



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL
PÁRAMO DE LA COMUNIDAD SALAMALAG CHICO DE LA
PARROQUIA GUANGAJE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2022”**

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

Autor:

Quillupangui Tenelema Douglas Israel

Tutora:

Boada Cahueñas Ellana Amparito

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quillupangui Tenelema Douglas Israel, con cédula de ciudadanía No. 1720353950, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje, provincia de Cotopaxi 2014-2022”**, siendo la Ingeniera Ph.D. Ellana Boada Cahueñas, Tutora 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, 17 de agosto del 2023



Douglas Israel Quillupangui Tenelema
Estudiante
C.C. 1720353950



Ing. Ellana Boada Cahueñas, Ph.D.
Docente Tutora
C.C. 1719312892

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 **QUILLUPANGUI TENELEMA DOUGLAS ISRAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **1720353950** 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, “**Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje, provincia de Cotopaxi 2014-2022**”, 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: Ing. Ellana Amparito Boada Cahueñas, PhD.

Tema: “Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje, provincia de Cotopaxi 2014-2022”

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.



Douglas Israel Quillupangui Tenelema

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD SALAMALAG CHICO DE LA PARROQUIA GUANGAJE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2022”, de Quillupangui Tenelema Douglas Israel, 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. Ellana Boada Cahueñas, Ph.D.
DOCENTE TUTORA
CC: 1719312892

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: Quillupangui Tenelema Douglas Israel, con el título de Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD SALAMALAG CHICO DE LA PARROQUIA GUANGAJE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2022”**, 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 los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

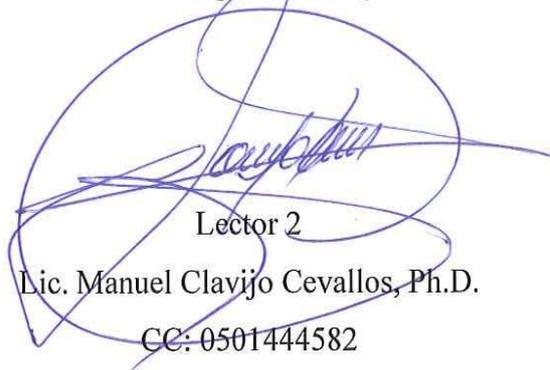


Lector 1 (Presidente)

Ing. Marco Rivera Moreno, Mg.

CC: 0501518955

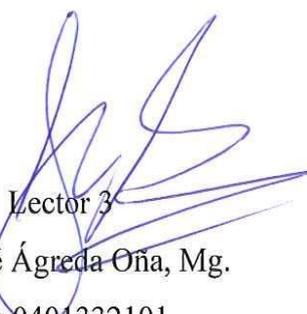
Latacunga, 10 de Agosto del 2023



Lector 2

Lic. Manuel Clavijo Cevallos, Ph.D.

CC: 0501444582



Lector 3

Ing. José Ágreda Oña, Mg.

CC: 0401332101

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de ser parte de ella y poder ser un gran profesional. Quiero agradecer a mis padres por siempre apoyarme y ser parte de este proceso para poder culminar mi carrera universitaria, un agradecimiento a Dios por brindarme salud y sabiduría, a mis maestros y tutora que compartieron su sabiduría y consejos permanentemente para ser una persona de bien y preparada para los retos de la vida.

Douglas Israel Quillupangui Tenelema

DEDICATORIA

Este proyecto les dedico a mis padres, Amparo y Jaime, quienes me apoyaron y me demostraron todo su amor y paciencia, quienes siempre han sido el pilar fundamental para lograr mis metas, triunfos y momentos difíciles que me ha enseñado a valorarlo cada día mas y aprender, también a mis hermanos Alejo y Martin, y a mis amigos que he conocido en el transcurso de la Universidad, a todas las personas que me han aconsejado, motivado incondicionalmente y que han confiado en mí. Infinitas gracias.

Douglas Israel Quillupangui Tenelema

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD SALAMALAG CHICO DE LA PARROQUIA GUANGAJE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2022”.

AUTOR: Quillupangui Tenelema Douglas Israel

RESUMEN

La investigación se realizó en el páramo de la comunidad Salamalag Chico ubicado en la parroquia Guangaje del cantón Pujilí perteneciente a la provincia de Cotopaxi, con el objetivo de realizar un análisis multitemporal para determinar los cambios de la cobertura vegetal del páramo mediante la utilización de imágenes satelitales durante el periodo 2014-2022. Se trabajó con la metodología Corine Land Cover que es utilizado para la clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo, se estableció 4 coberturas vegetales como: tierra arbustiva y herbácea, tierra forestal, tierra agropecuaria y tierra sin cobertura vegetal de acuerdo la concordancia que se maneja los metadatos propuestas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, además se implementó la matriz de confusión para ver la concordancia con los datos registrados en campo, obteniendo una tasa de 92% que es altamente confiable y se implementó la matriz de transición de 2 periodos como: 2014-2018 y 2018-2022, para conocer los cambios de las variables en términos reales en cuanto la ganancia de cobertura vegetal. Entre los resultados más destacados para las categorías establecidas como la tierra arbustiva y herbácea indicaron disminución: 2014 (1280,7 ha; 50%), 2018 (1087,8 ha; 43%) pero presento ganancias en el año 2022 (1212 ha; 48%) y la tierra forestal presenta una disminución: 2014 (184,8 ha; 7%), 2018 (107,9 ha; 4%) y 2022 (52,2 ha; 2%). La matriz de transición muestra 12 zonas que sufrieron cambios o modificaciones de cobertura vegetal y 4 zonas que se mantuvieron constantes o sin cambios en los 2 periodos. Concluyendo que la disminución de las hectáreas del páramo está ligadas a las actividades económicas, debido al avance de la frontera agrícola cultivando en áreas de mayor altitud hasta llegar un uso excesivo del suelo provocando erosión y tener menos oportunidad de desarrollo, en cambio, la tierra forestal que corresponde a los pinos (*Pinus sylvestris*) son especies no endémicas que perjudican en el crecimiento de la vegetación a su alrededor por lo que en el año 2018 talaron y quemaron grandes extensiones de árboles deteriorando los páramos.

Palabras clave: Clasificación supervisada, cobertura vegetal, georreferenciación, imágenes satelitales, páramo

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

TITLE: "MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE VEGETATION COVER OF THE PÁRAMO OF THE SALAMALAG CHICO COMMUNITY OF THE GUANGAJE PARISH, COTOPAXI PROVINCE 2014-2022".

AUTHOR: Quillupangui Tenelema Douglas Israel

ABSTRACT

The research was conducted in the páramo of the Salamalag Chico community located in the Guangaje parish of the Pujilí canton belonging to the province of Cotopaxi, with the objective of conducting a multitemporal analysis to determine the changes in vegetation cover of the páramo using satellite images during the period 2014-2022. We worked with the Corine Land Cover methodology which is used for the classification of vegetation cover and land use, 4 vegetation covers were established as: shrub and herbaceous land, forest land, agricultural land and land without vegetation cover according to the concordance that is handled metadata proposed by the Ministry of Agriculture and Livestock, in addition the confusion matrix was implemented to see the concordance with the data recorded in the field, obtaining a rate of 92% which is highly reliable and the transition matrix was implemented for 2 periods such as: 2014-2018 and 2018-2022, to know the changes of the variables in real terms in terms of gain of vegetation cover. Among the most outstanding results for the categories established as shrub and herbaceous land indicated decrease: 2014 (1280.7 ha; 50%), 2018 (1087.8 ha; 43%) but presented gains in the year 2022 (1212 ha; 48%) and forest land presents a decrease: 2014 (184.8 ha; 7%), 2018 (107.9 ha; 4%) and 2022 (52.2 ha; 2%). The transition matrix shows 12 areas that underwent vegetation cover changes or modifications and 4 areas that remained constant or unchanged in the 2 periods. Concluding that the decrease of the paramo hectares is linked to economic activities, due to the advance of the agricultural frontier cultivating in areas of higher altitude until reaching an excessive use of the soil causing erosion and having less opportunity for development, on the other hand, the forest land corresponding to pines (*Pinus sylvestris*) are non-endemic species that harm in the growth of the vegetation around them so in 2018 they cut down and burned large extensions of trees deteriorating the paramos.

Keywords: supervised classification, vegetation cover, georeferencing, satellite images, paramo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTORA 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 FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS	4
5.1 Objetivo General	4
5.2 Objetivo Específico	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1 Ecosistema.....	6
7.2 Ecosistema terrestre.....	6
7.3 Páramo.....	7
7.4 Importancia de los páramos.....	7
7.5 Transformación del Paisaje	7
7.6 Restauración ecológica.....	7
7.7 Cobertura Vegetal	8
7.8 Beneficios de la cobertura vegetal en los páramos	8
7.9 Cambios en la cobertura vegetal	8
7.10 Análisis Multitemporal.....	9

7.11 Sistemas de Información Geográfica	9
7.12 Teledetección	9
7.13 Sensores remotos.....	9
7.14 Fotointerpretación	10
7.15 Imagen satelital	10
7.16 Imagen Landsat 8	10
7.17 Clasificación de imágenes satelitales	11
7.18 Clasificación supervisada.....	11
7.19 ArcGIS	11
7.20 Matriz de confusión.....	12
7.21 Matriz de transición.....	12
8. MARCO LEGAL	13
8.1 Constitución de la República del Ecuador	13
8.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.....	15
8.3 Código Orgánico del Ambiente.....	15
8.4 Reglamento Código Orgánico del Ambiente	16
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	17
10. METODOLOGÍA.....	18
10.1 Área de estudio.....	18
10.2 Caracterización climática de la parroquia Guangaje.....	19
10.3 Métodos	19
10.3.1 Método Bibliográfico	20
10.3.2 Método descriptivo.....	20
10.3.3 Metodología Corine Land Cover.....	20
10.3.4 Adquisición de Imágenes Landsat.....	21
10.3.5 Preprocesamiento de imágenes satelitales.....	24
10.3.5.1 Corrección geométrica.....	24
10.3.5.2 Corrección radiométrica	24
10.3.5.3 Corrección atmosférica.....	24
10.3.6 Coberturas Establecidas	25
10.3.7 Procesamiento de la información	26
10.3.7.1 Creación de Polígonos	26
10.3.7.2 Combinación de bandas.....	26

10.3.7.3	Generación de firmas espectrales	27
10.3.7.4	Clasificación supervisada	27
10.3.8	Validación de la clasificación	27
10.3.8.1	Matriz de Confusión	28
10.3.8.2	Precisión Global	28
10.3.8.3	Proporción esperada	29
10.3.8.4	Índice Kappa.....	29
10.4	Análisis vectorial.....	30
10.4.1	Matriz de Transición	30
10.5	Método cartográfico	32
10.5.1	Cuerpo del Mapa	32
10.5.1.1	Ubicación.....	32
10.5.1.2	Coordenadas	32
10.5.1.3	Norte Geográfico	32
10.5.2	Información Marginal	32
10.5.2.1	Nombre	32
10.5.2.2	País y Escala Numérica	32
10.5.2.3	Tarjeta.....	33
10.5.2.4	Mapa de Ubicación.....	33
10.5.2.5	Escala de Impresión.....	33
10.5.2.6	Parámetros de Referencia Geodésicos.....	33
10.5.2.7	Leyenda	33
10.5.2.8	Guía de elevación	34
10.6	Socialización de la investigación	34
10.7	Técnicas.....	34
10.7.1	Observación Directa e Indirecta.....	34
10.7.2	Técnica de Encuestas	34
10.7.2.1	KoBo Toolbox	35
10.7.3	Técnica de análisis de datos	35
10.7.4	Salida de campo	35
10.8	Instrumentos	35
10.8.1	Materiales	35
10.8.2	Software.....	36

10.8.3 Insumos.....	36
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	36
11.1 Análisis de la cobertura vegetal del año 2014.....	36
11.2 Análisis de la cobertura vegetal del año 2018.....	38
11.3 Análisis de la cobertura vegetal del año 2022.....	39
11.4 Validación de la clasificación supervisada del año 2022.....	40
11.5 Cobertura vegetal del año 2014-2018-2022 del páramo de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al cantón Pujilí.....	42
11.6 Matriz de transición de cobertura vegetal	43
11.6.1 Cambios de la cobertura vegetal del periodo 2014-2018	44
11.6.2 Matriz de Transición de cobertura vegetal del periodo 2014-2018.....	45
11.6.3 Cambios de la cobertura vegetal del periodo 2018-2022	48
11.6.4 Matriz de Transición de cobertura vegetal del periodo 2018-2022.....	49
11.7 Socialización de resultados en la comunidad Salamalag Chico perteneciente al cantón Pujilí.....	52
11.8 Elaboración de los mapas temáticos.....	53
11.9 Discusión de los resultados	55
11.9.1 Análisis comparativo entre coberturas vegetales del 2014-2018 y 2018-2022	55
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	58
12.1 Impacto ambiental	58
12.2 Impacto social	58
12.3 Impacto económico	58
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
13.1 Conclusiones	59
13.2 Recomendaciones.....	60
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
15. ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de una matriz de confusión	12
Figura 2. Modelo de la matriz de transición	13
Figura 3. Delimitación del área de estudio	19
Figura 4. Diseño metodológico Corine Land Cover	21
Figura 5. Procedimiento de descarga de imágenes satelitales Landsat.....	22
Figura 6. Imagen Landsat 8 realizada la corrección atmosférica.....	25
Figura 7. Creación de las firmas espectrales para cada clase de cobertura vegetal	27
Figura 8. Clasificación Supervisada del año 2014 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí.....	36
Figura 9. Clasificación Supervisada del año 2018 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí.....	38
Figura 10. Clasificación Supervisada del año 2022 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí.....	39
Figura 11. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2014-2018 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí	44
Figura 12. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2014-2018 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí	46
Figura 13. Clases de cobertura vegetal entre los años 2014-2018.....	48
Figura 14. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2018-2022 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí	48
Figura 15. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2018-2022 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí	50
Figura 16. Clases de cobertura vegetal entre los años 2018-2022.....	52
Figura 17. Grado de la socialización mediante el uso de mapas	53
Figura 18. Mapa temático de los cambios de la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al año 2014.....	54

Figura 19. Mapa temático de los cambios de la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al año 2018	54
Figura 20. Mapa temático de los cambios de la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al año 2022	55
Figura 21. Cambios entre coberturas vegetales del 2014-2018 y 2018-2022 del páramo Salamalag Chico	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto	2
Tabla 2. Actividades en relación a los objetivos planteados	5
Tabla 3. Límites de la parroquia de Guangaje	18
Tabla 4. Metadato de las imágenes obtenidas.....	22
Tabla 5. Pre Visualización y resumen de las principales características de las imágenes adquiridas del USGS.....	23
Tabla 6. Leyenda nivel 3 perteneciente al Metadato de “Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental 2009-2015”	25
Tabla 7. Cobertura y uso del suelo establecido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador	26
Tabla 8. Procedimiento de la herramienta Combine.....	28
Tabla 9. Valores de Concordancia	29
Tabla 10. Estructura de la matriz de transición año inicial y año final.....	30
Tabla 11. Estructura de la matriz de transición.....	31
Tabla 12. Resumen de la cobertura Vegetal del 2014	37
Tabla 13. Resumen de la cobertura Vegetal del 2018	39
Tabla 14. Resumen de la cobertura Vegetal del 2022	40
Tabla 15. Matriz de confusión del año 2022.....	41
Tabla 16. Hectáreas y Porcentajes de clases de cobertura vegetal 2014-2018 – 2022	42
Tabla 17. Matriz de transición en hectáreas en el periodo 2014 – 2018.....	45
Tabla 18. Cambios entre la cobertura vegetal de 2014-2018.....	47
Tabla 19. Matriz de transición en hectáreas en el periodo 2018 – 2022.....	49
Tabla 20. Cambios entre la cobertura vegetal de 2018-2022.....	51

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje, provincia de Cotopaxi 2014-2022”

Fecha de inicio: 10 de abril del 2023

Fecha de finalización: 14 de agosto del 2023

Lugar de ejecución: Comunidad Salamalag Chico, Parroquia Guangaje, Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado: Sostenibilidad ambiental

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Ellana Amparito Boada Cahueñas, Ph.D.

Estudiante: Quillupangui Tenelema Douglas Israel

LECTOR 1: Ing. Marco Rivera Moreno, Mg.

LECTOR 2: Lic. Manuel Clavijo Cevallos, Ph.D.

LECTOR 3: Ing. José Ágreda Oña, Mg.

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

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

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

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Ecuador posee ecosistemas frágiles como los páramos que ocupan una extensión que corresponde al 5% del territorio ecuatoriano, ecosistemas vulnerables ante los cambios de sus variables o alteraciones de su cobertura vegetal reduciendo cada vez su tamaño, llevando consigo consecuencias al medio ambiente y socioeconómico. El presente proyecto de la investigación tiene como objetivo determinar el estado o cambios de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico perteneciente a la parroquia de Guangaje del cantón Pujilí mediante el estudio multitemporal, convirtiendo en una herramienta renovada que servirán como base para concientizar a la comunidad de proteger sus páramos, para evitar futuras intervenciones territoriales, invasiones agrícolas y proporcionará información ya que son muy escasas sobre los datos de las condiciones actuales de la cobertura vegetal de los páramos de la provincia de Cotopaxi.

Con los resultados obtenidos a partir de los mapas cartográficos atribuirán una mejora al ambiente y a lo social con las comunidades cercanas, determinando como se ha afectado los páramos de la comunidad Salamalag Chico para tener una mejor planificación a futuro del territorio para llegar al desarrollo sostenible. Este proyecto de investigación está relacionado con el objetivo 15 de desarrollo sostenible “Promover la gestión sostenible de los bosques, combatir la desertificación, detener y revertir la degradación de la tierra, detener la pérdida de biodiversidad” para proteger y preservar los ecosistemas terrestres como el páramo de Cotopaxi para las generaciones futuras.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1.

Beneficiarios del Proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Población de la comunidad Salamalag Chico		Población del Cantón Pujilí	
Hombres:	420	Hombres:	32.736
Mujeres:	458	Mujeres:	36.319
Total:	878	Total:	69.055

Fuente: (INEC, 2010)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En las últimas décadas del Ecuador la cobertura vegetal de los páramos ha disminuido, esto se debe fundamentalmente a factores tales como el avance de la frontera agrícola, falta de educación ambiental, pastoreo ovino, deforestación y apropiación de tierras para las explotaciones agropecuarias; la expansión de estas actividades antrópicas ha alterado las coberturas naturales de los páramo del Cotopaxi, generando disminución o pérdidas en la biodiversidad y los servicios que ofrecen estos ecosistemas; uno de los daños es la afectación de los suministros de agua para las comunidades cercanas como Salamalag Chico.

En la comunidad Salamalag Chico perteneciente al cantón Pujilí entre los años 60 y 70 se decidió la implementación de plantación forestal y así empieza el cambio de la cobertura vegetal, presentando una alta demanda de estas plantaciones de árboles exóticos que no son endémico como el pino (*Pinus sylvestris*) por falta de conocimiento y experiencia técnica por la coyuntura (Hofstede & Mena, 2003). Provocando que estas especies no permitan el crecimiento de otras plantas, porque un área de árboles juntos forma un techo permitiendo que no deje pasar la luz del sol al suelo.

En la actualidad los páramos presentan cambios debido a la forma en que reaccionan ante al cambio climático; uno de los problemas que enfrentan los páramos es en las temperaturas globales más altas pueden secar el suelo y su vegetación, por lo tanto, reducir su capacidad para atrapar el exceso de agua en la estación lluviosa y liberarla en la estación seca. El cambio climático es sin duda otra de las grandes amenazas a las que se enfrentan, ya que el calentamiento global haría que el páramo se eleven las temperaturas, perdiendo gran parte de su territorio y provocando la migración de especies acostumbradas a esas temperaturas a zonas más altas y frías, necesarios para su supervivencia. De manera similar, los cambios drásticos en el sistema de precipitaciones, junto con temperaturas más altas, pueden secar el suelo y la vegetación, lo que reduce su capacidad para capturar el exceso de agua durante la estación lluviosa y liberarla durante la estación seca.

La necesidad de la resiliencia de las sociedades y ecosistemas ante la cada vez más evidente escasez de agua en el mundo subraya la importancia de los páramos andinos, los principales ecosistemas del Ecuador, en la producción de este recurso natural, la falta de educación y conciencia ambiental como la mayor amenaza para estos ecosistemas terrestres. Por otra parte, las actividades antrópicas aplicadas en los páramos han deteriorado la cobertura

vegetal, tales actividades incluyen los incendios que alteran el ciclo global del carbono y también reducen el nicho que es necesario para su sostenibilidad ambiental.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Evaluar mediante el análisis multitemporal la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje, provincia de Cotopaxi 2014-2022.

