tasa de cambio**

La tasa de cambio es la cuantificación de la variación relativa o la velocidad a la que una cantidad cambia en un período de tiempo determinado, comúnmente se determina como el porcentaje de cambio experimentado en los tiempos establecidos, esto facilita comprender y monitorear los patrones y tendencias de transformación (François & Fernández, 2003).

### **7.27 Análisis multitemporal**

El análisis multitemporal es el estudio y la comparación de datos e información obtenidas en diferentes tiempos, mediante la interpretación de imágenes de satélite para evaluar cambios en la superficie terrestre a lo largo del tiempo (Ochoa, 2023).

El análisis multitemporal permite determinar grado de afectación de eventos naturales o antrópicos en los diferentes ecosistemas mediante una evaluación a los cambios en la vegetación, el suelo, los fenómenos naturales, la actividad humana entre otras en función de su evolución a través de fotografías aéreas, imágenes satelitales y mapas (Yaneth et al., 2017).

## **8 MARCO LEGAL**

La presente investigación se realizó en base al marco legal vigente a nivel de la normativa nacional del Ecuador que garantiza las buenas prácticas y el manejo adecuado de los recursos naturales:

### **8.1 Constitución de la República del Ecuador registro oficial 449 del 20 de octubre de 2008.**

La Constitución de la República del Ecuador (2008), garantiza leyes a favor del cuidado, conservación y manejo sostenible de ecosistemas de alta montaña:

## **TÍTULO II – DERECHOS**

### **Capítulo segundo - Derechos del buen vivir**

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

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

### **Capítulo cuarto - Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades**

**Art. 57 Literal 12.-** Mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad; sus medicinas y prácticas de medicina tradicional, con

inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger los lugares rituales y sagrados, así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.

### **Capítulo séptimo - Derechos de la naturaleza**

**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

## **TÍTULO VI - RÉGIMEN DE DESARROLLO**

### **Capítulo primero - Principios generales**

**Art. 275.-** El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del sumak kawsay.

El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente.

El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza.

## **TÍTULO VII - RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

### **Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales**

**Art. 395. -** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1.- El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

2.- Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3.- El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4.- En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

**Art. 399.** - El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

**Art. 400.** - El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional.

Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país.

**Art. 404.-** El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. Su gestión se sujeta a los principios y garantías consagradas en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento y una zonificación ecológica de acuerdo con la ley.

**Art. 406.-** El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

**Art. 407.** - Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la

Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular.

Se prohíbe todo tipo de minería metálica en cualquiera de sus fases en áreas protegidas, centros urbanos y zonas intangibles.

**Art. 411.** - El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

**Art. 412.** - La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

## **8.2 Código Orgánico Ambiental COA Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017**

El Código Orgánico Ambiental (2017) determina la normativa que garantiza el derecho de la naturaleza y regula los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución:

### **TÍTULO II - DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES**

**Art. 5.-** Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

**Literal 2.-** El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros.

**Literal 4.-** La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.

**Literal 5.-** La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración.

### **TÍTULO VI - RÉGIMEN FORESTAL NACIONAL**



## **CAPÍTULO IV - FORMACIONES VEGETALES NATURALES, PÁRAMOS, MORETALES, MANGLARES Y BOSQUES**

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

Las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos participarán en el cuidado de estos ecosistemas y comunicarán a la autoridad competente, cualquier violación o destrucción de los mismos.

**Art. 101.-** Planes e instrumentos para el ecosistema páramo. La elaboración de los planes e instrumentos de manejo y conservación del ecosistema páramo se realizarán de la siguiente manera:

**Literal 1.-** Si son páramos intervenidos donde existen y se realizan actividades agrarias y con el fin de no afectar otras áreas de páramos aledañas, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, realizará el instrumento de manejo bajo los lineamientos emitidos por la Autoridad Ambiental Nacional;

**Literal 2.-** Si son páramos no intervenidos le corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales Metropolitanos o Municipales proteger y fomentar la conservación del ecosistema; y,

**Literal 3.-** Con la participación de los actores sociales públicos y privados, así como con las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades ubicadas en su entorno. Se fortalecerá la organización y asociatividad de las comunas y comunidades.

### **8.3 Reglamento del Código Orgánico Ambiental (RCOA) Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.-2019**

El Reglamento del Código Orgánico Ambiental (2019), establece la normativa necesaria para dotar de aplicabilidad a lo dispuesto en el Código Orgánico del Ambiente, entre ellas para garantizar la protección, conservación y manejo sustentable de los páramos:

## **TÍTULO I - SISTEMA NACIONAL DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN AMBIENTAL**

### **CAPÍTULO III - INSTRUMENTOS DEL SISTEMA NACIONAL DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**Art. 28.-** Fines de la investigación ambiental. - La investigación ambiental, como instrumento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, tendrá los siguientes fines:

**Literal a.** - Desarrollar y adquirir nuevos conocimientos e información ambiental;

**Literal b.-** Contar con datos científicos y técnicos sobre el medio ambiente, con el objeto de construir políticas y estrategias ambientales nacionales; y,

**Literal c.-** Contar con una base de información científica y técnica que fundamente la toma de decisiones sobre la gestión ambiental, orientadas a prevenir y solucionar problemas ambientales, promover el desarrollo sostenible, garantizar la tutela de los derechos de naturaleza y de las personas.

## **TÍTULO VI - SERVICIOS AMBIENTALES**

### **CAPÍTULO I - DISPOSICIONES GENERALES**

**Art. 248.-** Servicios ambientales. - Los servicios ambientales producen beneficios directos o indirectos a la población, y son provistos por los ecosistemas naturales o intervenidos. Se consideran servicios ambientales los resultados que se generan de la conservación, mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas y ciclos vitales de la naturaleza.

Dichos resultados deberán ser producto de acciones u omisiones humanas. En ningún caso se podrá crear tasas para la retribución por un servicio ambiental que ocurra sin acción u omisión humana.

## **TÍTULO VII - ECOSISTEMAS FRÁGILES**

### **CAPÍTULO II - PÁRAMOS**

**Art. 261.-** Principios. - La Autoridad Ambiental Nacional expedirá una norma técnica que defina los mecanismos para la gestión de páramos, basada en los siguientes principios:

**Literal a.-** Los páramos deben ser entendidos como sistemas que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos e hidrográficos, así como aspectos socioculturales, y deben ser incluidos en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial respectivos.

**Literal b.-** Las actividades en los páramos deben desarrollarse en forma sostenible y ser compatibles con los objetivos de provisión de servicios ambientales esenciales que garanticen el mantenimiento de las poblaciones locales y la conservación de la biodiversidad.

**Literal c.-** La Autoridad Ambiental Nacional promoverá el desarrollo de acciones orientadas a estimular la investigación científica, la asistencia técnica, la transferencia e intercambio tecnológico, así como el fortalecimiento, la conservación y la protección de los conocimientos ancestrales y tradicionales, como elementos fundamentales para gestión y conservación de los ecosistemas de páramos.

**Literal d.-** Se garantizará el derecho de las comunidades que habitan los páramos a realizar las actividades sociales, económicas, ambientales y culturales, orientadas al desarrollo propio, siempre que estas contengan criterios de sostenibilidad ambiental y social.

**Literal e.-** Los ecosistemas de páramo cumplen una función fundamental para el desarrollo del país y el bienestar de la población por las fuentes hídricas contenidas en ellos y la cantidad de carbono que albergan, por lo cual en aquellas áreas alteradas por actividades humanas o naturales y que se determinen como prioritarias para la conservación, la Autoridad Ambiental Nacional deberá fomentar la restauración ecológica.

**Literal f.-** Los planes, programas, proyectos y acciones, que se pretendan establecer por parte de las autoridades competentes en los páramos, deberán estar en correspondencia con los planes de manejo de los mismos y definir actividades que garanticen la regeneración de estos ecosistemas.

#### **8.4 Código Orgánico de Organización Territorial COOTAD Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010**

El Código Orgánico de Organización Territorial (2019) establece responsabilidades y funciones ambientales a los gobiernos descentralizados:

##### **TÍTULO I - PRINCIPIOS GENERALES**

**Art. 4 Literal d.-** La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable.

##### **TÍTULO II - ORGANIZACIÓN DEL TERRITORIO**

**Art. 10.-** Niveles de organización territorial. - El Estado ecuatoriano se organiza territorialmente en regiones, provincias, cantones y parroquias rurales.

En el marco de esta organización territorial, por razones de conservación ambiental, étnico culturales o de población, podrán constituirse regímenes especiales de gobierno: distritos

metropolitanos, circunscripciones territoriales de pueblos y nacionalidades indígenas, afroecuatorianas y montubias y el consejo de gobierno de la provincia de Galápagos.

## **8.5 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014**

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2014), determinar la normativa legal para la protección y conservación de las fuentes de agua:

### **TÍTULO II - RECURSOS HÍDRICOS**

#### **CAPÍTULO I - DEFINICIÓN, INFRAESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

**Art. 12.-** Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley. (...)

#### **CAPÍTULO II - INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

**Art. 36 Literal c.-** Conservar y manejar sustentablemente los ecosistemas marino costeros, altoandinos y amazónicos, en especial páramos, humedales y todos los ecosistemas que almacenan agua.

### **TÍTULO III - DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES**

#### **CAPÍTULO III - DERECHOS DE LA NATURALEZA**

**Art. 64 Literal a.-** La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares.

## **9 VALIDACIÓN DE LA PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

¿Cómo ha transformado la cobertura vegetal de los páramos de la parroquia Isinliví durante el periodo de estudio 2013 a 2022?

Mediante la evaluación multitemporal de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví en un periodo de nueve años con la metodología aplicada CORINE Land Cover considerando los lineamientos establecidos por MAE, MAGAP y SNPD quienes son las autoridades correspondientes en el Ecuador, a través del procesamiento de las imágenes satelitales LandSat 8 con el uso del Software ArcGIS, se determina que existe una transformación de 42,75 % del total del páramo delimitado. En la figura 20 disminución y aumentos de las coberturas vegetales generadas entre 2013 – 2022, de las cinco clases de cobertura establecidas; cobertura arbustiva, herbácea, tierras agrícolas, tierra sin cobertura vegetal y zona antrópica, de las cuales la tierra agropecuaria tiene una mayor expansión de 6,97 % reemplazando a la vegetación natural del páramo, esto determina el avance de la frontera agrícola hacia las partes altas del páramo. En la figura 21 dinámica geográfica de los cambios de la cobertura vegetal 2013 y 2022 se observa de manera geográfica el avance de la frontera agrícola hacia el este y sur del páramo en el transcurso de nueve años. Según MAE citado en PDOT Isinliví (2021), afirma que la actividad agrícola representa más del 25% de la superficie total parroquial, siendo una de las principales actividades que se desarrolla las comunidades locales para generar sus ingresos económicos y satisfacer sus necesidades.

## **10 METODOLOGÍA**

La investigación se realizó basando en las siguientes metodologías que garantiza la eficiencia y veracidad del trabajo investigativo:

### **10.1 Metodología de la investigación**

#### **10.1.1 Método inductivo**

Se empleó el método de inductivo, la cual permitió interpretar y analizar las clasificaciones y cambios de la cobertura vegetal a partir de la observación de la reflectancia obtenida a través de procesamiento de las imágenes satelitales LandSat 8 en el software ArcGIS.

La metodología de investigación inductiva es un enfoque lógico en el proceso de investigación que se basa en la observación y el análisis detallado de datos específicos para generar conclusiones generales o principios más amplios, este método parte de hechos concretos y particulares para llegar a una conclusión general (Suárez, 2023).

### **10.1.2 Método deductivo**

Se aplicó el método deductivo mediante el cual se realizó la articulación de los procesos y fenómenos de la distribución y los cambios de la cobertura vegetal dadas a nivel regional permitió generar conclusiones a nivel del área de estudio, como el avance de la frontera agrícola degrada en ecosistema natural y reduce la capacidad ecosistémica que brindan los páramos.

El método deductivo permite determinar las características de una realidad particular que se estudia por derivación o resultado de los atributos o enunciados contenidos en proposiciones o leyes científicas de carácter general formuladas con anterioridad (Abreu, 2014). A través de este método, el investigador puede ir de lo general (leyes o principios) a lo específico (realidad de una situación concreta), basa sus cimientos en determinados fundamentos teóricos, hasta llegar a configurar hechos o prácticas particulares (Prieto, 2017).

### **10.1.3 Revisión Bibliográfica**

Se realizó la revisión bibliográfica integral para establecer los criterios técnicos y geoespaciales para la delimitación de los páramos determinadas por las autoridades correspondientes como la MAE, MAGAP y Secretaría de Planificación y Desarrollo, las consideraciones técnicas adaptadas por las autoridades de locales como GAD provincial, cantonal y parroquial en las planificaciones territoriales. Se utilizó con el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir la distribución de la cobertura vegetal y sus cambios generados durante el periodo de estudio.

La revisión bibliográfica permite tener un conocimiento actualizado sobre un determinado tema que se realiza a través de una investigación sistemática de documentos como libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc. (Blanco et al., 2019).

### **10.1.4 Método Cuantitativa**

Se empleó la metodología cualitativa para determinar los cálculos de las superficies de cada una de las coberturas vegetales establecidas, mediante la representación e interpretación

estadística y gráfica de la distribución y cambios de la cobertura vegetal generados durante el periodo de estudio.

Esta metodología cuantitativa permite adquirir conocimientos fundamentales ya que se recogen y analizan los datos a través de los conceptos y variables medibles. La investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados (Alan & Cortez, 2018).

#### **10.1.5 Método Descriptiva**

Se empleó la investigación descriptiva que permitió determinar la ubicación, condiciones y la distribución de la cobertura vegetal de las clases identificadas dentro del área de estudio. Se describió de manera ordenada la clasificación de la cobertura vegetal, los cambios generados durante el periodo de estudio de cada clase con su respectiva superficie, a base de las tablas, mapas y cálculos realizados.

Esta metodología nos permite identificar hechos, situaciones, rasgos, características de un objetivo de estudio, la cual soporta en técnicas como la entrevista, observación y revisión documental e información generada en el proceso de investigación puede desarrollarse con un enfoque cuantitativo o cualitativo (García et al., 2016).

### **10.2 Metodología Cartográfico**

Mediante la metodología cartográfica se realizó la delimitación del páramo de la parroquia Isinliví bajo los criterios técnicos establecidos por las entidades correspondientes como MAE, MAGAP y SNDP. Se delimitó a través de las curvas de nivel de la altitud que comprende la parroquia Isinliví, se realizó el recorte a los 3200 msnm hasta los 4300 msnm aproximadamente que comprende la delimitación política de la parroquia Isinliví, posteriormente para generar mapas de la clasificación de la cobertura vegetal y los cambios generados mediante el uso del software ArcGIS.

La metodología cartográfica son procedimientos, técnicas y enfoques implementadas para crear, analizar y representar mapas geográficos y otras formas de visualización espacial, que se emplean para recopilar, procesar, interpretar y presentar información geográfica en forma de mapas o gráficos para la descripción, el análisis y el estudio de los fenómenos y sus delimitaciones geográficas (Lizмова, 2007).

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

Para evaluar el cambio multitemporal de la cobertura vegetal de los páramos de Isinlivi durante los años 2013 y 2022 mediante el uso de las imágenes satelitales se aplicó la metodología Corine Land Cover, considerando el “Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental establecidas por MAE y MAGAP en el año 2015”.

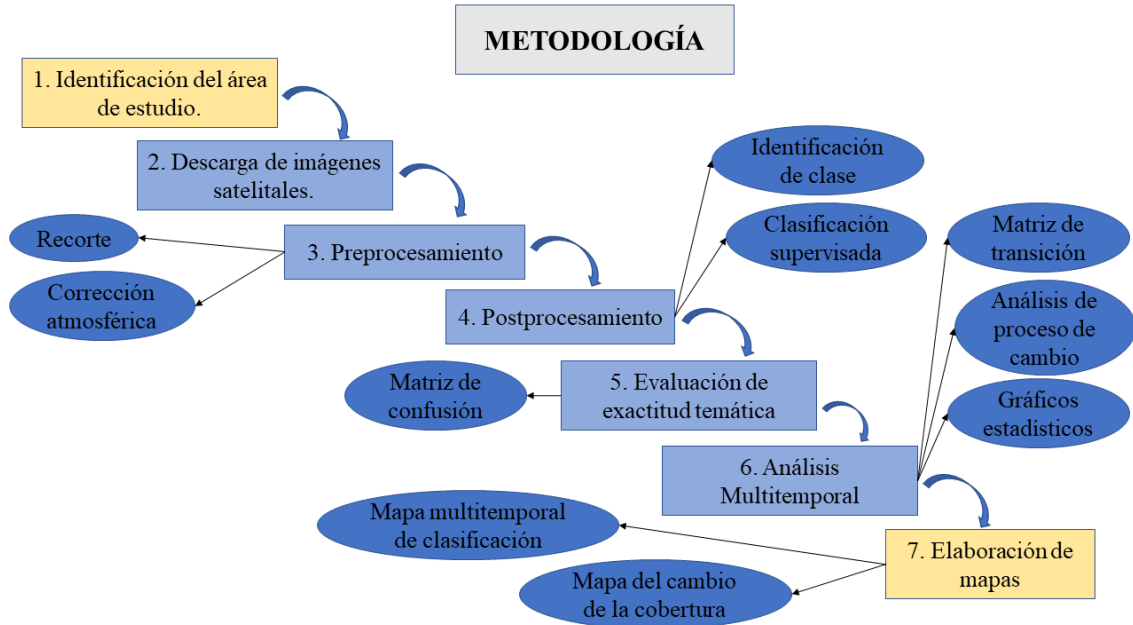
La metodología Corine Land Cover (Programa de Coordinación de Información del Medio Ambiente), establece nomenclaturas de las coberturas terrestres para todos los países, que permite realizar comparaciones entre los usos de los suelos con el fin de monitorear los cambios y tomar decisiones de carácter global y regional (Corredor et al., 2011).

El objetivo principal de la metodología es establecer datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura y/o uso del territorio (Valencia & Anaya, 2009). En la Figura 2 se observa el esquema metodológico y el procedimiento desarrollado de manera jerárquica para su efectiva aplicación y obtención de resultados eficientes.



