



# POSGRADOS

## MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES CON MENCIÓN EN REMEDIACIÓN Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL

RPC-SO-17-NO.363-2020

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON  
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN  
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA  
COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO  
DEL PARQUE NACIONAL SANGAY FRENTE  
A LA PRESIÓN ANTRÓPICA, DESDE SU  
AMPLIACIÓN EN LA PROVINCIA DEL  
CAÑAR EN 1992

AUTOR:

ANDRÉS SEBASTIÁN ORTEGA VÁZQUEZ

DIRECTORA:

ESTEFANÍA CARIDAD AVILÉS SACOTO

CUENCA – ECUADOR  
2024

**Autor:****Andrés Sebastián Ortega Vázquez**

Ingeniero en Gestión Ambiental.

Candidato a Magíster en Recursos Naturales Renovables con Mención en Remediación y Restauración Ambiental por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

asortegavz@gmail.com

**Dirigido por:****Estefanía Caridad Avilés Sacoto**

Ingeniera Ambiental.

Magíster en Políticas Ambientales y Territoriales para la Sostenibilidad y el Desarrollo Local.

Magíster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental.

eaviles@est.ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

ANDRÉS SEBASTIÁN ORTEGA VÁZQUEZ

Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo del parque nacional Sangay frente a la presión antrópica, desde su ampliación en la provincia del Cañar en 1992

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico con profundo amor a mis hijos, Antonio y Salomé, quienes sostienen y alimentan mi propósito en este caminar.

A mis padres Rosa y Patricio quienes con amor me han apoyado y acompañado incondicionalmente para alcanzar este sueño en mi vida profesional.

A Dios, quien me ha brindado la fortaleza y la sabiduría para cumplir esta meta.

Y finalmente dedicado con mucho respeto a la Madre Tierra, que este trabajo contribuya a honrar y proteger su belleza.

Andrés Ortega Vázquez.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecido con Dios, quien me ha brindado la luz, sabiduría y conocimiento para alcanzar esta meta profesional; mi agradecimiento profundo a mi Familia que con su apoyo han sido el pilar fundamental para alcanzar esta meta; Agradecido también con mi tutora, Ing. Estefanía Avilés quien con su conocimiento, profesionalismo y paciencia ha brindado todo el apoyo necesario para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, y a la Dirección de Áreas Protegidas y otras formas de conservación, por las facilidades brindadas para poder desarrollar este trabajo de titulación en el Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar.

Y finalmente agradecido con la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca y con el cuerpo de Docente de la Maestría en Recursos Naturales Renovables que con profesionalismo brindaron los insumos necesarios para una formación académica de calidad y de excelencia.

Andrés Ortega Vázquez.

# TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción .....	24
1.1	Antecedentes .....	25
2	Formulación del problema .....	28
2.1	Justificación.....	28
2.2	Objetivos .....	29
2.2.1	Objetivo general .....	29
2.2.2	Objetivos específicos .....	29
3	Marco teórico referencial .....	30
3.1	Marco Legal.....	30
3.1.1	Constitución de la Republica del Ecuador .....	30
3.1.2	Código Orgánico Ambiental.....	36
3.1.3	Código Integral Penal.....	37
3.1.4	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua ..	37
3.1.5	Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales .....	39
3.1.6	Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización COOTAD 40	
<b>3.1.7</b>	<b>Ordenanzas Gobiernos Autónomos Descentralizados.....</b>	<b>43</b>
3.2	Conservación de Áreas Naturales .....	45

3.2.1	Áreas protegidas.....	45
3.2.2	Sistema Nacional de Áreas Protegidas .....	45
3.2.3	Patrimonio Natural del Estado .....	46
3.2.4	Categorías de manejo de las áreas protegidas.....	46
3.2.5	Parque Nacional.....	47
3.2.6	Parque Nacional Sangay .....	47
3.3	Uso y ocupación del Suelo .....	48
3.3.1	Cobertura Terrestre y uso de Suelo.....	49
3.3.2	Cambio de uso de suelo.....	49
3.4	Teledetección y sensores remotos .....	50
3.5	Teledetección y medio Ambiente .....	51
3.6	Imágenes Satelitales .....	52
3.6.1	Landsat.....	53
3.7	Procesamiento de Imágenes Satelitales .....	54
3.7.1	Corrección Radiométrica .....	54
3.7.2	Corrección Atmosférica .....	56
3.7.3	Corrección Geométrica.....	57
3.8	Clasificación de Imágenes Satelitales .....	59
3.8.1	Clasificación Supervisada.....	61
3.9	Sistemas de información Geográfica .....	62

3.10	Análisis Multitemporal.....	64
4	Materiales y metodología .....	66
4.1	Zona de estudio. ....	66
4.1.1	Extensión y límites.....	67
4.1.2	Componente biofísico.....	68
4.1.3	Sistema Socio Cultural .....	77
4.2	Selección de la escena. ....	93
4.3	Preprocesamiento de imágenes .....	95
4.3.1	Preprocesamiento para imágenes de Landsat 5 y Landsat 7 .....	95
4.3.2	Preprocesamiento para imágenes de landsat 8.....	101
4.4	Combinación de bandas.....	104
4.5	Creación de polígonos o regiones de interés (roi).....	105
4.5.1	Clases de cobertura vegetal y uso de suelo. ....	106
4.6	Firmas espectrales .....	110
4.7	Clasificación supervisada .....	111
4.8	Validación de información .....	116
4.8.1	Matriz de confusión.....	116
4.8.2	Índice kappa.....	119
4.8.3	Matriz de transición.....	119

4.9	Relación de la presión antrópica que se ejerce en las zonas identificadas con variación de cobertura vegetal o uso de suelo.....	125
4.10	Clasificación de ecosistemas presentes considerando su composición vegetal	125
4.11	Vulnerabilidad ambiental como herramienta para la gestión y planificación territorial en áreas protegidas.....	125
4.12	Medidas de gestión y acción en función de los cambios encontrados, la relación con la presión antrópica y la vulnerabilidad ambiental determinada.....	131
5	Resultados.....	132
5.1	Cuantificación de cambios.....	132
5.1.1	Análisis de resultados de coberturas y uso de suelo para el año 1991 .	132
5.1.2	Análisis estadístico y validación de resultados: matriz de confusión e índice kappa año 1991.....	135
5.1.3	Análisis de resultados de coberturas y uso de suelo para el año 1998 .	136
5.1.4	Análisis estadístico y validación de resultados: matriz de confusión e índice kappa año 1998.....	139
5.1.5	Análisis de resultados de coberturas y uso de suelo para el año 2004 .	140
5.1.6	Análisis estadístico y validación de resultados: matriz de confusión e índice kappa año 2004.....	143
5.1.7	Análisis de resultados de coberturas y uso de suelo para el año 2010 .	144
5.1.8	Análisis estadístico y validación de resultados: matriz de confusión e índice kappa año 2010.....	147
5.1.9	Análisis de resultados de coberturas y uso de suelo para el año 2016 .	148