5.2 Objetivo Específico

- Identificar las coberturas vegetales del páramo Salamalag Chico de la parroquia Guangaje representado en las imágenes satelitales durante el periodo 2014-2022.
- Determinar los cambios de la cobertura vegetal del páramo Salamalag Chico de la parroquia Guangaje durante el periodo: 2014-2018 y 2018-2022.
- Elaborar mapas temáticos para la socialización de resultados mediante presentaciones en la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.

Actividades en relación a los objetivos planteados

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Identificar las coberturas vegetales del páramo Salamalag Chico de la parroquia Guangaje representado en las imágenes satelitales durante el periodo 2014-2022.	Recopilación de información disponible y la obtención de metadatos. Visita en campo en los predios de investigación. Preprocesamiento para cada imagen satelital y creación del polígono en el software ArcGIS. Identificación de la cobertura vegetal en la comunidad Salamalag Chico. Validación de la clasificación supervisada.	Revisión bibliográfica Visita in situ Método clasificación supervisada. Aplicación de la matriz de confusión con base a la clasificación supervisada.	Conocimiento del área delimitada. Creación del polígono de la zona de estudio. Mapas de clasificación supervisada para los años seleccionados de la investigación Matriz de confusión
O.2.- Determinar los cambios de la cobertura vegetal del páramo Salamalag Chico de la parroquia Guangaje durante el periodo: 2014-2018 y 2018-2022.	Transformación de los raster a polígonos. Comparación de la pérdida y ganancia de la cobertura vegetal del año 2014-2018 y 2018-2022.	Intersección de las coberturas vegetales del año: 2014-2018 y 2018-2022. Elaboración de la matriz de transición.	Matriz de transición.
O.3.- Elaborar mapas temáticos para la socialización de resultados mediante presentaciones en la comunidad Salamalag Chico de la parroquia Guangaje.	Creación de mapas mediante la guía “Estándares de Información Geográfica”. Socialización a la comunidad de los resultados obtenidos. Aplicación de encuestas a los moradores de la comunidad.	Método cartográfico Levantamiento de la encuesta	Mapa de los cambios de cobertura vegetal con base de la guía estándares de información geográfica.

Nota: Elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Ecosistema

El ecosistema corresponde a áreas geográficas en las que las plantas, animales, organismos y los seres vivos están asociados con condiciones ambientales específicas, dependiendo del clima, la temperatura y el tipo de suelo (Abbas, 2020). Un ecosistema equilibrado permite el desarrollo de la diversidad natural, no sólo de su diversidad biológica, sino también del medio físico, que está constituido por el clima, corrientes de agua, suelo y viento. Los humanos, como todos los seres vivos, somos parte de los ecosistemas, ya que son el principal soporte de la vida humana, de los cuales obtienen no solo los alimentos, sino también todos los recursos que se encuentran en su entorno físico que se utilizan para satisfacer las mismas necesidades. Los humanos siempre han interactuado con los ecosistemas, beneficiándose de ellos, pero el problema surge cuando comienzan a sobreexplotar, alterarlos significativamente, destruirlos y desestabilizarlos como resultado, los seres humanos son actualmente la mayor amenaza para los ecosistemas y amenazan su existencia, la rapidez con que el hombre cambia la naturaleza no le da tiempo a renovarse (Roper Portillo, 2020).

7.2 Ecosistema terrestre

Son aquellos que se encuentran en suelo firme, aire o en los accidentes geográficos; es uno de los tipos de hábitat que depende de la humedad, la latitud, la altitud y la temperatura. En los ecosistemas terrestres se encuentran los ecosistemas páramos ya que son equivalentes a las tundras por presentar aire frío, neblinas, precipitaciones la mayoría del año y suelos áridos (Velasco, 2020). Los ecosistemas terrestres son esenciales para la vida en el planeta, las grandes áreas verdes son consideradas los pulmones del planeta porque producen el aire limpio que todos necesitamos, además, estas condiciones ambientales forman el hábitat de muchas especies, también puedan ayudar a combatir y revertir el cambio climático. Se debe considerar que la vegetación en estos ecosistemas depende del suelo, de sus nutrientes y del agua y la luz, que proveen de nutrientes para diversas especies animales (Morian, 2020).

7.3 Páramo

El Páramo es un ecosistema único de alta montaña entre 3000 y 3500 msnm. Los páramos presentan condiciones únicas asociadas con el clima frío en las latitudes ecuatoriales. La mayoría de los páramos ecuatorianos están húmedos debido a la alta precipitación y la vegetación de esta formación de plantas, que se consideran esponjas de agua auténticas, gracias a la eliminación de agua de sus suelos, que forman los pisos en la gran capacidad del agua, que mantiene los pisos que exceden el 200% de su propio peso seco (Caranqui Aldaz, 2021).

7.4 Importancia de los páramos

La importancia de los páramos consta de interés en lo biológico, social y cultural. La importancia dentro de lo hidrológica de los páramos es proporcionadamente reconocida y cada ocasión más apreciada. Los ecuatorianos dependen del agua de los páramos para consumo, limpieza y energía. También es un reservorio natural por la diversidad de fauna y flora endémica, que sustenta el aprovechamiento del dióxido de carbono, manteniéndolo en su subsuelo y ayudando a prevenir el calentamiento global (Chuncho Morocho, 2019).

7.5 Transformación del Paisaje

La humanidad prácticamente ha tomado todo lo necesario para subsistir y durante mucho tiempo para una mejor calidad de vida y para convivir con el desarrollo de la sociedad, la tecnología, etc. Aprovechando los recursos naturales y transformando el paisaje natural con elementos humanizados en mayor o menor medida (Juste, 2018).

7.6 Restauración ecológica

La restauración ecológica consiste en procesos que permiten la restauración paisajística (Gómez, 2017). Con un enfoque práctico que incluye diversas técnicas y métodos que permiten el análisis y mejora de estos ecosistemas. Con el propósito de velar por el buen funcionamiento de los ecosistemas, la protección de la biodiversidad y su gestión sostenible. Mejorar los aspectos socioeconómicos, físicos y cultura relacionados con la protección de los ecosistemas (Roldán, 2020).

7.7 Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal corresponde a la capa natural de vegetación, que cubre la superficie de la tierra, que consiste en varias biomasas con características fisionómicas y varios medios, desde pastos hasta áreas cubiertas de bosques naturales. Los datos proporcionados de la cobertura vegetal incluye información general para la implementación de procesos nacionales, como la obtención de mapas del ecosistema, los conflictos causados por el uso de la tierra, la deforestación y una especie de inventario forestal que está en orden por la intervención del hombre para cumplir sus necesidades (Masabanda Iza, 2022).

7.8 Beneficios de la cobertura vegetal en los páramos

La cobertura vegetal sobre el suelo actúa como filtro y favorece el movimiento lento del agua a su paso por la superficie y evita que las partículas del suelo se desprendan y lo protege del impacto directo de las gotas de lluvia. La cobertura beneficia una restauración en los suelos, aportando a la protección y restauración paisajística (Escobar Betancourt, 2020).

7.9 Cambios en la cobertura vegetal

Los cambios de la cobertura vegetal son una parte importante de la investigación del cambio ambiental global. La naturaleza dinámica de los patrones de cobertura y uso de la tierra y sus cambios es un fenómeno que afecta muchos procesos ecológicos y biofísicos, como la estructura trófica, la composición y distribución de las especies, los patrones climáticos y la estabilidad del agua. Además, el cambio de vegetación en las regiones tropicales es una de las amenazas más importantes para la biodiversidad. Al observar las actividades humanas en la cuenca, encontramos que la remoción de vegetación, junto con otros parámetros (falta de control de escorrentía y programas de manejo de suelos), es una variable asociada con las peores condiciones social y ambiental en áreas con crecimiento descontrolado de población e infraestructura. Es decir aquellos procesos de cambio que experimenta la cobertura vegetal y uso de suelo de un área o región en particular son considerados como una de las principales causas de la contaminación ambiental en muchos países, por lo que son el foco de la investigación (Camacho Sanabria, 2015).

7.10 Análisis Multitemporal

Es la técnica más utilizada para interpretar imágenes para determinar los cambios de la cobertura o suelo a lo largo del tiempo. Con la ayuda de imágenes de varias fechas comparamos y analizamos, entre otras cosas, cambios de vegetación, urbanización, degradación del suelo. La información recopilada en el análisis se utiliza para el control y la gestión eficaz de los recursos naturales y la toma de decisiones en materia de planificación urbana y gestión ambiental (Ochoa, 2023). Constituyendo uno de los métodos eficaces para la determinación y comparación de cambios de cobertura vegetal que acontecen en un lapso de tiempo (Veloza Torres, 2017).

7.11 Sistemas de Información Geográfica

Los sistemas de información geográfica son la principal herramienta para el procesamiento de datos espaciales, lo que permite analizarlos y presentarlos de muchas maneras, por ejemplo, para realizar varias operaciones como lectura, edición, análisis simple o complejo de datos espaciales y creación de mapas. El Sistema de información geográfica permite procesar datos con información geográfica o coordenadas, en otras palabras, es un sistema de base de datos que tiene ciertas funciones para datos georreferenciados como una secuencia de procesos que trabajan con esos datos (García, 2021).

7.12 Teledetección

La teledetección es una de las formas de medir y observar a distancia utilizando objetos como satélites capaces de grabar o escanear en tiempo real. Se recomienda especialmente cuando el objeto observado está demasiado lejos para la medición directa (por ejemplo, en astronomía), cuando no se pretende cambiar el objeto de estudio (por ejemplo, en arqueología u obras de arte) y cuando la detección debe hacerse a propósito por ejemplo, para verificar las condiciones climáticas en los próximos días (Baltazar Sánchez, 2018).

7.13 Sensores remotos

Un sensor remoto es un dispositivo que le permite recopilar información o datos de forma remota sin estar físicamente allí. Los sistemas de medición y detección remota generalmente se implementan desde aeronaves o satélites y se usan para recopilar información sobre el clima, el océano, la cubierta vegetal (Gómez López, 2020). Un sensor remoto dirige

una señal a un objeto para ver cómo responde o cuánto recibe. La mayoría de los dispositivos para este tipo de detección remota usan microondas porque son relativamente independientes del clima (Kogut, 2021).

7.14 Fotointerpretación

La acción de interpretar imágenes con la finalidad de identificar los objetos y describir su significancia. Con el propósito de la identificación de elementos o áreas homogéneas que requieran un reconocimiento previo a través del pleno conocimiento de los aspectos formales. La primera fase reconoce e identifica los diversos elementos que se representan, se requiere cierto conocimiento de los procesos geomorfológicos, la formación de plantas y el uso de la tierra en el área de trabajo, también debe considerar la escala del marco y el tamaño de los objetos que se muestran (Carranza Jimenez, 2018).

7.15 Imagen satelital

Una imagen de satélite define como una representación pictórica de datos obtenidos por sensores colocados en la órbita de la Tierra. Por su parte, la teledetección es la ciencia encargada de obtener estas imágenes con un sensor aéreo o satelital (Posada, 2022). El uso de imágenes satelitales permite el estudio de fenómenos físicos en la tierra, por lo que tecnologías como la teledetección, SIG y GNSS son aptas para todas las profesiones, como agrónomos, ingenieros, arqueólogos, biólogos, geógrafos, militares, entre otros. Las imágenes satelitales son herramientas de trabajo de gran utilidad para el desarrollo de diferentes áreas de interés como al ambiente:

- Estudios de impacto ambiental.
- Diseño de modelos ambientales.
- Monitoreo del ambiente.
- Manejo de cuencas, zonas protegidas y desechos tóxicos (Zambrano, 2018).

7.16 Imagen Landsat 8

Las imágenes Landsat son parte de entrega de imágenes satelitales desde los años 70, las imágenes de Landsat 8 se adquieren del sensor OLI, que constan de 9 bandas espectrales. El satélite Landsat 8 fue lanzado en el espacio en Agosto del año 2012, con el fin de obtener

amplias combinaciones para generar información espacial y contienen una resolución espacial de 30 metros (Alonso, 2021).

7.17 Clasificación de imágenes satelitales

La clasificación de imágenes satelitales se considera un proceso de transformación de imágenes que identifica características o patrones en una imagen al convertir tonos continuos en datos temáticos o mapas que muestran información relevante (Toribio, 2019). El procedimiento consiste en agrupar los píxeles de la imagen en grupos con las mismas características utilizando un patrón que actúa como referencia en función de qué sub espacio consta, estos grupos representan las diferentes categorías o intereses que componen la imagen (Cherlinka, 2020). Los métodos de clasificación se suelen dividir en dos tipos según cómo se obtienen los estadísticos de categoría definidos en la fase de entrenamiento: métodos supervisados y métodos no supervisados. Independientemente del método utilizado es importante que la clasificación tenga las siguientes propiedades fiables, repetible por otros con las mismas variables de entrada, robusta, no sensible a pequeños cambios en las condiciones de entrada, objetiva, no se ve afectada por las decisiones del traductor. Sobre este último punto, es importante entender que el intérprete muchas veces puede tomar decisiones que resuelven problemas de cobertura de clasificación si otros pueden repetir el proceso (Martínez Zarate, 2018).

7.18 Clasificación supervisada

La clasificación supervisada se basa en el conocimiento previo del terreno, seleccionando las muestras para cada una de las clases o tipo de cobertura vegetal. Clasificando las imágenes usando las firmas espectrales obtenidas de las muestras o toma de coordenadas. La barra de herramientas Clasificación de imágenes facilita la creación de muestras de capacitación que representan las clases que desea extraer. También puede crear fácilmente archivos de firma a partir de muestras de capacitación (Perez, 2020).

7.19 ArcGIS

El ArcGIS es una herramienta que proporciona razonamiento espacial y mapeo, la cual permite recopilar, analizar y distribución de información geográfica. Utilizando el Sistema de Información Geográfico ofreciendo mapas y datos en diferentes modelos y visualizaciones 3D para analizar y compartir, proporciona administración para obtener imágenes y datos

teledetectados, incluyendo herramientas para generar visualización y análisis amplios del mundo. Capturando y gestionando datos para almacenar y compartir los datos de forma segura y geohabilitar cualquier fuente (Morales, 2022).

7.20 Matriz de confusión

La matriz de confusión es una tabla que le permite ver cuánto de fiabilidad es el modelo en cuando se trata de clasificación (Sotaquirá, 2022). Como se observa en la figura 1, le permite comparar las predicciones del modelo entrenado con los valores reales. Una matriz de confusión proporciona una forma de evaluar el éxito de un problema de clasificación e identificar dónde se han producido errores (Pimiento Ortega, 2019).

Figura 1.

Modelo de una matriz de confusión

		categorías reales	
		normal	anormal
categorías predichas	normal	89	1
	anormal	9	1

Fuente: (Sotaquirá, 2022)

7.21 Matriz de transición

Son tablas de arreglos simétricos para entender los cambios de las variables a partir de la sobreposición de mapas obtenidos, con un eje horizontal de clases de cobertura vegetal de un año respectivo llamado fecha 1 y un eje vertical que contiene información de otro año diferente llamado fecha 2, calculando para obtener la ganancia y pérdida, como se observa en la figura 2. La matriz determina las tasas de cambios ya sea natural o hecha por el hombre y muestra las zonas que no sufrieron cambios que se mantuvieron constantes o persistencia (Pinta Escobar, 2021).

Figura 2.*Modelo de la matriz de transición*

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

Fuente: (Gutiérrez & Tapia, 2016)

8. MARCO LEGAL

8.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador publicado mediante el registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008, declara en el artículo 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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2011).

Declara que el 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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2011).

Declara que el 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.

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.

Declara que el 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 sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.

Declara que el 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.

Declara que el 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.

Declara que el Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

Declara que el Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes (Constitución de la Republica del Ecuador, 2011).

8.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

El Código Orgánico Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) publicado mediante el Registro Oficial Suplemento 303 del 19 de octubre del 2010, declara que el art 4.- Fines de los gobiernos autónomos descentralizados, dentro de sus respectivas circunscripciones territoriales son fines de los gobiernos autónomos descentralizados: d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable (COOTAD, 2019).

8.3 Código Orgánico del Ambiente

El Código Orgánico del Ambiente publicado mediante el Registro Oficial Suplemento 983 del 12 de abril del 2017, declara que el art. 5.- numeral 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; numeral 4: La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y el numeral 5: La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración.

Declara que el 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.

Declara que el 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:

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;

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,

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 (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

8.4 Reglamento Código Orgánico del Ambiente

El Reglamento Código Orgánico del Ambiente publicado mediante el Registro Oficial Suplemento 507 del 12 de junio del 2019. En el título VII del capítulo II, establece que 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 y 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.

Declara que el 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:

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.

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.

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 (Reglamento Código Orgánico del Ambiente, 2019).

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Es posible determinar los cambios de la cobertura vegetal mediante un análisis multitemporal y cuáles son los cambios producidos del páramo de la comunidad Salamalag Chico en los años 2018-2022?

Según los autores (Changalombo Valencia & Rivera Rivera, 2021) si es posible determinar los cambios de la cobertura vegetal mediante la utilización de imágenes satelitales, ya que el satélite cuenta instalado sensores remotos para obtener una mejor visualización y obtener información de la superficie terrestre para realizar el análisis de un tiempo establecido, determinando los cambios producidos ya sea antrópicos o naturales. Mediante el análisis espectral determinado los cambios de cobertura vegetal del año 2018-2022. Según los autores (Chicaiza Chacha & Romero Fernández, 2022), 8 ha fueron intervenidas sembrando yagual (*Polylepis sp*), chuquiragua (*Chuquiraga sp*) y sigse (*Cortadeira nitida*) y según el autor (Yáñez Zapata, 2022), con la ayuda de la Dirección de Ambiente del Consejo Provincial de Cotopaxi que dotaron 19000 plantas nativas que sirvió para la reforestación de los páramos, en el año 2019 las entidades titulares de la comunidad delimitaron algunas zonas del páramo correspondiendo a 47,41 ha para su protección mediante el establecimiento de Áreas de Protección Hídrica (APH), logrando restaurar la cobertura vegetal del páramo. En el año 2022, en el análisis multitemporal en la tabla 19 *Matriz de transición en hectáreas en el periodo 2018 – 2022*, se observa una ganancia de la tierra arbustiva y herbácea correspondiendo a 352,3 ha las cuales fueron sobre la tierra agropecuaria (298 ha), tierra forestal (33,6 ha) y tierra sin cobertura vegetal (20,8 ha) evidenciando la recuperación del páramo en las zonas altas, un gran cambio que los anteriores años que se han degradado en el año 2014-2018 correspondiendo una disminución de 416,9 ha, en la cual se transformó en tierra agropecuaria (337 ha), tierra forestal (58,3 ha) y tierra sin cobertura vegetal (21,6 ha). En el año 2018-2022 presenta un área de 697 ha que representa un 27% de zonas que sufrieron cambios y con un área de 1847,9 ha que representa un 72% de las zonas que se mantuvieron constantes o sin cambios.

10. METODOLOGÍA

10.1 Área de estudio

El páramo se encuentra ubicado en Salamalag Chico una de las comunidades pertenecientes a la parroquia rural de Guangaje del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi como se observa en la figura 3, se encuentra en altitudes de 3300 a 4300 msnm, con un área total de 2544 ha. La mayoría de sus habitantes son indígenas que se dedican a la agricultura, ganadería ovino y a la elaboración de tejidos o textiles. El páramo posee vegetación arbustiva y herbácea por lo que corresponde a la zona alto andina que beneficia a la población con un total de 878 habitantes de la comunidad (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Guangaje, 2019). Según el Sistema de Planificación de Ecosistemas Ecuador Continental el área de estudio es considerado un Herbazal del Páramo, ubicado a una altitud de 3400-4300 msnm (MAE, 2013).