**Figura 2**

*Esquema metodológico CORINE Land Cover para el análisis multitemporal de la cobertura vegetal*



*Nota:* Metodología de trabajo para el procesamiento de las imágenes satelitales. Elaborado por: Ugsha (2023)

#### 10.4 Adquisición de datos

Las capas Shape de las delimitaciones políticas de las parroquias, cantones y provincias se descargó la página de Información Espacial del Ecuador del siguiente link (<https://gis.uazuay.edu.ec/descargas/promsa/ecuador.htm>) como se muestra en la Figura 3, posterior a ellos mediante el uso del software ArcGIS, se recortó el área de estudio parroquia Isinliví.

### Figura 3

*Descarga de las capas Shape de las delimitaciones políticas.*

“Sistemas de Información Geográfica para Aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorio y Manejo Integral de Cuencas”

**Información Espacial del Ecuador**  
Formato Shape File (ESRI) para bajar

Para bajar metadatos del tema, presione en el título del mapa  
Para bajar la información shape file, presione en el nombre \*.zip del mapa

Estos mapas se ven con el programa ArcExplorer que lo puede conseguir en ESRI

<a href="#">Límites Políticos</a>	<a href="#">Aspectos Físicos</a>	<a href="#">Uso del Suelo</a>	<a href="#">Vías y Accesos</a>
			
<a href="#">Límites-ec.zip</a>	<a href="#">Aspectos-ec.zip</a>	<a href="#">Uso-ec.zip</a>	<a href="#">Vias-ec.zip</a>

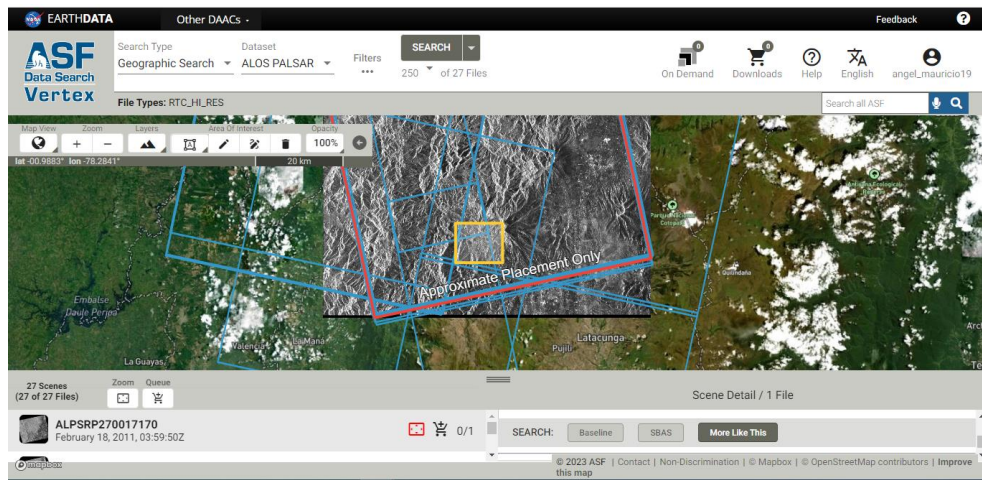
<a href="#">Regionalización</a>	<a href="#">Hidrografía</a>	<a href="#">Agricultura</a>	<a href="#">Demográfico</a>
			
<a href="#">Regional-ec.zip</a>	<a href="#">Hidrografia-ec.zip</a>	<a href="#">Agricultura-ec.zip</a>	<a href="#">Demografia-ec.zip</a>

*Nota:* Captura de pantalla de la página de descarga de las capas Shape. Elaborado por: Ugsha (2023)

Para determinar y establecer la altura que comprende la parroquia Isinliví, se descargó una imagen (capas) DEM de 10 metros de píxeles, de la página web ASF Data Search del siguiente link (<https://search.asf.alaska.edu/#/>). Para eso se realizó un polígono sobre el área de estudio, obteniendo un DEM capturado el 18 de febrero del 2011 como se muestra en la Figura 4, siendo la más actual se seleccionó y descargó para su procesamiento en el ArcGIS.

## Figura 4

*Descarga de la imagen DEM de la página web ASF Data Search.*

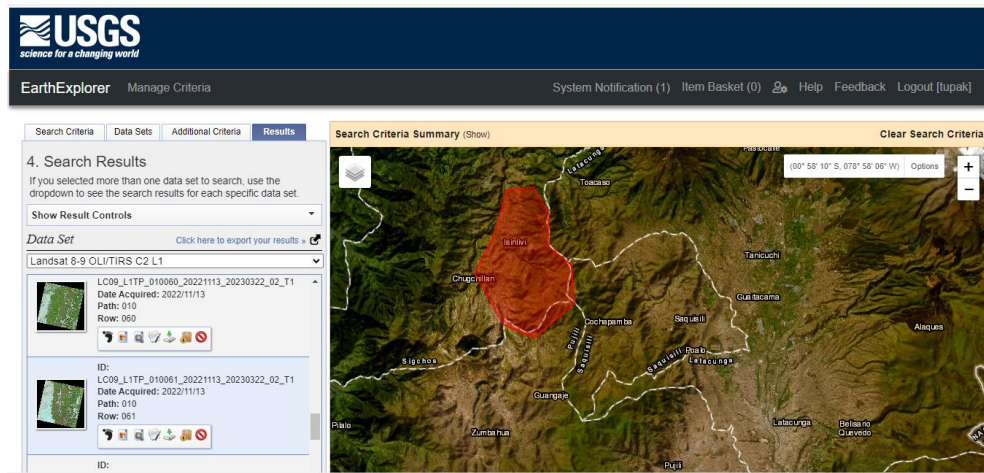


*Nota:* Captura de pantalla de la página de descarga de la imagen DEM. Elaborado por: Ugsha (2023).

Se realizó la descarga de las imágenes satelitales de alta resolución temporal y espacial LandSat 8 de la página web de Earth Explorer del siguiente link (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) con porcentajes bajas de nubosidad en el área de estudio, para su mejor interpretación de reflectancia más precisa para analizar la dinámica de la cobertura vegetal, se realizó la búsqueda mediante la filtración de fechas con los años de estudio, el cual es una colaboración entre la NASA y el USGS, que capturar información de la cobertura terrestre. Según los autores Soller & Berg (2020), menciona que el USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), permite monitorear y proveer información técnica y científica sobre los problemas ambientales mediante el uso de las imágenes satelitales. En la Figura 5 se muestra el portal de la página USGS y el proceso de búsqueda y descarga realizada.

## Figura 5

Descarga de las imágenes satelitales de la página USGS de los años 2013 y 2022.



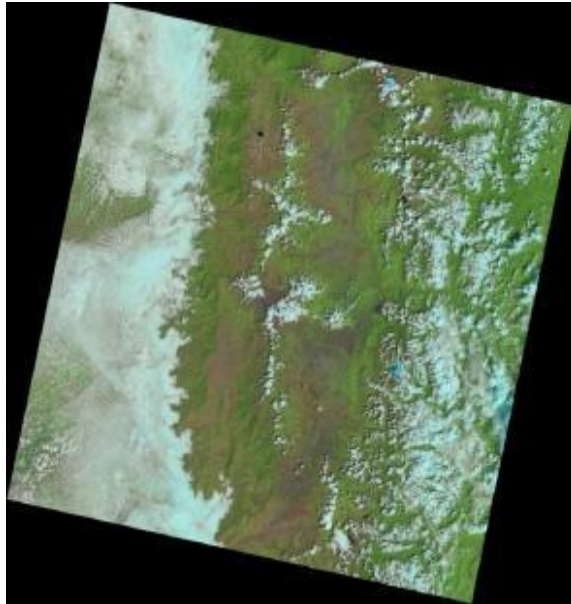
*Nota:* Captura de pantalla de la página de descarga de las imágenes satelitales. Elaborado por: Ugsha (2023).

Las imágenes satelitales que se obtuvo con las mejores condiciones de nubosidad y visibilidad en el área de estudio para su procesamiento y análisis mediante el uso de ArcGIS y los cálculos matemáticos mediante el uso del Excel, fueron los siguientes:

Para el año 2013 la imagen satelital descargada se muestra en la Figura 4, con una nubosidad de 47%, donde el área de estudio se encuentra despejado, su fecha de captura fue el 13 de noviembre del 2013 de día a las 15h 28min.

**Figura 6**

*Imagen satelital descargada del año 2013*

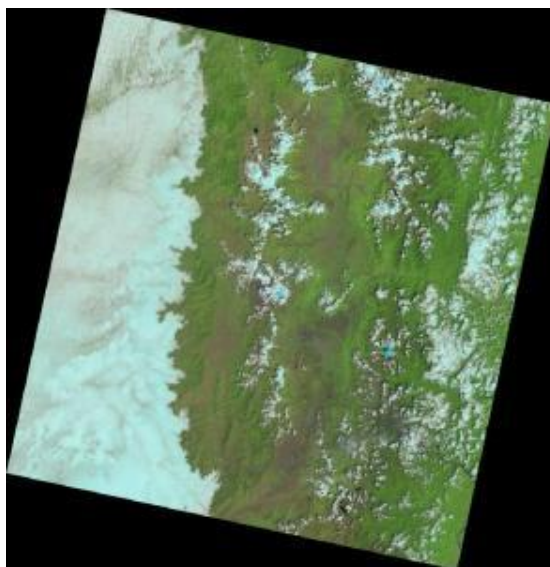


*Nota:* Imagen descargada de la página USGS del año 2013. Elaborado por: Ugsha (2023).

Para el año 2022 la imagen satelital descargada se muestra en la Figura 7, con una nubosidad de 44%, donde el área de estudio se encuentra despejado, su fecha de captura fue el 25 de septiembre del 2013 de día a las 15h 27min.

**Figura 7**

*Imagen satelital descargada del año 2022.*



*Nota:* Imagen descargada de la página USGS del año 2022. Elaborado por: Ugsha (2023).

## 10.5 Asignación temática Nivel I

Se determinó las leyendas temáticas para la clasificación y cobertura de la tierra el nivel I a escala 1:25.000, se realizó en base a la “METODOLOGÍA UNIFICADA DEL LEVANTAMIENTO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO” actualizada en el año 2021 como se observa en la Tabla 4. El sistema de clasificación fue estructurado de forma jerárquica, donde el primer nivel general corresponde a las coberturas definidas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (siglas en inglés IPCC), adaptado para Ecuador por CLIRSEN, MAGAP y MAE para el nivel I y II (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

**Tabla 4**

*Leyenda temática de la cobertura y uso de la tierra establecida por el Ministerio de Agricultura*

LEYENDA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA ESCALA 1:25.000		
Nivel	Clase	Código
	Tierra herbácea	1
	Tierra arbustiva	2
NIVEL I	Tierra agropecuaria	3
	Suelo sin cobertura vegetal	4
	Zona antrópica	5

*Nota:* Leyenda temática del nivel I implementada para la clasificación de la cobertura del suelo. Fuente MAG (2020).

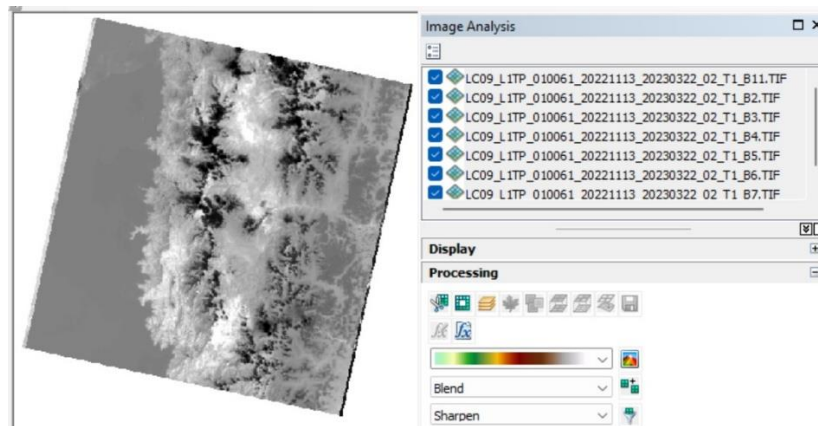
## 10.6 Represamiento de datos

### 10.6.1 Combinación de bandas

Para el preprocesamiento de las imágenes satelitales, exportamos bandas de cada año al Software ArcGIS y se realizó las combinaciones de las 7 bandas mediante el uso de la herramienta “Image Analysis”. En la Figura 8 se muestra el proceso realizado para la combinación de bandas descargadas.

**Figura 8**

*Combinación de las bandas con la herramienta "Image Analysis".*



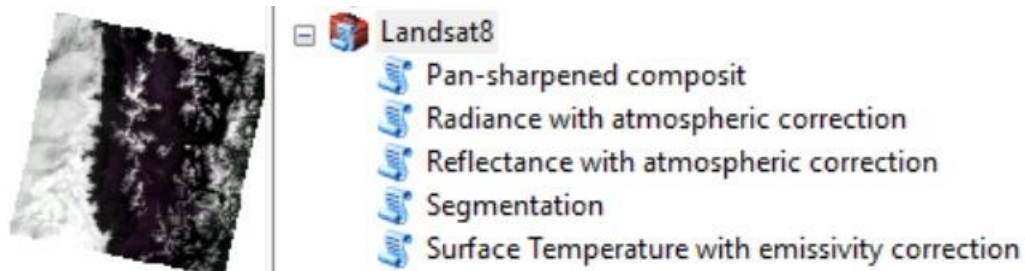
*Nota:* Captura de pantalla de ArcGIS de la combinación de bandas. Elaborado por: Ugsha (2023).

### 10.6.2 Corrección atmosférica

Para realizar la corrección atmosférica se instaló la herramienta GEOBIA LandSat 8 en el software ArcGIS, para ello se trabajó con las combinaciones de bandas realizadas. Este proceso permitió evaluar y eliminar las imperfecciones presentes en las imágenes satelitales, que mediante la atmosfera fueron introducidas en los valores de radiancia que fue captada por sensor desde la superficie (Samaniego, 2021). Este proceso permite convertir la información de la imagen original (bruta) de cada pixel, de Niveles Digitales -ND- a Niveles de Reflectancia captada por el sensor esto garantiza disminuir los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas en la atmósfera. En la Figura 9 se muestra el proceso de corrección atmosférica realizado a las combinaciones de bandas obtenidas de los dos años de estudio realizados 2013 y 2022.

## Figura 9

*Correcciones atmosféricas a las imágenes satelitales.*



*Nota:* Captura de pantalla de ArcGIS de la corrección atmosférica. Elaborado por: Ugsha (2023)

### 10.6.3 Técnica Pansharpening

Mediante la aplicación de la técnica Pansharpening se obtuvo una mayor resolución espacial y conservar al mismo tiempo atributos espectrales específicos, se realizó mediante la fusión de imágenes en la que se combinó una imagen pancromática con la combinación de bandas de baja resolución, en la cual la banda pancromática es la banda 8 (EOSDA, 2023). Este proceso permitió obtener una mayor resolución de las imágenes satelitales pasando de 30 m a 15 m de píxeles que determina una mayor precisión para la identificación y clasificación de objetos de la superficie terrestre.

## 10.7 Procesamiento de datos

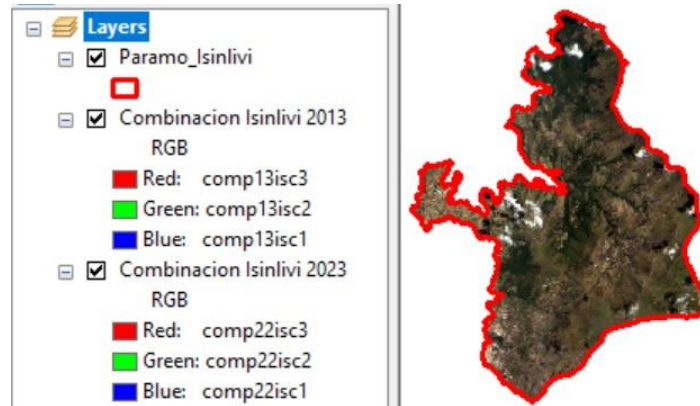
### 10.7.1 Corte de los datos de entrada para el procesamiento de las imágenes

Una vez realizadas correcciones atmosféricas, técnica Pansharpening que garantiza una mayor precisión para identificar los tipos de cobertura vegetal mediante un algoritmo de píxeles se realizó la clasificación supervisada, con la combinación de bandas obtenidas se realizó el recorte del área de estudio del páramo delimitado con la herramienta “CLIP” que garantiza la conservación de los datos del área sustraída. En la Figura 10 se observa los datos de entrada de los años 2013 y 2022, y el área de estudio recortada considerado como páramo bajo los criterios técnicos y geoespaciales.



**Figura 10**

*Datos de entrada para el procesamiento de las imágenes satelitales.*



*Nota:* Captura de pantalla de los datos de entrada. Elaborado por Ugsha (2023).

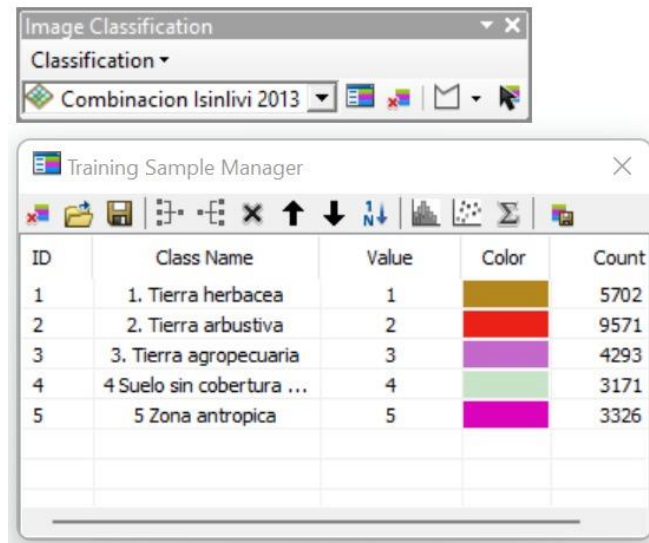
### 10.7.2 Clasificación supervisada

La clasificación supervisada se realizó mediante la combinación de bandas 4,3,2 de LandSat 8 de color natural. Esa combinación involucra a las tres bandas visibles y se le asigna a cada una de ellas su verdadero color, resultando una combinación que se aproxima a los colores naturales de la escena (Alonso, 2019).