5.1.10	Análisis estadístico y validación de resultados: matriz de confusión e índice kappa año 2016.....	151
5.1.11	Análisis de resultados de coberturas y uso de suelo para el año 2022 .	152
5.1.12	Análisis estadístico y validación de resultados: matriz de confusión e índice kappa año 2022.....	155
5.1.13	Análisis de resultados de cobertura vegetal y cuerpos de agua de uso de suelo para el periodo 1991 – 2022.....	156
5.2	Transición de coberturas y uso de suelo .....	161
5.2.1	Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 – 1998 .	161
5.2.2	Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004 ....	165
5.2.3	Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 – 2010 .	169
5.2.4	Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 – 2016 .	173
5.2.5	Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 – 2022 .	177
5.2.6	Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 – 2022 .	181
5.3	PRESIÓN ANTRÓPICA QUE SE EJERCE EN LA ZONA DE ESTUDIO Y SU RELACIÓN CON LAS ZONAS IDENTIFICADAS CON VARIACIÓN DE COBERTURA VEGETAL O USO DE SUELO.....	185
5.4	MAPA DE CLASIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS PRESENTES CONSIDERANDO SU COMPOSICIÓN VEGETAL.....	187
5.5	Mapa de vulnerabilidad ambiental como herramienta para la gestión y planificación territorial en áreas protegidas. ....	189

5.6	MEDIDAS DE GESTIÓN Y ACCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS ENCONTRADOS, LA RELACIÓN CON LA PRESIÓN ANTRÓPICA Y LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL DETERMINADA.....	191
6	Discusión .....	198
7	Conclusiones.....	199
8	Recomendaciones .....	200
9	Bibliografía .....	201
10	Anexos .....	211

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ecosistemas del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar	69
<b>Tabla 2.</b> Cuencas hidrográficas en el Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar	72
<b>Tabla 3.</b> Geología en el parque nacional Sangay, provincia de Cañar	78
<b>Tabla 4.</b> Ubicación política administrativa del PNS en la provincia de Cañar	75
<b>Tabla 5.</b> Población del área de influencia directa del PNS	79
<b>Tabla 6.</b> Población del área de influencia directa del PNS en la provincia de Cañar	81
<b>Tabla 7.</b> Centros Poblados dentro del PNS en la provincia de Cañar y su área directa de influencia	82
<b>Tabla 8.</b> Población económicamente activa del PNS	89
<b>Tabla 9.</b> Población económicamente activa del PNS en la provincia de Cañar	90
<b>Tabla 10.</b> Población Económicamente Activa Por Tipo De Actividad	91
<b>Tabla 11.</b> Caracterización de imágenes satelitales según su sensor	94
<b>Tabla 12.</b> Clases de cobertura vegetal y uso de suelo	107
<b>Tabla 13.</b> Clases para la cobertura vegetal y uso de suelo.	110
<b>Tabla 14.</b> Estructura de la matriz de transición para el año 1991 – 1998	121
<b>Tabla 15.</b> Tabla Ponderación de criterios de vulnerabilidad.	127
<b>Tabla 16.</b> Criterio de uso de suelo	127
<b>Tabla 17.</b> Criterio de centros poblados	128
<b>Tabla 18.</b> Criterio de vialidad.	128

<b>Tabla 19.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo PNS en la provincia de Cañar año 1991	132
<b>Tabla 20.</b> Índice Kappa de 1991	135
<b>Tabla 21.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo PNS en la provincia de Cañar año 1998	136
<b>Tabla 22.</b> Índice Kappa de 1998	139
<b>Tabla 23.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo PNS en la provincia de Cañar año 2004.	140
<b>Tabla 24.</b> Índice Kappa de 2004	144
<b>Tabla 25.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo del PNS en la provincia de Cañar año 2010	143
<b>Tabla 26.</b> Índice Kappa de 2010	147
<b>Tabla 27.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo del PNS en la provincia de Cañar año 2016	148
<b>Tabla 28.</b> Índice Kappa de 2016	151
<b>Tabla 29.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo del PNS en la provincia de Cañar año 2016	152
<b>Tabla 30.</b> Índice Kappa de 2022	155
<b>Tabla 31.</b> Análisis de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar durante el periodo 1991 - 2022	157
<b>Tabla 32.</b> Transición de uso de suelo y cobertura vegetal 1991 – 1998	161
<b>Tabla 33.</b> Transición de uso de suelo y cobertura vegetal 1991 – 1998	162
<b>Tabla 34.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004	164
<b>Tabla 35.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004	166

<b>Tabla 36.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004-2010	168
<b>Tabla 37.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 - 2010	170
<b>Tabla 38.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016	173
<b>Tabla 39.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016	174
<b>Tabla 40.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022	176
<b>Tabla 41.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022	178
<b>Tabla 42.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022	181
<b>Tabla 43.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022	183
<b>Tabla 44.</b> Centros poblados del Parque Nacional Sangay y su zona de influencia	185
<b>Tabla 45.</b> Clasificación de ecosistemas considerando su composición vegetal y fisonomía	187
<b>Tabla 46.</b> Índices de vulnerabilidad ambiental en el parque nacional Sangay provincia de Cañar	189
<b>Tabla 47.</b> Medidas de Gestión y acción	192

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa referencial del Parque Nacional Sangay	48
<b>Figura 2.</b> Área de Estudio	66
<b>Figura 3.</b> Ubicación del área de Estudio: Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar.	67
<b>Figura 4.</b> Mapa de Isotermas del PNS en la provincia de Cañar	70
<b>Figura 5.</b> Mapa de Isoyetas del PNS en la provincia de Cañar	71
<b>Figura 6.</b> Mapa Cuencas hidrográficas en el parque nacional Sangay, provincia de Cañar	73
<b>Figura 7.</b> Mapa de Geología y geomorfología del Parque Nacional Sangay	77
<b>Figura 8.</b> División cantonal y Parroquial del PNS en la provincia de Cañar	78
<b>Figura 9.</b> Mapa de centros Poblados dentro del PNS en la provincia de Cañar y su área directa de influencia	85
<b>Figura 10.</b> Comunidades del Cantón Cañar en el Parque Nacional Sangay	86
<b>Figura 11.</b> Portal de USGS Earth Explorer	94
<b>Figura 12.</b> Selección del proceso	96
<b>Figura 13.</b> Imagen satelital original antes y después de la corrección radiométrica	96
<b>Figura 14.</b> Área de estudio seleccionado	97
<b>Figura 15.</b> Finalización del proceso de calibración radiométrica	98
<b>Figura 16.</b> Selección de escala	99
<b>Figura 17.</b> Especificación del tipo de sensor según cada imagen	97

<b>Figura 18.</b> Complementación de datos	100
<b>Figura 19.</b> Corrección radiométrica de la imagen, en valores de reflectancia	100
<b>Figura 20.</b> Herramienta GEOBIA en el toolbox	101
<b>Figura 21.</b> Visualización de los polígonos para el área de estudio	102
<b>Figura 22.</b> Transformación de valores de ND a radiancia	102
<b>Figura 23.</b> Convertir valores de radiancia a valores de reflectancia	103
<b>Figura 24.</b> Coordenadas del proyecto	104
<b>Figura 25.</b> Análisis de vegetación, combinación de bandas 6,5,4	105
<b>Figura 26.</b> Obtención de las regiones de Interés (ROI)	106
<b>Figura 27.</b> Obtención de firmas espectrales	111
<b>Figura 28.</b> Proceso de clasificación supervisada en Arc Map	112
<b>Figura 29.</b> Archivo ráster obtenido de la clasificación supervisada	113
<b>Figura 30.</b> Imagen sin filtro	114
<b>Figura 31.</b> Imagen con filtro	114
<b>Figura 32.</b> Tabla de atributos aplicado herramienta dissolve	115
<b>Figura 33.</b> Mapa final	115
<b>Figura 34.</b> Muestras aleatorias de la clasificación supervisada	116
<b>Figura 35.</b> Matriz de confusión generada año 2022	117
<b>Figura 36.</b> Matriz de confusión generada año 2016	117
<b>Figura 37.</b> Matriz de confusión generada año 2010	118