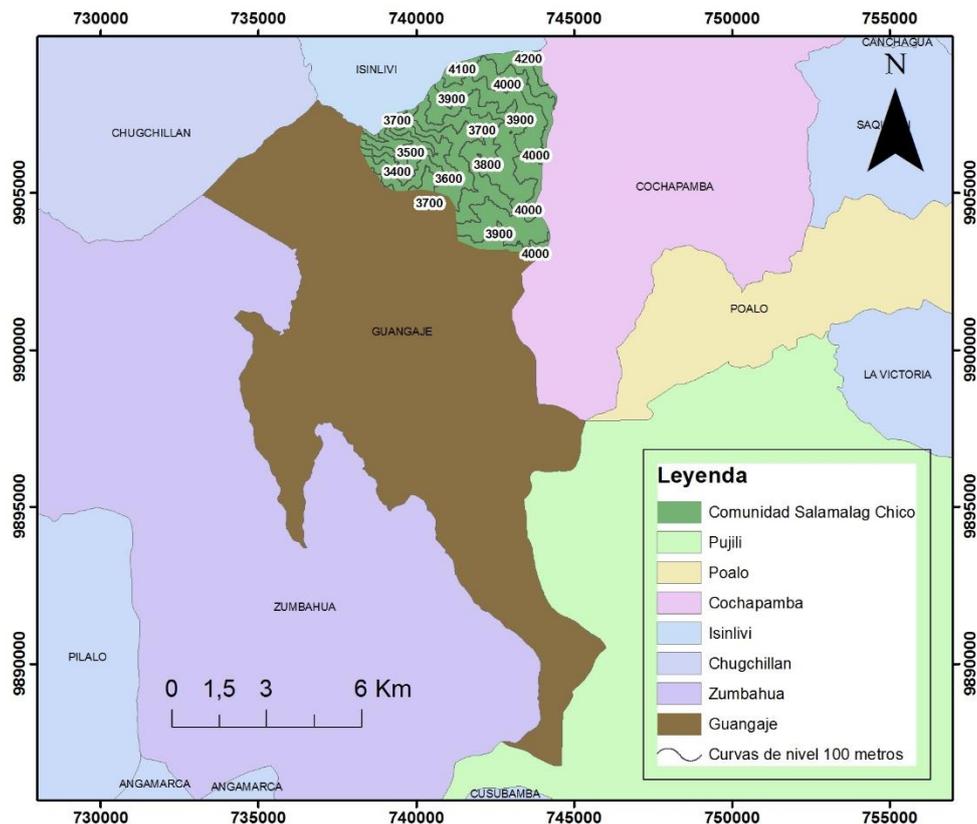
Tabla 3.

Límites de la parroquia de Guangaje

Norte	Cantón Saquisilí, parroquia Cochapamba, comunidades de Salamalag Grande
Sur	Comunidades de Niño Loma, Casa Quemada
Este	Comunidad de Maca Grande, parroquia de Poaló Cantón Latacunga
Oeste	Riberas del Río Toachi, Anchi quilotoa y Pilapuchin

Fuente: (GAD parroquial Guangaje, 2019)

En la figura 3, se observa los límites de la parroquia Guangaje y en la tabla 3 se detalla más específico los limitantes correspondientes.

Figura 3.*Delimitación del área de estudio*

Nota: Área de estudio comunidad Salamalag Chico, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

10.2 Caracterización climática de la parroquia Guangaje

La parroquia Guangaje, presenta un clima subhúmedo, con temperaturas entre 6 y 12 °C y con una temperatura media de 7,7 °C. Las temporadas heladas se registran en julio, agosto, noviembre y abril. Se evidencian vientos fuertes en junio y agosto. La pluviosidad es de 700 a 1.500 mm anuales, y las temporadas secas van de junio a septiembre (GAD parroquial Guangaje, 2019).

10.3 Métodos

En el presente trabajo de investigación es de carácter cualitativo, por lo que se busca descubrir la evidencia de los fenómenos de la naturaleza con datos existentes recolectados de diferentes años, obteniendo la información mediante imágenes satelitales desde el año 2014 hasta el 2022. La investigación es no experimental ya que son estudios donde el investigador no puede controlar, manipular o alterar las variables, sino que se basa en la interpretación o la

observación de los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente analizarlos para llegar a una conclusión (Velázquez, 2018)

10.3.1 Método Bibliográfico

Para el desarrollo del proyecto de investigación se recopiló información de varias fuentes de acorde al tema planteado, tales como libros online, PDOT de la parroquia Guangaje, información cartográfica, documentos de investigación de anteriores años del mismo área de interés de estudio, ayudando a contrastar la información de los cambios de la cobertura vegetal del páramo de la comunidad Salamalag Chico.

10.3.2 Método descriptivo

Al obtener los mapas, la investigación se empleó el método descriptivo de diferentes años mediante una debida interpretación, al conocer las clases de cobertura vegetal mediante la observación directa se expondrá los cambios ocurridos en tal lugar explícito y la verificación mediante la salida de campo, relacionado a las condiciones económicas, sociales y ambientales para determinar el deterioró del páramo (Muguirra, 2018).

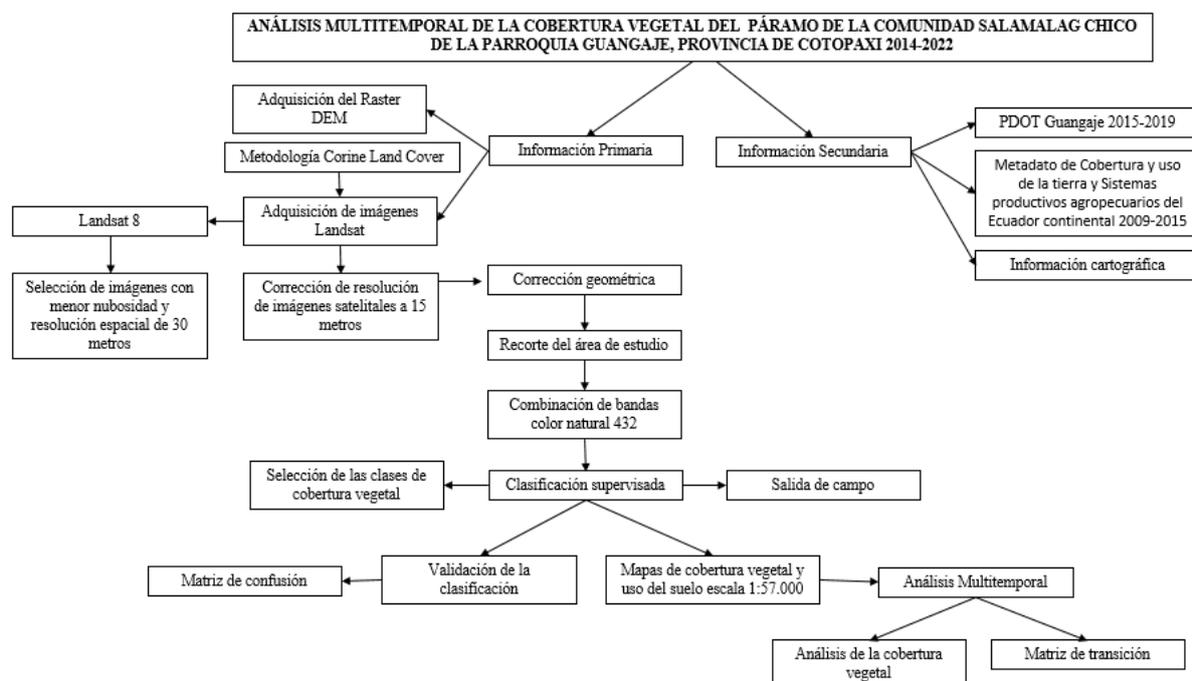
10.3.3 Metodología Corine Land Cover

Para dar el cumplimiento del objetivo planteado, en la figura 4, se observa el diagrama de la metodología empleada para la investigación que consiste en evaluar y comparar dos o más imágenes satelitales de la misma área de estudio pero de fechas y años diferentes para deducir la evolución del medio natural y los cambios por la acción humana (Valdivia, 2018). En la presente investigación se utilizó la metodología Corine Land Cover (CLC) para la construcción de mapas de cobertura vegetal a partir de imágenes satelitales tipo Landsat, considerando el Protocolo Metodológico para la Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador 2013-2014 (MAE, 2015), que nos permite realizar la adquisición de información, análisis e interpretación de clases de cobertura, verificación de campo y generación de mapas. Iniciando a base de imágenes satelitales a escala 1:100.000 proporcionando una vista amplia y detallada del terreno levantado. Se recolecto información de fuentes primarias y secundarias, las fuentes primarias constan de fotografías, visita de campo en la zona de estudio, descarga de imágenes satelitales Landsat y raster. Como fuentes secundarias se revisó fuentes bibliografías, plan de desarrollo y organización territorial de la parroquia Guangaje 2015-2019, metadatos e información cartográfica que apoyen la fiabilidad del estudio realizado del páramo. Se realizó

tratamiento de imágenes o preprocesamiento y el procesamiento para el recorte del área de estudio con la combinación de bandas y la utilización de herramientas del software ArcGIS para obtener la clasificación supervisada para permitir elaborar los mapas temáticos y la aplicación de matriz de confusión.

Figura 4.

Diseño metodológico Corine Land Cover



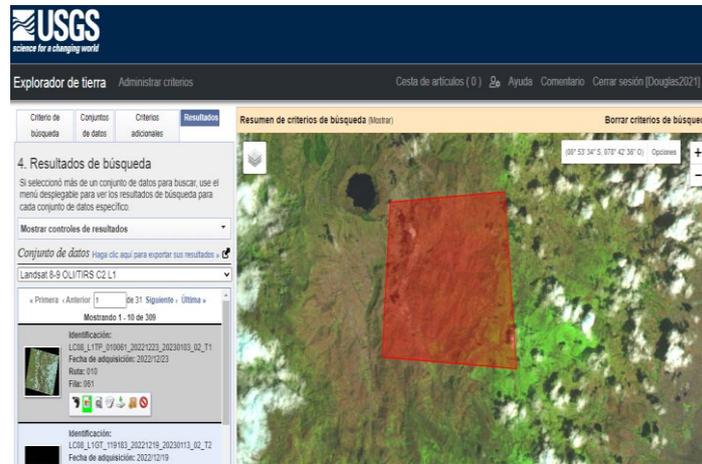
Nota: Modelo conceptual de diseño metodológico referente al objetivo 1, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

10.3.4 Adquisición de Imágenes Landsat

Con el fin de realizar el análisis multitemporal del periodo 2014, 2018 y 2022, se procedió a descargar imágenes de la base de datos del Earth Explorer USGS de los satélites Landsat 8 como se observa en la figura 5, en la tabla 4 contiene la información metadato de cada imagen satelital.

Figura 5.

Procedimiento de descarga de imágenes satelitales Landsat



Nota: Portal USGS para descarga de imágenes Landsat 8. **Fuente:** (EarthExplorer, 2023)

Tabla 4.

Metadato de las imágenes obtenidas

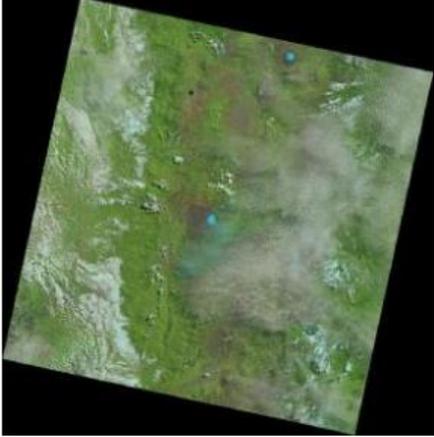
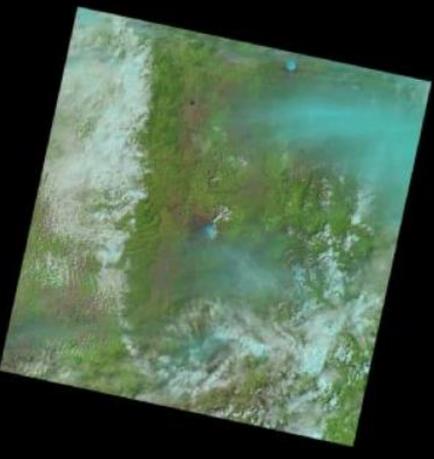
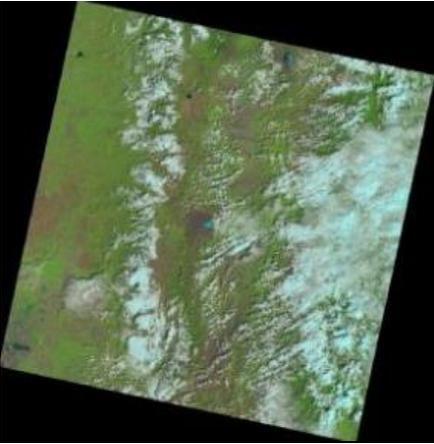
METADATA FILE NAME	Fecha de captura	Hora	Azimuth	Ángulo de elevación del sol
LC08_L1TP_010061_20140726_20200911_02_T1	26 de Julio del 2014	15:26:20	52.19896784	54.93315416
LC08_L1TP_010061_20180110_20200902_02_T1	10 de Enero del 2018	15:26:31	128.0814726 6	55.16305463
LC08_L1TP_010061_20221223_20230103_02_T1	23 de Diciembre del 2022	15:26:49	132.3475644 9	55.99051164

Nota: A partir del archivo MTL de cada imagen adquirida del portal USGS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

Cada imagen obtenida presenta una resolución espacial de 30 m, para la descarga de las imágenes se tuvo en cuenta el porcentaje de nubosidad baja, de igual manera las imágenes descargadas son del período climático seco y obtenidas la calidad de las imágenes a disposición en la base de datos del portal Web de la U.S Geological survey (USGS). Las imágenes descargadas para la zona de estudio cubren el área de interés. La pre visualización de las imágenes y sus principales características o información de datos se exponen en la tabla 5.

Tabla 5.

Pre Visualización y resumen de las principales características de las imágenes adquiridas del USGS.

PRE VISUALIZACIÓN	DATOS DE LA IMAGEN
Imagen Satelital 2014	
	<p>Origen de la Imagen: Earth Explorer del USGS Código USGS: LC08_L1TP_010061_20140726_20200911_02_T1 Fecha de captura: 2014/07/26 Satélite: Landsat 8 Orientación: Hemisferio Sur DATUM: WGS84 Zona UTM: 17</p>
Imagen Satelital 2018	
	<p>Origen de la Imagen: Earth Explorer del USGS Código USGS: LC08_L1TP_010061_20180110_20200902_02_T1 Fecha de captura: 2018/01/10 Satélite: Landsat 8 Orientación: Hemisferio Sur DATUM: WGS84 Zona UTM: 17</p>
Imagen Satelital 2022	
	<p>Origen de la Imagen: Earth Explorer del USGS Código USGS: LC08_L1TP_010061_20221223_20230103_02_T1 Fecha de captura: 2022/12/23 Satélite: Landsat 8 Orientación: Hemisferio Sur DATUM: WGS84 Zona UTM: 17</p>

Nota: Imágenes satelitales descargadas con baja nubosidad, con una resolución de 30 metros, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

10.3.5 Preprocesamiento de imágenes satelitales

10.3.5.1 Corrección geométrica

Las imágenes descargadas cuentan con un sistema de coordenadas geográficas arbitrarias, por lo que se necesita una corrección geométrica asignando un sistema de coordenadas para cada imagen satelital. En el proceso de georreferenciación asignamos el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zona 17 Sur.

10.3.5.2 Corrección radiométrica

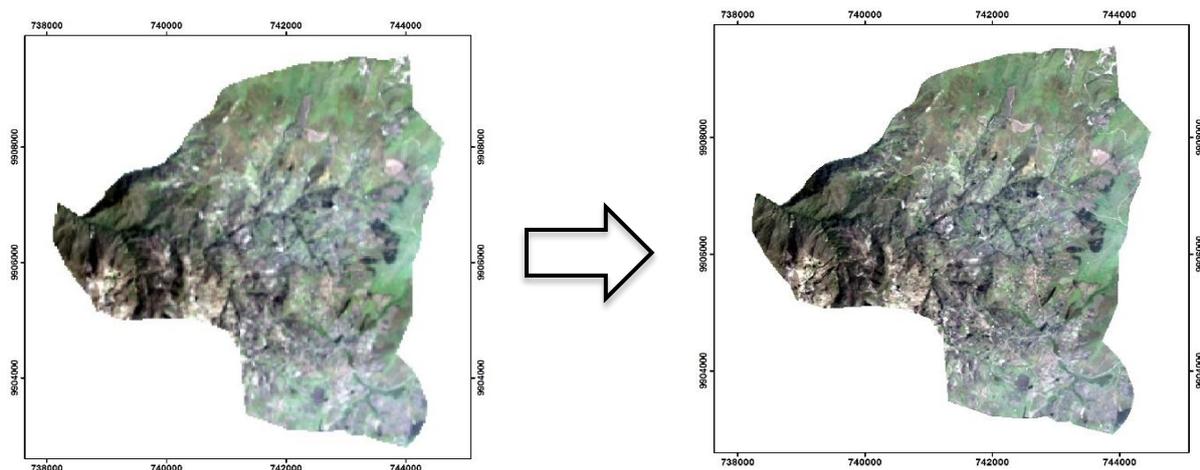
Se utilizó la herramienta **Radiance with atmospheric correction**, para la corrección de imágenes que presentan distorsiones atmosféricas por fallas del sensor. Para este proceso se utilizó las bandas con su respectivo metadato.

10.3.5.3 Corrección atmosférica

Por lo general, las correcciones realizadas a las imágenes Landsat se eliminan el ruido causado por la señal que llega al satélite después del tránsito en la atmósfera, la distorsión de la señal provoca errores de localización, las imágenes Landsat descargadas sus píxeles son de 30 metros por lo que se realiza una mejora de resolución (Francois, 2019) (Chuvieco, 2010). Utilizando una herramienta de corrección atmosférica el **Plugin SCP**, para realizar el proceso de corrección se incorporó todas las bandas que se van a trabajar, especificando la ruta donde se va a guardar, se ingresó la ruta del archivo metadatos de Landsat. Dentro de las funciones de procesamiento se activa la opción de aplicar la corrección atmosférica DOS1 y activar la técnica de **pan-sharpening** para pasar todas las bandas a una resolución de píxeles de 15 metros, como se observa en la figura 6.

Figura 6.

Imagen Landsat 8 realizada la corrección atmosférica



Nota: La imagen izquierda contiene pixeles de 30 metros y la imagen derecha contiene pixeles de 15 metros, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

10.3.6 Coberturas Establecidas

Para la identificación de las clases de cobertura vegetal se basó en la leyenda nivel 1, como se observa en la tabla 6, establecidos por el metadato de “Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental 2009-2015” definido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, para la detección de coberturas en los páramos de la comunidad Salamalag Chico (MAG, 2021).

Tabla 6.

Leyenda nivel 3 perteneciente al Metadato de “Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental 2009-2015”

Clase	Cobertura	Descripción
1	Tierra agropecuaria	Un grupo mixto no individualizable de especies cultivadas. En casos excepcionales, también puede referirse a la vegetación natural.
2	Tierra arbustiva y herbácea	Vegetación ubicada en las cimas de los bosques de las Altas y Bajas Montañas, caracterizada principalmente por pastos y arbustos.
3	Tierra forestal	Un área de bosque obtenida artificialmente mediante la plantación de especies nativas o exóticas con la misma longevidad y espaciado uniforme. Su objetivo es la extracción de productos madereros y no madereros.
4	Tierra sin cobertura vegetal	Áreas que generalmente no tienen vegetación y cuyas características topográficas, climáticas, antropogénicas no se utilizan para la agricultura o la silvicultura, pero que pueden tener otros usos.

Nota: Realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, editando hasta el 2021. Fuente: (MAG, 2021)

Como se observa en la tabla 7, dentro de la leyenda nivel 1 de las clases de cobertura vegetal contiene la leyenda nivel 2 del año 2009-2015, en la tierra agropecuaria se basa en cultivos de papa, haba, chocho, cebolla blanca y melloco. En la tierra arbustiva y herbácea contiene páramo, vegetación arbustiva y vegetación herbazal que consta de parama herbáceo medianamente alterado, matorral húmedo muy alterado, páramo herbáceo muy alterado y vegetación herbácea humedad medianamente alterado. En la tierra forestal contiene plantación forestal la que consta de pinos (*Pinus sylvestris*) y la tierra sin cobertura vegetal que contiene erial o áreas erosionadas.

Tabla 7.

Cobertura y uso del suelo establecido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador

Nivel 1	Nivel 2
Tierra agropecuaria	Cultivos papa, haba, cebolla blanca y chocho
Tierra arbustiva y herbácea	Páramo Vegetación arbustiva Vegetación herbazal
Tierra forestal	Plantación forestal pinos (<i>Pinus sylvestris</i>)
Tierra sin cobertura vegetal	Erial o tierras erosionadas

Nota: La leyenda nivel 1 y nivel 2 clasificaciones del año 2009-2015. **Fuente:** (MAG, 2021)

10.3.7 Procesamiento de la información

10.3.7.1 Creación de Polígonos

Es necesario crear polígonos referente al área de estudio debido a que el análisis se basa en una clasificación supervisada, la salida de campo se tomó coordenadas haciendo referencia, se utilizó las imágenes Landsat 8 para la combinación de bandas para color natural y además se utilizó cartografía nacional del MAATE y el Geoportal del Agro Ecuatoriano para la revisión de la zona.