Para la clasificación supervisada se utilizó la herramienta “Image Classification” en base a la creación de los pólipos con la herramienta “Draw Polygon” de distintos tamaños sobre los píxeles de colores semejantes que representa a tipos de cobertura de la tierra según su reflectancia, se realizó treinta muestras para cada clase a la cual se les fue asignando un código según la jerarquía como lo establece en la metodología del Ministerio de Agricultura y Ganadería como se observa en la Figura 11.

**Figura 11**

*Toma de muestra de los pixeles para la clasificación supervisada.*



*Nota:* Captura de pantalla de ArcGIS de la clasificación. Elaborado por Ugsha (2023).

### 10.7.3 Evaluación de la exactitud temática

La evaluación de la exactitud temática se realizó mediante el cálculo de la matriz de confusión la cual permite comparar la clasificación supervisada realizada mediante las imágenes satelitales con la verdad de terreno con el fin de determinar la veracidad del proceso de clasificación (Camacho et al., 2015). Según el autor Chuvieco (2010), recomienda establecer un mínimo de 50 muestras por cada clase temática para obtener una estimación más fiable del error.

Bajo ese criterio se estableció 50 muestras por categoría mediante un muestreo al azar simple, generando 250 muestras en total, estructurada como una capa de puntos Shape. Para esto se estableció la matriz de filas y columnas como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 5**

*Matriz de confusión para validar la clasificación de la cobertura vegetal*

		CLASES DE MUESTREO				Total mapa	Exactitud Usuario	Error Comisión
		A1	A2	...	AM			
CLASES MAPA	A1	$a_{11}$ *	$a_{12}$	...	$a_{1m}$	$a_{.1}$	$a_{.1}/\alpha_{..}$	$1-(a_{.1}/\alpha_{..})$
	A2	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2m}$	$a_{.2}$	$a_{.2}/\alpha_{..}$	$1-(a_{.2}/\alpha_{..})$
	...			...				
	AM	$a_{m1}$		...	$a_{mm}$	$a_{.m}$	$a_{.m}/\alpha_{..}$	$1-(a_{.m}/\alpha_{..})$
	Total muestreo	$a_{.1}$	$a_{.2}$	...	$a_{.m}$	$\alpha_{..}$		
	Exactitud Productor	$a_{11}/\alpha_{..}$	$a_{21}/\alpha_{..}$	...	$a_{m1}/\alpha_{..}$			
Error Emisión	$1-(a_{.1}/\alpha_{..})$	$1-(a_{.2}/\alpha_{..})$	...	$1-(a_{.m}/\alpha_{..})$				

*Nota:* Matriz de confusión realizada en Excel. Fuente: Chuvieco (2010).

Donde;

A1 y A2 = a tipos de clase de la cobertura vegetal.

AM = Número de clases existentes.

Total muestreo = Es la suma de columnas de cada una de las clases.

Total mapa = Es la suma de filas de cada una de las clases.

Precisión = Es la precisión de la clasificación de la cobertura vegetal

Error comisión = elemento que no pertenece a la clase aparece en ella.

Erro emisión = elemento que perteneciendo a la clase no aparece en ella y está apareciendo en otra clase no correspondiente.

#### **10.7.4 Matriz de transición**

Para determinar el cambio de la cobertura vegetal se empleó el cálculo de la matriz de transición que consiste en una tabla con arreglos simétricos, donde las filas están ordenadas por la cobertura vegetal del año inicial y las columnas ordenadas por el segundo año. Los valores en la diagonal de la matriz representan la persistencia de la superficie de cada clase de cobertura que se mantuvo durante el periodo de estudio y las que están al exterior de la diagonal son áreas en transición o que cambiaron de otra cobertura (López et al., 2001). La sumatoria de cada una de las filas y cada una de las columnas da como resultado las áreas totales. Las ganancias son

las diferencias entre las celdas de las áreas totales de las coberturas para el segundo año (columnas) y la persistencia y las pérdidas son las diferencias entre las celdas de las áreas totales de las coberturas para el primer año (fila) y la persistencia, la estructura de la matriz transición establecida se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Matriz de transición para determinar los cambios de la cobertura vegetal*

		Fecha 2				Suma total fecha 1 1(P <sub>i+</sub> )	Pérdida (L <sub>i</sub> )
		Cat 1(j)	Cat 2	Cat 3	Cat <sub>j</sub>		
Fecha 1	Cat 1(i)	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>1j</sub>	P <sub>1+</sub>	P <sub>1</sub> - P <sub>11</sub>
	Cat 2	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>2j</sub>	P <sub>2+</sub>	P <sub>2</sub> - P <sub>22</sub>
	Cat 3	P <sub>31</sub>	P <sub>32</sub>	P <sub>33</sub>	P <sub>3j</sub>	P <sub>3+</sub>	P <sub>3</sub> - P <sub>33</sub>
	Cat <sub>i</sub>	P <sub>i1</sub>	P <sub>i2</sub>	P <sub>i3</sub>	P <sub>ij</sub>	P <sub>i+</sub>	
Suma total fecha 2 (P <sub>+j</sub> )		P <sub>+1</sub>	P <sub>+2</sub>	P <sub>+3</sub>	P <sub>+j</sub>	1	
Ganancia (G <sub>j</sub> )		P <sub>+1</sub> -P <sub>11</sub>	P <sub>+2</sub> -P <sub>22</sub>	P <sub>+3</sub> -P <sub>33</sub>			
Cambio Total (Ct)		= L + G					
Cambio neto (Cn)		= Ct-Int					

Nota: Matriz de transición elaborada en Excel para determinar los cambios. Fuente: Gutiérrez, Rodríguez & François (2015).

Según los autores Gutiérrez, Rodríguez, François (2015), determina que la matriz de transición termina con una columna al final que es la suma de las superficies de todas las categorías en la fecha 1 (P<sub>i+</sub>) y con un renglón hasta abajo que es de igual manera, la suma total para las categorías de la fecha 2 (P<sub>+j</sub>). De acuerdo con Pontius et al. (2004) se agregaron columnas y filas que representan la ganancia, la pérdida y el intercambio entre categorías. Por otra parte, se estima la ganancia (G<sub>j</sub>), como la diferencia del área total de la categoría j en la fecha 2 (P<sub>+j</sub>) y la persistencia expresada en la diagonal de la matriz (P<sub>jj</sub>),  $G_j = (P_{+j}) - (P_{jj})$ . Finalmente, la pérdida (L<sub>ij</sub>) es la diferencia entre el área total de una categoría i en la fecha 1 (P<sub>i+</sub>) y la persistencia, (P<sub>ij</sub>),  $L_{ij} = (P_{i+}) - (P_{ij})$ . Para calcular el cambio total a nivel de categoría (Ct) se suma el cambio neto (Cn) y el intercambio (Int), o bien, se realiza la suma de las ganancias (G<sub>j</sub>) y las pérdidas (L<sub>i</sub>).

## 10.8 Cálculo del cambio de la cobertura vegetal

Para determinar el porcentaje y su dinámica de cambio de la cobertura vegetal se utilizó la matriz que se observa en la Figura 7 donde se hace una comparación de la superficie en km<sup>2</sup> y en su representación porcentual de cada clase de cobertura entre los años 2013 y 2022. Donde, un valor negativo de t indica una disminución de la cobertura y, por lo contrario, si t es mayor que cero hay un aumento de la cobertura.

**Tabla 7**

*Matriz de cambio durante el periodo de estudio 2013 – 2022 de la cobertura vegetal*

Clases	Año 2013		Año 2022		Superficie y tasa anual de cambio (t)	
	Ha	%	Ha	%	Ha	TAC
1 Tierra herbácea	a1		b1		a1-b1	%
2 Tierra arbustiva	a2		b2		a2-b2	%
3 Tierra agropecuaria	a3		b3		a3-b3	%
4 Suelo sin cobertura vegetal	a4		b4		a4-b4	%
5 Zona antrópica	a5		b5		a5-b5	%
Área total						

*Nota:* Esta matriz nos permitirá comparar las superficies de cada clase de cobertura.

Elaborado por: Ugsha (2023).

## 10.9 Elaboración de mapas del cambio de la cobertura vegetal

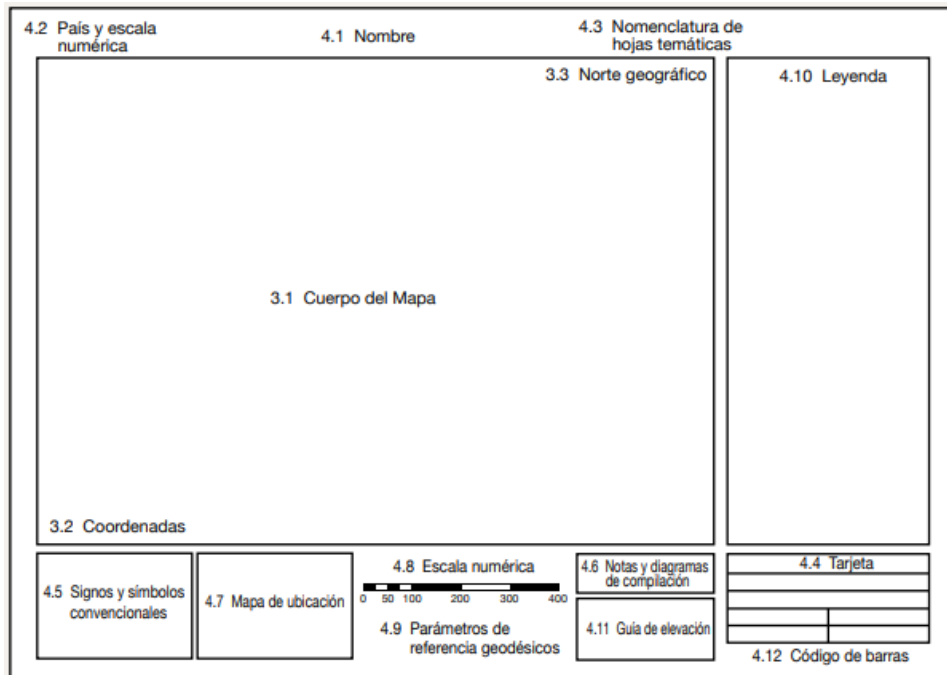
Mediante el uso del software ArcGIS se generó información geográfica, bajo el cumplimiento de “Estándares de Información Geográfica” la cual es una metodología establecida por la Secretaría Nacional y Desarrollo,

Dicha técnica permite que usuarios que generen, procesen, utilicen, intercambien, actualicen y difunden información geográfica a nivel nacional, empleen definiciones y terminología homologada para la comprensión, optimización de los recursos y la eficiencia de los procesos vinculados a esta temática (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2020).

En base a las consideraciones técnicas, se presenta una sugerencia gráfica del diseño, configuración y ubicación de la cartografía y los datos marginales mínimos para generar mapas que brinden la información necesaria para su mejor comprensión.

**Figura 12**

*Requisitos Mínimos de Información Marginal para la Cartografía Temática.*



*Nota:* Los requisitos de información marginal permitirá una mejor identificación cartográfica.

Fuente: Ministerio de Planificación y Desarrollo (2020).

## 11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante la evaluación multitemporal de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví para identificar la distribución y dinámica de cambio entre los años 2013 y 2022 mediante las imágenes satelitales Landsat 8 se obtuvo los siguientes resultados:

### 11.1 Delimitación del área de estudio

La parroquia Isinliví se encuentra ubicada en los flancos occidentales de la cordillera de los andes, cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi - Ecuador, en su totalidad presenta el tipo de clima ecuatorial de Alta Montaña, su altitud varía entre los 2500 y los 4300 m de altura. La precipitación es irregular, va de los 800 a 2000 mm anuales, a una temperatura que oscila entre 4 y 8 °C, comprende con un marco climático de baja humedad anual del 22% como variable +/- 5%, este factor incide en la generación de amplios pastizales y páramos destinados a la crianza de ganado y agricultura siendo las principales actividades productivas alrededor de sus catorce comunidades, cuenta con 3227 habitantes aproximadamente que corresponden al 14,71 % del

total poblacional del cantón Sigchos según los datos establecidas por (GAD Isinliví, 2020) y en PDOT (2021).

El área de estudio se delimitó mediante el uso de datos geoespaciales en ArcGIS y la revisión bibliográfica. Según los autores Lambí, Soto, Célliri, De Bievre, Ochoa y Borja (2007), menciona que la delimitación de los páramos varía de acuerdo al cambio histórico de manera natural, por la influencia de la actividad humana y de acuerdo a sus variables climáticas. El MAE y MAGAP determina en su elaboración del uso del suelo 2015, que en la parroquia Isinliví del cantón Sigchos se considera páramos a partir de 3200 msnm, bajo este criterio se delimitó el área de estudio los páramos de la parroquia Isinliví a partir de los 3200 msnm hasta 4300 msnm que comprende la parroquia de Isinliví aproximadamente.

En la Tabla 8 se presenta las áreas en hectáreas del páramo delimitado y la parte baja que se considera inferiores a 3200 msnm y las áreas de estas dos superficies presentan el área total de la parroquia y en la Figura 13 se observa mapa delimitada del área de estudio de su ubicación geográfica.

**Tabla 8**

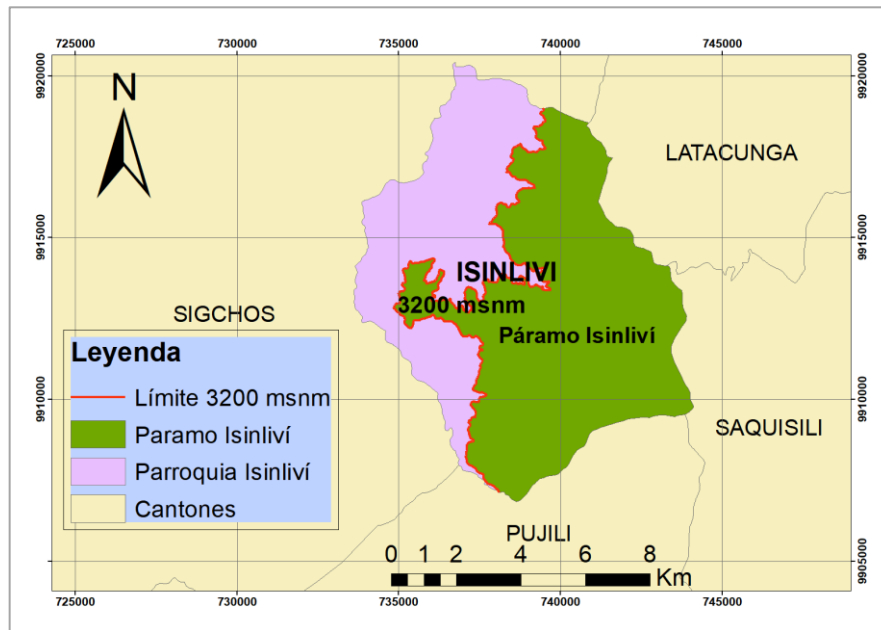
*Área en hectáreas (Ha) de la delimitación del páramo de Isinliví*

<b>Área de estudio: Parroquia Isinliví</b>		
Delimitación	Área (Ha)	Porcentaje %
1 páramo (Ha)	5219,32	61,87
2 parte baja (Ha)	3216,00	38,13
<b>Área total</b>	<b>8435,32</b>	<b>100</b>

*Nota:* Áreas delimitadas según su altitud considerada como páramo. Elaborado por: Ugsha (2023).

**Figura 13**

*Ubicación geográfica del área de estudio “Páramos de Isinliví”.*



*Nota:* Ubicación geográfica delimitada según su altitud considerada como páramo. Elaborado por: Ugsha (2023).

## 11.2 Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal

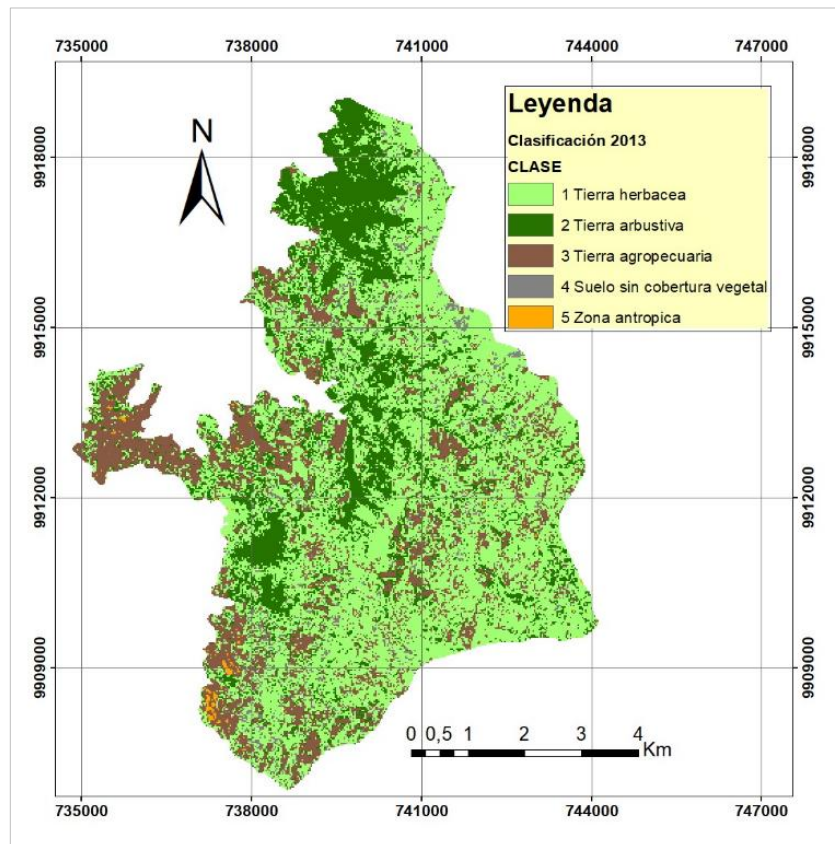
### 11.2.1 Clasificación de la cobertura vegetal 2013

En la Figura 14 se observa el mapa de clasificación supervisada de la composición de la cobertura vegetal en los páramos de Isinliví en el año 2013, donde se observa que en la parte norte existe la concentración de la cobertura arbustiva, en el parte este la cobertura herbácea y en la parte oeste la concentración de la actividad agrícola, siendo las tres clases de mayor concentración.