<b>Figura 38.</b> Matriz de confusión generada año 2004	118
<b>Figura 39.</b> Matriz de confusión generada año 1998	118
<b>Figura 40.</b> Matriz de confusión generada año 1991	119
<b>Figura 41.</b> Asignación de valores en la tabla de atributos previo al proceso de intersección en ArcMap. (periodo 1991 – 1998)	120
<b>Figura 42.</b> Tabla de atributos que representa matriz de transición en ArcMap	123
<b>Figura 43.</b> Tabla de atributos de porcentajes y indicador de cambio	124
<b>Figura 44.</b> Diagrama metodológico mapa de vulnerabilidad	129
<b>Figura 45.</b> Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 1991	133
<b>Figura 46.</b> Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 1991	134
<b>Figura 47.</b> Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 1998	137
<b>Figura 48.</b> Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 1998	138
<b>Figura 49.</b> Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2004	141
<b>Figura 50.</b> Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2004	142
<b>Figura 51.</b> Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2010	145
<b>Figura 52.</b> Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2010	146
<b>Figura 53.</b> Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2016	149

<b>Figura 54.</b> Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2016	150
<b>Figura 55.</b> Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2022	153
<b>Figura 56.</b> Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2022	154
<b>Figura 57.</b> Cobertura vegetal y uso de suelo en el periodo 1991 - 2022	159
<b>Figura 58.</b> Variación de cobertura vegetal y uso de suelo 1991 - 2022	160
<b>Figura 59.</b> Cuerpo de Agua	160
<b>Figura 60.</b> Transición de uso de suelo y cobertura vegetal 1991 – 1998	161
<b>Figura 61.</b> Mapa de Transición de cobertura	164
<b>Figura 62.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004	165
<b>Figura 63.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004	168
<b>Figura 64.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 - 2010	169
<b>Figura 65.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 - 2010	172
<b>Figura 66.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016	173
<b>Figura 67.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016	176
<b>Figura 68.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022	177
<b>Figura 69.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022	180
<b>Figura 70.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022	181
<b>Figura 71.</b> Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022	184
<b>Figura 72.</b> Centros poblados del Parque Nacional Sangay y su zona de influencia	186

<b>Figura 73.</b> Clasificación de ecosistemas considerando su composición vegetal	187
<b>Figura 74.</b> Clasificación de ecosistemas considera únicamente su composición vegetal y fisonomía	188
<b>Figura 75.</b> Índices de vulnerabilidad ambiental en el parque nacional Sangay provincia de Cañar	189
<b>Figura 76.</b> Mapa de vulnerabilidad ambiental en el parque nacional Sangay provincia de Cañar	190

ANÁLISIS  
MULTITEMPORAL DE LA  
COBERTURA VEGETAL Y  
USO DE SUELO DEL  
PARQUE NACIONAL SANGAY  
FRENTE A LA PRESIÓN  
ANTRÓPICA, DESDE SU  
AMPLIACIÓN EN LA PROVINCIA  
DEL CAÑAR EN 1992.

AUTOR:

ANDRÉS SEBASTIÁN ORTEGA VÁZQUEZ

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basó en el análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay frente a la presión antrópica, desde su ampliación en la provincia del Cañar en el año 1992; considerando que, según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica el 20 por ciento del territorio nacional está declarado bajo alguna figura de protección, surge la necesidad de contar con las herramientas necesarias que permitan evaluar la dinámica de estas áreas protegidas frente a las diferentes amenazas a las que se encuentran expuestas. El objetivo marcado nos permitió determinar zonas de vulnerabilidad, definidas por las variaciones de los ecosistemas, así como de la cobertura vegetal y cuerpos de agua en el periodo 1992 - 2022; y, al mismo tiempo concatenar estos resultados con la presencia de comunidades dentro del área protegida y su zona de amortiguamiento relacionando los mismos con las variaciones encontradas, y permitimos plantear medidas de gestión y acción para fortalecer la eficiencia de las áreas protegidas y el desarrollo sostenible. Es así que, con el uso de herramientas de teledetección, imágenes satelitales Landsat de las misiones 5, 7 y 8, softwares de sistemas de información geográfica y sus diferentes insumos se pudieron evaluar los siguientes periodos, 1991- 1998, 1998-2004, 2004-2010, 2010-2016, 2016-2022, 1991-2022; determinando que frente a la presión antrópica, en el Parque Nacional Sangay provincia de Cañar desde su ampliación en el año 1992 se da una transición de cobertura vegetal de 21,60%; evidenciando principalmente cambios en términos de pérdida en la cobertura de páramo y bosque nativo, mientras que los cuerpos de agua no presentan variaciones significativas; al mismo tiempo se generan cambios en términos de ganancia de coberturas como tierra agropecuaria y vegetación herbácea.

El análisis multitemporal en áreas protegidas permite evaluar el nivel de impacto que sufren estas frente a sus principales amenazas en diferentes periodos de estudio, y al mismo tiempo reconocer estos espacios como una estrategia importante que garantiza la conservación de sus ecosistemas, ya que también es evidente que sin este tipo de

categoría de conservación no sería posible hablar de conservación; al mismo tiempo se pueden generar los insumos para fortalecer el nivel de manejo y gestión de las áreas protegidas a través de planes de gestión y acciones direccionadas a debilitar las amenazas presentes, para este caso de estudio se da el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal nativa debido a la presión antrópica.

**Palabras clave:**

Teledetección, análisis multitemporal, sistemas de información geográfica, áreas protegidas, cobertura vegetal, uso de suelo, matriz de confusión, ordenamiento territorial.

## ABSTRACT

---

The present research work was based on the multitemporal analysis of vegetation cover and land use of Sangay National Park against anthropic pressure, since its expansion in the province of Cañar in 1992; considering that, according to the Ministry of Environment, Water and Ecological Transition, 20 percent of the national territory is declared under some form of protection, the need arises to have the necessary tools to assess the dynamics of these protected areas against the different threats to which they are exposed. This objective allowed us to determine vulnerability zones defined by ecosystem variations, vegetation cover, and water bodies between 1992 and 2022. Additionally, it linked these results with the presence of communities within the protected area and its buffer zone, relating them to the variations found and enabling us to propose management and action measures to enhance the efficiency of protected areas and promote sustainable development. Thus, with the use of remote sensing tools, Landsat satellite images of missions 5, 7 and 8, geographic information systems software and its different inputs, we were able to evaluate the following periods, 1991-1998, 1998-2004, 2004-2010, 2010-2016, 2016-2022, 1991-2022; determining that in Sangay National Park, province of Cañar, since its expansion in 1992, there has been a transition of vegetation cover of 21.60%; This mainly shows changes in terms of loss of páramo and native forest cover, while water bodies do not show significant variations; at the same time, there are changes in terms of gain of land cover such as agricultural land and herbaceous vegetation.

The multitemporal analysis in protected areas allows us to evaluate the level of impact that these areas suffer from their main threats in different periods of study, and at the same time to recognize these spaces as an important strategy that guarantees the conservation of their ecosystems, since it is also evident that without this type of conservation category it would not be possible to speak of conservation; At the same time, it is possible to generate inputs to strengthen the level of management and management of protected areas through

management plans and actions aimed at weakening the present threats, in this case the change of land use and loss of native vegetation cover due to anthropic pressure.

**Key words:**

Remote sensing, multitemporal analysis, geographic information systems, protected areas, vegetation cover, land use, confusion matrix, land use planning.