10.3.7.2 Combinación de bandas

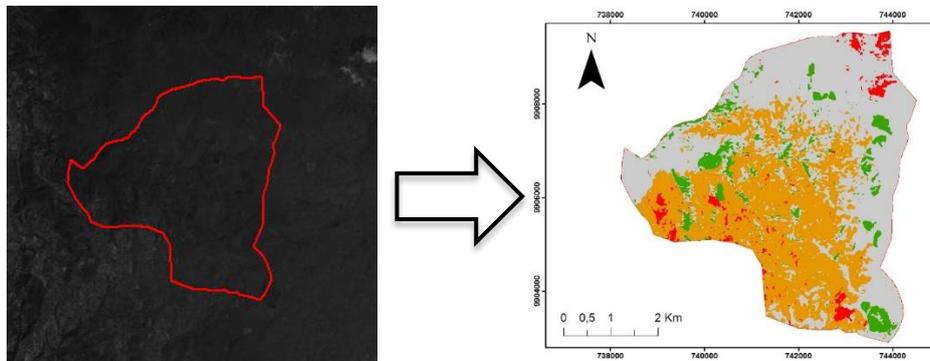
Una vez terminado el preprocesamiento de las imágenes Landsat del 2014, 2018 y 2022, utilizando el software ArcGIS se realizó la combinación RGB a color natural, esto se debe a que esta combinación engloba tres bandas visibles, a cada una de las cuales se le asigna un color real, dando como resultado una combinación muy cercana a los colores naturales de la escena, utilizando las bandas con una combinación de 4, 3 y 2 (Matellanes, 2019).

10.3.7.3 Generación de firmas espectrales

Para la clasificación supervisada se procedió a realizar con las firmas espectrales en formato.gsg del área de estudio de Salamalag Chico, se ingresó al **ArcToolBox** con la herramienta **Maximum Likelihood Classification** como se observa en la figura 7.

Figura 7.

Creación de las firmas espectrales para cada clase de cobertura vegetal



Nota: Utilización de la herramienta Maximum Likelihood Classification, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

10.3.7.4 Clasificación supervisada

Al momento de crear las firmas espectrales, la herramienta **Maximum Likelihood Classification** clasifica según el número de firmas predefinidas por cada clase o categoría, esta herramienta clasifica la verosimilitud de un conjunto de grupos del raster, obteniendo un nuevo raster clasificado, es decir la salida de una proyección de 4 clases definidas. Para el análisis el archivo raster creado se transforma a polígono, para calcular las áreas de cada polígono creado. Finalmente con la herramienta del geo procesamiento llamada **Dissolve** agrupara los polígonos según el código de cada clase, obteniendo 4 polígonos con sus respectivas áreas en hectáreas y con el nombre de la clase o tipo de cobertura vegetal al que pertenece.

10.3.8 Validación de la clasificación

En esta fase para la validación basada en pixeles de información de la clasificación supervisada obtenida del software ArcGis, se realizó el procedimiento o método de la matriz de confusión e índice Kappa, en la cual la salida de campo se tomó 90 coordenadas para cada clase de cobertura vegetal como referencia de puntos para el uso de herramientas del software ArcGis. Se lo realizo de manera manual con la finalidad de establecer el grado de significancia

entre los datos obtenidos de la clasificación supervisada y los datos obtenidos en campo actualmente.

10.3.8.1 Matriz de Confusión

Para este procedimiento se realizó la matriz de confusión agregando un nuevo shapefile tipo puntos, para generar puntos que servirán para evaluar la precisión de la clasificación supervisada. Al colocar los 90 puntos para cada clase de cobertura vegetal transformamos los puntos a raster con la herramienta **Point a Raster** esta transformación evaluara la identificación de puntos generados. En la herramienta de **Spatial Analyst Tools** se ingresó a la herramienta Combine, le agregamos el raster de puntos y la clasificación supervisada, generando una combinación para obtener una tabla de atributos con los valores de referencia comparados con la clasificación como se observa la tabla 8. Se elaboró una matriz de confusión del año 2022 para capturar las diferencias de la categorización con las coordenadas tomadas, para conocer la fiabilidad global de la clasificación y sus diferencias.

Tabla 8.

Procedimiento de la herramienta Combine

Clases	Tierra Arbustiva y Herbácea	Tierra Forestal	Tierra Agropecuaria	Tierra Sin Cobertura Vegetal
Tierra Arbustiva y Herbácea	30	0	0	0
Tierra Forestal	0	16	0	0
Tierra Agropecuaria	0	3	27	0
Tierra Sin Cobertura Vegetal	0	1	3	10

Nota: Utilización de la herramienta Spatial Analyst Tools y la herramienta Combine, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

10.3.8.2 Precisión Global

La precisión global o concordancia general (Po) se obtuvo a partir de la suma de las diagonales de las clases de cobertura vegetal y se dividió con la potencia total, obteniendo el resultado del cálculo que se multiplico por 100 para obtener en porcentajes.

10.3.8.3 Proporción esperada

La proporción esperada (P_e) se obtuvo de la multiplicación de la fila del total y columna del total para cada una de las clases de cobertura vegetal y luego se dividió con la potencia total, obteniendo un resultado que se colocó la raíz.

10.3.8.4 Índice Kappa

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

Fórmula 1.

Ecuación Índice Kappa

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Fuente: (Rubiales, 2018)

Donde:

P_o = Concordancia observada

P_e = Concordancia esperada por azar

$1-P_e$ = máxima concordancia no correspondida a lo casual

A continuación en la siguiente tabla 9, es la concordancia definida para el índice Kappa propuesta por Landis y Koch (Rubiales, 2018).

Tabla 9.

Valores de Concordancia

Coefficiente Kappa	Estimación del grado de acuerdo
<0	No acuerdo
0.0 - 0.2	Insignificante
0.2 - 0.4	Bajo
0.4 - 0.6	Moderado
0.6 - 0.8	Bueno
0.8 - 1.0	Muy bueno

Nota: Validación de la clasificación supervisada. **Fuente:** (Rubiales, 2018)

10.4 Análisis vectorial

Tiene como función comparar los diferentes trayectos temporales o cambios de la cobertura vegetal para hallar la discrepancia entre periodos de tiempos sucesivos. Al momento de obtener la clasificación supervisada se procedió a transformar el raster a polígono con la ayuda de la herramienta **Conversión Tools from raster**, para la matriz de transición.

10.4.1 Matriz de Transición

Para presentar los cambios en la cobertura vegetal, se realizó matrices de transición, obteniendo resultados de ganancias y pérdidas la cual se detalló los más significantes cambios, para ello se hace uso de la herramienta **Intersect** del software ArcGIS que corresponde un cruce de polígonos, para este caso de estudio, se realizó el análisis de 2 periodos del 2014 a 2018 y 2018 a 2022. La matriz de transición sigue la siguiente estructura como se observa la tabla 10, donde el primer valor numérico representa el primer año de estudio y el segundo valor numérico pertenece al segundo año de estudio.

Tabla 10.

Estructura de la matriz de transición año inicial y año final

2014	Matriz de Transición del periodo 2014-2018	2018		
		1	2	3
	1	P11	P12	P13
	2	P21	P22	P23
	3	P31	P32	P33

Nota: Utilización de la herramienta de Intersect del valor numérico del primer año y el valor número del segundo año. **Fuente:** (Gutiérrez & Tapia, 2016)

A continuación, una vez clara la matriz de transición se procede agregar campos en la tabla de propiedades en la que se ejecutó la herramienta **intersect**, agregando la columna de cambio, área en hectáreas, porcentaje y cambio. En la primera columna agregada, se utilizó para conocer el tipo de cobertura durante el período de transición o si dicho cobertura cambio o se conservó durante este periodo que se establece para su estudio mediante la asignación de códigos para el segundo año (10, 20, 30, 40 y 50) y los códigos del año siguiente (1, 2, 3, 4 y 5), luego se sumaron las coberturas del año; en la siguiente columna se calculó la superficie en hectáreas para saber cuánta superficie se maneja o se produjo un cambio que se calculó mediante ArcGIS. El siguiente paso en el desarrollo es ejecutar la herramienta resolver

disponible en la barra de **Geoprocesamiento** de ArcGIS que traza las áreas que han cambiado y áreas que no han cambiado, es decir, áreas con transición y áreas sin respectivamente, como se observa en la tabla 11 la estructura de la matriz.

Tabla 11.

Estructura de la matriz de transición

	Matriz de Transición del periodo 2014-2018	2018				
		1	2	3	Suma Total 1 (Pi+)	Pérdidas (Li)
2014	1	P11	P12	P13	P1+	P1+-P11
	2	P21	P22	P23	P2+	P2+-P22
	3	P31	P32	P33	P3+	P3+-P33
	Suma Total 2 (P+j)	P+1	P+2	P+3		
	Ganancias (Pj)	P+1-	P+2-	P+3-		

Nota: Matriz de transición o cruzado para la estimación de ganancia y pérdida. **Fuente:** (Gutiérrez & Tapia, 2016)

A la matriz de transición se le aumenta una columna al final que representa la suma de las superficies de todas las categorías en el segundo año y con una fila hasta abajo de igual manera la suma total para las categorías del primer año. Al final se agregaron columnas y filas que representan la ganancia y la pérdida obteniendo como resultados el total de pérdidas y ganancias para cada categoría (Gutiérrez & Tapia, 2016).

Para el cálculo de la ganancia (G_j), se requiere de la diferencia del área total de una clase o tipo de cobertura (j) perteneciente del segundo año ($P+j$) y la persistencia que se encuentra en la diagonal de la matriz (P_{jj}):

$$G_j = (P+j) - (P_{jj})$$

Finalmente, la estimación de la pérdida (L_{ij}) se requiere la diferencia del área total de una clase o tipo de cobertura (i) perteneciente al primer año (P_i+) y con la persistencia:

$$(P_{jj}), L_{ij} = (P_i+) - (P_{jj})$$

10.5. Método cartográfico

Se aplicó el método cartográfico para la elaboración de mapas de la cobertura vegetal, utilizando el software ArcGIS permitiendo manejar los raster y polígonos dentro del área de estudio. La elaboración de los mapas se basó con la guía “Estándares de Información Geográfica”, el documento permite realizar o seguir los pasos la información marginal, llegando a seguir los requisitos mínimos que debe contener un mapa temático con el fin de socializar los resultados mediante presentaciones con los moradores de la comunidad.

10.5.1 Cuerpo del Mapa

10.5.1.1 Ubicación

En el cuerpo del mapa es la clasificación supervisada del año 2014, 2018 y 2022, que se agrega y se coloca al extremo superior izquierdo del formato del documento que estamos trabajando.

10.5.1.2 Coordenadas

Se ingresó en las propiedades del cuerpo del mapa, procediendo a ingresar en las propiedades del **Grids** para colocar un sistema de coordenadas planas o geográficas, colocando en el cuadro que encierra el cuerpo o mapa temático.

10.5.1.3 Norte Geográfico

Ingresando en **Insert**, insertamos la flecha norte agregando en la esquina superior derecha del cuerpo del respectivo mapa.

10.5.2 Información Marginal

10.5.2.1 Nombre

Ingresando en **Insert**, se agregó un cuadro de texto la cual que cada mapa temático debe contar un nombre que lo identifique, agregando el nombre del proyecto, área de estudio, sector, etc.

10.5.2.2 País y Escala Numérica

Ingresando en **Insert**, se agregó un cuadro de texto, para presentar la parte del país con la escala del respectivo cuerpo del mapa, ubicando en la parte superior izquierda del cuadro que encierra el cuerpo del mapa.

10.5.2.3 Tarjeta

Ingresando en **Insert**, se agregó un cuadro y líneas, también se agregó cuadros de texto para que a tarjeta se coloque en la esquina inferior derecha del documento y acorde a los siguientes objetivos:

Identificación de las entidades, autores y responsables de la elaboración del mapa.

- Nombre del mapa.
- Nombre del plan, proyecto, estudio al que pertenece el mapa.
- Fuentes, que debe contener referencias de insumos utilizados para la elaboración del mapa.

10.5.2.4 Mapa de Ubicación

Se generó un **New Data Frame**, para colocar un segundo cuerpo del mapa que muestra la ubicación del área de interés en tamaño pequeño, colocado en el costado derecho de los signos y símbolos convencionales.

10.5.2.5 Escala de Impresión

Ingresando en **Insert**, se agregó la barra de escala en kilómetros. La escala se representa en forma gráfica y numérica, con un valor cerrado y se debe utilizar como unidades de medida por el Sistema Métrico Internacional.

10.5.2.6 Parámetros de Referencia Geodésicos

Ingresando en **Insert**, se agregó un cuadro de texto de la especificación del sistema de referencia geodésico, proyección de cartografía; sistemas de coordenadas geográficas o planas, colocadas en el costado derecho del mapa de ubicación.

10.5.2.7 Leyenda

Ingresando en **Insert**, se insertó la leyenda que representa el contenido temático o el cuerpo del mapa que muestra las gráficas de clasificaciones de coberturas, ubicando al lado derecho del cuerpo del mapa temático.

10.5.2.8 Guía de elevación

Se crea un nuevo **shapefile** tipo línea la cual se trazó una línea recta desde la cota menor hasta la cota mayor y se ingresó en la herramienta **Point Profile** la cual grafico el diagrama de la superficie que proporciona la forma de relieve o altitud, ubicado en la parte inferior del mapa (Ruano, Repetto, & MAE, 2012).

10.6 Socialización de la investigación

Se realizó una presentación con los términos adecuados a la comunidad con la información recaudada de los resultados del análisis multitemporal, con el objetivo de demostrar a la comunidad los cambios que han experimentado el páramo desde el año 2014 hasta el año 2022 mediante mapas temáticos impresos donde se indicaron los siguientes temas: medio ambiente, cobertura vegetal, actividades antropogénicas, clases de cobertura vegetal y los resultados obtenidos, para que así la gente que vive en el páramo Salamalag Chico amplíen sus conocimientos acerca de la cobertura vegetal.

10.7 Técnicas

10.7.1 Observación Directa e Indirecta

La observación directa permitió conocer las zonas de diferentes coberturas vegetales, con la ayuda de un GPS se tomó coordenadas de las diferentes clases de cobertura vegetal y la revisión de la zona. La observación indirecta permitió analizar la clasificación supervisada del cambio de las variables de la cobertura vegetal para llegar a obtener un mayor conocimiento e interpretar de mejor manera las gráficas o mapas.

10.7.2 Técnica de Encuestas

Se empleó la técnica de encuesta con un enfoque cuantitativo muestreo probabilístico para los participantes presentes en la socialización de resultados en la comunidad Salamalag Chico. La encuesta corresponde a un conjunto de preguntas para recolectar información (Salas Ocampo, 2020), con el propósito de demostrar el grado de entendimiento y la importancia del presente proyecto de investigación. Se elaboró una encuesta de 4 preguntas cerradas cuantitativas como se observa en el anexo 9, que fue aplicada a los 19 participantes, mediante la utilización de la aplicación KoboToolbox conteniendo la encuesta y con su gráfica de estadística como sustento (Cajal, 2020).

10.7.2.1 KoBo Toolbox

Es una herramienta utilizada para la recolección de datos en el campo, no se necesita de una red wifi o móvil al momento de realizar la encuesta, es ideal para levantar información en zonas donde la conectividad no es favorable (Orellana, 2020). A continuación se procede a realizar los siguientes pasos para la utilización de la aplicación y la encuesta en campo son los siguientes:

- Se debe crear y cargar la encuesta en la aplicación Kobo Toolbox.
- Los datos obtenidos se tabulan para su respectivo análisis con sus gráficas de dispersión.

10.7.3 Técnica de análisis de datos

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

10.7.4 Salida de campo

Se realizó la visita in situ delimitando el área de interés para realizar el análisis multitemporal mediante el levantamiento de información de campo mediante la observación directa y la utilización de un GPS para la toma de coordenadas, en la cual se seleccionó el sistema de coordenadas en UTM. En la que se hizo un recorrido en las zonas de mayor altitud del páramo y las zonas de menor altitud de la comunidad Salamalag Chico. La salida de campo contribuyó en la obtención de fotografías, información cartográfica y la revisión de la zona.

10.8 Instrumentos

En la realización del presente trabajo de investigación se realizó con el uso de software ArcMap o ArcGIS y datos de satélites como imágenes satelitales.

10.8.1 Materiales

- Cámara fotográfica
- GPS
- Laptop marca Lenovo
- Flash Memory

10.8.2 Software

- Google Earth Explorer
- ArcGIS (licencia universitaria)
- Microsoft Excel
- Kobo Toolbox

10.8.3 Insumos

- Imágenes satelitales Landsat 8 del año 2014, 2018 y 2022
- Internet

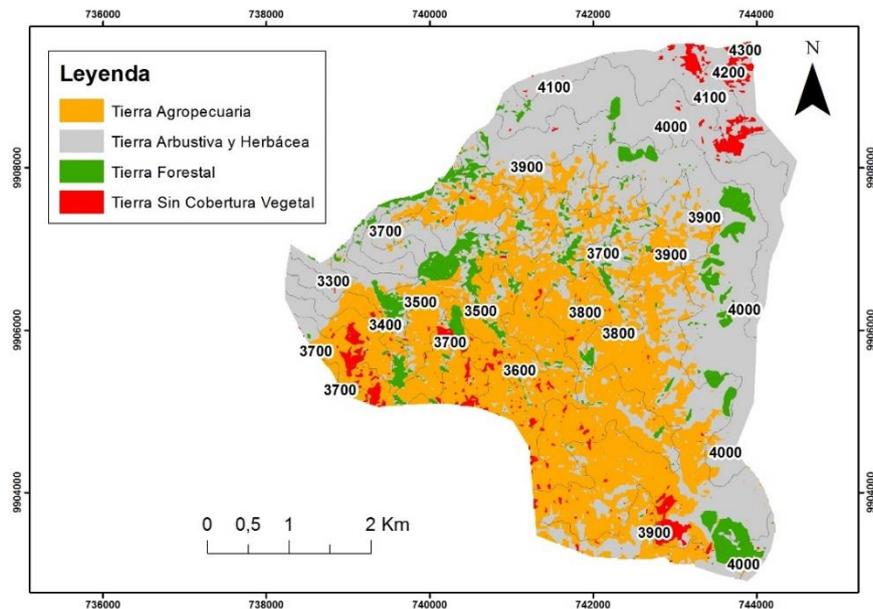
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Análisis de la cobertura vegetal del año 2014

La investigación se determinó 4 clases de cobertura vegetal como: la tierra arbustiva y herbácea, tierra agropecuaria, tierra forestal y tierra sin cobertura vegetal. Con base al metadato de “Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental 2009-2015 y la salida de campo mediante observación directa la cual se recopiló información y revisión del área de estudio.

Figura 8.

Clasificación Supervisada del año 2014 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí



En la figura 8, se observa la cobertura vegetal del año 2014, está cubierta mayormente por tierra arbustiva y herbácea que corresponde a páramos, vegetación arbustiva y vegetación herbácea como herbazal inundable en la que se encuentra dominado por gramíneas amacolladas con una altura mayor de 50 cm, herbazal húmedo en la que se encuentra dominado por *Plantago*, *Senecio*, *Stipa* y pastos de tallo cortó y rosetas acaulescentes ubicados en la zona más alta del páramo con un (50%) de la superficie de 1280,7 ha (Yáñez Zapata, 2022). La tierra agropecuaria que corresponde a tierras destinadas a cultivos de papa, haba, chocho, cebolla blanca, melloco y al pastoreo de ganado ovino ocupando un (39%) de la superficie de 984,6 ha, se observa en las curvas de nivel que los labores agrícolas están a altitud de menos 3900 msnm. La tierra forestal que corresponde a plantación forestal de pinos (*Pinus sylvestris*) que ocupa un (7 %) de la superficie del estudio con 184,8 ha. En mínima cantidad se encuentran la tierra sin cobertura vegetal que corresponde al erial o tierras erosionadas con un (4%) de la superficie de 93,5 ha. Por lo tanto, la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico del año 2014 predomina la tierra arbustiva y herbácea. La clasificación supervisada del año 2014 es casi similar con los datos registrados del metadato de “Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental 2009-2015” definido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. En la tabla 12, se observa detalladamente un resumen de las 4 clases de cobertura vegetal, con su área y porcentaje.

Tabla 12.