**Figura 14**

*Mapa de clasificación de la cobertura vegetal del año 2013.*



*Nota:* Clasificación realizada con las imágenes satelitales en ArcGIS: Elaborado por: Ugsha (2023).

En la Tabla 9 se establece la matriz de validación de mapa de clasificación supervisada del año 2013, donde se observa las coincidencias y desaciertos de clasificación que se realizó mediante el software ArcGIS. La tabla de confusión presenta una precisión de 97,2% de la clasificación, esto determina que la clasificación supervisada está bien realizada, y con un índice de Kappa de 97% la cual determina un nivel alto de veracidad de la clasificación realizada.

**Tabla 9***Matriz de confusión de la clasificación de cobertura del año 2013*

<b>Matriz de confusión de la clasificación 2013</b>								
Clase	1 Tierra herbácea	2 Tierra arbustiva	3 Tierra agropecuaria	4 Suelo sin cobertura vegetal	5 Zona antrópica	Total	Precisión	Error Comisión
1 Tierra herbácea	<b>50</b>	1	0	0	1	52	96,2	2
2 Tierra arbustiva	0	<b>49</b>	0	1	0	50	98,0	1
3 Tierra agropecuaria	0	0	<b>49</b>	2	1	52	94,2	3
4 Suelo sin cobertura vegetal	0	0	0	<b>47</b>	0	47	100,0	0
5 Zona antrópica	0	0	1	0	<b>48</b>	49	98,0	1
<b>Total</b>	50	50	50	50	50	<b>250</b>	<b>97</b>	
Error Omisión	0	1	1	3	2			
<b>Índice de Kappa</b>	Variable	Índice	Porcentaje %					
Precisión global o concordancia	po	0,972	97					
Proporción esperada	pe	0,2	20					
Índice de capa	k	0,97	97					

*Nota:* Validación de la clasificación mediante el cálculo del índice de Kappa y su precisión del año 2013. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la tabla 10 se determina las áreas en hectárea (Ha) de la cobertura vegetal en sus cinco clases, donde la cobertura vegetal herbácea tiene mayor superficie de 2717 Ha y sigue la cobertura vegetal arbustiva con 1241 Ha, el área agropecuaria tiene 1028 Ha, el área sin cobertura vegetal tiene 2015 Ha y la zona antrópica siendo la más baja con un área de 18 Ha.

**Tabla 10**

Área en hectáreas (Ha) de la clasificación de la cobertura del año 2013

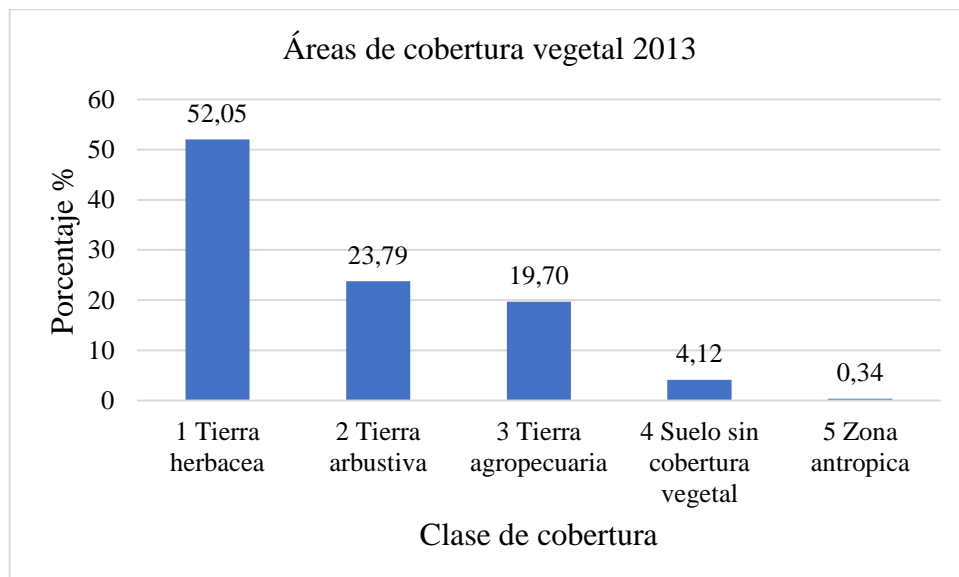
Áreas clasificadas 2013		
CLASE	Área (Ha)	Porcentaje %
1 Tierra herbácea	2717	52,048
2 Tierra arbustiva	1241	23,786
3 Tierra agropecuaria	1028	19,702
4 Suelo sin cobertura vegetal	215	4,119
5 Zona antrópica	18	0,344
Total	5219	100

*Nota:* Áreas obtenidas de los cálculos en ArcGIS. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la Figura 15 se muestra la representación gráfica en porcentaje (%) la distribución de la cobertura en el año 2013, donde el área herbácea representa el 52 % del total del territorio del páramo, la cobertura arbustiva con un 23,79 %, a tierra agropecuaria ocupa un 19,70%, suelo desnudo o sin cobertura vegetal un 4,12 % y un 0,34 % la zona antrópica siendo el menor espacio de uso en los páramos de Isinliví.

**Figura 15**

Representación gráfica de las áreas de clasificación de la cobertura de año 2013



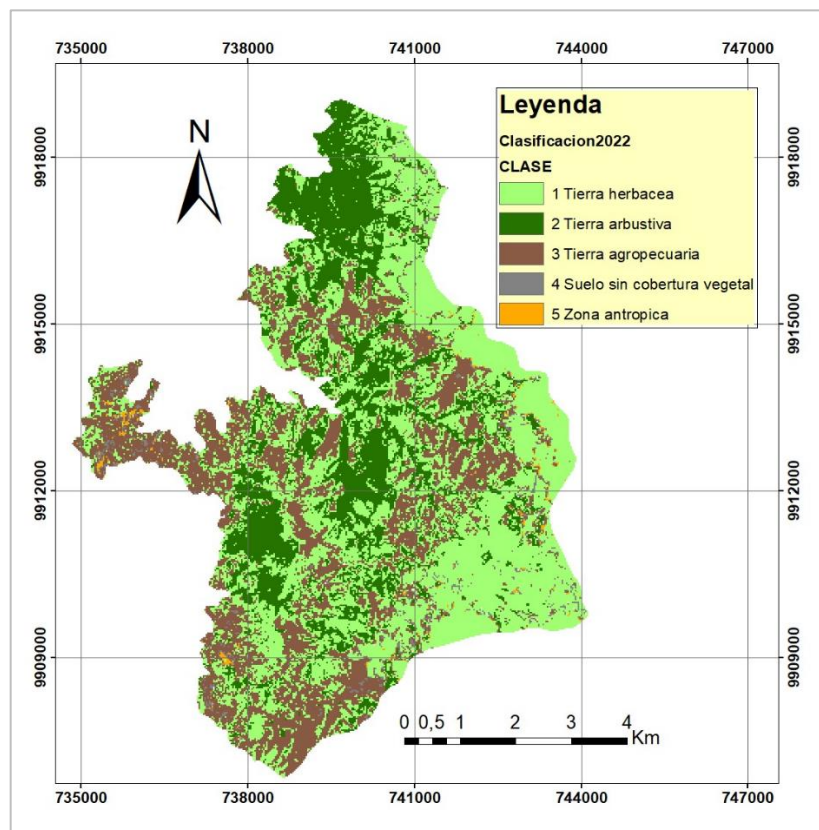
*Nota:* Cálculos realizados a partir de los datos generados en ArcGIS Elaborado por: Ugsha (2023).

### 11.2.2 Clasificación de la cobertura vegetal 2022

La clasificación supervisada de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví del año 2022 se observa en la Figura 16, donde se determina la distribución de la cobertura establecidas en cinco clases, en cual se muestra una concentración de la cobertura herbácea al lado Este a los límites de la parroquia, la cobertura herbácea al Norte y en el centro, la tierra destinada a la agricultura se ve expandida hacia a la parte alta y suelo sin cobertura vegetal y zona antrópica presentan a oeste en menor área.

**Figura 16**

*Mapa de clasificación de la cobertura vegetal del año 2022.*



*Nota:* Clasificación realizada con las imágenes satelitales en ArcGIS: Elaborado por: Ugsha (2023).

Una vez realizada la clasificación supervisada con el uso de las imágenes satelitales se determinó la matriz de confusión para validar la clasificación realizada, donde se obtiene una precisión de 98% con errores mínimos de omisión y comisión como se observa en la Tabla 11, esto establece que la clasificación realizada es válida para su respectivo procesamiento y

análisis de las coberturas clasificadas. Con un índice de Kappa de 98% la cual determina un nivel alto de veracidad de la clasificación realizada.

**Tabla 11**

*Matriz de confusión de la clasificación de cobertura del año 2022*

<b>Matriz de confusión de la clasificación 2022</b>								
Clase	1 Tierra herbácea	2 Tierra arbustiva	3 Tierra agropecuaria	4 Suelo sin cobertura vegetal	5 Zona antrópica	Total	Precisión	Error Comisión
1 Tierra herbácea	<b>48</b>	0	0	0	1	49	98	1
2 Tierra arbustiva	0	<b>49</b>	0	0	0	49	100	0
3 Tierra agropecuaria	1	1	<b>50</b>	1	0	53	94	3
4 Suelo sin cobertura vegetal	1	0	0	<b>49</b>	0	50	98	1
5 Zona antrópica	0	0	0	0	<b>49</b>	49	100	0
<b>Total</b>	50	50	50	50	50	<b>250</b>	<b>98</b>	
Error Omisión	2	1	0	1	1			
<b>Índice de Kappa</b>	Variable	Índice	Porcentaje %					
Precisión global o concordancia	po	0,98	98					
Proporción esperada	pe	0,2	20					
Índice de capa	k	0,98	98					

*Nota:* Validación de la clasificación mediante el cálculo de índice del Kappa y su precisión del año 2022. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la tabla 12 se determina las áreas en hectárea (Ha) de la distribución de la cobertura vegetal de las cinco clases establecidas, donde la cobertura vegetal herbácea tiene mayor superficie de 2463, 52 Ha, la superficie que sigue es la cobertura vegetal arbustiva con 1229,27 Ha, el área agropecuaria tiene 1391,50 Ha, el suelo sin cobertura vegetal es de 100,884 Ha y la zona antrópica siendo la más baja con un área de 34,12 Ha.

**Tabla 12**

*Área en hectáreas (Ha) de la clasificación de la cobertura del año 2022*

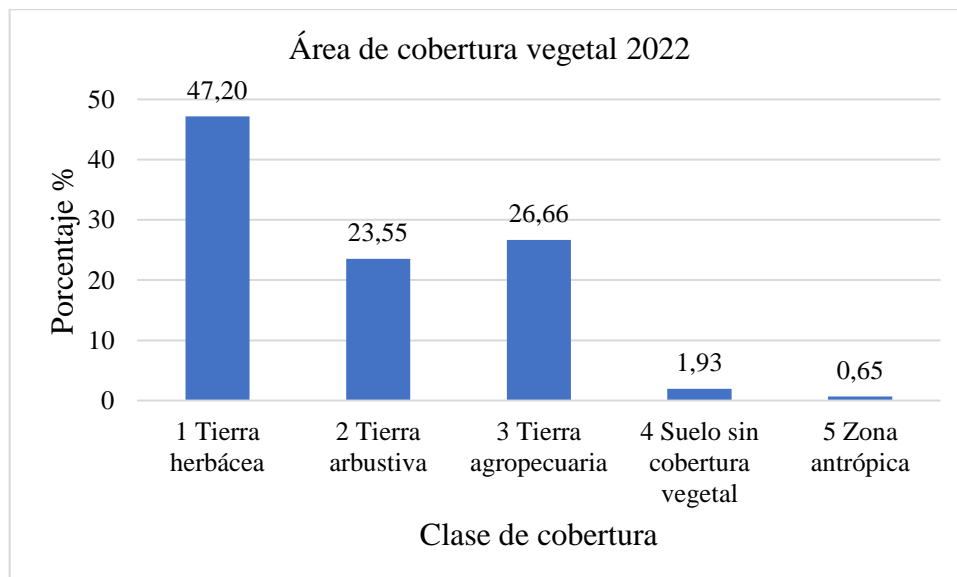
<b>Áreas clasificadas 2022</b>		
CLASE	Área (Ha)	Porcentaje %
1 Tierra herbácea	2463,524	47,20
2 Tierra arbustiva	1229,278	23,55
3 Tierra agropecuaria	1391,505	26,66
4 Suelo sin cobertura vegetal	100,884	1,93
5 Zona antrópica	34,127	0,65
<b>Total</b>	<b>5219,318</b>	<b>100</b>

*Nota:* Áreas obtenidas de los cálculos en ArcGIS. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la Figura 17 se muestra la representación gráfica en porcentaje (%) la distribución de las cinco clases de la cobertura en el año 2022, donde el área herbácea representa el 47,27 % del total del territorio del páramo, la cobertura arbustiva con un 23,55 %, la superficie destinada a la agropecuaria ocupa un 26,66 %, suelo desnudo o sin cobertura vegetal un 1,93 % y un 0,65 % es la zona antrópica siendo la menor superficie de uso en los páramos de Isinliví.

**Figura 17**

*Representación gráfica de las áreas de la clasificación de la cobertura del año 2022.*



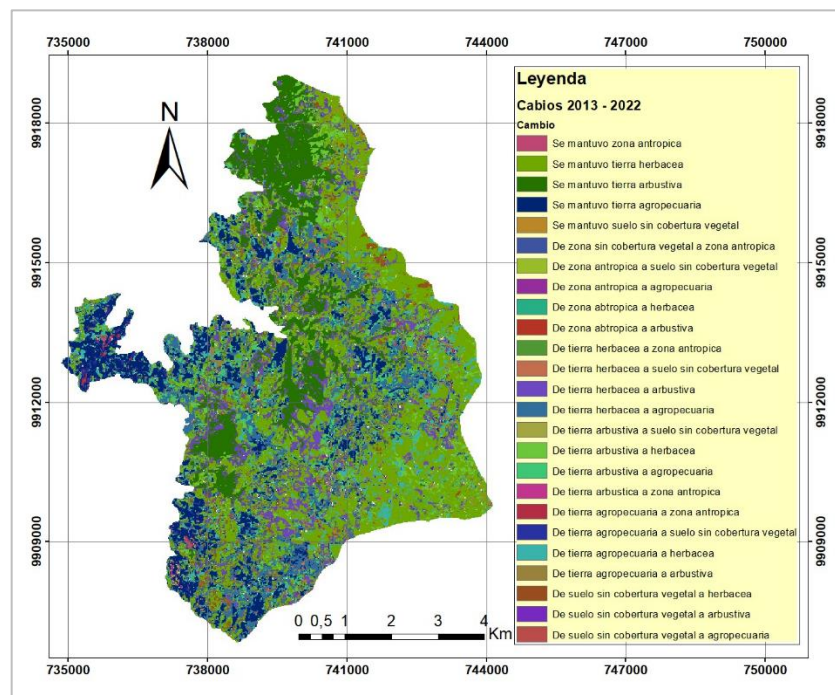
*Nota:* Cálculos realizados a partir de los datos generados en ArcGIS Elaborado por: Ugsha (2023).

### 11.2.3 Cambios de la cobertura vegetal 2013 – 2022

Una vez realizada la clasificación supervisada y validación de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví, se realizó el cálculo de los cambios de la cobertura generada entre los años 2013 y 2022, en la Figura 18 se muestra el mapa de los cambios de la cobertura vegetal de las cinco clases durante un periodo de nueve años donde se presenta veinte tipos de cambio de la entre las cinco clases de cobertura y determina cinco áreas que se mantuvo siendo la misma clase de cobertura vegetal en un porcentaje.

**Figura 18**

*Mapa de cambios de la cobertura vegetal 2013 y 2022.*



*Nota:* Cambios de la cobertura vegetal generados mediante ArcGIS. Elaborado por: Ugsha (2023).

Para determinar los cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví en áreas se determinó la matriz de transición como se observa en la Tabla 13, para ello, se procede a analizar el cálculo de la matriz de transición en el cual se establece los cambios de la cobertura vegetal de una superficie total de 5219, 32 hectáreas que comprende de cinco clases, como: tierra herbácea, tierra arbustiva, tierra agropecuaria, suelo sin cobertura vegetal y zona antrópica desde el año 2013 a 2022.

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de las imágenes satelitales mediante el uso de software ARCGIS refleja lo siguiente, la cobertura herbácea desde año 2013 a 2022 se mantiene una superficie de 1659.41 Ha frente a la superficie total de 5219,32 Ha, en dicho periodo la cobertura vegetal ya mencionada refleja una ganancia de 784,37 Ha y una pérdida de 1088,43 Ha. Mientras que la cobertura de tierra arbustiva desde año 2013 a 2022 se mantiene una superficie de 705,76 Ha frente a la superficie total de 5219,32 Ha, en dicho periodo la cobertura vegetal ya mencionada refleja una ganancia de 515,75 Ha y una pérdida de 535,85 Ha. Y la cobertura de tierra agropecuaria desde año 2013 a 2022 se mantiene una superficie de 587,54 Ha frente a la superficie total de 5219,32 Ha, en dicho periodo la cobertura vegetal ya mencionada refleja una ganancia de 841,64 Ha y una pérdida de 425,49 Ha. Mientras que el suelo sin cobertura vegetal desde el año 2013 a 2022 se mantiene una superficie de 587,54 Ha frente a la superficie total de 5219,32 Ha, en dicho periodo la cobertura vegetal ya mencionada refleja una ganancia de 91,13 Ha y una pérdida de 197,87 Ha. Y la cobertura de zona antrópica desde año 2013 a 2022 se mantiene una superficie de 3,41 Ha frente a la superficie total de 5219,32 Ha, en dicho periodo la cobertura vegetal ya mencionada refleja una ganancia de 28,08 Ha y una pérdida de 13,32 Ha.