# 1 INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas son esenciales para la protección de la diversidad biológica. Son la piedra angular de casi todas las estrategias de conservación nacionales e internacionales que tienen como objetivo preservar el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sirviendo como refugio para las especies y proporcionando un mayor nivel de intervención para sostener procesos ecológicos. Las áreas protegidas son indicadores que permiten nuestra comprensión entre la interacción humana y el mundo natural (Ministerio del Ambiente, 2020).

Según el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador, las áreas protegidas representan alrededor del 20% del territorio nacional y son parte de la categoría de protección más alta según la legislación ambiental del país y la Constitución de la República. Estos forman parte del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) y a su vez de uno de los subsistemas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), dividido en áreas continentales e insulares que cuentan con importantes riquezas biológicas y servicios ecosistémicos que benefician a las poblaciones urbanas y rurales, y ricos paisajes que permiten a ciertos segmentos de la población vivir, realizar turismo y recreación, por su importancia ecológica, son reconocidos internacionalmente (Ministerio del Ambiente, 2020).

Las áreas protegidas enfrentan presiones de recursos naturales y actividades incompatibles con la protección y el mantenimiento de los ecosistemas. La actividad humana y su presión sobre diversos ecosistemas amenazan los intereses de las generaciones futuras; Además, los impactos resultantes también afectan a los servicios ambientales (agua, energía, alimentos, ciclos de nutrientes, etc.) (Mejía, 2021).

A lo largo del tiempo estas presiones de carácter antrópico han ido modificando la estructura vegetal nativa, así como los paisajes naturales, cambiando el uso de suelo, en su mayor parte a favor de las actividades productivas, sobre todo de los habitantes y poseionarios de las tierras que forman parte de las áreas naturales protegidas. Una de las herramientas que nos permite evaluar y medir estos cambios es la teledetección espacial; la misma que permite la disponibilidad de imágenes satelitales, las cuales pueden ser analizadas usando Sistemas de

Información Geográfica para establecer de manera automatizada los cambios ocurridos en el territorio en un amplio período de tiempo (Sarzoza, 2021).

Comprender el estado actual de la ocupación de la tierra es particularmente importante porque expresa el estado de equilibrio en un sistema dinámico en el que los humanos interactúan con el medio ambiente. Además de este tipo "ecológico", este tipo de investigación proporciona a los geógrafos y otros científicos con orientación espacial una herramienta valiosa para comprender los efectos complejos de sus áreas de estudio y relacionarlos con los efectos de diversos factores ambientales y humanos en el área (clima, morfología, suelo, paisajes agrícolas, asentamientos, etc.) (Bertani, 2011).

En la presente investigación se plantea el análisis multitemporal con imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8; para evaluar la cobertura vegetal y uso de suelo desde 1992 al 2021 en la zona de ampliación del Parque Nacional Sangay, en la provincia del Cañar. En nuestra área de estudio se ha determinado que el principal factor que establece las variaciones de cobertura vegetal y cambio de uso de suelo se relaciona con la presencia de poseionarios y habitantes dentro del área protegida y en su zona de amortiguamiento.

## 1.1 ANTECEDENTES

Según el “Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016” emitido por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transformación Ecológica del Ecuador, en el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado, los esfuerzos iniciales de conservación fueron muy puntuales y dispersos. En la década de 1970, en el desarrollo de la industria petrolera, la construcción de carreteras y el desarrollo urbano (con la creciente demanda de servicios de electricidad y agua potable), el Estado impulsó la creación de áreas protegidas, principalmente en áreas individuales donde no hubo procesos de colonización. Por ello, en 1976, a través del Plan Nacional Forestal y con el apoyo de la cooperación internacional, el Ministerio de Agricultura propuso una “Estrategia Interina para la Protección de las Áreas Silvestres Destacadas del Ecuador”. Esta estrategia marca el inicio de una serie de procesos y actividades encaminadas a consolidar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador. La estrategia describe directrices para pasar de una visión gubernamental centrada en los

mercados de los "recursos forestales" a un enfoque de protección y conservación de la biodiversidad (Banco Mundial, 2007).

El Parque Nacional Sangay fue establecido como reserva ecológica el 16 de junio de 1975 bajo Acuerdo Interministerial No. 190. El 26 de julio de 1979, con Acuerdo Interministerial No.322 se obtuvo la categoría de Parque Nacional con una superficie de 271.925 hectáreas. Fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1983 por su inmensa importancia cultural, ecológica y biológica, es el único patrimonio natural continental del país.

El 20 de mayo de 1992, de conformidad con el Acuerdo Ministerial núm. 0206, el extremo sur del área se amplió en 245.800 hectáreas, elevando el área total a 517.725 hectáreas, ubicadas políticamente en las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Morona Santiago y Cañar. En mayo de 2004, según Acuerdo Ministerial No. 032 del 24 de julio de 2001, se redujeron 15.659,27 hectáreas de tierra, quedando un total de 502.105 hectáreas (Ministerio del Ambiente, 2023).

Según el Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Transformación Ecológica, las mayores amenazas que enfrenta el Parque Nacional Sangay son los conflictos por la propiedad ilegal de la tierra, el uso inadecuado de los recursos naturales por parte de las comunidades de la zona de amortiguamiento, la caza furtiva y la deforestación, un tercio de las áreas protegidas del mundo están bajo severa presión humana (Ministerio del Ambiente, 2023).

Un aspecto a considerar es que las áreas protegidas destinadas a una protección estricta (categorías 1 y 2 de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)) tienen menos uso humano que aquellas en las categorías 3-6; esto se debe a que la última categoría permite una variedad de actividades y el desarrollo sostenible de recursos (Dudley, 2008).

El 11 de julio de 1964 entró en vigencia en Ecuador la primera ley de reforma agraria y colonización, que proponía un nuevo concepto de propiedad de la tierra que eliminaba el latifundio, las tierras sin finalidad productiva y las pequeñas explotaciones agrícolas. Aplicada la reforma agraria hasta treinta años después en los Andes del Ecuador, se produjo un cambio significativo que condujo a la expansión de las actividades agrícolas específicamente en la

región de páramo de la sierra centro. Desde 1964, la presión demográfica sobre el campo, la deforestación y la ocupación de tierras baldías han dificultado la evaluación de los cambios a lo largo del tiempo (Jordán, 2003).

## 2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A finales del siglo XX se establecieron en el país diversas áreas protegidas, donde existían comunidades indígenas, y las restricciones al uso de ciertos recursos naturales derivaron en diversos conflictos. En 1992, la ampliación del Parque Nacional Sangay a la región sur en la provincia de Cañar se dio generalmente sobre propiedad privada y comunitaria.

La propiedad de la tierra en esta área protegida se caracteriza porque en los años previos a la ampliación del Parque Nacional Sangay, existían varias personas y comunidades que contaban con documentos emitidos por autoridades gubernamentales otorgando derechos de propiedad legal sobre estas tierras; Sin embargo, es parte del problema actual, la presencia de invasiones y posesionarios ilegales. La presencia de centros poblados en áreas protegidas y zonas de amortiguamiento determina un factor antrópico importante en la evaluación del estado de conservación, ya que la presión que ejercen incide directamente en su uso del suelo; causa consecuencias como la pérdida de vegetación natural, pérdida de ecosistemas, y consecuentemente la pérdida y degradación de la biodiversidad, cambios en los procesos biogeoquímicos y ecológicos e impactos en los servicios ecosistémicos.