Resumen de la cobertura Vegetal del 2014

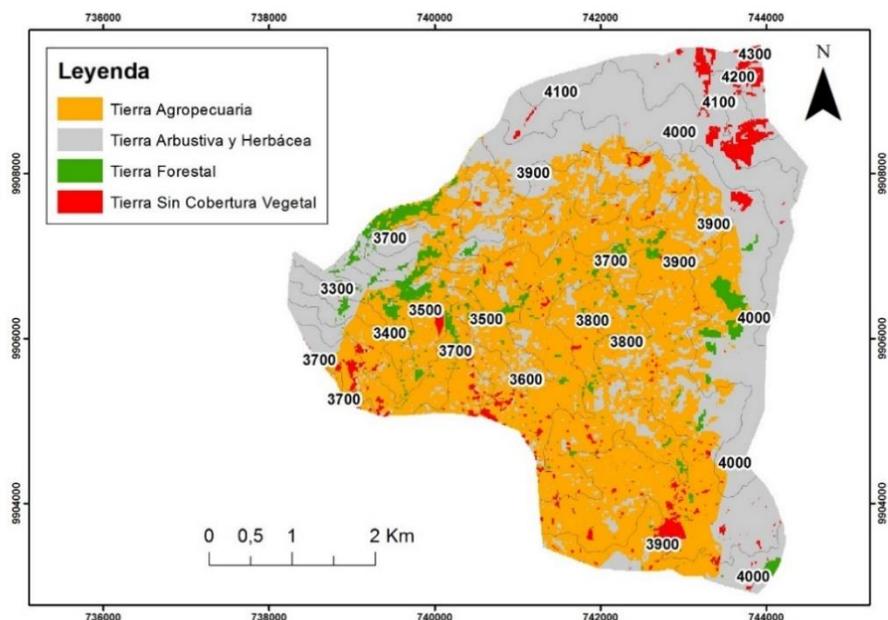
Clase de Cobertura Vegetal	Área(Ha)	Porcentaje
Tierra Agropecuaria	984,6	39
Tierra Arbustiva y Herbácea	1280,7	50
Tierra Forestal	184,8	7
Tierra Sin Cobertura Vegetal	93,5	4
Total	2544	100

Nota: Realizado mediante el software ArcGIS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

11.2 Análisis de la cobertura vegetal del año 2018

Figura 9.

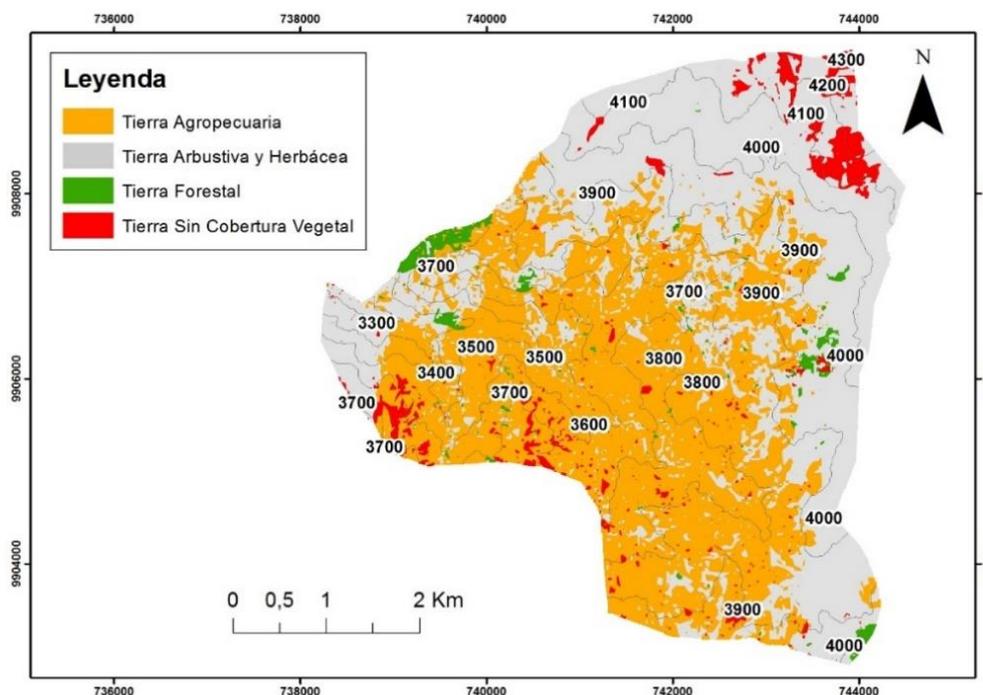
Clasificación Supervisada del año 2018 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí



En la figura 9, se observa las cuatro clases de cobertura vegetal del año 2018, por otra parte hay una predominancia o aumento de la tierra agropecuaria que ocupa un (49%) de la superficie de 1243,2 ha, como se observa en las curvas de nivel los labores agrícolas han llegado superando una altitud de 3900 msnm. La tierra arbustiva y herbácea que corresponde a páramos, vegetación arbustiva y herbácea con un (43%) de la superficie de 1087,8 ha. La tierra forestal que corresponde a plantación forestal de pinos (*Pinus sylvestris*) ocupa un (4 %) de la superficie del estudio con 107,9 ha. En menor extensión esta la tierra sin cobertura vegetal que corresponde al erial o suelos erosionados con un (4 %) de la superficie de 104,6 ha. Por lo tanto en el año 2018 se empieza a evidenciar los cambios de la cobertura vegetal en la comunidad con un aumento de extensión de la tierra agropecuaria que va ocupando mayor parte de la zona de estudio. En la tabla 13, se observa detalladamente un resumen de las clases de cobertura vegetal, con su área y porcentaje.

Tabla 13.*Resumen de la cobertura Vegetal del 2018*

Clase de Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje
Tierra Agropecuaria	1243,2	49
Tierra Arbustiva y Herbácea	1087,8	43
Tierra Forestal	107,9	4
Tierra Sin Cobertura Vegetal	104,6	4
Total	2544	100

*Nota: Realizado mediante el software ArcGIS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023***11.3 Análisis de la cobertura vegetal del año 2022****Figura 10.***Clasificación Supervisada del año 2022 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí*

En la figura 10, se observa que la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico presenta las 4 clases en el año 2022, pero en la tierra tierra arbustiva y herbácea presenta una nueva categoría el herbazal en recuperación conteniendo herbazales abiertos producto de impedir el sobrepastoreo y actividades agrícolas para lograr recuperar algunas hectáreas, también corresponde a páramos, vegetación arbustiva y herbácea con un (48%) de la superficie de 1212 ha, se evidencia una gran recuperación de las tierras arbustivas y herbáceas. Seguido de un aumento de tierras agropecuaria que corresponde a cultivos de papa, haba, chocho,

cebolla blanca y melloco que ocupa un (45%) de la superficie de 1154,9 ha, como se observa en las curvas de nivel en algunas zonas las labores agrícolas descendieron a menos de 3900 msnm y otras zonas permanecieron a más de 3900 msnm. La tierra sin cobertura vegetal que corresponde al erial o suelos erosionados con un (5%) de la superficie de 124,8 ha y en menor extensión esta la tierra forestal que corresponde a plantación forestal de pinos (*Pinus sylvestris*) con un (2%) de la superficie de 52,2 ha. Por lo tanto en el año 2022 se evidencia una gran reducción de hectáreas de tierra forestal y un poco de aumento de tierras agropecuarias igualmente con tierras erosionadas. En la tabla 14, se observa detalladamente un resumen de las clases de cobertura vegetal, con su área y porcentaje.

Tabla 14.

Resumen de la cobertura Vegetal del 2022

Clase de Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje
Tierra Agropecuaria	1154,9	45
Tierra Arbustiva y Herbácea	1212	48
Tierra Forestal	52,2	2
Tierra Sin Cobertura Vegetal	124,8	5
Total	2544	100

Nota: Realizado mediante el software ArcGIS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

11.4 Validación de la clasificación supervisada del año 2022

En el anexo 8, se observa las coordenadas tomadas en la salida de campo con un total 90 coordenadas geográficas de las cuatro clases de cobertura vegetal, con la utilización del GPS y Kobo Toolbox, para la validación de confianza de la clasificación supervisada del año 2022.

Tabla 15.*Matriz de confusión del año 2022*

Clases	Tierra Arbustiva y Herbácea	Tierra Forestal	Tierra Agropecuaria	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Total	Error de Comisión
Tierra Arbustiva y Herbácea	30	0	0	0	30	0
Tierra Forestal	0	16	0	0	16	0
Tierra Agropecuaria	0	3	27	0	30	3
Tierra Sin Cobertura Vegetal	0	1	3	10	14	4
Total	30	20	30	10	90	
Error de Omisión	0	4	3	0		
Precisión Global			92%			
Precisión esperada			25%			
K			0,89			

Nota: Realizado por el software ArcGIS y el Microsoft Excel, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

En la tabla 15, se observa la matriz de confusión basado en píxeles que sirvió para evaluar o validar la incertidumbre en el proceso de clasificación supervisada. Las clases que presenta mayor confusión son tierra forestal y tierra sin cobertura vegetal con mayor error de omisión y comisión, estas clases de cobertura vegetal presenta píxeles espectrales muy similares que dificultan su clasificación con la realidad del suelo. Obteniendo una precisión global de 92% y el valor del índice Kappa fue de 0,89 para la clasificación supervisada del año 2022. En la tabla 9 (Rubiales, 2018), al obtener un índice Kappa mayor a 0,80 significa que es muy bueno, que existe una buena correspondencia y calidad cartográfica en la clasificación supervisada de la cobertura vegetal del año 2022.

11.5 Cobertura vegetal del año 2014-2018-2022 del páramo de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al cantón Pujilí

Tabla 16.

Hectáreas y Porcentajes de clases de cobertura vegetal 2014-2018 – 2022

Clase de Cobertura Vegetal	2014	2018	2022
Tierra Agropecuaria	984,6 ha (39%)	1243,2 ha (49%)	1154,9 ha (45%)
Tierra Arbustiva y Herbácea	1280,7 ha (50%)	1087,8 ha (43%)	1212 ha (48%)
Tierra Forestal	184,8 ha (7%)	107,9 ha (4%)	52,2 ha (2%)
Tierra Sin Cobertura Vegetal	93,5 ha (4%)	104,6 ha (4%)	124,8 ha (5%)
Total	2544 ha (100%)	2544 ha (100%)	2544 ha (100%)

Nota: Realizado mediante el software ArcGIS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

De acuerdo a la tabla 16, presentan cambios para las cuatro clases de cobertura vegetal, se observa que el área de la tierra forestal ha sufrido una gran disminución, en el año 2014 tiene un mayor porcentaje de 7% que corresponde a una superficie de 184,8 ha, en el año 2018 se ha reducido más con un porcentaje de 4% que corresponde a una superficie de 107,9 ha y en el año 2022 se ha reducido drásticamente sus hectáreas con un porcentaje bajo de 2% que corresponde a una superficie de 52,2 ha, debido a la tala de árboles, los pinos son talados para la obtención de madera o leña para sus actividades domésticas.

La tierra arbustiva y herbácea es la clase que presenta una mayor extensión en el año 2014 con un porcentaje alto de 50% que corresponde a una superficie de 1280,7 ha, mientras que para el año 2018 debido al crecimiento de la población, aumento de actividades agrícolas y sobrepastoreo, han ido disminuyendo año por año, ya que los moradores se ven obligados a cultivar a altitudes más altas para mejorar su productividad, ocasionando una pérdida de la cobertura vegetal, para el año 2018 presenta una disminución de 43% que corresponde a una superficie de 1087,8 ha y en el año 2022 se recuperó un poco con un porcentaje de 48% que corresponde a una superficie de 1212 ha, debido que en el año 2019 las entidades titulares decidieron tomar acciones para cuidar y proteger sus páramos, delimitaron algunas zonas, aislaron el sector páramo en las zonas altas y la implementación de plantación de especies nativas (Chicaiza Chacha & Romero Fernández, 2022).

La tierra agropecuaria ocupa un crecimiento alto ocupando las extensiones de las demás clases hasta llegar a más de 3900 msnm, en el año 2014 tiene un porcentaje de 39% que corresponde a una superficie de 984,6 ha, en el año 2018 gano más extensiones con un porcentaje de 49% que corresponde a una superficie de 1243,2 ha, debido el avance de la

frontera agrícola hacia las zonas de mayor altitud poniendo en riesgo la cobertura vegetal, al momento de desprender o desaparecer la vegetación que protege los suelos causando una exposición al aire y aumentando la evapotranspiración en los suelos ocasionando una disminución de retención de agua y en el año 2022 desciende un poco con un porcentaje de 45% que corresponde a una superficie de 1154,9 ha, debido con la reducción de población juvenil por la migración, aislamiento del sector páramo y el envejecimiento de los moradores de la comunidad (Yáñez Zapata, 2022). Actualmente la actividad agrícola es la ocupación predominante de la zona debido que los moradores de la comunidad tienen su sistema de producción que depende económicamente, cultivando principalmente papa, haba, melloco, chocho y cebolla blanca (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Guangaje, 2019).

Otro aspecto relevante es la tierra sin cobertura vegetal que presenta un crecimiento, en el año 2014 presenta una área con porcentaje más bajo con 4% que corresponde a una superficie de 93,5 ha, en el año 2018 aumenta con un 4% que corresponde a una superficie de 104,6 ha y en el 2022 igualmente aumento de área con un porcentaje de 5% que corresponde a una superficie de 124,8 ha, esto se debe que en las zonas de mayor altitud por causas al estar sometidos por vientos fuertes la cobertura de las tierras arbustivas y herbáceas va perdiendo su humedad, la vegetación herbácea poco densa es incapaz de seguir manteniendo o proteger los suelos y una vez degradado la cobertura vegetal herbácea los suelos están expuestos a fenómenos eólicos provocando la desaparición rápida las capas superficiales. En las zonas bajas la tierra sin cobertura vegetal se debe a causas de degradación antropogénica debido a los cambios sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, las principales causas es el aumento de actividades agrícolas, sobrepastoreo y construcción de casas o caminos de tierra para unir las comunidades (Roperio Portillo, 2020).

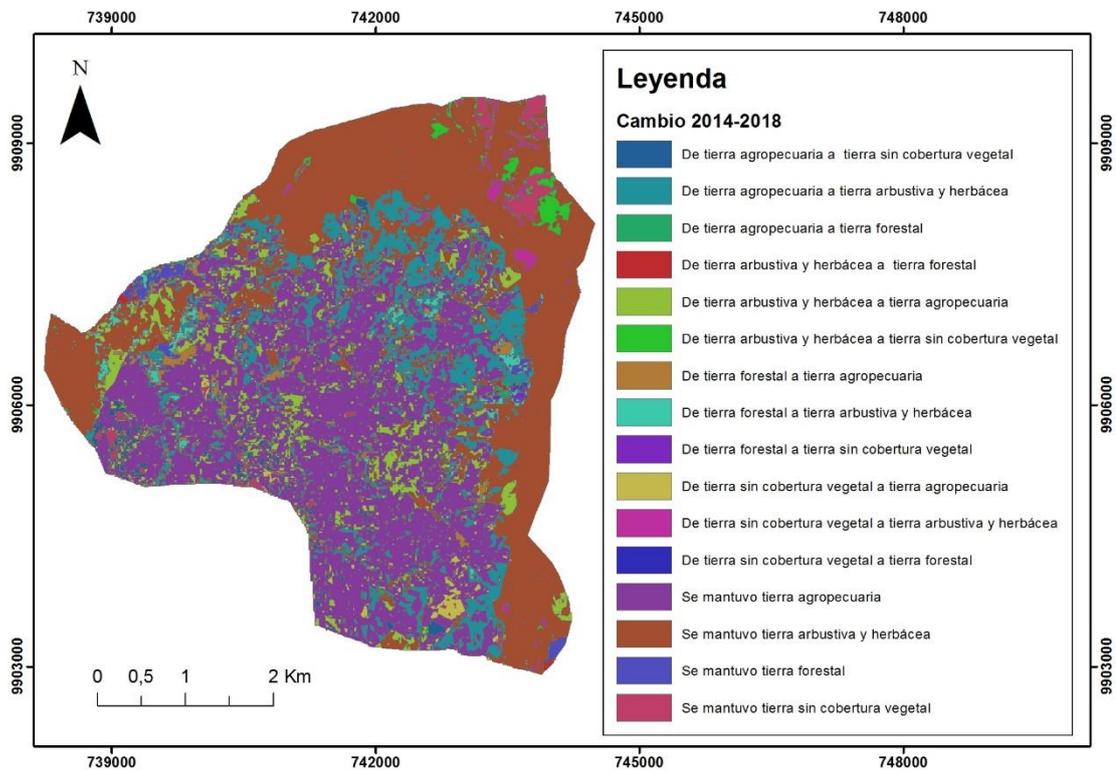
11.6 Matriz de transición de cobertura vegetal

Con la finalidad de validar los resultados obtenidos a continuación se desarrolló matrices de transición para los diferentes periodos como: 2014-2018 y 2018-2022, para conocer la zona de un ámbito de transición y persistencia, determinando el cambio que sufrió una clase o tipo de cobertura vegetal al ser reemplazada por otra.

11.6.1 Cambios de la cobertura vegetal del periodo 2014-2018

Figura 11.

Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2014-2018 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí



Como se observa en la figura 11, una vez realizada la clasificación supervisada del páramo de la comunidad Salamalag Chico del año 2014 y 2018, de las 4 clases de cobertura vegetal la intersección de polígonos vectoriales dio como resultado 12 áreas que presentan cambios y 4 áreas que permanecieron constantes o sin cambios de la misma cobertura vegetal.

11.6.2 Matriz de Transición de cobertura vegetal del periodo 2014-2018

Tabla 17.

Matriz de transición en hectáreas en el periodo 2014 – 2018

Matriz de Transición del periodo 2014 - 2018	2018				Tiempo total 1	Perdidas	
	Tierra Agropecuaria	Tierra Arbustiva y Herbácea	Tierra Forestal	Tierra Sin Cobertura Vegetal			
	10	20	30	40			
2014 Tierra Agropecuaria	1	804,9	138,0	17,6	29,4	989,8	184,9
Tierra Arbustiva y Herbácea	2	337,0	866,0	58,3	21,6	1283,0	416,9
Tierra Forestal	3	78,8	67,8	28,9	6,9	182,4	153,5
Tierra Sin Cobertura Vegetal	4	35,0	10,1	1,1	43,0	89,3	46,2
Tiempo total 2		1255,7	1081,9	105,8	101,0	2544	
Ganancias		450,8	215,9	77,0	58,0		
Cambio total		265,8	-201,0	-76,5	11,7		

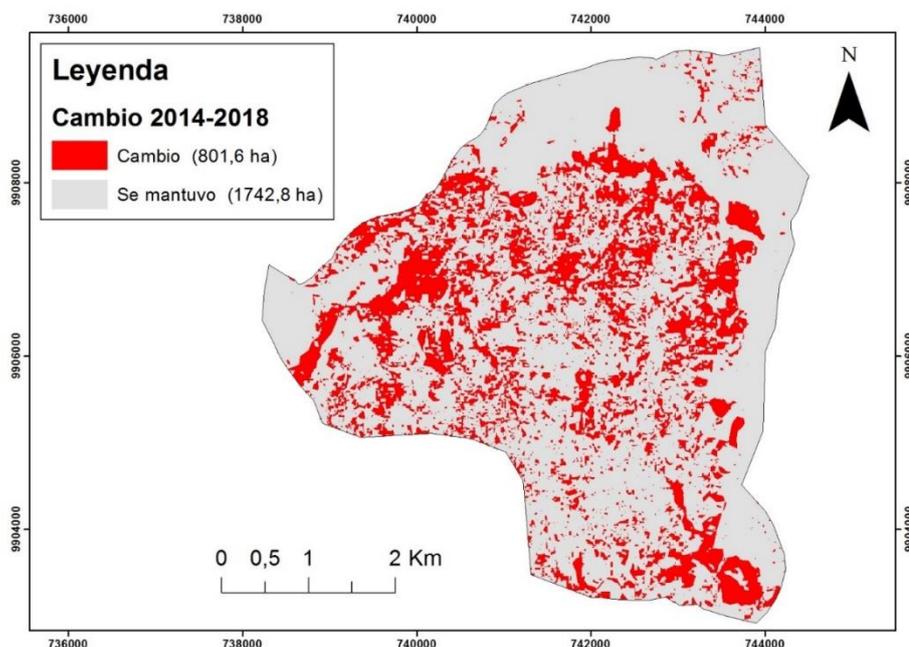
Nota: Realizado por el software ArcGIS y el Microsoft Excel, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

Los resultados obtenidos en la tabla 17, durante el primer periodo de análisis 2014-2018, obteniendo un área de 1742,8 ha que representa el 68% que se mantuvo constante o sin cambio y mientras las áreas que cambiaron se obtuvo un 801,6 ha que representa el 32% dando un total de 2544 ha del área de estudio establecido. La cobertura con mayor pérdida se refleja en la tierra arbustiva y herbácea ya que representa una disminución del 16% que corresponde una superficie de 416,9 ha el cual se transformó en tierra agropecuaria (337 ha; 13%), tierra forestal (58,3 ha; 2%) y tierra sin cobertura vegetal (21,6 ha; 1%) y seguido de la tierra forestal que represente una disminución del 6% que corresponde una superficie de 153,5 ha el cual se transformó en tierra agropecuaria (78,8 ha; 3%), tierra arbustiva y herbácea (67,8 ha; 3%) y tierra sin cobertura vegetal (6,9 ha; 0,3%).