**Tabla 13***Matriz de transición de los cambios de la cobertura vegetal 2013 – 2022*

<b>Matriz de cambio 2013 - 2022</b>							
<b>Matriz de transición del cambio de la cobertura vegetal</b>	Año 2022					Suma total F1(Pi+)	Pérdida (Li)
	Tierra herbácea	Tierra arbustiva	Tierra agropecuaria	Suelo sin cobertura vegetal	Zona antrópica		
Año 2013 Tierra herbácea	<b>1659,41</b>	445,36	587,47	42,96	12,65	2747,84	1088,43
Tierra arbustiva	330,20	<b>705,76</b>	195,52	7,99	2,14	1241,61	535,85
Tierra agropecuaria	324,92	51,46	<b>587,54</b>	36,19	12,93	1013,02	425,49
Suelo sin cobertura vegetal	126,87	18,77	51,86	<b>2,25</b>	0,37	200,11	197,87
Zona antrópica	2,39	0,16	6,79	3,99	<b>3,41</b>	16,74	13,32
Suma total F2(P+j)	2443,78	1221,51	1429,17	93,37	31,49	<b>5219,32</b>	
Ganancia (Gj)	784,37	515,75	841,64	91,13	28,08		
Cambio total (Ct)	3532,21	1757,36	1854,66	291,24	44,81		
Cambio neto (Cn)	304,06	20,10	-416,15	106,74	-14,75		

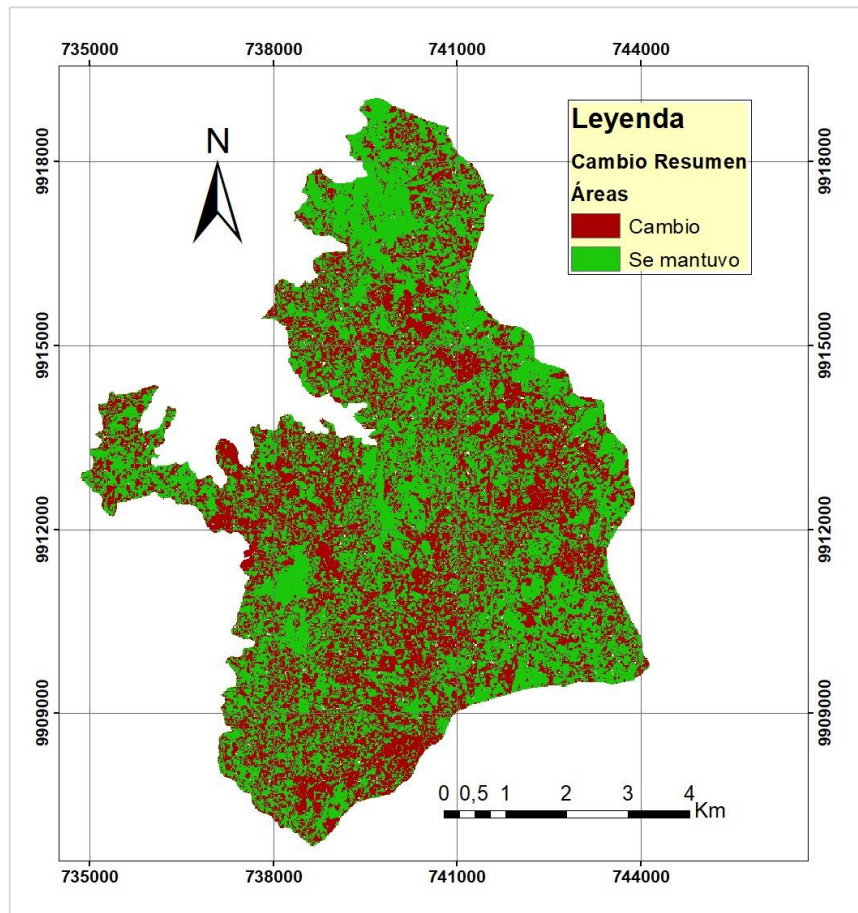
*Nota:* Se determina los cambios generados entre las coberturas vegetales y áreas de conservación en la misma cobertura. Elaborado por: Ugsha (2023).

### **11.3 Porcentaje y su dinámica de cambio de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví**

Para determinar el porcentaje de cambio de las cinco clases de cobertura vegetal de los páramos de Isinliví entre los años 2013 hasta 2022, se realizó un cálculo de manera general y resumida de las áreas que cambiaron de una cobertura a otro tipo de cobertura y de las áreas que se mantuvieron siendo de la misma cobertura durante el periodo de estudio, en la Figura 19 se observa la dinámica de cambio y áreas de conservación en la misma cobertura.

**Figura 19**

*Mapa de cambio y conservación de las coberturas entre los años 2013 y 2022.*



*Nota:* Se determinó áreas de cambio y conservación de las coberturas a partir de la clasificación de los años 2013 y 2022. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la Tabla 14 se observa los cálculos de las áreas en hectáreas de la dinámica de cambio de la cobertura vegetal generada durante el periodo de estudio, donde el 2231,13 Ha se cambió de una cobertura a otro tipo de cobertura y 2988,19 Ha se mantuvo siendo la misma cobertura vegetal.

**Tabla 14**

*Áreas de cambio y conservación de las coberturas entre los años 2013 y 2022*

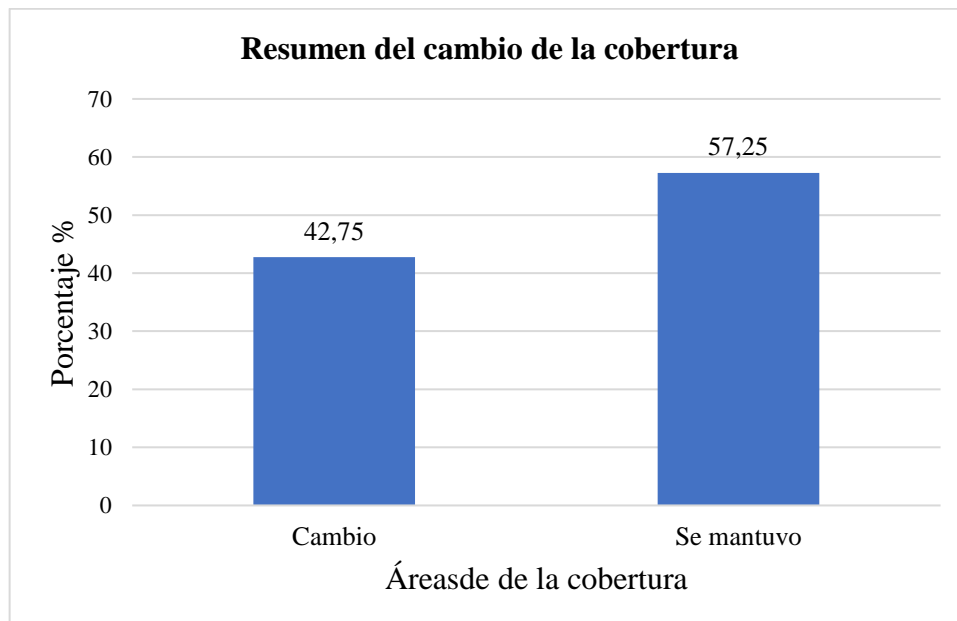
<b>Cambio de la cobertura 2013 -2022</b>		
Clase	Área (Ha)	Porcentaje %
Cambio	2231,13	42,75
Se mantuvo	2988,19	57,25
<b>Total</b>	<b>5219,32</b>	<b>100</b>

*Nota:* Áreas calculadas a partir de datos generados en ArcGIS. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la figura 20 se interpreta de manera gráfica en porcentajes las áreas de cambio y conservación de las coberturas vegetales durante el periodo de estudio, el 42,75 % se cambió de una cobertura a otro tipo de cobertura y el 57,25 se mantuvo la misma cobertura.

**Figura 20**

*Representación gráfica de las áreas de cambio y conservación.*



*Nota:* Representación gráfica realizada en Excel. Elaborado por Ugsha (2023).

Para determinar la dinámica de cambios de la cobertura vegetal de las cinco clases establecidas, de manera específica se realizó un cálculo restando las áreas del primer año y menos las áreas del segundo año como se observa en la Tabla 15, así se determinó si ganó o perdió cada una de las clases de cobertura vegetal durante el periodo de estudio. Se establece un análisis de comparación de cada una de las coberturas de las áreas que tenían en 2013 y cuántas áreas llegaron a tener en el año 2022, la cobertura herbácea de 52,05 % pasó a tener 47,20

% teniendo una pérdida de 4,85 % de su área inicial, la cobertura arbustiva 23,79 % pasó a tener un 23,55% teniendo una pérdida de 0,23 % de su área inicial, la tierra agropecuaria de 19,70% pasó a tener un 16,66% teniendo una ganancia de 6,96% de su cobertura inicial, el suelo sin cobertura vegetal o suelo desnudo de 4,12% pasó a tener 1,19% teniendo una pérdida de 2,19% de su cobertura inicial y la zona antrópica 0,34% pasó a tener 0,65% teniendo una ganancia de 0,31% de su cobertura inicial.

**Tabla 15**

*Cambios de las coberturas vegetales generados entre los años 2013 y 2022*

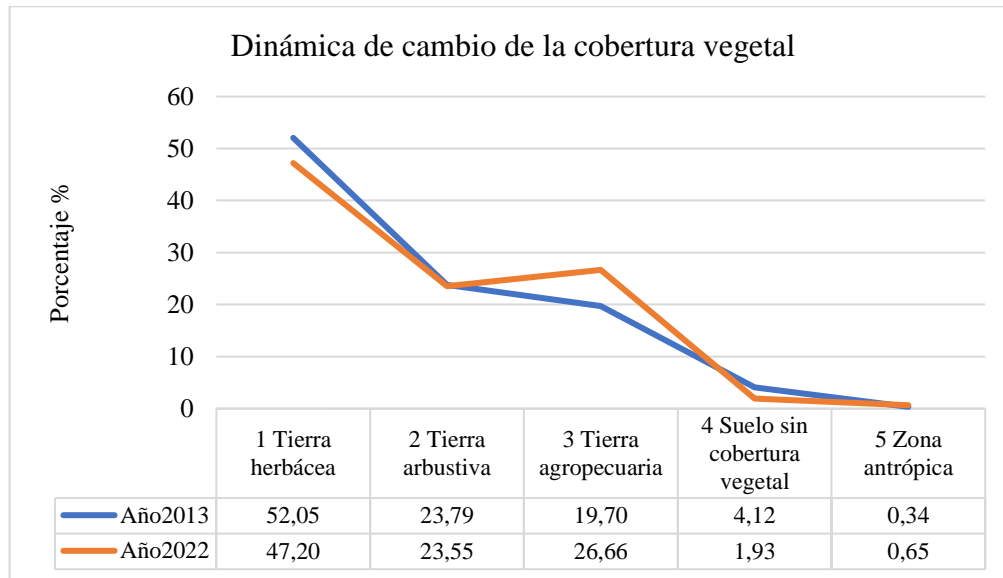
<b>Dinámica de cambio de la cobertura vegetal 2013 - 2022</b>						
Clase	Área (Ha) 2013	%	Área (Ha) 2022	%	Cambio Ha	%
1 Tierra herbácea	2716,56	<b>52,05</b>	2463,52	<b>47,20</b>	-253,04	<b>-4,85</b>
2 Tierra arbustiva	1241,49	<b>23,79</b>	1229,28	<b>23,55</b>	-12,21	<b>-0,23</b>
3 Tierra agropecuaria	1028,31	<b>19,70</b>	1391,50	<b>26,66</b>	363,19	<b>6,96</b>
4 Suelo sin cobertura vegetal	214,98	<b>4,12</b>	100,88	<b>1,93</b>	-114,10	<b>-2,19</b>
5 Zona antrópica	17,97	<b>0,34</b>	34,13	<b>0,65</b>	16,16	<b>0,31</b>
Total	5219,32	100	5219,32	100		

*Nota:* Se determinó los cambios con los datos de la clasificación realizada en los dos años 2013 y 2022. Elaborado por: Ugsha (2023).

En la Figura 21 se muestra la representación gráfica de la dinámica de cambio, de las pérdidas y ganancias de las áreas de cada una de las clases de cobertura vegetal establecidas en las clasificaciones durante el periodo de estudio.

**Figura 21**

*Disminución y aumentos de las coberturas vegetales generadas entre 2013 – 2022.*

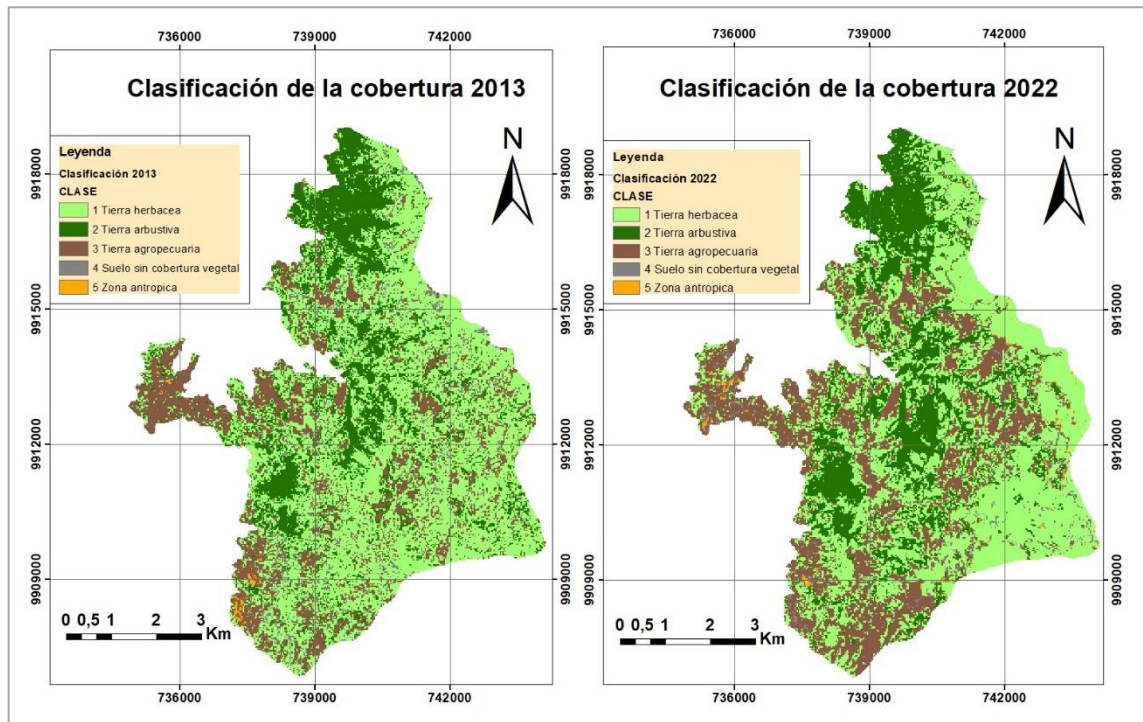


*Nota:* Cálculo realizado a partir de los datos de las tablas 9 y 11. Elaborado por Ugsha (2023)

En la Figura 22 se presenta un mapa de comparación de la dinámica demográfica de manera conjunta de los dos años 2013 y 2022, donde se observa los cambios que se ha dado cada una de las cinco clases de la cobertura vegetal establecidas en la clasificación, donde las áreas agropecuarias que tienen un aumento de superficie de 362,19 hectáreas tienden a aumentar, reemplazando la superficie de la cobertura herbácea que asciende hacia las partes altas del páramo.

**Figura 22**

*Dinámica geográfica de los cambios de la cobertura vegetal 2013 y 2022.*



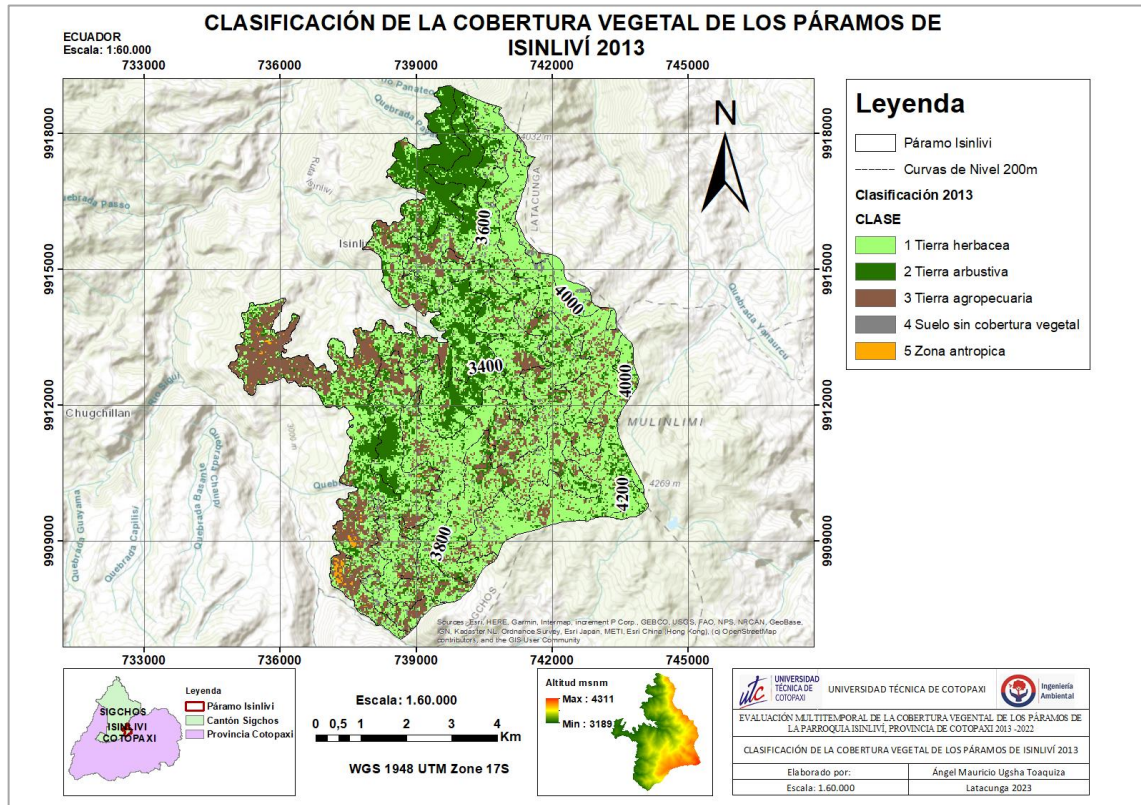
*Nota:* Comparación de la clasificación de coberturas de los años 2013 y 202. Elaborado por: Ugsha (2023).