Ante lo expuesto nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cómo se han dado la variación de la cobertura vegetal nativa y los cambios de uso de suelo dentro del Parque Nacional Sangay en la provincia del Cañar, desde su ampliación en el año 1992; ¿y, la tenencia de tierras y asentamientos poblacionales se consideran un factor determinante que influye en dichas variaciones?

### 2.1 JUSTIFICACIÓN

Comprender y evaluar el impacto ambiental de la pérdida de vegetación nativa y el cambio de uso del suelo, en relación con la creciente presencia humana en las áreas naturales protegidas, es crucial. Esto permite cuantificar e identificar los puntos más vulnerables, fortaleciendo y mejorando las medidas de gestión y acción de las áreas protegida.

Por tal motivo, se considera de gran importancia el análisis multitemporal de un área protegida que hace frente a la presión humana.

## 2.2 OBJETIVOS

### 2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la variación multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay desde su ampliación en 1992 en la provincia del Cañar, por medio del análisis de imágenes satelitales aplicando softwares de sistemas de información geográfica.

### 2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las variaciones en términos de pérdida o ganancia de cobertura vegetal y cuerpos de agua en el Parque Nacional Sangay, provincia del Cañar entre los años 1992-2021
- Determinar la relación con la presión antrópica que se ejerce en la zona de estudio con las zonas identificadas con variación de cobertura vegetal o uso de suelo.
- Elaborar un mapa de clasificación de ecosistemas presentes considerando su composición vegetal
- Elaborar un mapa de vulnerabilidad ambiental como herramienta para la gestión y planificación territorial en áreas protegidas.
- Plantear medidas de gestión y acción en función de los cambios encontrados, la relación con la presión antrópica y la vulnerabilidad ambiental determinada.

## 3 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 3.1 MARCO LEGAL

#### 3.1.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

La base de la legislación del Ecuador en cuanto a la protección, conservación y gestión de las áreas naturales protegidas.

**Art. 3.-** “Son deberes primordiales del Estado...” “...Proteger el patrimonio natural y cultural del país...”

**Art. 14.-** “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.” “Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 57.-** “Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, el derecho a participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad...” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 71.-** “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.” “Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos

en la Constitución, en lo que proceda.” “El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 72.-** “La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados...”

**Art. 73.-** “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**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 República del Ecuador, 2008).

**Art. 83.-** “Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: ...” “...Defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales...” “...Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible...”

**Art. 261.-** “El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: ...” “...Las áreas naturales protegidas y los recursos naturales...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 262.-** “Los gobiernos regionales autónomos tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la ley que regule el sistema nacional de competencias: “Planificar el desarrollo regional y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, provincial, cantonal y parroquial...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 264.-** “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Planificar el desarrollo cantonal y formular los

correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural...”

**Art. 276.-** “El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos...” “...Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 277.-** “Para la consecución del buen vivir, serán deberes generales del Estado...” “Garantizar los derechos de las personas, las colectividades y la naturaleza...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 395.-** “La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: 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...” “...Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional...” “...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....” “...En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 396.-** “El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas...” “...La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes,

implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas...” “Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente...” “Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 397.-** “En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a: Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado...” “...Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales...” “...Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 398.-** “...Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 399.-** “El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**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.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 405.-** “El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión...” “...Las personas naturales o jurídicas extranjeras no podrán adquirir a ningún título tierras o concesiones en las áreas de seguridad nacional ni en áreas protegidas, de acuerdo con la ley.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**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.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 407.-** “Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular” “Se prohíbe todo tipo de minería metálica

en cualquiera de sus fases en áreas protegidas, centros urbanos y zonas intangibles.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 409.-** “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.” “En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 410.-** “El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**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.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**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.”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 415.-** “El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo...”(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

### 3.1.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL

El Código Orgánico del Ambiente de siglas CODA se expidió con Registro Oficial Suplemento 983 en abril del 2017.

**Art. 36.-** Reconoce al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, la conservación y manejo de la biodiversidad como instrumento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental (Art. 15, numeral 6) y como uno de los mecanismos para la conservación in situ.

El Capítulo II del CODA fortalece la conformación del SNAP e indica que se deberán establecer limitaciones de uso y goce y otros derechos reales a las propiedades existentes en las áreas protegidas, que sean necesarios para asegurar el cumplimiento de sus objetivos de conservación.

**Art. 37.-** Declara la necesidad de realizar evaluaciones técnicas periódicas de las AP para comprobar que cumplen con sus objetivos de creación.

**Art. 42.-** “(...) Las herramientas de gestión de las áreas protegidas son: 1.- El Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas; 2.- Los Planes de Manejo; 3.- Los Planes de Gestión Operativa; 4.- Las Evaluaciones de Efectividad de Manejo; 5.- Las Estrategias de Sostenibilidad Financiera; y, 6.- Las demás que determine la Autoridad Ambiental Nacional (...)”

**Art. 50.-** Sobre el régimen de tenencia de la tierra, se establecen varias disposiciones que obligan a la Autoridad Ambiental Nacional a adoptar mecanismos de coordinación y procesos jurídicos para legalizar las tierras de posesión o propiedad preexistente a la declaratoria de áreas protegidas (subsistema estatal), para lo cual se debe establecer un procedimiento de legalización y seguir los criterios o condiciones previstas en el Código. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022)

**Art. 51.-** “(...) La Autoridad Ambiental Nacional dispondrá la inscripción de las declaratorias de las áreas protegidas en el respectivo Registro de la Propiedad cantonal.”

**Art. 54.-** De la prohibición de actividades extractivas en áreas protegidas y zonas intangibles. Se prohíben las actividades extractivas de recursos no renovables dentro del Sistema Nacional

de Áreas Protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal, salvo la excepción prevista en la Constitución, en cuyo caso se aplicarán las disposiciones pertinentes de este Código.

**Art. 105.-** Categorías para el ordenamiento territorial. Con el fin de propender a la planificación territorial ordenada y la conservación del patrimonio natural, las siguientes categorías deberán ser tomadas en cuenta e incorporadas obligatoriamente en los planes de ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados:

1. Categorías de representación directa. Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bosques y Vegetación Protectores y las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad; 2. Categoría de ecosistemas frágiles. Páramos, Humedales, Bosques Nublados, Bosques Secos, Bosques Húmedos, Manglares y Moretales; y, 3. Categorías de ordenación. Los bosques naturales destinados a la conservación, producción forestal sostenible y restauración.

### 3.1.3 CÓDIGO INTEGRAL PENAL

**Art. 245.-** “Invasión de áreas de importancia ecológica. - La persona que invada las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o ecosistemas frágiles, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.” (...)

**Art. 246.-** “Incendios forestales y de vegetación. - La persona que provoque directa o indirectamente incendios o instigue la comisión de tales actos, en bosques nativos o plantados, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.” (...)

### 3.1.4 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua en Ecuador (2014), conocida comúnmente como la Ley de Aguas, es una legislación fundamental que rige la gestión, conservación, uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el país sudamericano. Esta ley fue promulgada con el objetivo principal de garantizar la sostenibilidad de los recursos

hídricos en Ecuador y promover un uso eficiente y equitativo del agua, teniendo en cuenta las necesidades de diversos sectores económicos y la protección del medio ambiente.