Por otra parte se refleja con mayor ganancia la cobertura de tierra agropecuaria que representa el 17% que corresponde una superficie de 450,8 ha las cuales fueron sobre la tierra arbustiva y herbácea (337 ha; 13%), tierra forestal (78,8 ha; 3%) y tierra sin cobertura vegetal (35 ha; 1%) y así mismo, ganancia para la tierra sin cobertura vegetal que representa el 2% que corresponde una superficie de 58 ha las cuales fueron sobre la tierra arbustiva y herbácea (21,6 ha; 1%), tierra forestal (6,9 ha; 0,3 %) y tierra agropecuaria (29,4 ha; 1%).

Figura 12.

Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2014-2018 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí



Se observa en la figura 12 y en la tabla 18, un resumen de los cambios y los que permanecieron sin cambios entre el año 2014 al 2018, como resultado se obtuvieron 12 zonas que presentan cambios o modificaciones de cobertura vegetal y 4 zonas que se mantuvieron. Se observa que en el año 2014 la tierra arbustiva y herbácea hasta el 2018 se mantuvo constante con un área de 866 ha. Por otro lado en el año 2014 la tierra arbustiva y herbácea hasta el 2018 se reemplazó por a tierras agropecuarias con un área de 337 ha. En el año 2014 hasta el 2018 las tierras agropecuarias se mantuvieron constantes con una área de 804,09 ha. Las tierras agropecuarias en el 2014 fueron reemplazadas por tierra arbustiva y herbácea en el 2018 con un área de 138 ha. La tierra forestal en el año 2014 fue reemplazado por tierras agropecuarias en el 2018 con un área de 78,8 ha. Así mismo la zona de tierra forestal del año 2014 sufrió cambios a tierra arbustiva y herbácea en el 2018 con un área de 67,8 ha. De igual forma la zona de tierra arbustiva y herbácea sufrió transformaciones a tierra forestal en el 2018 con un área de 58,3 ha. En el año 2014 la tierra sin cobertura vegetal se mantuvo hasta el 2018 con área de 43 ha. La tierra sin cobertura vegetal en el 2014 hasta el 2018 se transformó a tierras agropecuarias con un área de 35 ha. La tierra agropecuaria del año 2014 se transformó a tierra sin cobertura vegetal en el año 2018 con un área de 29,4 ha. En el año 2014 hasta el año 2018 la tierra forestal se mantuvo constante con un área de 28,9 ha. Sin embargo la tierra arbustiva

y herbácea del año 2014 sufrió transformaciones a tierra sin cobertura vegetal en el año 2018 con un área de 21,6 ha. De igual forma la zona correspondiente de tierra agropecuaria en el 2014 fue reemplazado por tierra forestal en el año 2018 con una área de 17,6 ha. Sin embargo en el año 2014 las tierras sin cobertura vegetal se reemplazaron por tierras arbustivas y herbáceas en el 2018 con una área de 10,1 ha. En el año 2014 la tierra forestal sufrió cambios drásticos a tierras sin cobertura vegetal en el año 2018 con un área de 6,9 ha.

Tabla 18.

Cambios entre la cobertura vegetal de 2014-2018

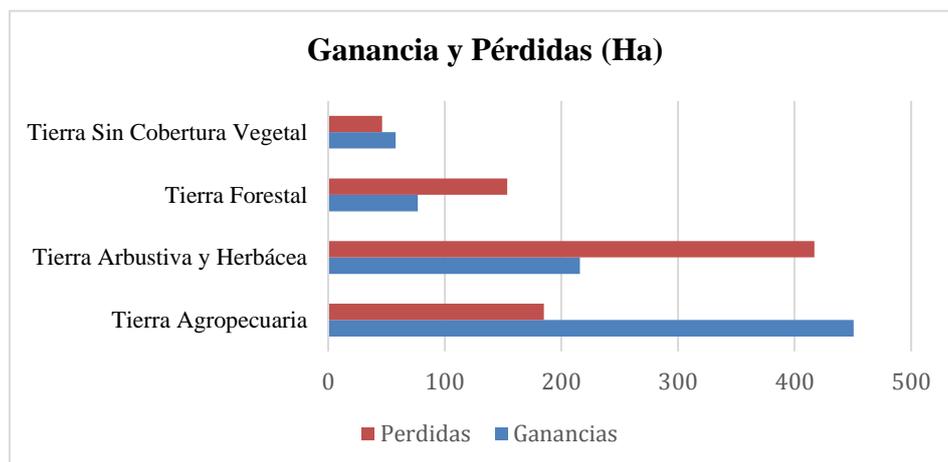
Cambios	Área (Ha)
Se mantuvo tierra arbustiva y herbácea	866,0
Se mantuvo tierra agropecuaria	804,9
De tierra arbustiva y herbácea a tierra agropecuaria	337,0
De tierra agropecuaria a tierra arbustiva y herbácea	138,0
De tierra forestal a tierra agropecuaria	78,8
De tierra forestal a tierra arbustiva y herbácea	67,8
De tierra arbustiva y herbácea a tierra forestal	58,3
Se mantuvo tierra sin cobertura vegetal	43,0
De tierra sin cobertura vegetal a tierra agropecuaria	35,0
De tierra agropecuaria a tierra sin cobertura vegetal	29,4
Se mantuvo tierra forestal	28,9
De tierra arbustiva y herbácea a tierra sin cobertura vegetal	21,6
De tierra agropecuaria a tierra forestal	17,6
De tierra sin cobertura vegetal a tierra arbustiva y herbácea	10,1
De tierra forestal a tierra sin cobertura vegetal	6,9
De tierra sin cobertura vegetal a tierra forestal	1,1

Nota: Realizado por el software ArcGIS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

En la figura 13, presenta un resumen mediante la gráfica de dispersión de las hectáreas que han sufrido alteraciones o cambios en el ecosistema entre el año 2014 hasta el 2018 mediante el análisis de matriz de transición o cruzado obteniendo las ganancias y pérdidas de cada clase de cobertura vegetal.

Figura 13.

Clases de cobertura vegetal entre los años 2014-2018

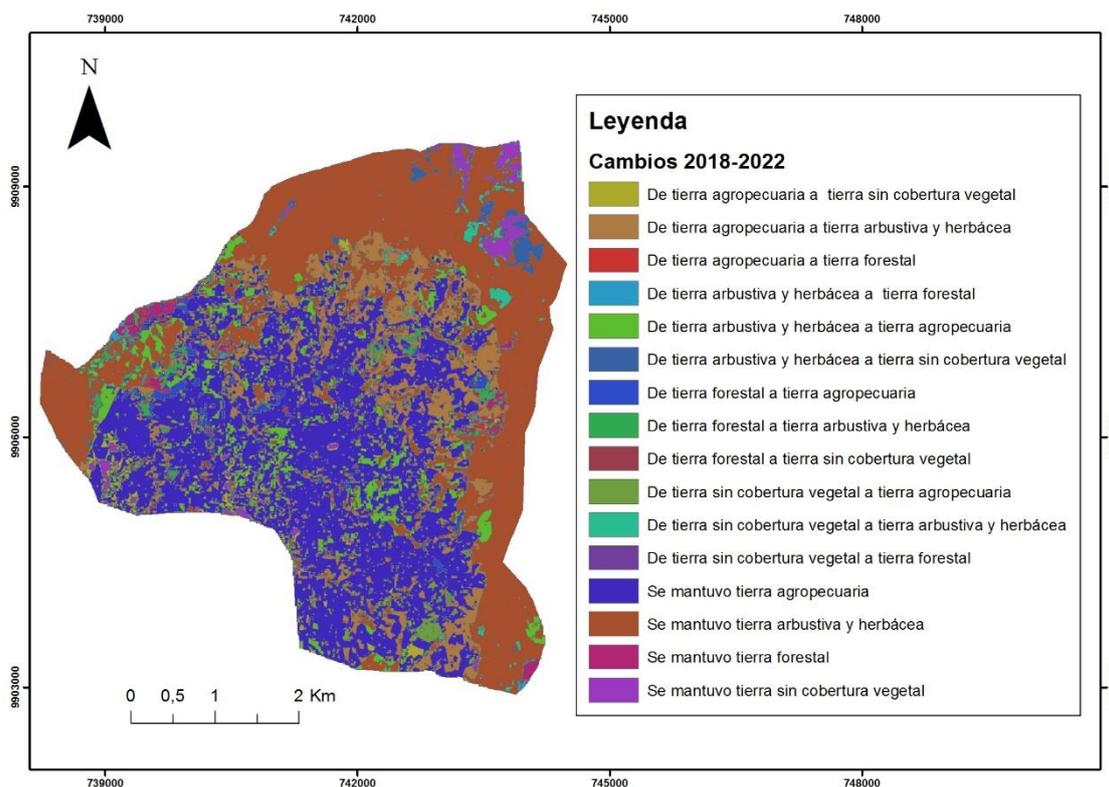


Nota: Realizado en el Excel, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

11.6.3 Cambios de la cobertura vegetal del periodo 2018-2022

Figura 14.

Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2018-2022 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí



Como se observa en la figura 14, la clasificación supervisada del páramo de la comunidad Salamalag Chico del año 2018 y 2022, de las 4 clases de cobertura vegetal la intersección de polígonos vectoriales dio como resultado 12 áreas que presentan cambios y 4 áreas que permanecieron constantes o sin cambios de la misma cobertura vegetal.

11.6.4 Matriz de Transición de cobertura vegetal del periodo 2018-2022

Tabla 19.

Matriz de transición en hectáreas en el periodo 2018 – 2022

Matriz de Transición del periodo 2018 - 2022		2022				Tiempo total 1	Perdidas
		Tierra Agropecuaria 10	Tierra Arbustiva y Herbácea 20	Tierra Forestal 30	Tierra Sin Cobertura Vegetal 40		
2018	Tierra Agropecuaria 1	910,9	298,0	12,9	36,1	1257,9	347
	Tierra Arbustiva y Herbácea 2	176,9	862,8	8,9	31,2	1079,9	217,1
	Tierra Forestal 3	43,3	33,6	25,7	3,0	105,6	80,0
	Tierra Sin Cobertura Vegetal 4	31,5	20,8	0,0	48,6	100,9	52,3
	Tiempo total 2	1162,7	1215,2	47,5	118,9	2544	
	Ganancias	251,8	352,3	21,8	70,3		
	Cambio total	-93,2	135,3	-58,1	18,0		

Nota: Realizado por el software ArcGIS y el Microsoft Excel, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

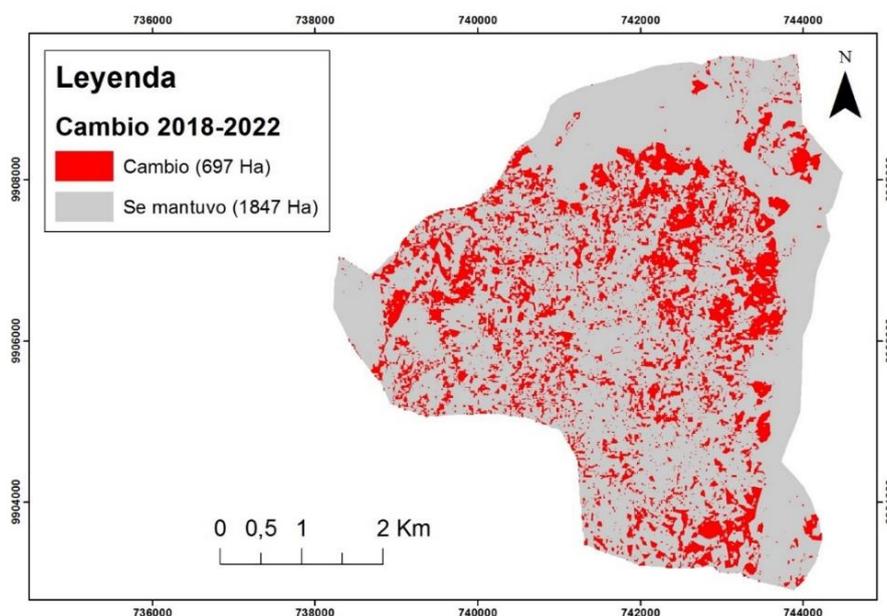
En la tabla 19, durante el segundo periodo de análisis del año 2018-2022, obteniendo los siguientes resultados con un área de 697 ha que representa un 27% de zonas que sufrieron cambios y con un área de 1847,9 ha que representa un 73% zonas que se mantuvieron dando un total de 2544 ha del área de estudio establecido. Las coberturas que presenta disminución se refleja en las tierras agropecuarias ya que representa una disminución del 14% que corresponde a una superficie de 347 ha el cual se transformó en tierra arbustiva y herbácea (298 ha; 12%), tierra forestal (12,9 ha; 1%) y tierra sin cobertura vegetal (36,1 ha; 1%) y seguido de la tierra forestal que represente una disminución del 3% correspondiendo a 80 ha el cual se transformó en tierra agropecuaria (43,3 ha; 2%), tierra arbustiva y herbácea (33,6 ha; 1%) y tierra sin cobertura vegetal (3 ha; 0,3%).

Por otra parte se refleja con mayor ganancia la cobertura de tierra arbustiva y herbácea que representa el 14% que corresponde una superficie de 352,3 ha las cuales fueron sobre la tierra agropecuaria (298 ha; 12%), tierra forestal (33,6 ha; 1%) y tierra sin cobertura vegetal (20,8 ha; 1%) y así mismo, presenta ganancia la tierra sin cobertura vegetal que presenta un

3% correspondiendo una superficie de 70,3 ha las cuales fueron sobre la tierra arbustiva y herbácea (31,2 ha; 1%), tierra forestal (3 ha; 0,1 %) y tierra agropecuaria (36,1 ha; 1%).

Figura 15.

Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal 2018-2022 del páramo de Salamalag Chico del cantón Pujilí



En la figura 15, se observa la existencia de cambios de la cobertura vegetal, la zona correspondiente a tierras agropecuarias se mantuvo desde el 2018 hasta el 2022 con un área de 910,9 ha. En cambio en el 2018 la tierra arbustiva y herbácea sufrió un cambio en el 2022 a tierra agropecuaria con un área de 176,9 ha. La tierra arbustiva en el año 2018 hasta el año 2022 se mantuvo sin ningún cambio o alteración con un área de 862,8 ha. Por otra parte la tierra agropecuaria en el año 2018 fue reemplazado por tierras arbustivas y herbáceas en el año 2022 con un área de 298,9 ha. La zona de tierra forestal en el año 2018 sufrió alteraciones a tierra agropecuarias en el año 2022 con área de 43,3 ha. La zona de tierra sin cobertura vegetal se mantuvo constante hasta el año 2022 con un área de 48,5 ha. La zona de tierra agropecuaria en el año 2018 cambio a tierra sin cobertura vegetal en el año 2022 con un área de 36,1 ha. En cambio la tierra sin cobertura vegetal del año 2018 fue reemplazado por tierras agropecuarias en al año 2022 con área de 31,5 ha. La zona de tierra arbustiva y herbácea en el año 2018 sufrió alteraciones a tierra sin cobertura vegetal en el año 2022 con un área de 31,2 ha. Por otra parte la tierra forestal del año 2018 cambio a tierra arbustiva y herbácea en el año 2022 con un área de 33,6 ha. La zona de tierra forestal en el año 2018 hasta el año 2022 no sufrió cambios con

un área de 25,6 ha. En cambio en el año 2018 la tierra sin cobertura vegetal cambio a tierras arbustivas y herbáceas en el año 2022 con un área de 20,7 ha. Por otra parte en el año 2014 la tierra agropecuaria fue reemplazada por tierra forestal en el año 2022 con un área de 12,9 ha. En el año 2018 la tierra arbustiva y herbácea cambio a tierra forestal en el año 2022 con un área de 8,9 ha. La tierra forestal en el año 2018 cambio a tierra sin cobertura vegetal en el año 2022 con un área de 2,9 ha. En la tabla 20 se observa un resumen de los cambios y los que permanecieron constantes.

Tabla 20.

Cambios entre la cobertura vegetal de 2018-2022

Cambio	Área (Ha)
Se mantuvo tierra agropecuaria	910,9
De tierra arbustiva y herbácea a tierra agropecuaria	176,9
De tierra forestal a tierra agropecuaria	43,3
De tierra sin cobertura vegetal a tierra agropecuaria	31,5
De tierra agropecuaria a tierra arbustiva y herbácea	298
Se mantuvo tierra arbustiva y herbácea	862,8
De tierra forestal a tierra arbustiva y herbácea	33,6
De tierra sin cobertura vegetal a tierra arbustiva y herbácea	20,8
De tierra agropecuaria a tierra forestal	12,9
De tierra arbustiva y herbácea a tierra forestal	8,9
Se mantuvo tierra forestal	25,7
De tierra sin cobertura vegetal a tierra forestal	0,0
De tierra agropecuaria a tierra sin cobertura vegetal	36,1
De tierra arbustiva y herbácea a tierra sin cobertura vegetal	31,2
De tierra forestal a tierra sin cobertura vegetal	3,0
Se mantuvo tierra sin cobertura vegetal	48,6

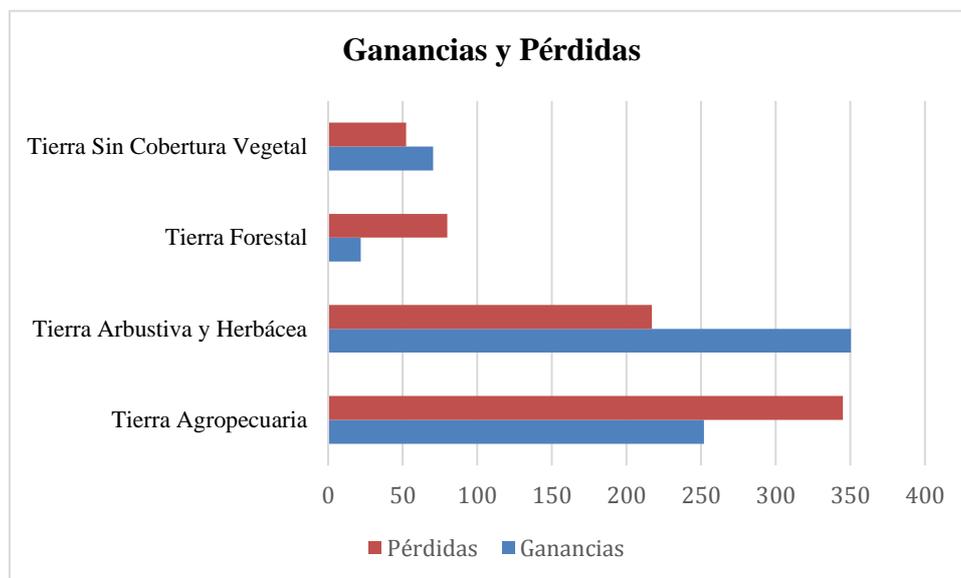
Nota: Elaborado por el software ArcGIS, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

Las hectáreas que han sufrido alteraciones o cambios entre el año 2018 hasta el 2022

En la figura 16, presenta un resumen mediante la gráfica de dispersión de las hectáreas que han sufrido alteraciones o cambios en el ecosistema entre el año 2018 hasta el 2022 mediante el análisis de matriz de transición o cruzado obteniendo las ganancias y pérdidas de cada clase de cobertura vegetal.

Figura 16.

Clases de cobertura vegetal entre los años 2018-2022



Nota: Realizado en Excel, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

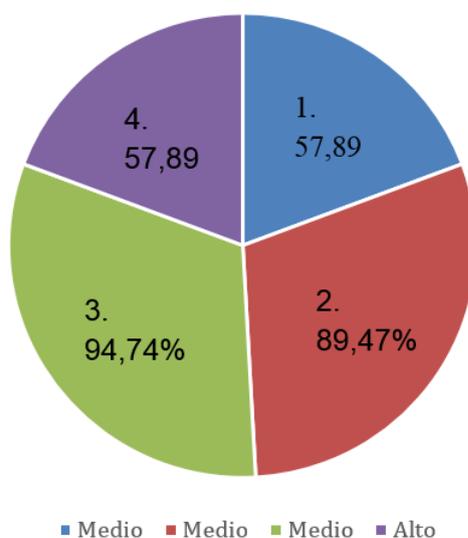
11.7 Socialización de resultados en la comunidad Salamalag Chico perteneciente al cantón Pujilí

Los resultados obtenidos del análisis multitemporal se dieron a conocer a los moradores de la comunidad Salamalag Chico a través de una presentación utilizando mapas temáticos impresos como se observa en el anexo 6, la socialización se realizó mediante un comunicado con el Sr. Jorge Patricio Manzano actual presidente de la comuna que ayudo a programar una reunión en la casa barrial, al finalizar la socialización se le entrego los mapas temáticos. Mediante la socialización se abordaron los siguientes temas: cobertura vegetal, actividades antropogénicas, tipos de cobertura vegetal y los resultados de los cambios de la cobertura vegetal, los mapas se dio a conocer las zonas que fueron destinadas a actividades agrícolas, la disminución drástica de la tierra forestal y el aumento progresivo de la tierra sin cobertura vegetal. Al finalizar la presentación, los moradores concuerdan que años atrás la plantación de pinos (*Pinus sylvestris*) afectaba la vegetación del páramo y para las cosechas impedía su germinación y crecimiento, además provocaba erosión en el suelo, por lo que han decidido talar 130 ha de bosques pero actualmente ya no talan arboles porque ya quedan pocas hectáreas de tierra forestal que ya no perjudica los tiempos de cosecha y a la vegetación arbustiva y herbácea. Concuerdan la ganancia de la tierra arbustiva y herbácea ya que ha pasado 3 años que terminaron de plantar especies nativas para la recuperación del páramo con la ayuda del Consejo Provincial Cotopaxi. Al terminar la socialización de resultados se implementó una

encuesta con los morados que se encontraban en la socialización la cual se determinó el grado del entendimiento de la presentación que se llevó a cabo con 19 participantes. El cual se realizó mediante la aplicación Kobo Toolbox donde se determinó que la utilización de los mapas para la presentación fue adecuada correspondiendo a (57,89%) de entendimiento grado media, la comprensión de los cambios de la cobertura en la socialización corresponde (89,47%) grado media, la socialización le apporto conocimientos correspondientes acerca de la cobertura vegetal fue (94,74%) grado media y consideran que el tema de investigación tendrán beneficios positivos para a la comunidad correspondiendo a (57,89%) grado media, calificando el grado de la socialización de resultados en media como se observa en la figura 17.