#### 11.4 Informaciones geográficas del cambio de cobertura vegetal

La generación de información geográfica con los estándares establecidos por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2020), permite identificar, entender y analizar la superficie de la cobertura vegetal y los cambios que se ha dado durante un periodo de nueve años desde 2012 hasta 2022 de las cinco clases de las coberturas vegetales que clasificó en los páramos de Isinliví:

**Figura 23**

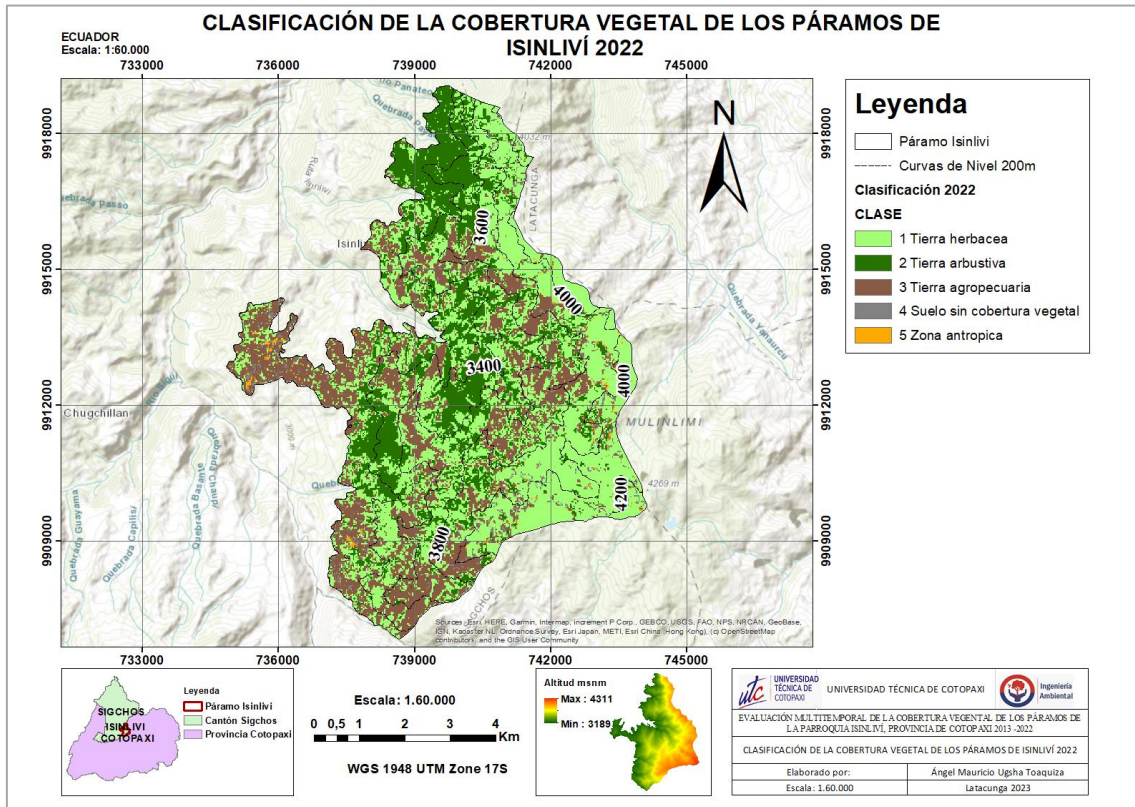
*Información geográfica de clasificación de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013.*



*Nota:* Mapa generado en ArcGIS de la clasificación del año 2013. Elaborado por Ugsha (2023).

**Figura 24**

*Información geográfica de clasificación de la cobertura vegetal de los páramos de Isinlivi 2022.*

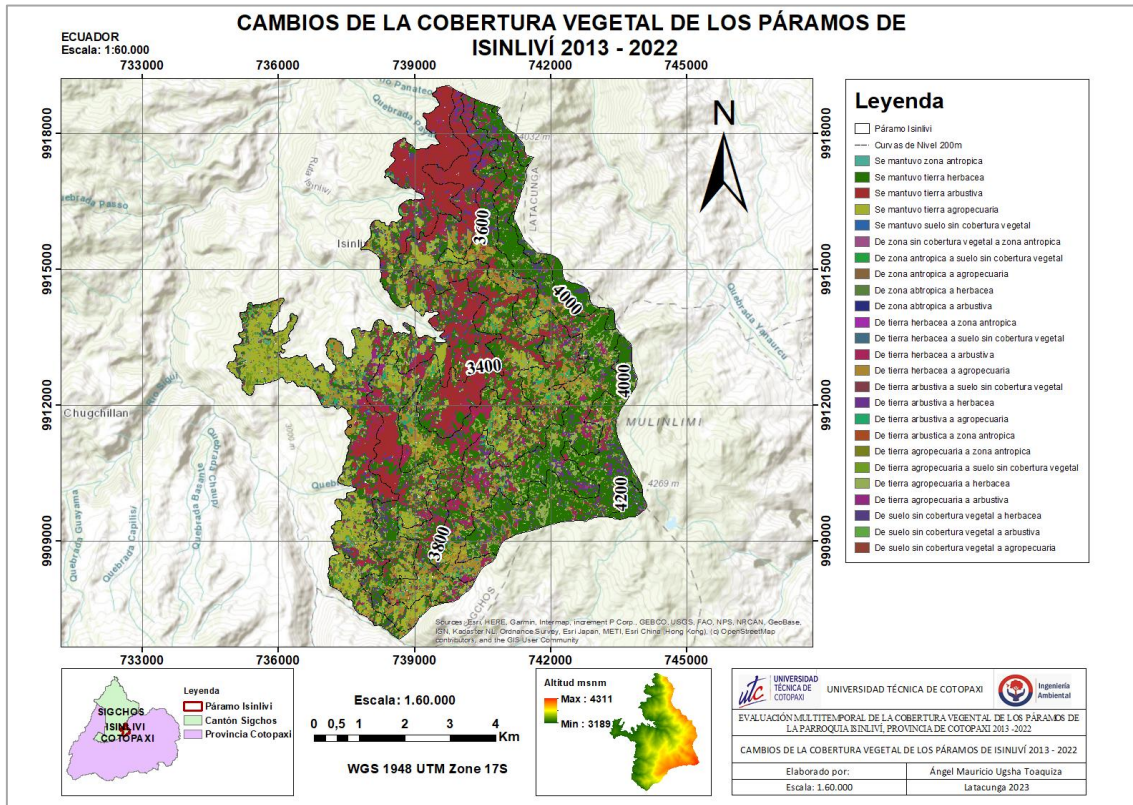


*Nota:* Mapa generado en ArcGIS de la clasificación del año 2022. Elaborado por Ugsha (2023).



**Figura 25**

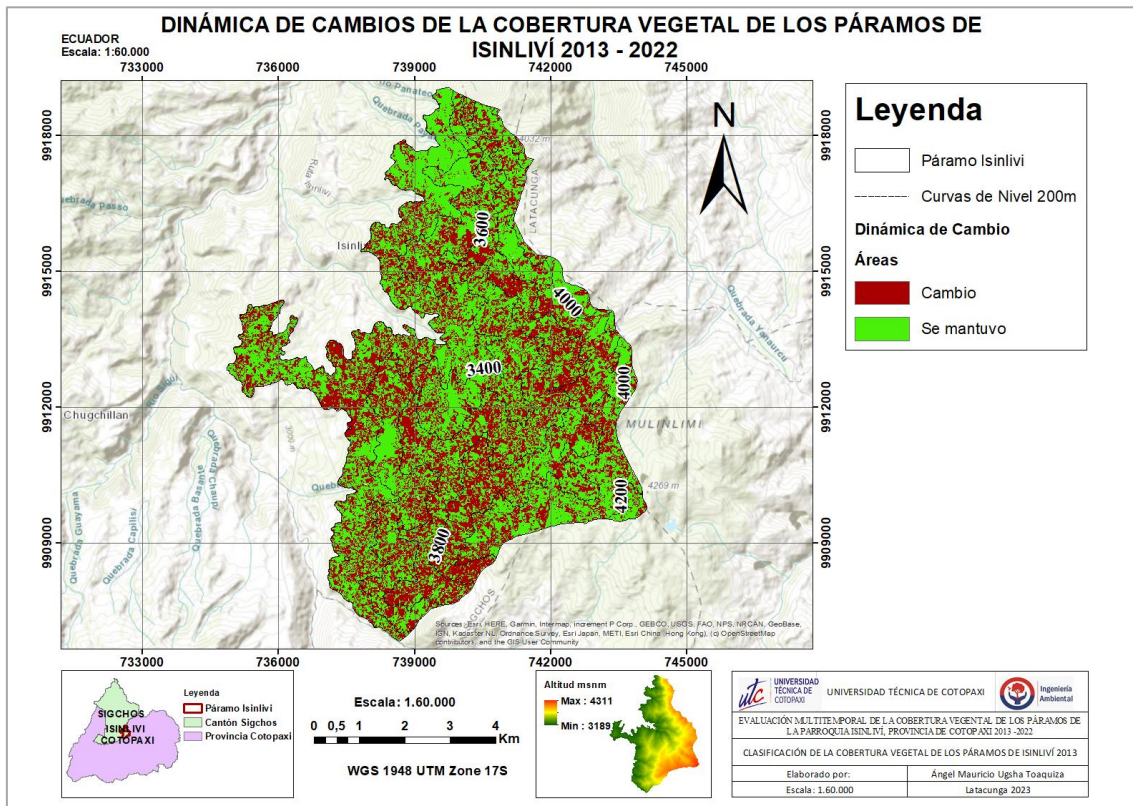
*Información geográfica de los cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013 – 2022.*



*Nota: Mapa generado en ArcGIS de los cambios generados en la cobertura vegetal. Elaborado por Ugsha (2023).*

**Figura 26**

*Dinámica de los cambios de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví 2013 – 2022.*



*Nota:* Mapa generado en ArcGIS de los cambios y conservación de la cobertura vegetal.

Elaborado por Ugsha (2023).

## 11.5 Discusión de resultados

La evaluación multitemporal de la distribución y dinámica de cambios de la cobertura vegetal de los páramos de la parroquia de Isinliví mediante la aplicación de la metodología CORINE Land Cover adaptada en Ecuador, basando en el “Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental establecidas por MAE y MAGAP en el año 2015”, de los páramos de Isinliví durante los años 2013 hasta 2022 se obtuvo resultados de los cambios de cinco clases de cobertura vegetal establecidas.

Los páramos de Isinliví tuvo un cambio trascendental en cuanto a su uso y distribución de las coberturas vegetales, en la Figura 20 en la representación gráfica de los cambios y conservación, se observa que el 42,75% del territorio de los páramos de Isinliví tuvo cambios de la cobertura vegetal entre las alturas que comprende de 3200 hasta 4300 msnm aproximadamente durante el periodo de estudio.

En la Figura 15 y 17 que corresponde a la representación gráfica en porcentajes de las áreas de las coberturas vegetales, se observa que el 52,05 % del territorio de los páramos de Isinliví predomina la cobertura vegetal herbácea en el año 2013, teniendo una disminución para el año 2022 que comprende el 47,20% del páramo, cobertura arbustivas tiene una pérdida que de 23,79% en el año 2013 pasa a tener el 23,55% en el año 2022, la tierra agropecuaria tiene una ganancia que de 19,70% de la superficie en el año 2013 pasa a tener 26,66% en el año 2022, la tierra sin cobertura vegetal tiene una disminución que de 4,12% en el año 2013 pasa a tener 1,93% en el año 2022 y la cobertura antrópica tiene una ganancia que de 0,34% en el año 2013 pasa a tener el 0,65% en el año 2022.

En la Figura 21 que determina la disminución y el aumento de las coberturas vegetales generadas entre los años 2013 y 2022, se observa que en los páramos de la parroquia Isinliví la tierra agropecuaria y la zona antrópica tienen un aumento, la tierra agropecuaria tiene un mayor incremento durante el periodo de estudio de 363,19 hectáreas y la superficie antrópica aumentó 16,16 hectáreas entre los años 2013 y 2022, la cobertura que tuvo una mayor pérdida es la cobertura herbácea, durante el periodo de estudio perdió 253,04 hectáreas, suelo sin cobertura vegetal perdió 114,10 hectáreas y la tierra arbustiva perdió 12,21 hectáreas.

Los cambios de la cobertura durante el periodo de estudio, el aumento de la superficie agrícola coincide con lo que determina según PDOT Isinliví (2021), entre las principales actividades productivas del territorio en enero del 2020 son las siguientes: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca es de 80,10%. Lo que incide en el aumento de la cobertura agropecuaria siendo una de las actividades productivas más desarrolladas en la parroquia.

Según PDOT Isinliví (2021), determina que la actividad agrícola representa más del 25% de la superficie total parroquial, su agricultura corresponde a modos y sistemas de producción de autoconsumo, de pequeñas parcelas extensivas, con herramientas manuales, sin acceso al crédito, ni asistencia técnica; las relaciones sociales y técnicas de producción son eminentemente ancestrales y tradicionales. Según MAG (2019), en el año 2019 reporta diversos cultivos en la parroquia Isinliví, de los cuales el 31 % corresponde al cultivo de pasto, el 26% corresponde a papa y el 21% a fréjol estos productos son comercializados en Guantualó, Sigchos y Latacunga. Estas actividades han marcado la tendencia del aumento de las tierras agropecuarias en los páramos de Isinliví desde el año 2013 hasta el año 2022.

En PDOT Cotopaxi (2020), afirmar que a nivel de la provincia hay una tendencia marcada hacia la pérdida de la vegetación natural, de bosques nativos, páramos y matorrales,

en la cual, de manera general se puede indicar que entre el año 1979 y el año 2011, el ritmo de cambio de los páramos fue de alrededor de 1.700 ha por año, y 1.900 ha de bosques nativos por año como se observa en el Anexo 1. Los cambios locales de las comunidades, parroquias y cantones inciden en estas cifras de cambio de la cobertura a nivel provincial, de manera que en los páramos de Isinliví hay una pérdida de la cobertura herbácea y arbustiva antes mencionada.

Como se observa en la Figura 21 y 22 que determina las pérdidas y ganancias de las coberturas y se presenta una comparación de la distribución de la cobertura vegetal entre los años 2013 y 2022, la actividad agrícola se ha aumentado a la parte más alta de la parroquia, concentrando a la parte Este de la parroquia y en la parte Sur, reemplazando parte del territorio herbácea y arbustiva durante los años 2013 y 2022. Según los autores Sahagún & Reyes (2016), los cambios en el uso de suelo y la cubierta vegetal, derivados de la expansión y extensión de las actividades antrópicas, generan impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, y contribuyen significativamente en los procesos de cambio climático a nivel regional.

Por el avance de la frontera agrícola hacia la parte alta de los páramos implica varios problemas socioambientales como la erosión del suelo, disminuyendo la capacidad de servicios ecosistémicos que brindan los páramos a la población de la localidad, entre ellas está proveer el recurso hídrico de estos ecosistemas. Según PDOT Isinliví (2021), la fuente de yacimiento de agua para toda la población de Isinliví, en un 99% de ojos de agua están situados en la zona alta de la parroquia. En PDOT Sigchos (2021), determina que cuando los caudales disminuyen considerablemente como consecuencia de la evidente disminución de la cobertura vegetal que desempeña un papel esencial en la regulación del ciclo hidrológico. Por lo que es uno de los problemas trascendentales y reales que viven las comunidades locales de la parroquia de Isinliví.

Según los autores Suárez, Mena & Hofstede (2023), el avance de la frontera agrícola hacia los páramos genera pérdida de las especies endémicas de la flora y fauna, la degradación y erosión del suelo por las malas prácticas agrícolas, contaminación a las fuentes de agua cercanas debido al uso excesivo de los químicos como fertilizantes y pesticidas, como consecuencia del deterioro de la capa vegetal natural de los páramos altera los patrones climáticos.

Según los autores Caballero, Lozano & Ortega (2007), menciona que el avance de la frontera agrícola, el cambio del uso del suelo, la deforestación y entre otras actividades

antropogénicas contribuyen al aumento de la temperatura y al cambio climático. El cambio de cobertura y usos del suelo ocasionan efectos o impactos ecológicos por el cambio de biodiversidad, hábitat, erosión, productividad y en la calidad del agua (Godoy, 2019).

## **12 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS**

### **12.1 Impactos técnicos**

La investigación realizada puede contribuir al desarrollo de nuevas técnicas y metodologías de análisis mediante las imágenes satelitales y teledetección para la evaluación de la cobertura vegetal de alta montaña, lo que podría ser útil para futuros estudios y proyectos relacionados con la conservación y restauración y manejo sostenible de los ecosistemas de páramo. Genera nuevos conocimientos sobre los cambios de la cobertura vegetal de los páramos de la parroquia Isinliví en los últimos nueve años, siendo una herramienta importante para futuras investigaciones y para la toma de decisiones en materia de mitigación de impactos negativos, conservación y manejo sostenible de los páramos. La investigación puede contribuir a la creación de bases de datos geoespaciales de cambio de cobertura vegetal a lo largo del tiempo, que serían recursos valiosos para la academia y para las autoridades en materia de planificación. Difusión de conocimiento mediante la publicación de los resultados podría ampliar la base de conocimientos disponibles para otros investigadores y actores interesados en el monitoreo de la cobertura vegetal de los páramos. Los resultados ayudan a la identificación precisa de áreas específicas de cambio en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, permitiendo una detección más precisa de áreas degradadas y conservadas.

### **12.2 Impactos sociales**

Los hallazgos de la investigación contribuyen a la concientización y educación a las comunidades locales sobre la importancia de los páramos y su conservación, lo que a su vez podría llevar a una mayor sensibilización sobre la protección del medio ambiente y la biodiversidad. A través de la investigación se garantiza la participación comunitaria en la gestión y conservación del medio ambiente, en la recopilación de datos y en validación de resultados, esto permite fortalecer la relación entre la academia y las comunidades así fomentar la colaboración en la gestión y manejo sostenible de los páramos de manera colectiva. Al proporcionar la información sobre las condiciones y cambios de la cobertura vegetal y los posibles impactos en los servicios ecosistémicos que brindan ayuda a las comunidades claridad

de los problemas ambientales que se generan a través de las actividades productivas que se desarrollan para su subsistencia. Los datos y hallazgos obtenidos en la investigación pueden ser utilizados como base para la formulación de políticas de conservación y manejo sostenible de los páramos, articulando con todas las comunidades y autoridades correspondientes en la toma de decisiones de manera integral e informada. Esto contribuye a la valoración de la identidad cultural de los páramos como patrimonio natural y cultural, generando un mayor respeto por la tradición y la historia de la región en las comunidades indígenas.