La necesidad de una ley específica para la gestión de los recursos hídricos en Ecuador se hizo evidente debido a varios factores. En el pasado, la falta de regulación y control sobre el agua llevó a problemas de sobreexplotación, contaminación y conflictos entre usuarios. Esto generó la urgencia de establecer un marco legal que abordará estas cuestiones de manera integral. La Ley de Aguas tiene varios objetivos fundamentales que buscan asegurar la disponibilidad y calidad del agua en el país como lo expresa Mora (2021):

- **Gestión Integrada:** Promueve una gestión integrada y participativa de los recursos hídricos, involucrando a diferentes actores, como comunidades locales, empresas, y entidades gubernamentales, en la toma de decisiones relacionadas con el agua.
- **Conservación del Agua:** Establece medidas para la conservación y protección de las fuentes de agua, incluyendo la delimitación de zonas de protección y la prohibición de actividades que puedan poner en riesgo la calidad del agua.
- **Priorización del Consumo Humano y Riego:** Reconoce el acceso al agua como un derecho humano fundamental y prioriza su uso para el consumo humano y la agricultura de riego, asegurando así la seguridad alimentaria de la población.
- **Derechos de Uso:** Establece un sistema de otorgamiento de derechos de uso del agua, a través de concesiones y autorizaciones, garantizando que el uso del recurso sea equitativo y eficiente.

La Ley de recursos hídricos en Ecuador también promueve la participación ciudadana en la gestión del agua, a través de la creación de consejos de cuenca y comités de usuarios. Estas instancias permiten que las comunidades locales y los usuarios tengan voz en la toma de decisiones sobre la gestión del agua en sus regiones. Además, la ley establece la descentralización de la gestión de los recursos hídricos, delegando responsabilidades a las autoridades locales y regionales, lo que facilita una adaptación más eficiente a las necesidades y condiciones específicas de cada zona del país (García, 2019).

Dentro de la Ley de recursos hídricos, se establecen disposiciones relacionadas con la remediación y restauración ambiental en casos de contaminación o degradación de fuentes de agua. Se definen responsabilidades y procedimientos para la recuperación de áreas afectadas, lo que contribuye a la preservación de la calidad del agua y del entorno natural. Según Perugachi y Cachipueno (2020) La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua en Ecuador es una legislación completa y progresiva que aborda de manera integral la gestión y conservación de los recursos hídricos en el país. Su enfoque en la participación ciudadana, la priorización del consumo humano y la protección del medio ambiente la convierten en una herramienta fundamental para garantizar la sostenibilidad del agua en Ecuador en el siglo XXI.

### 3.1.5 LEY ORGÁNICA DE TIERRAS RURALES Y TERRITORIOS ANCESTRALES

La Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales de Ecuador es una legislación crucial que regula la tenencia de la tierra en el país y reconoce los derechos territoriales de las comunidades ancestrales. Esta ley fue promulgada en 2016 como una respuesta a las demandas de los movimientos indígenas y campesinos en Ecuador. Anteriormente, existían desafíos significativos en relación con la tenencia de la tierra, como la concentración de la propiedad en pocas manos y la falta de reconocimiento de los derechos territoriales de las comunidades ancestrales.

Uno de los aspectos más destacados de esta ley es el reconocimiento de los territorios ancestrales de las comunidades indígenas y afrodescendientes. Establece un proceso de demarcación y titulación de estos territorios, garantizando la seguridad jurídica de las tierras que han sido históricamente habitadas y utilizadas por estos grupos para el uso de diversas actividades puntuales.

La legislación también aborda la distribución equitativa de la tierra, promoviendo la redistribución de tierras ociosas o mal utilizadas. Esto se hace a través de la implementación de políticas de reforma agraria que buscan beneficiar a pequeños agricultores y comunidades

rurales que buscan crear nuevas formas de manejo y tratado de diversas actividades dentro del sistema.

La Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales incluye disposiciones que buscan proteger el medio ambiente y los recursos naturales en las zonas rurales. Establece regulaciones para la conservación de bosques, suelos y recursos hídricos, promoviendo prácticas sostenibles en la gestión de la tierra y la agricultura. La ley garantiza la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de sus territorios. Esto se logra a través de procesos de consulta y consentimiento previo, en línea con los estándares internacionales de derechos indígenas.

Además de abordar cuestiones de tenencia de la tierra, también reconoce los derechos laborales de los trabajadores rurales y busca facilitar el acceso a créditos y recursos financieros para el desarrollo agrícola y rural. La Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales de Ecuador representa un avance significativo en la promoción de la equidad en la tenencia de la tierra y la protección de los derechos territoriales de las comunidades ancestrales. Al reconocer y garantizar la participación de estas comunidades en la gestión de sus territorios, así como promover prácticas sostenibles y la conservación de los recursos naturales.

### 3.1.6 CÓDIGO ORGÁNICO ORGANIZACIÓN TERRITORIAL AUTONOMÍA DESCENTRALIZACIÓN COOTAD

Registro Oficial Suplemento 303 de 19 de octubre de 2010; Última modificación: 31 de diciembre de 2019.

**Art. 4.-** “Fines de los gobiernos autónomos descentralizados...” “... La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable; ...”(Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD, 2019)

**Art. 54.-** “Funciones. - Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes:” “...Elaborar y ejecutar el plan cantonal de desarrollo, el de ordenamiento territorial y las políticas públicas en el ámbito de sus competencias y en su circunscripción

territorial, de manera coordinada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquia, y realizar en forma permanente, el seguimiento y rendición de cuentas sobre el cumplimiento de las metas establecidas; ...”(Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD, 2019)

**Art. 55.-** “Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.-...”  
“Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural, en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad;” “Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón;...”(Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD, 2019)

**Art. 65.-** “Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural. - ...” “...d) Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente; ...”(Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD, 2019)

**Art. 100.-** “Territorios ancestrales.- Los territorios ancestrales de las comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, afroecuatorianos y montubios que se encuentren en áreas naturales protegidas, continuarán ocupados y administrados por éstas de forma comunitaria, con políticas, planes y programas de conservación y protección del ambiente de acuerdo con sus conocimientos y prácticas ancestrales en concordancia con las políticas y planes de conservación del Sistema Nacional de Áreas protegidas del Estado...”(Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD, 2019)

**Art. 136.-** “Ejercicio de las competencias de gestión ambiental. - De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector,

con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.” “Corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la autoridad ambiental nacional...” “...Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado...” “...Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente para lo cual impulsarán en su circunscripción territorial programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales y recuperación de ecosistemas frágiles; protección de las fuentes y cursos de agua; prevención y recuperación de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión; forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona; y, educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza. Estas actividades serán coordinadas con las políticas, programas y proyectos ambientales de todos los demás niveles de gobierno, sobre conservación y uso sustentable de los recursos naturales...” “Los gobiernos autónomos descentralizados regionales y provinciales, en coordinación con los consejos de cuencas hidrográficas podrán establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la conservación de las cuencas hidrográficas y la gestión ambiental; cuyos recursos se utilizarán, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales y las comunidades rurales, para la conservación y recuperación de los ecosistemas donde se encuentran las fuentes y cursos de agua...”(Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD, 2019)

### 3.1.7 ORDENANZAS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS.

Las Ordenanzas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) son instrumentos legales y normativos de gran importancia en el contexto de la administración y gestión de recursos naturales y renovables, especialmente en el ámbito local de los territorios descentralizados. Estas ordenanzas, emitidas por los GAD, reflejan la voluntad política y las necesidades específicas de cada localidad, lo que las convierte en herramientas cruciales para la regulación y promoción de actividades relacionadas con los recursos naturales y renovables. A continuación, se exploran aspectos relevantes relacionados con las Ordenanzas de los GAD en este contexto.