Figura 17.

Grado de la socialización mediante el uso de mapas



Nota: Realizado en Excel, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

11.8 Elaboración de los mapas temáticos

Como se observa en la figura 18, figura 19 y figura 20 los mapas temáticos elaborados con base a la guía “Estándares de Información Geográfica” del área de investigación, clasificando en clases de cobertura vegetal como: tierra arbustiva y herbácea, tierra forestal, tierra agropecuaria y tierra sin cobertura vegetal, colocando las respectivas coordenadas, cuerpo del mapa y norte geográfico, también se agregó la información marginal como: el nombre, escala numérica, tarjeta, mapa de ubicación, escala de impresión, leyenda y guía de elevación.

Figura 18.

Mapa temático de los cambios de la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al año 2014

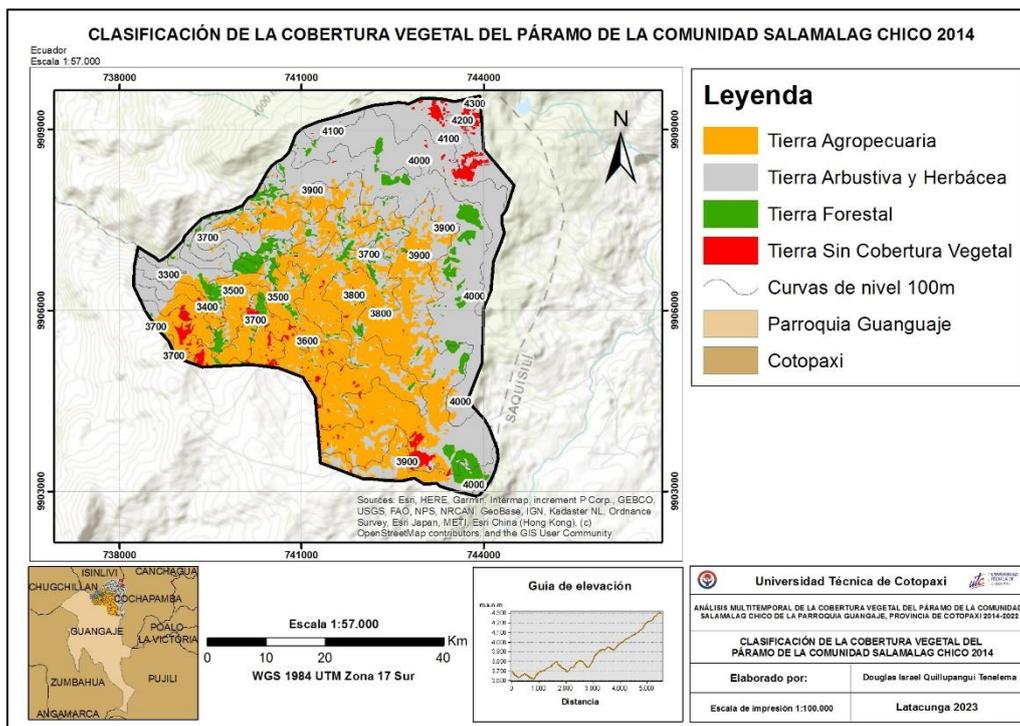


Figura 19.

Mapa temático de los cambios de la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al año 2018

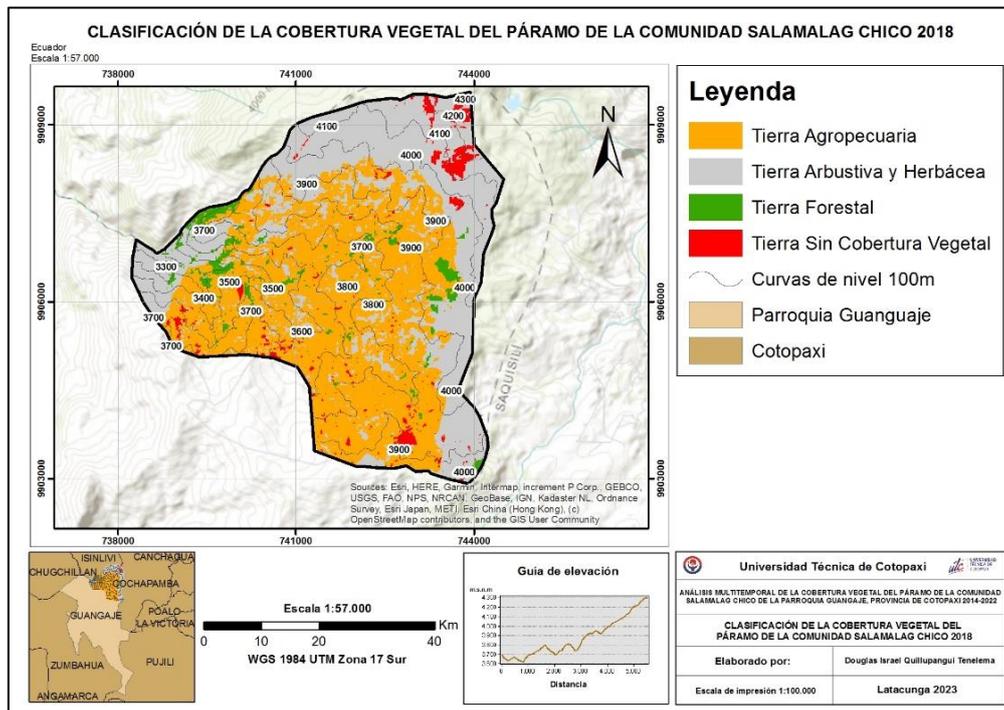
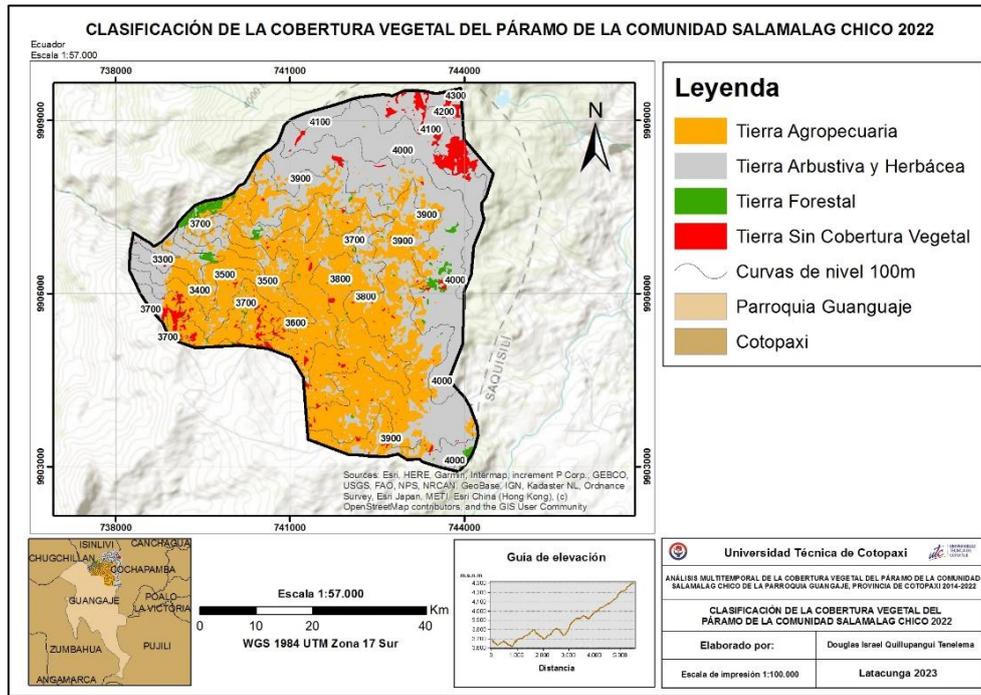


Figura 20.

Mapa temático de los cambios de la cobertura vegetal de la comunidad Salamalag Chico perteneciente al año 2022

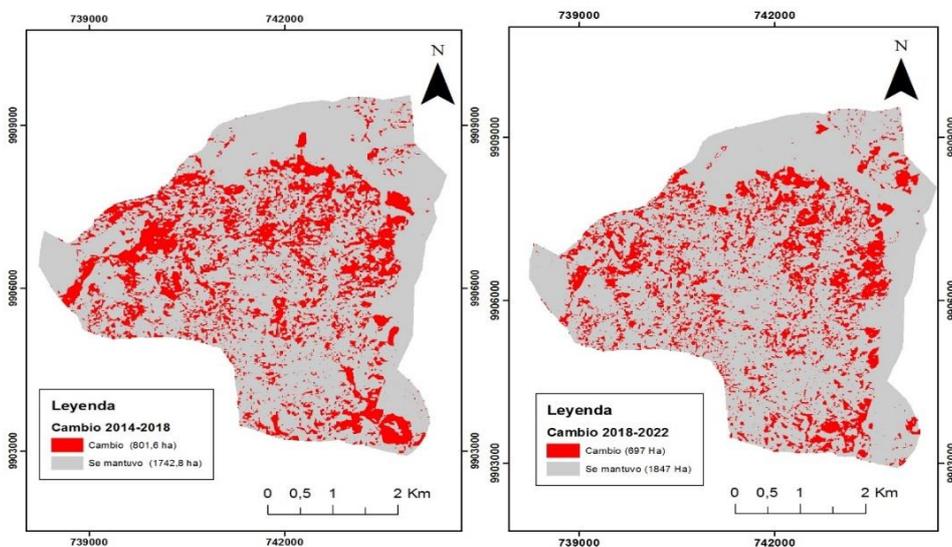


11.9 Discusión de los resultados

11.9.1 Análisis comparativo entre coberturas vegetales del 2014-2018 y 2018-2022

Figura 21.

Cambios entre coberturas vegetales del 2014-2018 y 2018-2022 del páramo Salamalag Chico



El análisis de cambios de la cobertura vegetal del primer periodo 2014-2018 se evidencio afectaciones en la tierra arbustiva y herbácea que presenta una disminución de (416,9 ha; 16%), en cambio, en al año 2018-2022 presenta una ganancia de (352 ha; 14%) debido un crecimiento de recuperación, ya que las entidades titulares de la comunidad en el año 2019 delimitaron algunas zonas de páramo correspondiendo a 47,41 ha para su protección mediante el establecimiento de Áreas de Protección Hídrica (APH) (Yáñez Zapata, 2022), por otra parte aislaron el páramo correspondiendo a 30 ha que ya han sido cercadas con postes de cemento y alambres, cerrando el paso para las personas y animales, en las zonas altas del páramo y 8 ha fueron intervenidas sembrando yagual (*Polylepis sp*), chuquiragua (*Chuquiraga sp*) y sigie (*Cortadeira nitida*)(Chicaiza Chacha & Romero Fernández, 2022). Otros factores que se presentan son la reducción de la población juvenil por la migración y envejecimiento de los moradores de la comunidad expuestos a la vulnerabilidad de posibles enfermedades, asociando problemas de salud, por lo que los cambios de la cobertura vegetal fueron más lentos que en los años 2014-2018. Según el autor (Pinta & Maria, 2021), en las tierras agropecuarias o cultivos indican ganancias significativas, reemplazando la tierra forestal y tierra arbustiva herbácea, en cambio, en las tierras arbustivas herbácea dejando claro la degradación o alteraciones en los páramos del Ecuador.

La tierra agropecuaria se evidencia un crecimiento progresivo en el periodo 2014-2018 presentando una ganancia correspondiendo a (450 ha; 18%), según él (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Guangaje, 2019) el aumento de las actividades agrícolas se debe porque después de la reforma agraria en el año 1973, no existían políticas públicas para el manejo y cuidado de los páramos, la cual llevo a los moradores distribuirse sin asesoramiento técnico, cultivando, explotando y heredando las tierras, pero en el periodo 2018-2022 presenta una disminución de (347 ha; 14%), por lo que en el año 2019 los moradores empezaron a cuidar sus páramos y cultivar en zonas de menor altitud. Los beneficios que aporta la cobertura vegetal gira entorno a las propiedades del suelo gracias a la gran capacidad de fijación de CO₂ (Guzmán Pinilla, 2016), por ejemplo debido al calentamiento global, los cultivos como la papa se están cultivando en altitudes más altas cada año y las propiedades del suelo son muy beneficiosas para el producto, incluyendo la temperatura y humedad que contribuye en el crecimiento de cultivos, beneficiándose su producción agrícola.

Por otra parte se evidencia una gran pérdida en la tierra forestal en el periodo 2014-2018 correspondiendo una disminución de (153,5 ha; 6%) y en el periodo 2018-2022

correspondiendo una disminución de (80 ha; 3%), debido que en los años 60 y 70 la comunidad Salamalag Chico se decidió la implementación de plantación forestal de pinos (*Pinus sylvestris*) por la falta de conocimiento y falta de experiencia técnicas por la coyuntura desarrollista (Hofstede & Mena, 2003), provocando que estas especies no endémicas no permitan el crecimiento de otras plantas, porque un área de árboles juntos forma un techo permitiendo que no deje pasar la luz del sol al suelo, por lo que en el año 2018 talaron y quemaron grandes extensiones de pinos por las señales de deterioro de los páramos, debido a esta alta deforestación se produjo una demanda política para actividades de reforestación que fue organizada por entidades titulares de la comunidad y la Dirección de Ambiente del Consejo Provincial de Cotopaxi (Yáñez Zapata, 2022).

La tierra sin cobertura vegetal se evidencia un aumento progresivo en los años 2014-2018 con una ganancia de (58 ha; 2%) y en los años 2018-2022 con una ganancia de (70,3 ha; 3%) debido al aumento de erosión del suelo, en las zonas de mayor altitud debido a la erosión eólica y en las zonas bajas por el uso excesivo del suelo en actividades agrícolas hasta degradar el suelo y menos oportunidad de desarrollo (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Guangaje, 2019).

Con los resultados obtenidos de la investigación muestran que los páramos y bosques presentan alteraciones, según el biólogo Luis Ortega (Valencia, 2020) concuerda mencionando que la explotación de las tierras cultivables hasta erosionar el suelo empezaron a buscar nuevos terrenos obligando a talar más bosques, en el Ecuador es más grave debido al aumento de extensiones de monocultivo. Según los autores (Hofstede, Mena, & Suárez, 2023) aclaran que los páramos interactúan con la agricultura ya que es el mayor sustento de las comunidades rurales en todos los países andinos, varias áreas de páramo ya han sido transformados en tierras agrícolas. En el Ecuador indica una estimación gruesa correspondiendo al 40% del páramo original transformado a agro ecosistemas y un aproximado 30% correspondiendo a pajonales usados en la ganadería. La provincia de Cotopaxi en un estudio del paisaje, demostraron las modificaciones del paisaje, cambios producidos debidamente por el aumento de la temperatura y disminución en la precipitación; evidenciando que los cambios de explotación en el uso del suelo y la agricultura no solo son determinadas por el cambio climático sino principalmente están ligados a factores económicos, sociales y culturales.

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

12.1 Impacto ambiental

Los mapas ayudaran a que las entidades titulares o responsables políticos, a los gestores de los recursos naturales y a los científicos a comprender dónde se pueden alinear las acciones en favor de la naturaleza con las necesidades nacionales inmediatas y a largo plazo. El análisis y los resultados obtenidos se observa detalladamente la realidad en el estado que se encuentra el páramo de la comunidad Salamalag Chico, se evidencia cambios en la cobertura vegetal del año 2014, 2018 y 2022, por las actividades antropogénicas del ser humano. La información obtenida se evidencia alteraciones de la tierra arbustiva y herbácea generando una pérdida del hábitat que afecta a la flora y fauna, las especies emigraran hacia otros lugares. El cambio de la cobertura vegetal está asociado a la expansión de la frontera agrícola.

12.2 Impacto social

Los mapas en lo social permiten compartir la información de manera visual que ayuda a identificar los moradores de la comunidad como se relaciona con el entorno y ayudara a los agricultores en la producción una toma de decisiones que lograra un mejora en el equilibrio ambiental. Además, otro problema es el aumento de las tasas de migración debido a las causas de pobreza por el aumento de erosión de tierras creando problemas sociales, las personas que se dedican a la agricultura, que van a emigrar para diversificar sus actividades económicas y mejorar sus bajos ingresos a las ciudades o al exterior.

12.3 Impacto económico

Fomentando al turismo como el turismo comunitario para no solo depender de la agricultura y mejorar su economía, el estado en que se encuentra la tierra arbustiva y herbácea se debe al aumento de la agricultura y pastoreo de ganado ovino, degenerándolo poco a poco, si el páramo disminuye aumentaría los gases de efecto invernadero afectando a los cultivos, generando una pérdida de actividad económica de las personas, su bienestar se ve comprometido porque no tienen los medios para mantenerse y satisfacer sus necesidades, igualmente está relacionado con problemas económicos asociados a sus actividades agrícolas.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

Mediante la clasificación supervisada de imágenes landsat permitió identificar la cobertura vegetal, identificando cuatro clases como: tierra arbustiva y herbácea, tierra agropecuaria, tierra forestal y tierra sin cobertura vegetal, presentando cambios, donde la tierra agropecuaria presenta un aumento progresivo hasta el año 2018 con un (1243,2 ha; 49%) y en el año 2022 disminuye con un (1154,9 ha; 45%), la tierra forestal presenta una disminución drástica hasta el año 2022 con un (52,2 ha; 2%), la tierra arbustiva y herbácea presenta una disminución progresiva hasta el año 2018 con un (1087,8 ha; 43%) pero presenta una recuperación en el año 2022 con un (1212 ha; 48%) y la tierra sin cobertura vegetal presenta ganancias hasta el año 2022 con un (124,8 ha; 5%) evidenciando el aumento de actividades agrícolas que exceden el uso del suelo hasta erosionarlo.

Los resultados de la matriz de transición del periodo 2014-2018 presentan 2 disminuciones de cobertura vegetal como la tierra arbustiva y herbácea con un (416,9 ha; 16%) el cual se transformó en tierra agropecuaria (337 ha; 13%), tierra forestal (58,3 ha; 2%) y tierra sin cobertura vegetal (21,6 ha; 1%) y seguido de la tierra forestal con una disminución de (153,5 ha; 6%) el cual se transformó en tierra agropecuaria (78,8 ha; 3%), tierra arbustiva y herbácea (67,8 ha; 3%) y tierra sin cobertura vegetal (6,9 ha; 0,3%) debido al avance de la frontera agrícola y la tala de árboles, los labores agrícolas han llegado hasta una altitud más de 3900 msnm. El segundo periodo del análisis 2018-2022 presenta disminución en la tierra agropecuaria con un (347 ha; 14%) la cual se transformó en tierra arbustiva y herbácea (298 ha; 12%), tierra forestal (12,9 ha; 1%) y tierra sin cobertura vegetal (36,1 ha; 1%) y seguido de la tierra forestal con una disminución de (80 ha; 3%) la cual se transformó en tierra agropecuaria (43,3; 2% ha) y tierra arbustiva y herbácea (33,6 ha; 1%), debido que los moradores en el año 2019 las entidades titulares de la comunidad delimitaron algunas zonas de páramo para su protección.

Se ha elaborado mapas temáticos con base a la guía “Estándares de Información Geográfica” del área de estudio, que se socializo a los moradores de la comunidad Salamalag Chico, a través de una presentación utilizando mapas temáticos impresos, permitiendo demostrar los cambios que han sufrido en varias hectáreas destinadas a labores agrícolas, alteraciones al ecosistema y desgaste de la cobertura de tanto uso excesivo por actividades

agropecuarias, induciendo a la erosión del suelo e incremento de vulnerabilidad a la comunidad.