### **12.3 Impactos ambientales**

La evaluación multitemporal de la cobertura vegetal en los páramos tiene un impacto directo al proporcionar información valiosa sobre el estado de conservación de estos ecosistemas que permite identificar áreas críticas que requieren la implementación de medidas de conservación para proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporcionan para la subsistencia de la localidad. Los resultados obtenidos influyen en la toma de decisiones para proteger y conservar las especies vegetales y animales únicas presentes en estas altas montañas. Mediante la identificación de las áreas degradadas se puede realizar una planificación adecuada de actividades de restauración como la reforestación y la declaración de áreas protegidas comunitarias por el hecho de que son fuentes de agua que proporciona a las comunidades locales para el consumo humano, riego y para realizar distintas actividades productivas comunitarias en la parroquia Isinliví, así tiene una incidencia directa en la gestión del agua, ya que los páramos desempeñan un papel fundamental en la regulación del flujo de hídrico. Estas medidas de conservación, mitigación y manejo sustentable de los páramos contribuyen a la captura de carbono y a la mitigación del cambio climático.

### **12.4 Impactos económicos**

A través de los resultados obtenidos de la investigación los datos sobre la cobertura vegetal y la belleza escénica de los páramos impulsa el turismo sostenible en la parroquia, generando ingresos económicos para las comunidades locales. La información sobre los servicios ecosistémicos proporcionada por los páramos podría influir en la toma de decisiones económicas y políticas relacionadas con la gestión del agua, la agricultura sostenible y otros recursos naturales que poseen en los páramos de Isinliví.

### 13 CONCLUSIONES

- En la parroquia Isinliví basando en los criterios técnicos y geoespaciales establecidas por MAE y MAGAP se delimita páramo a partir de 3200 msnm, de acuerdo a las condiciones climáticas de la localidad y las actividades productivas que realizan, el páramo abarca 5219,32 hectáreas que presenta el 61,87% del total de la parroquia que abarca 8435,32 hectáreas, de manera geográfica los páramos están concentrada en la parte Este y Sur. La delimitación se convierte en una herramienta valiosa para las autoridades y actores locales para la toma de decisiones en la gestión y conservación de los páramos a través de las estrategias de uso sostenible del territorio.
- El cambio de la cobertura vegetal de los páramos de Isinliví en un periodo de nueve años realizada mediante el uso de las imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha evidenciado ser un instrumento indispensable y efectiva en su determinación, las cinco clases de cobertura establecidas: tierra herbácea, arbustiva, agropecuaria, suelo sin cobertura vegetal y zonas antrópicas tienen un cambio relevante que alteran el estado natural de los ecosistemas de alta montaña, el 42,75% del total del páramo tuvo cambios en la cobertura del suelo donde la tierra agropecuaria tuvo el mayor aumento de 363,19 ha ascendiendo un total de una superficie de 1391,50 ha en el año 2022 y la cobertura herbácea que tuvo una mayor pérdida de 253,04 ha descendiente a una superficie de 2463,52 ha en el año 2022 donde en el año 2013 tenía 2716,56 Ha. Esto influye en la disminución de la capacidad de los servicios ecosistémicos que brindan los páramos a la población local, siendo la principal fuente de proveer el líquido para satisfacer sus necesidades cotidianas.
- La elaboración de información geográfica de la distribución y las dinámicas de cambios de las cinco clases de la cobertura vegetal en los páramos de Isinliví durante los años 2013 y 2022, es una herramienta fundamental nos permite identificar, analizar y tomar decisiones en la gestión de los páramos y fuentes de agua frente a los cambios de la cobertura, se evidencia que la frontera agrícola tiene un avance hacia las partes altas de la parroquia, hacia la zona Este y Sur de los páramos invadiendo la cobertura herbácea y arbustiva. Estos mapas proporcionan una base cartográfica que facilita la identificación de áreas prioritarias para la conservación, restauración o manejo sostenible, contribuyendo a una gestión más efectiva de los recursos naturales en la parroquia Isinliví.

## 14 RECOMENDACIONES

- Para obtener los resultados más precisas y efectivos sobre las clasificaciones de las coberturas vegetal, se recomienda contar con los insumos necesarios y de alta calidad, como las imágenes satelitales con menor cantidad de nubosidad que permita identificar tipos de coberturas de manera más precisa y específica, realizar correcciones a las imágenes satelitales y de manera específica realizar la técnica Pansharpening que permite mejorar los píxeles de 30 m 15 m la cual garantiza resultados más confiables y reales en su clasificación y determinación de cambios.
- En base a los datos generados sobre el avance de la frontera agrícola hacia los páramos es indispensable establecer una mesa técnica de planificación territorial de manera integral donde se incluya los actores locales, los comuneros, autoridades comunitarias y entidades gubernamental y no gubernamental para generar planes, proyectos y programas de conservación y manejo sostenible de los páramos así como promover la educación y la conciencia sobre la importancia de los páramos frente a los problemáticas socioambientales que enfrentan las comunidades de la parroquia Isinliví.
- Frente al avance de la frontera agrícola, se recomienda bajo el ejercicio de gobiernos comunitarios como lo estipula en el Art. 57 los derechos colectivos y convenio internacional 169 de la OIT sobre los derechos colectivos de las comunidades indígenas, donde garantiza la autonomía de gobiernos comunitarios declarar áreas de protección a los páramos y fuentes de agua de acuerdo a la realidad y necesidad de cada comunidad.
- Bajo la articulación de las entidades gubernamentales y no gubernamentales generar charlas, capacitación y educación ambiental sobre los efectos que causan por la degradación de los páramos y sobre el manejo y uso sustentable de los páramos a las comunidades locales.
- Promover y capacitar sobre las prácticas agrícolas sostenibles para disminuir los efectos negativos en los páramos por el avance de la frontera agrícola implementando técnicas de conservación del suelo y disminuyendo el uso excesivo de los insumos químicos en la agricultura.



## 15 BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. (2014). El Método de la Investigación Research Method. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195–204.
- Acosta, B. (2021). *Qué son los ARBUSTOS, sus características, tipos y ejemplos - Resumen*. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-arbustos-3178.html>
- Alan, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*.
- Alonso, D. (2019). *Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel*. <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>
- Ariza, F., & Alba, V. (2018). *Control estricto de matrices de confusión por medio de distribuciones multinomiales*. <https://doi.org/10.21138/GF.591>
- Avendaño, D. F., Cedeño, B. C., & Arroyo, M. S. (2020). *Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial*. <https://doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>
- Balvanera, P., Castillo, A., Lazos Chavero, E., Caballero, K., Quijas, S., Flores, A., Galicia, C., Martínez, L., Saldaña, A., Sánchez, M., Maass, M., Ávila, P., Martínez, Y., Galindo, L. M., & Sarukhán, J. (2015). *Capítulo 2 marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en américa latina*. [https://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/libro\\_serv\\_ecosist/pdf/Capitulo\\_02.pdf](https://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/libro_serv_ecosist/pdf/Capitulo_02.pdf)
- Blanco, I., García, C., & Tejedor, S. (2019). *Historia y comunicación social*. <https://doi.org/10.5209/hics.66290>
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). *Efecto invernal, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
- Camacho, J., Pérez, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L., & Sánchez, M. (2015). *Cambios de cobertura/uso del suelo*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n1/v21n1a8.pdf>
- Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). *A7 Chuncho.pdf - Google Drive*. [https://drive.google.com/file/d/1\\_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view?pli=1](https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view?pli=1)


- Chuvienco, E. (2010). *Teledeteccion ambiental - Emilio Chuvienco Salinero - Google Libros*.  
<https://books.google.com.ec/books?id=aKsNXCVCtcQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, C. (2019). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, COOTAD*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. (2017). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*.  
[www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Registro Oficial*, 449(20), 25–2021. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Corredor, L., Cárdenas, E., & Ordóñez, J. (2011). Ciencia e Ingeniería Neogranadina. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(2), 153–167.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91123440008>
- EOSDA. (2023). *Banda Pancromática Y El Uso En Las Imágenes Satelitales*.  
<https://eos.com/es/make-an-analysis/panchromatic/>
- EOSDA LANDVIEWER. (2021). *Bandas Del Landsat 8: Funcionamiento Y Combinaciones*.  
<https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/>
- ESRI. (2002). *what-is-arcgis-spanishSS*.  
[http://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao\\_/what-is-arcgis-spanish.pdf](http://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao_/what-is-arcgis-spanish.pdf)
- FAO. (2010). *Review of ecolabelling schemes for fish and fishery products from capture fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.  
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/26108256-02f2-515d-921d-429db9c73434>
- Fernández, L., & Rincón, L. (2020). *Procesamiento de imágenes satelitales*.  
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/2332/1972>
- Ferrara, A., Salvati, L., Becagli, C., & Bertini, G. (2009). Beyond the Modernization Theory: Socio-Demographic Changes, Economic Structure and Forest Transition in a Multi-Dimensional Time-Series Analysis for Italy. *Open Journal of Social Sciences*, 2, 183–194.  
<https://doi.org/10.4236/jss.2014.211024>

- Flores, M., & Díaz, M. (2013). *Vulnerabilidad ambiental y región: algunos elementos para la reflexión*. <https://estudiosdeldesarrollo.mx/observatoriodeldesarrollo/wp-content/uploads/2019/05/OD6-6.pdf>
- François, J., & Fernández, T. (2003). *Investigaciones Geográficas (Mx)*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905106>
- GAD Isinliví. (2020). *Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Isinliví*. [https://www.gadmsigchos.gob.ec/new/index.php?option=com\\_content&view=article&id=384&Itemid=701](https://www.gadmsigchos.gob.ec/new/index.php?option=com_content&view=article&id=384&Itemid=701)
- García, J., Gálvez, P., & Bernal, A. (2016). *El gasto económico en centros de fitness low-cost: Diferencias según fidelidad y características del cliente*.
- GISADMINBEERS. (2019). *Todo lo que deberías saber sobre imágenes Sentinel 2 - Gis&Beers*. <http://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-sentinel-2/>
- Godoy, L. (2019). Impactos de los cambios de cobertura y uso de la tierra sobre los componentes ambientales en la provincia de San Pablo, entre los años 1996-2019. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2902>
- Gutiérrez, M., Rodríguez, G., & François, J. (2015). *Análisis jerárquico de la intensidad de cambio de cobertura/uso de suelo y deforestación (2000-2008) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México*. <https://doi.org/10.14350/rig.48600>
- IDEAM. (2015). *Consejo directivo ministerio de ambiente y desarrollo sostenible departamento nacional de estadísticas dane autonomas regionales y de desarrollo sostenible-asocars*. [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)
- IGAC. (1998). *Principios Básicos de Cartografía Temática (MHCP)*.
- INEC. (2017). *Matriz de Transición Laboral-Documento Metodológico Metodología para el cálculo de la matriz de transición laboral-Marzo 2017 Dirección responsable de la información estadística y contenidos: Realizado por*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Matrices\\_de\\_transicion/Documento%20Metodologico%20MTL.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Matrices_de_transicion/Documento%20Metodologico%20MTL.pdf)

- Instituto Geográfico Nacional. (2023). *¿Qué es la Teledetección?* <http://www.ign.es>
- Knudby, A. (2022). *Visualización y manipulación de imágenes satelitales - LibreTexts Español*. [https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Geograf%C3%ADa\\_\(F%C3%ADsica\)/Teledetecci%C3%B3n\\_\(Knudby\)/01%3A\\_Cap%C3%ADtulos/1.05%3A\\_Visualizaci%C3%B3n\\_y\\_manipulaci%C3%B3n\\_de\\_im%C3%A1genes\\_satelitales](https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Geograf%C3%ADa_(F%C3%ADsica)/Teledetecci%C3%B3n_(Knudby)/01%3A_Cap%C3%ADtulos/1.05%3A_Visualizaci%C3%B3n_y_manipulaci%C3%B3n_de_im%C3%A1genes_satelitales)
- Kogut, P. (2021). *Teledetección: Tipos Y Aplicaciones De Los Sensores Remotos*. <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- La Gaceta. (2021). *Alerta en Sigchos por nuevo megaproyecto minero | Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina*. <https://www.ocmal.org/alerta-en-sigchos-por-nuevo-megaproyecto-minero/>
- LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. (2014). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Lillesand, T., Kiefer, R., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation - Thomas Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan Chipman - Google Libros*. [https://books.google.com.ec/books?id=AFHDCAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=AFHDCAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Lizмова, N. (2007). *Análisis de mapas como un método de investigación de fenómenos naturales y socioeconómicos*. [http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com\\_content&task=view&id=332&Ite..](http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=332&Ite..)
- López, E., Bocco, G., & Mendoza, M. (2001). Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia Prediction about changes in land-use. The case of Morelia. *Num, 45*, 56–76.
- Maza, C. (2009). *Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la Subcuenca Zamora Huayco-Cantón Loja*.
- Mena, Patricio., & Castillo, A. (2011). *Páramo : paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. EcoCiencia. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56328.pdf>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Estudio metodología unificada del levantamiento de cobertura y uso de la tierra y sistemas productivos agropecuarios del ecuador continental*.  
[http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379&fname=dm\\_cobertura\\_tierra\\_2020.pdf&access=public](http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379&fname=dm_cobertura_tierra_2020.pdf&access=public)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Dirección Gestión y Promoción del Sistema General de Regalías Equipo Estructuración, Estandarización de Proyectos y Proyectos Tipo Dirección Gestión y Promoción del Sistema General de Regalías*.
- Ministerio de Planificación y Desarrollo. (2020). *Estandares de Información Geográfica Requisitos Mínimos de Información Marginal para Cartografía Temática*.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). (2018). *PROGRAMA REGIONAL Abc ECUADOR*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57848.pdf>
- Morales, A. (2023). *10 sitios de descarga de datos cartográficos mundiales*.  
[https://mappinggis.com/2023/05/datos-cartograficos/#4\\_USGS\\_Earth\\_Explorer](https://mappinggis.com/2023/05/datos-cartograficos/#4_USGS_Earth_Explorer)
- Moreno, J. (2018). *Plantas herbáceas, vegetación con gran diversidad - Naturaleza y ecología*.  
<https://naturaleza.animalesbiologia.com/plantas/plantas-herbaceas>
- Muñoz, M. (2016). *Investigación Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión Quality Cartographic analysis by studying Confusion Matrix*.
- Ochoa, F. (2023). *¿Qué es un análisis multitemporal? | El blog de franz*.  
<https://acolita.com/que-es-un-analisis-multitemporal/>
- ONU. (2021). *Tierras agrícolas*. <https://www.decadeonrestoration.org/es/types-ecosystem-restoration/tierras-agricolas>
- Ortiz, J. (2022). *Antrópico: significado, usos, sinónimos, ejemplos*.  
<https://www.lifeder.com/anropico/>
- Ossa, J. (2013). *Matrices de transición y patrones de variabilidad cognitiva\* Transition Matrix and Patterns of Cognitive Variability*. 12(2), 559–570.  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.UPSY12-2.mtpv>
- Padilla, L., Huape, G., & Nieto Del Valle, C. (2021). *La vulnerabilidad socio-ambiental como pérdida del bienestar socio (Vol. 11)*.

- Painter, J. (2013). *El futuro incierto de los páramos andinos* - *BBC News Mundo*.  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130905\\_ciencia\\_verde\\_paramos\\_andinos\\_cambio\\_climatico\\_np](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130905_ciencia_verde_paramos_andinos_cambio_climatico_np)
- PDOT Isinliví. (2021). *PDOT ISINLIVI*.
- PDOT Sigchos. (2021). *Sigchos "JARDÍN COLGANTE DE LOS ANDES."*
- PDYOT Cotopaxi. (2020). *PDYOT COTOPAXI*.
- Prieto, J. (2017). *El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales*.  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-46.umdi>
- REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. (2019). *REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Sahagún, F., & Reyes, H. (2016). *Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México*.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441955208001>
- Samaniego, J. (2021). *Análisis multitemporal de cobertura y dinámica geomorfológica de la microcuenca Shucos, del cantón Loja*.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5347/MAS\\_ICIH\\_2101.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5347/MAS_ICIH_2101.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Sánchez, J. (2016). *Investigación Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz Confusión - José - Studocu*. <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-de-pernambuco/introducao-a-engenharia/investigacion-analisis-de-calidad-cartografica-mediante-el-estudio-de-la-matriz-confusion-jose-manuel-sanchez-munoz/13532908>
- Sarría, F. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2020). *Estandares de Información Geográfica Terminología para Información Geográfica basado en la Norma ISO/TS 19104:2008 Geographic information-Terminology e ISO/TC 211 Multi-Lingual Glossary of Terms*.

- Soller, D., & Berg, T. (2020). *USGS OFR 02-370: La Base de Datos Nacional de Cartografía Geológica: Informe de Avance*. <https://ngmdb.usgs.gov/Info/reports/DMT02NGMDB-esp.html>
- Soria, M. (2016). *NOCIONES SOBRE TELEDETECCION*.
- Stocker, T. F., & Qin, D. (2013). *Climate change 2013 : the physical science basis : summary for policymakers, a report of Working Group I of the IPCC, technical summary, a report accepted by Working Group I of the IPCC but not approved in detail and frequently asked questions : part of the Working Group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Suárez, E. (2023). *Método inductivo y deductivo: definición, características y ejemplos* . <https://expertouniversitario.es/blog/metodo-inductivo-y-deductivo/>
- Suárez, E., Mena, P., & Hofstede, R. (2023). *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro*. <https://libros.usfq.edu.ec/index.php/usfqpress/catalog/view/71/131/1237>
- Torres, S., & Proaño, C. (2018). Componentes del balance hídrico en los páramos de Jatunsacha, Ecuador. *Granja*, 28(2), 52–66. <https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.04>
- Turi, T., Hayicho, H., & Kedir, H. (2019). Evaluating Land Use/Land Cover Change and Its Socioeconomic Implications in Agarfa District of Bale Zone, Southeastern Ethiopia. *Journal of Environmental Protection*, 10, 369–388. <https://doi.org/10.4236/jep.2019.103022>
- Turner, B., Lambin, E., & Reenberg, A. (2007). *The emergence of land change science for global environmental change and sustainability*. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0704119104](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0704119104)
- Universidad de Caldas. (2011). *Biodiversidad CO-OPERATION OFFICE EUROPEAID*. [www.espaciograficosa.com](http://www.espaciograficosa.com)
- UPM. (2012). *TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION APLICADAS A TELEDETECCION*. [https://www.fi.upm.es/docs/estudios/grado/1325\\_GUIA\\_APRENDIZAJE\\_TIAP.pdf](https://www.fi.upm.es/docs/estudios/grado/1325_GUIA_APRENDIZAJE_TIAP.pdf)
- Valencia, G., & Anaya, J. (2009). *IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER CON IMÁGENES IKONOS*.