- El Papel de los GAD en la Gestión de Recursos Naturales

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, como entidades locales en países como Ecuador, tienen la responsabilidad de gestionar y administrar recursos naturales y renovables en sus jurisdicciones. Para ello, emiten ordenanzas que regulan aspectos específicos relacionados con estos recursos, como la explotación, conservación, uso sostenible y protección del entorno natural.

- Creación y Aprobación de Ordenanzas

La creación y aprobación de ordenanzas es un proceso fundamental en la toma de decisiones de los GAD. Estas ordenanzas son elaboradas por los órganos legislativos locales, como los concejos municipales, y deben pasar por un proceso de consulta pública y análisis técnico antes de su aprobación. La participación de la comunidad y la consideración de expertos en recursos naturales son aspectos clave durante este proceso.

- Regulación de Actividades Extractivas

Las ordenanzas de los GAD pueden regular actividades extractivas, como la minería, la tala de árboles y la extracción de recursos naturales. Estas regulaciones suelen estar alineadas con la normativa nacional, pero también pueden incluir restricciones adicionales o requisitos

específicos para garantizar la sostenibilidad y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades locales.

- Promoción de Energías Renovables

En el contexto de los recursos naturales renovables, las ordenanzas de los GAD pueden fomentar la promoción de energías limpias y renovables, como la energía solar, eólica o hidroeléctrica. Esto puede incluir incentivos fiscales, permisos y regulaciones que faciliten la inversión en proyectos de energía renovable y contribuyan a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Conservación y Protección Ambiental

La conservación y protección del medio ambiente son temas prioritarios abordados en muchas ordenanzas de los GAD. Estas ordenanzas pueden establecer áreas protegidas, limitaciones en el uso de suelos, restricciones de construcción en zonas vulnerables y medidas para prevenir la contaminación de fuentes de agua y suelos.

- Participación Ciudadana

Un aspecto fundamental en la elaboración y aplicación de ordenanzas es la participación activa de la comunidad. Los GAD suelen llevar a cabo procesos de consulta pública y audiencias ciudadanas para recopilar opiniones y comentarios de los residentes locales, lo que contribuye a una toma de decisiones más inclusiva y transparente.

Las Ordenanzas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados son instrumentos legislativos cruciales para la gestión de recursos naturales y renovables a nivel local. Estas normativas reflejan las necesidades y prioridades específicas de cada comunidad y desempeñan un papel vital en la promoción de la sostenibilidad ambiental y el desarrollo equitativo en las regiones descentralizadas.

### 3.1.7.1 ORDENANZAS GADM AZOGUES

- Anuncios municipales. El Reglamento Municipal de Azogue tiene como objetivo proteger, restaurar y restaurar fuentes de agua, áreas de restauración, ecosistemas

frágiles y otras áreas prioritarias para proteger la biodiversidad, los servicios ambientales y el patrimonio natural (GAD Azogues, 2014).

### 3.1.7.2 ORDENANZAS GADM CAÑAR

- Ordenanza de protección de páramos bosques naturales, fuentes y vertientes para la protección del agua en el cantón Cañar (Bucheli García & Mosquera Ambrosi, 2009).

## 3.2 CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el término conservación se refiere a la protección, preservación, gestión o restauración del entorno natural y de las comunidades ecológicas que lo habitan. La conservación generalmente implica gestionar el uso humano de los recursos naturales en beneficio de la sociedad y el uso social y económico sostenible. La conservación es el cuidado y mantenimiento de los recursos naturales para garantizar que no desaparezcan. Los recursos naturales son el suministro físico de sustancias naturales como la tierra, el agua, el aire, las plantas, los animales y la energía (Sánchez, 2019).

### 3.2.1 ÁREAS PROTEGIDAS

Según la definición de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), un área protegida es: "Un área geográfica claramente definida que es reconocida, designada y gestionada por medios legales u otros medios eficaces para lograr la protección a largo plazo de la naturaleza y sus servicios ecosistémicos y valores culturales asociados" (Dudley, 2008).

### 3.2.2 SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

Según el Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) es un conjunto de áreas naturales protegidas que brindan una importante cobertura y conectividad de los ecosistemas a nivel terrestre, marino y costero marino de los recursos culturales y fuentes hídricas. (Ministerio del Ambiente, 2020).

### 3.2.3 PATRIMONIO NATURAL DEL ESTADO

El país ha consolidado el sistema nacional de áreas protegidas, considerándolo en la Constitución del Ecuador, que centraliza no sólo el subsistema estatal, sino también el subsistema privado, comunitario y autónomo descentralizado, y con el reconocimiento y apoyo de todos los niveles de gestión, cooperación y respaldo constituyó el Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador (PANE) (Ministerio del Ambiente, 2020).

Las áreas protegidas son una forma importante e irremplazable de proteger los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios ambientales. Este patrimonio natural cuenta con áreas protegidas en las categorías de Parques Nacionales, Reserva Marina, Reservas Ecológicas, Reserva Biológica, Reserva de Producción de Flora y Fauna, Refugio de Vida Silvestre, Área Natural de Recreación. (Ministerio del Ambiente, 2020).

Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica se registran 68 áreas naturales protegidas al año 2022.

### 3.2.4 CATEGORÍAS DE MANEJO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS

El artículo 41.- del Código Orgánico del Ambiente señala: Las categorías que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas se administrarán de la siguiente manera:

- Parque Nacional
- Refugio de Vida Silvestre
- Reserva de Producción de Fauna
- Área Nacional de Recreación
- Reserva Marina.