13.2 Recomendaciones

Se recomienda a las entidades competentes gubernamentales, no gubernamentales y estudiantes universitarios para sus futuras investigaciones o proyectos de análisis multitemporal, utilizar imágenes satelitales con un porcentaje bajo de nubosidad y realizar una adecuada corrección atmosférica para lograr mejorar la clasificación supervisada de las coberturas vegetales dentro del área de interés. De lo contrario la clasificación supervisada tendrá varios errores al momento de establecer las clases de cobertura vegetal y con una resolución baja.

Se sugiere a las entidades competentes gubernamentales y no gubernamentales realizar más investigaciones a fondo del cómo ha ido variando la cobertura vegetal de las comunidades aledañas al lugar de estudio, porque los resultados obtenidos de la investigación pueden dar un mayor impulso a iniciar programas, proyectos para la conservación o protección de los páramos del Ecuador.

Para la problemática del avance de la frontera agrícola, se recomienda bajo el ejercicio de gobiernos comunitarios como lo declara el Art.57 derechos colectivos a las comunidades o pueblos indígenas, reconociendo y garantizando su bienestar y desarrollo integral, declarando áreas de protección y conservación de la biodiversidad, recursos naturales y fuentes de aguas de acuerdo a las necesidades de la comunidad y realidad a lo que afrontan. Las entidades gubernamentales y no gubernamentales deben realizar capacitaciones, educación ambiental a las comunidades en general las actividades antropogénicas que generan degradación a la cobertura vegetal de los páramos por el avance de la frontera agrícola la cual se debe implementar remediaciones o técnicas de conservación del suelo y biodiversidad.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, N. (2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-ecosistema-definicion-para-ninos-1544.html>
- Alonso, D. (2021). *MappingGIS*. <https://mappinggis.com/2015/05/como-descargar-imagenes-landsat/>
- Baltazar Sánchez, D. (2018). *SciELO*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-22532018000300243&script=sci_arttext
- Cajal, A. (2020). *Observación directa: características, tipos y ejemplo*. <https://www.lifeder.com/observacion-directa/>
- Camacho Sanabria, J. (2015). *Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008#:~:text=Estos%20procesos%20de%20transformaci%C3%B3n%20o,centro%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20ambiental%20\(](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008#:~:text=Estos%20procesos%20de%20transformaci%C3%B3n%20o,centro%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20ambiental%20()
- Caranqui Aldaz, J. M. (2021). *Caracterización florística en zonas con alto potencial de recarga hídrica del paramo de ichubamba yasepan*. file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-CharacterizacionFloristicaEnZonasConAltoPotencialDe-8094490.pdf
- Carranza Jimenez, D. C. (2018). *Ecuador ha perdido más de mil hectáreas de páramos por incendios*. <https://www.aa.com.tr/es/mundo/ecuador-ha-perdido-m%C3%A1s-de-mil-hect%C3%A1reas-de-p%C3%A1ramos-por-incendios/1253175#:~:text=Los%20p%C3%A1ramos%20se%20consideran%20f%C3%A1bricas,la%20extensi%C3%B3n%20territorial%20del%20pa%C3%ADs.>
- Changalombo Valencia, D. A., & Rivera Rivera, J. A. (2021). *Repositorio UTC*. Obtenido de Repositorio UTC: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7870/1/PC-001068.pdf>
- Cherlinka, V. (2020). *NDVI: Preguntas Frecuentes Y Qué Necesita Saber*. Recuperado el 26 de Abril de 2023, de EOS DATA ANALYTICS: <https://eos.com/es/blog/ndvi-preguntas-frecuentes/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20Se%20Calcula%20El%20NDVI,Roj%20o%20es%20luz%20roja%20visible.>
- Chicaiza Chacha, S. P., & Romero Fernández, D. C. (2022). *Repositorio Institucional*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8546/1/PC-002173.pdf>

- Chuncho Morocho, C. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. Consultado el 06 de Abril de 2023, de biblio.flacsoandes.edu: REDIB
- Chuvieco, E. (2010). *Google Academico*. Obtenido de Google Academico:
<https://books.google.com.ec/books?id=aKsNXCVcTcQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf*. Consultado el 13 de Junio de 2023, de ambiente.gob: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2011). *mesicic4_ecu_const.pdf*.
https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- COOTAD. (2019). *cootad.pdf*. Consultado el 13 de Junio de 2023, de CPCS:
<https://www.cpcs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- EarthExplorer. (2023). *USGS*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Escobar Betancourt, J. C. (2020). *Catholic Relief Services*. Obtenido de Catholic Relief Services:
<https://asa.crs.org/2020/07/seis-beneficios-de-las-coberturas-en-la-agricultura/>
- Francois, A. (2019). *SIG & Territorios*. Obtenido de SIG & Territorios:
<https://www.sigterritoires.fr/index.php/es/tutorial-de-clasificacion-de-imagenes-con-qgis-2-1-ajuste-atmosferico-de-imagenes-landsat-8/>
- GAD parroquial Guangaje. (2019). *SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARROQUIA GUANGAJE*. Consultado el 18 de Abril de 2023, de GAD PARROQUIAL GUANGAJE: <https://guangaje.gob.ec/cotopaxi/situacion-geografica/>
- García, P. (2021). *¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?*
<https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Guangaje. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guangaje*.
<http://guangaje.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2015/09/PDyOT-Guangaje-2015-2019.pdf>
- Gómez López, I. (2020). *ECOSCRIPT*. Consultado el 09 de Julio de 2023, de ECOSCRIPT:
<https://ecoscript.org/quesonlossensoresremotos/>
- Gómez, J. (2017). *Páramos andinos y cambio climático: Un desafío para enfrentar la crisis hídrica en la región*. <https://www.iagua.es/blogs/jhoanna-cifuentes-gomez/proteccion-paramos-andinos-y-cambio-climatico-desafio-tesis-hidrica>

- Gutiérrez, M., & Tapia, G. (2016). *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*. Hierarchical analysis of the intensity of change of land use/cover change and deforestation (2000-2008). Consultado el 21 de Mayo de 2023, de Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461116300383>
- Guzmán Pinilla, J. (2016, February 10). *LR LA REPÚBLICA*. Consultado el 08 de Julio de 2023, de LR LA REPÚBLICA: <https://www.larepublica.co/economia/cultivos-y-ganado-actividades-que-tambien-afectan-a-paramos-2348531>
- Hofstede, R., Mena, P., & Suárez, E. (2023). *Los páramos del Ecuador Pasado, Presente y Futuro*. Quito: Hofstede, Robert; Mena, Patricio; Suárez, Esteban .
- Hofstede, R., & Mena, P. (2003). *Los Páramos del Mundo*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56486.pdf>
- INEC. (2010). *Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento*. Obtenido de Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/search/POBLACION%20POR%20SEXO,%20SEGUN%20PROVINCIA,%20PARROQUIA%20Y%20CANTON%20DE%20EMPADRONAMIENTO/>
- Juste, I. (2018, August 3). *Qué es la transformación de la naturaleza por el hombre con ejemplos*. Consultado el 01 de Mayo de 2023, de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-transformacion-de-la-naturaleza-por-el-hombre-con-ejemplos-1499.html>
- Kogut, P. (2021, November 9). *EOS DATA ANALYTICS*. Consultado el 09 de Julio de 2023, de EOS DATA ANALYTICS: <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- MAE. (2013). *Sistema Nacional de Información*. <https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>
- MAE. (2015, May). *PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL ECUADOR CONTINENTAL 2013 – 2014, ESCALA 1:100.000*. Consultado el 08 de Abril de 2023, de Secretaria Nacional de Planificación: https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf

- MAG. (2021). *Geoportal del Agro Ecuatoriano*. (M. d. Ganadería, Editor) <http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/api/records/4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379/formatters/xsl-view?root=div&output=pdf>
- Martínez Zarate, N. (2018, October). *CLASIFICACION BASADA EN OBJETOS*. Recuperado el 13 de Mayo de 2023, de Amazonaws: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/430067_5cc2a1aa6a9d43b0ae823514dda83135.html#:~:text=La%20clasificaci%C3%B3n%20de%20im%C3%A1genes%20satelitales,mapas%20que%20evidencian%20dicha%20informaci%C3%B3n.
- Masabanda Iza, A. (2022). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LOS PREDIOS DE LA COOPERATIVA COTOPILALÓ DE LA PARROQUIA TOACASO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2022*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9728/1/PC-002473.pdf>
- Matellanes, R. (2019). *Geoinnova*. (Asociación Geoinnova) https://geoinnova.org/blog-territorio/composiciones-rgb-de-imagenes-satelite/?gad=1&gclid=Cj0KCQjwwISlBhD6ARIsAESAmP7tmgWpxYweZjr9jQ8RedzH9T9ijqr1GlzDTvqYMeSc1bxFtCN5Y_caAp5yEALw_wcB
- Morales, A. (2022, October 7). *MappingGIS*. <https://mappinggis.com/2022/10/primeros-pasos-con-arcgis-online/>
- Moriana, L. (2020, April 2). *Qué es un ecosistema terrestre y sus características*. Consultado el 16 de Abril de 2023, de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-ecosistema-terrestre-y-sus-caracteristicas-1102.html>
- Muguirra, A. (2018, October 23). *¿Qué es la investigación descriptiva?* Consultado el 26 de Abril de 2023, de Question Pro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>
- Ochoa, F. (2023, January 16). *ArcGeek*. Obtenido de ArcGeek: <https://acolita.com/que-es-un-analisis-multitemporal/>
- Orellana, D. (2020). *Evaluación de Campo con Kobo ToolBox*. <http://civil.uminho.pt/cires/wp-content/uploads/2020/01/Daniel%20Orellana%20-%20Workshop%20Kobo%20Toolbox.pdf>
- Perez, J. (2020, April 22). *RPubs*. (R. Studio, Ed.) <https://rpubs.com/juperezve/603314#:~:text=La%20clasificaci%C3%B3n%20supervisada%20es%20aquella,los%20pixeles%20por%20su%20similitud>

- Pimiento Ortega, M. G. (2019). *Repositorio UPTC*.
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/3575/Analisis_multitemporal.pdf;jsessionid=EC65F62F7E77C09A94CBF70A6AAAC62B?sequence=1
- Pinta, E., & Maria, F. (2021). *dspace*. Obtenido de dspace:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15918/1/33T00302.pdf>
- Posada, K. C. (2022, April 22). *MASTERGIS*. <https://mastergis.com/blog/6-plataformas-descargar-imagenes-satelitales-gratis>
- Reglamento Código Orgánico del Ambiente. (2019). *Site*. Obtenido de Site:
<https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Roldán, L. (2020). *Ecología Verde*. Consultado el 09 de Julio de 2023, de Ecología Verde:
<https://www.ecologiaverde.com/restauracion-ecologica-que-es-tipos-y-ejemplos-2636.html>
- Ropero Portillo, S. (2020, October 1). *Cuál es la importancia de los ecosistemas*.
<https://www.ecologiaverde.com/cual-es-la-importancia-de-los-ecosistemas-3069.html#:~:text=Un%20ecosistema%20en%20equilibrio%20hace,corrientes%20de%20viento%2C%20entro%20otros.>
- Ruano, M., Repetto, A., & MAE. (2012). *Estandares de informacion geografica*. Recuperado el 10 de Julio de 2023, de Estandares de informacion geografica:
https://iedg.sni.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/Estandares_de_informacion_geografica_cap3.pdf
- Rubiales, E. (2018). *Kappa de Cohen*. (SAMIUC). <https://www.samiuc.es/estadisticas-variables-binarias/medidas-de-concordancia/kappa-de-cohen/>
- Salas Ocampo, D. (2020). *La encuesta y el cuestionario*. Consultado el 24 de Abril de 2023, de Investigalia: <https://investigaliacr.com/investigacion/la-encuesta-y-el-cuestionario/>
- Sotaquirá, M. (2022). *codificandobits*. Consultado el 07 de Julio de 2023, de codificandobits:
<https://www.codificandobits.com/blog/matriz-de-confusion/>
- Toribio, G. (2019, October 25). *NDVI, ¿qué es y para qué sirve?*
<https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>
- Valencia, J. (2020, June 16). *DW Global Media Forum*. Obtenido de DW Global Media Forum:
<https://www.dw.com/es/la-ampliacion-de-la-frontera-agr%C3%ADcola-le-abre-la-puerta-a-la-desertificaci%C3%B3n/a-53826029>

- Valdivia, L. (2018). *Repositorio UNU*. Obtenido de Repositorio UNU: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3877/00000124TM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Velasco, J. (2020). *GN DIARIO*. Obtenido de GN DIARIO: <https://www.gndiario.com/ecosistemas-terrestres-ods-flora-fauna>
- Velázquez, A. (2018, December 28). *Investigación no experimental: Qué es, características, ventajas y ejemplos*. Consultado el 26 de Abril de 2023, de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-no-experimental/>
- Veloza Torres, J. P. (2017). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS Y USOS DEL SUELO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA- PRODUCTORA "CASABLANCA" EN MADRID CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 1961 Y 2015: APORTES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL*. Consultado el 12 de Mayo de 2023, de INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODDAZI: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf
- Yáñez Zapata, K. M. (2022). *dspace.esPOCH.edu*. Recuperado el 09 de Julio de 2023, de dspace.esPOCH.edu: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17600/1/236T0598.pdf>
- Zambrano, M. (2018). *¿Qué son las imágenes satelitales? Tipos y características*. Consultado el 01 de Mayo de 2023, de Agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/imagenes-satelitales-en-la-agricultura-de-precision/>

15. ANEXOS

Anexo 1.

Visita en campo



Nota: Revisión del área de estudio

Anexo 2.

Fotografías tomadas de las tierras agropecuarias



Nota: Labores agrícolas, preparación de terreno y cultivo de cebolla blanca

Anexo 3.

Fotografías tomadas de la tierra forestal y pastoreo ovino



Nota: Extensiones de plantación forestal de pinos (*Pinus sylvestris*)

Anexo 4.

Obtención de información secundaria



Nota: Información cartográfica de los límites de la comunidad Salamalag Chico

Anexo 5.

Obtención de coordenadas



Nota: Toma de coordenadas en zonas bajas de la comunidad Salamalag Chico

Anexo 6.

Socialización de resultados en la comunidad Salamalag Chico



Nota: Socialización mediante la utilización de mapas temáticos

Anexo 7.

Encuestas en la comunidad Salamalag Chico



Nota: Utilización del programa Kobo Toolbox

Anexo 8.

Coordenadas tomadas con el GPS para la matriz de confusión

N°	x	y	z	Cobertura Vegetal	Localidad
1	742176	9904047	2843	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
2	742727	9904585	3248	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
3	742795	9905056	3256	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
4	742361	9904571	3242	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
5	742165	9904362	3107	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
6	-78.822.836	-0864635	3.996	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
7	-78.823.525	-0863611	3.845	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
8	-78.823.098	-0864328	3.900	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
9	-78.823.217	-0864051	3.839	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
10	-78.823.743	-0864518	3.875	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
11	-78.823.702	-0864747	3.888	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
12	-78.825.275	-0865081	3.784	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
13	-78.824.944	-0865133	3.860	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
14	-7.882.435	-0864242	3.848	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
15	-78.824.789	-0.863726	3.875	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
16	-78.824.691	-0.863835	3.863	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
17	-78.824.537	-0.863852	3.889	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
18	-78.823.565	-0.864841	3.879	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
19	-7.882.401	-0.86451	3.846	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
20	-78.822.982	-0.864458	3.835	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
21	-78.828.458	-0.860271	3.762	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
22	-78.828.722	-0.86023	3.755	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
23	-78.829.593	-0.859788	3.738	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
24	-78.829.695	-0.859696	3.734	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
25	-78.829.639	-0.859811	3.744	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico

26	-78.828.952	-0.859976	3.738	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
27	-78.829.977	-0.858826	3.669	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
28	-78.828.256	-0.860099	3.695	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
29	-78.830.827	-0.860822	3.669	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
30	-78.820.093	-0.873055	3.948	Tierra Agropecuaria	Salamalag Chico
31	743381	9908873	3886	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
32	743320	9908835	3907	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
33	743235	9908818	3924	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
34	743175	9908945	3979	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
35	743142	9909058	3998	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
36	743138	9909149	4002	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
37	743090	9909241	4021	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
38	742982	9909197	4050	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
39	742879	9909165	4064	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
40	742825	9909176	4076	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
41	742751	9909267	4093	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
42	742745	9909303	4104	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
43	742742	9909308	4115	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
44	742747	9909348	4135	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
45	742733	9909433	4256	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
46	742696	9909443	4251	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
47	742630	9909456	4240	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
48	742570	9909465	4228	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
49	742543	9909469	4221	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
50	742517	9909429	4210	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
51	742483	9909371	4201	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
52	742452	9909303	4196	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
53	742436	9909254	4185	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
54	742410	9909194	4162	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
55	742396	9909104	4122	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
56	742379	9909043	4113	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
57	742400	9908981	4093	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
58	742414	9908922	4075	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
59	742342	9908895	4046	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
60	743018	9908176	4099	Tierra Arbustiva y Herbácea	Salamalag Chico
61	743583	9906699	3362	Tierra Forestal	Salamalag Chico
62	743687	9906636	3367	Tierra Forestal	Salamalag Chico
63	743898	9906725	3537	Tierra Forestal	Salamalag Chico
64	743999	9906848	3565	Tierra Forestal	Salamalag Chico
65	744210	9907092	3576	Tierra Forestal	Salamalag Chico
66	743855	9902909	4099	Tierra Forestal	Salamalag Chico
67	-78824691	-0,863835	3.863	Tierra Forestal	Salamalag Chico
68	-78824537	-0,863852	3.889	Tierra Forestal	Salamalag Chico
69	-78825505	-0,863147	3.810	Tierra Forestal	Salamalag Chico
70	-78825583	-0,863147	3.819	Tierra Forestal	Salamalag Chico
71	-78825487	-0,863266	3.826	Tierra Forestal	Salamalag Chico

72	-78825479	-0,863110	3.866	Tierra Forestal	Salamalag Chico
73	-78825562	-0,863293	3.697	Tierra Forestal	Salamalag Chico
74	-78825837	-0,863033	3.758	Tierra Forestal	Salamalag Chico
75	-78825616	-0,863124	3.817	Tierra Forestal	Salamalag Chico
76	-78825485	-0,863207	3.865	Tierra Forestal	Salamalag Chico
77	-78825491	-0,863187	3.834	Tierra Forestal	Salamalag Chico
78	-78825436	-0,862871	3.849	Tierra Forestal	Salamalag Chico
79	-78825675	-0,862768	3.782	Tierra Forestal	Salamalag Chico
80	-78821672	-0,863027	3892	Tierra Forestal	Salamalag Chico
81	744236	9907615	3587	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
82	743605	9908190	3635	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
83	743577	9908293	3739	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
84	743572	9908364	3765	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
85	743595	9908441	3796	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
86	743542	9908523	3819	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
87	743539	9908588	3856	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
88	743556	9908639	3869	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
89	743538	9908720	3878	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico
90	743490	9908785	3882	Tierra Sin Cobertura Vegetal	Salamalag Chico

Nota: Sistema de coordenadas UTM mediante el GPS y el Kobo Toolbox, elaborado por Douglas Quillupangui, 2023

Anexo 9.

BANCO DE PREGUNTAS DE LA ENCUESTA DEL GRADO DE IMPORTANCIA EN LA SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS EN LA COMUNIDAD SALAMALAG CHICO, CANTÓN PUJILÍ

Encuesta

1. ¿Considera usted que los mapas temáticos en la presentación fueron adecuados para la comprensión del tema?
 - Alto
 - Medio
 - Bajo
 - Nulo

2. ¿Cree que la socialización de los mapas temáticos se logró comprender los cambios de la cobertura vegetal?
 - Alto
 - Medio

- Bajo
- Nulo

3. ¿La socialización de resultados le apporto algún conocimiento acerca de la cobertura vegetal?

- Alto
- Medio
- Bajo
- Nulo

4. ¿Considera usted que el tema de investigación ayudara a mejorar a la comunidad?

- Alto
- Medio
- Bajo
- Nulo

Anexo 10.

AVAL DE TRADUCTOR



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 proyecto de investigación cuyo título versa: **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD SALAMALAG CHICO DE LA PARROQUIA GUANGAJE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2014-2022”** presentado por: **Quillupangui Tenelema Douglas Israel**, egresado de la Carrera 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, 31 de agosto del 2023

Atentamente,

**TANIA
ELIZABETH
ALVEAR
JIMENEZ**
Firmado
digitalmente por
TANIA ELIZABETH
ALVEAR JIMENEZ
Fecha: 2023.08.31
20:36:20 -05'00'

Mg. Tania Alvear Jiménez
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0503231763



CENTRO
DE IDIOMAS