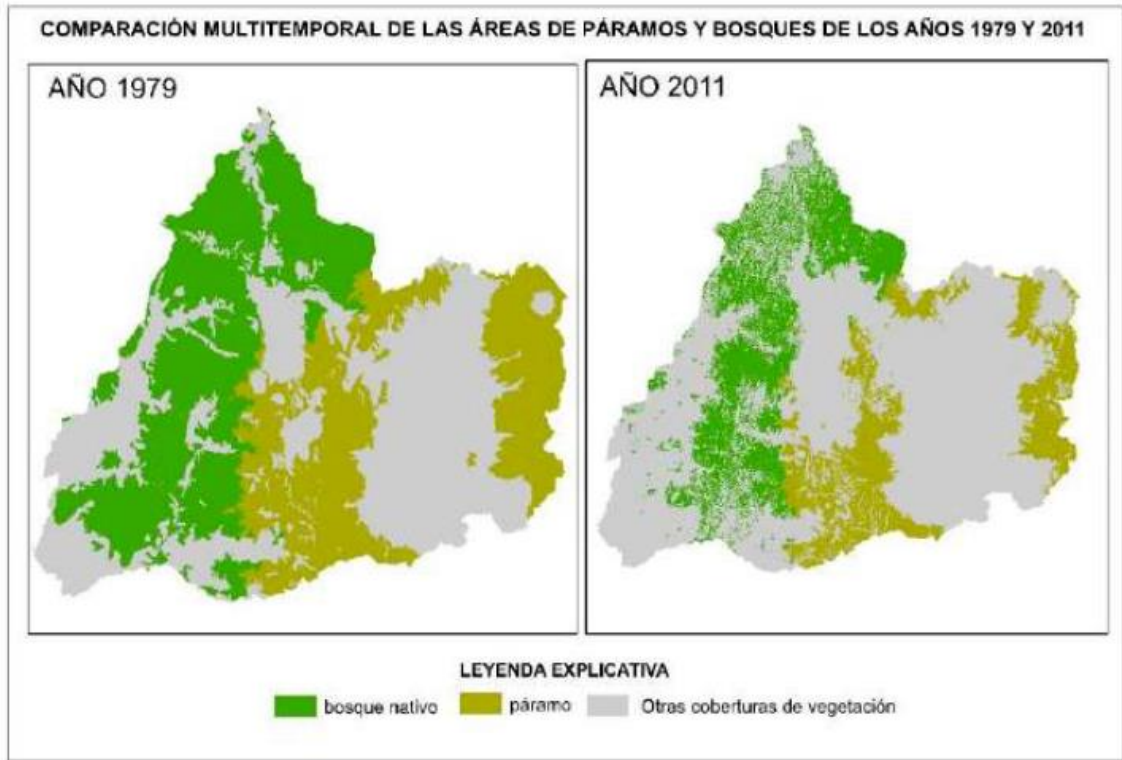
- Vargas, T., & Rosales, C. (2014). *Pérdida de la cobertura vegetal y sus repercusiones ambientales y legales Artículos Loss of coverage plant and environmental and legal impact*. 19(1), 2014.
- Yaneth, G., Rincon, A., Santiago, P., & Alvarez, A. (2017). Multitemporal analysis of the vegetation cover in the area of influence of the mines located in the high part of Maltería in Manizales, Colombia • *DYNA*, 84, 95–101. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>



## 16 ANEXOS

### Anexo 1

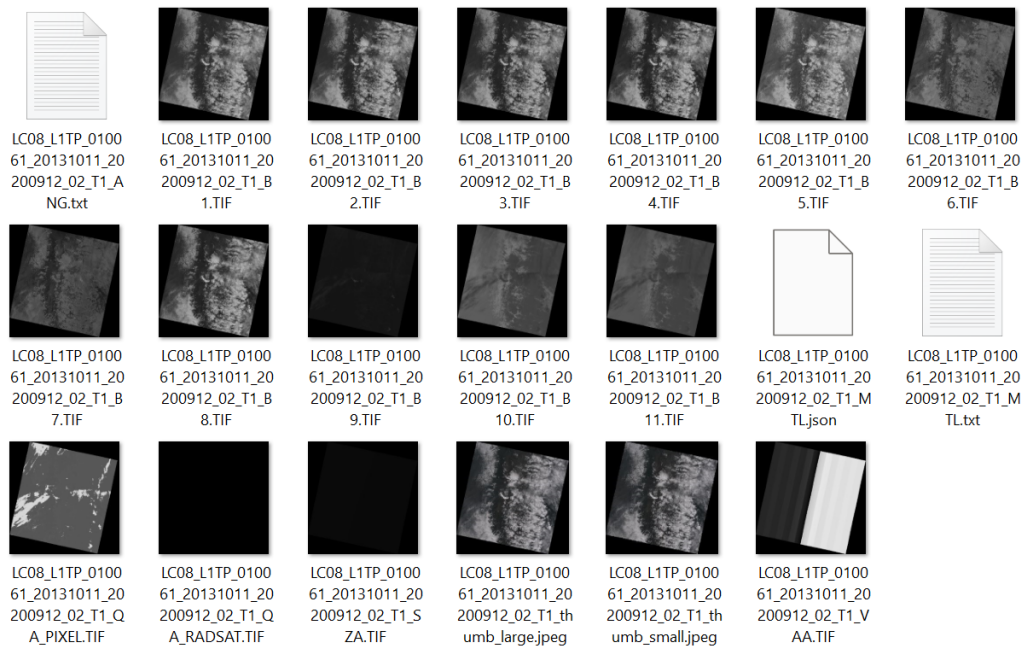
*Comparación Multitemporal de las áreas de páramos de los años 1970 y 2011 de la provincia de Cotopaxi.*



Fuente: Cartografía de la Fundación Ecociencia realizada a partir de imagen satelital LandSat del año 1979. Elaboración: Equipo Técnico Actualización del PDOT (2020)

## Anexo 2

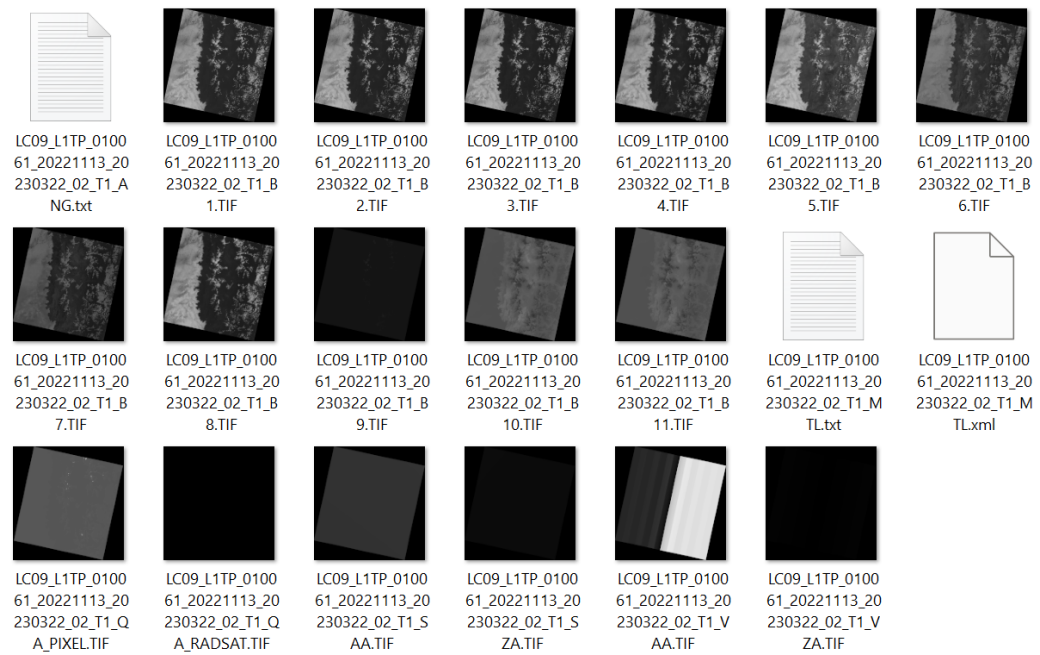
### *Bandas descargadas del año 2013*



*Nota:* Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).

## Anexo 3

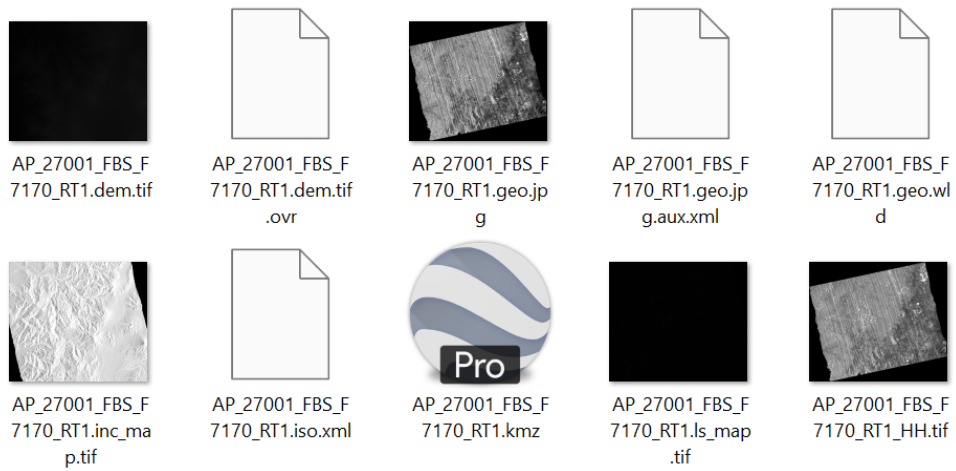
### *Bandas descargadas del año 2022*



*Nota:* Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).

## Anexo 4

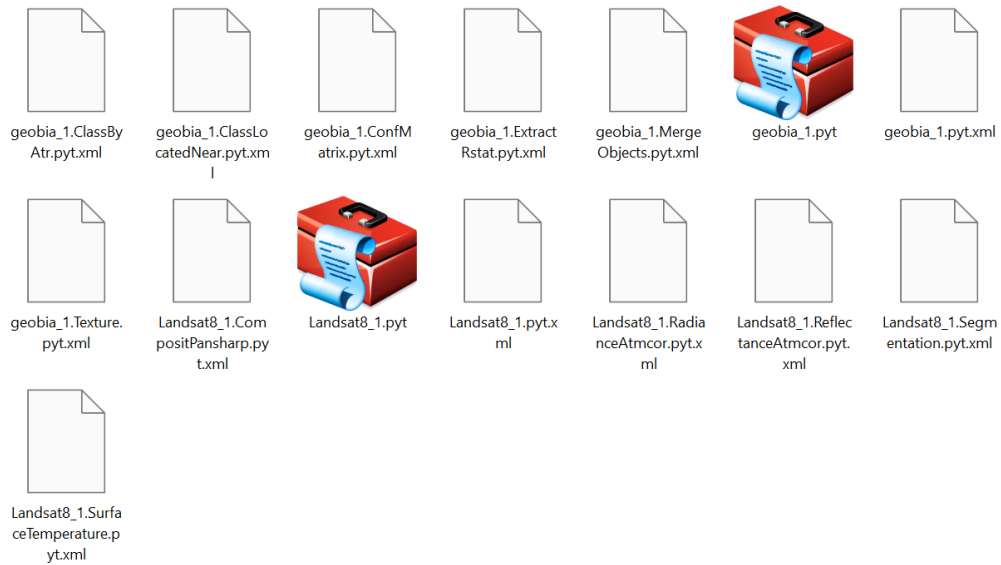
*Ráster descargada del área de estudio de 12.5m de píxeles.*



*Nota: Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).*

## Anexo 5

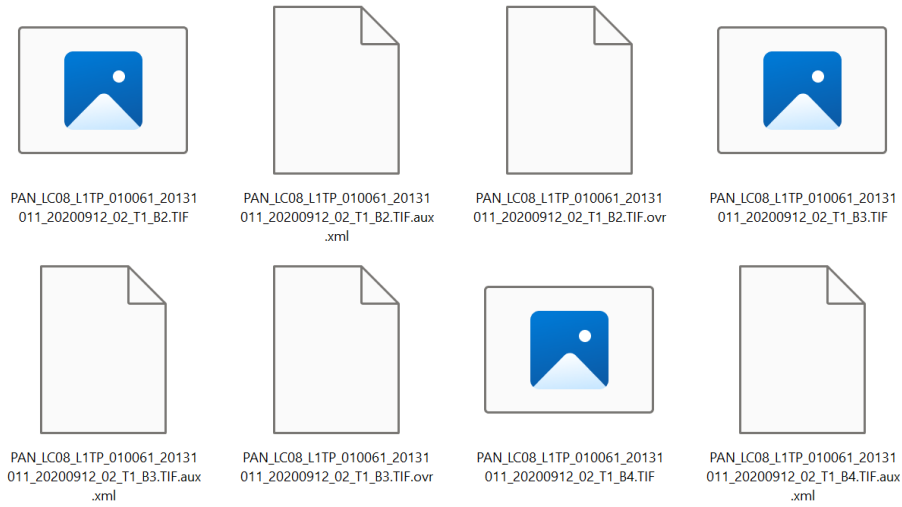
*Herramienta GEOBIA LandSat 8 descargada para realizar corrección atmosférica.*



*Nota: Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).*

## Anexo 6

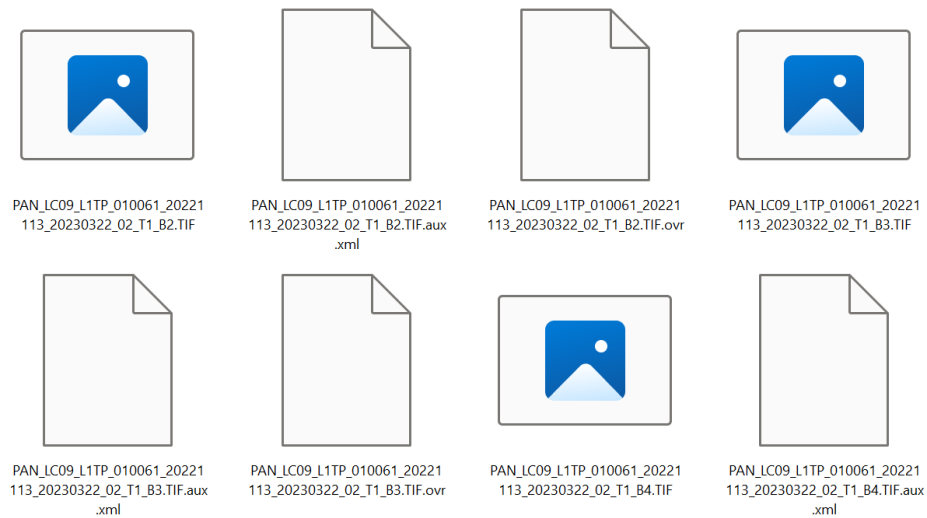
### *Bandas aplicadas Pansharpening de 15m de píxeles del año 2013*



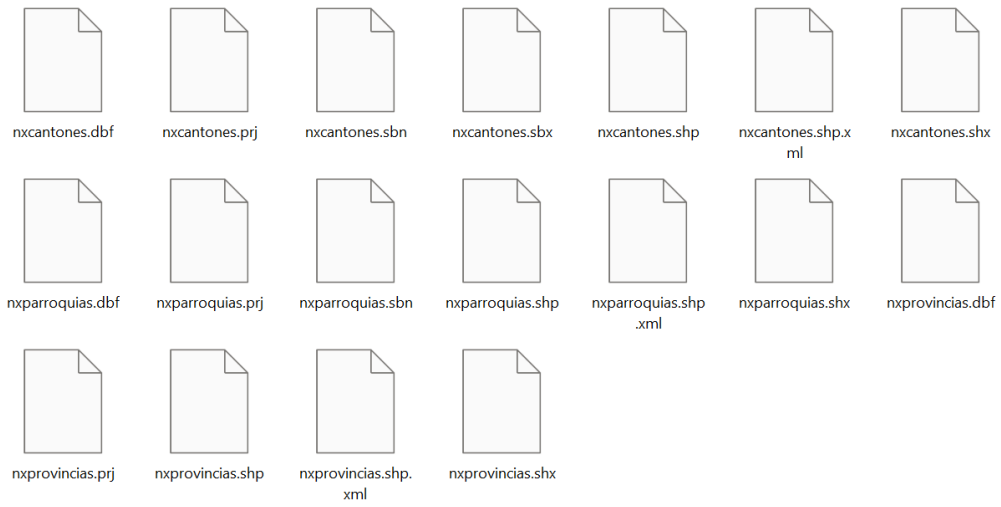
*Nota: Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).*

## Anexo 7

### *Bandas aplicadas Pansharpening de 15m de píxeles del año 2022*



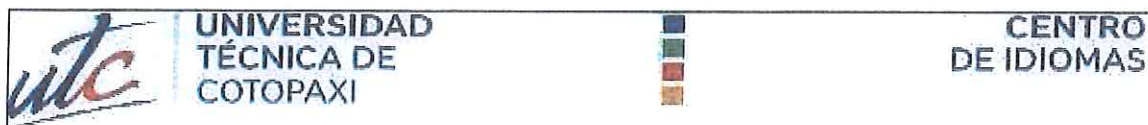
*Nota: Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).*

**Anexo 8***Capas Shape de las delimitaciones políticas de parroquias, cantones y provincias*

*Nota:* Captura de pantalla, elaborado por Ugsha (2023).

## Anexo 9

*Aval del Traductor del Centro de Idiomas*



### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL (2013 - 2022) DE LOS PÁRAMOS DE LA PARROQUIA ISINLIVÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **Ugsha Toaquiza Ángel Mauricio** egresado de Ingeniería Ambiental perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

  
MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0501801252



CENTRO  
DE IDIOMAS