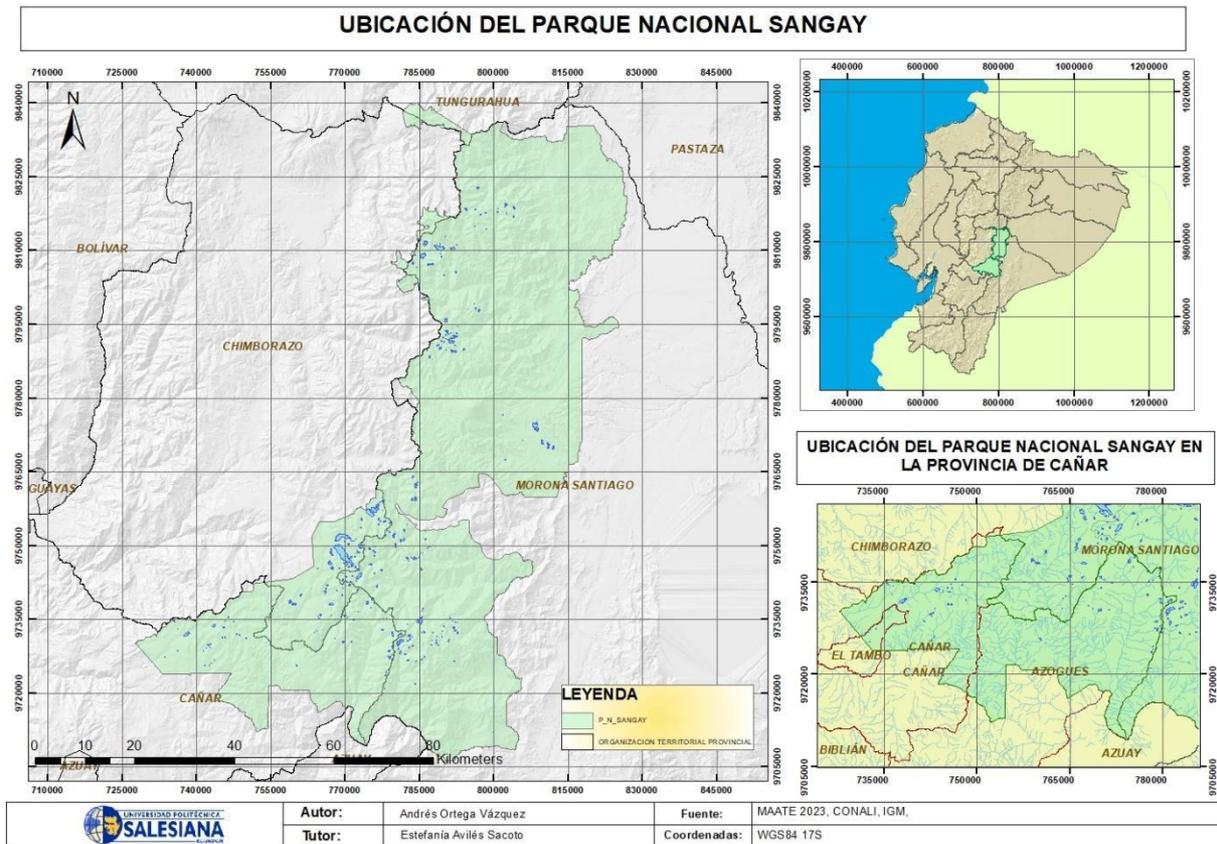
### 3.2.5 PARQUE NACIONAL

Se trata de espacios naturales que abarcan grandes extensiones y contienen al menos cuatro ecosistemas representativos, de los cuales la mayor parte de la superficie (al menos el 80%) corresponde a zonas de protección. Fue creado para proteger procesos ecológicos a gran escala y promover fines educativos y recreativos. En esta categoría, el 20% restante del suelo puede incluir asentamientos humanos, actividades de uso sustentable, uso público, recreación y turismo, que deben cumplir con los principales objetivos de manejo de reducir la interferencia humana (Ministerio del Ambiente, 2020).

### 3.2.6 PARQUE NACIONAL SANGAY

El Parque Nacional Sangay es considerado una de las áreas protegidas más grandes del Ecuador continental. Tiene una riqueza en diversidad biológica y ecosistemas, su altitud varía de 5320 metros a 600 metros. Además, su estado de conservación proporciona hábitat para cientos de especies de plantas y animales, algunas de las cuales son endémicas, lo que significa que crecen allí y en ningún otro lugar del mundo. Por su tamaño, es una zona difícil de gestionar. Abarca 40 parroquias en 17 cantones de 4 provincias con aproximadamente 600.000 habitantes (mestizos e indígenas) que utilizan directa e indirectamente los servicios ecosistémicos. Se estima que el 80% del terreno del parque es propiedad del Estado, el 12% de la comunidad y el 8% de particulares. Es un área estratégica para el Ecuador, ya que es la fuente de agua para muchos proyectos hidroeléctricos de importancia nacional, entre ellos Hidropaute e Hidroagoyán (Ministerio del Ambiente, 2023).

**Figura 1. Mapa referencial del Parque Nacional Sangay**



Fuente: Autor.

### 3.3 USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO

La planificación territorial es un proceso que implica una cuidadosa evaluación de los recursos naturales disponibles y la identificación de usos adecuados para diferentes áreas de un territorio. Los gobiernos locales y regionales, junto con expertos en recursos naturales, trabajan en conjunto para desarrollar planes de ordenamiento territorial que tengan en cuenta aspectos ambientales, sociales y económicos. Estos planes buscan establecer un equilibrio entre el desarrollo humano y la preservación de los recursos naturales, incluyendo el suelo.

### 3.3.1 COBERTURA TERRESTRE Y USO DE SUELO

La cobertura terrestre puede considerarse como una característica geográfica distinta que puede utilizarse como referencia geográfica (por ejemplo, uso de la tierra, clima o ecología) en diferentes disciplinas (geografía, ecología, geología, silvicultura, política y planificación territorial, etc.) (Alvarado & Mainato, 2021).

La cobertura terrestre es la cobertura (bio)física observada en la superficie de la tierra. Si la cubierta terrestre se considera en un sentido muy puro y estricto, debería limitarse a descripciones de la vegetación y de los elementos creados por el hombre. Por lo tanto, las áreas cuya superficie consiste en roca o suelo expuestos son el suelo en sí, no la cobertura del suelo. Además, existe desacuerdo sobre si la superficie del agua es realmente una cubierta terrestre. Sin embargo, en la práctica, la comunidad científica suele incluir estas características en el concepto de cobertura terrestre. El uso de la tierra se caracteriza por los arreglos, actividades e inversiones que las personas realizan para crear, cambiar o mantener un cierto tipo de cobertura terrestre. Definir el uso de la tierra de esta manera crea un vínculo directo entre la cobertura del suelo y el comportamiento humano en su entorno (Alvarado & Mainato, 2021).

### 3.3.2 CAMBIO DE USO DE SUELO

El cambio de uso del suelo es la suma de las transformaciones físicas del suelo relacionadas con la actividad humana; de hecho, el término se refiere a los efectos de las actividades socioeconómicas que ocurren en la cobertura del suelo. El cambio de uso del suelo se define como "la eliminación total o parcial de la vegetación de las tierras forestales para actividades no forestales". Desde un punto de vista pragmático, el concepto de cambio de suelo se refiere a los resultados de las actividades socioeconómicas que tienen lugar sobre una cubierta, que es un objeto distribuido en un territorio determinado. De manera similar, los cambios en el uso de la tierra pueden considerarse como la suma de las transformaciones físicas del uso de la tierra a lo largo del tiempo relacionadas con la actividad humana (Barcena y otros, 2015).

### 3.4 TELEDETECCIÓN Y SENSORES REMOTOS

La teledetección es un conjunto de técnicas que nos permiten obtener información a distancia de un determinado objeto situado sobre la superficie terrestre. Esta información va más allá del alcance del ojo humano, y es obtenida mediante la interacción de los principales elementos: sensor, objeto de estudio y flujo energético, este último también denominado Espectro Electromagnético (Veneros y otros, 2020).

La teledetección espacial permite la disponibilidad de imágenes satelitales, las cuales pueden ser analizadas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG) para establecer de manera automatizada los cambios ocurridos en el territorio en un amplio período de tiempo. La aplicación de técnicas de teledetección en conjunción con SIG para la identificación, estudio y análisis de los cambios de estas coberturas de suelo ha supuesto un importante avance en cuanto al detalle y extracción de clases espectrales e informacionales en una determinada área de estudio (Alonso, s.f.).

Los sensores remotos son sistemas o instrumentos utilizados para recolectar información rápida y factible de objetos, áreas o fenómenos a distancia. Dicha información puede ser procesada e interpretada mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para tener una mejor comprensión. Los sensores remotos instalados a bordo de una plataforma son los más utilizados en los últimos años, y registran la energía electromagnética emitida o reflejada por la superficie de un objeto en distintas bandas del espectro electromagnético. Estos registros incluyen longitudes de onda desde las más cortas (gamma y radiográficas) hasta las más largas (microondas y de radiodifusión). Dentro de las longitudes de onda más cortas están las ultravioleta, que son muy prácticas para los sensores (Veneros y otros, 2020).

Los sensores remotos se pueden clasificar en sensores de tipo pasivo y sensores de tipo activo, de acuerdo con la energía que utilizan para obtener la información. Los sensores pasivos dependen de la energía ambiental de una fuente externa y permiten medir la magnitud de la radiación electromagnética reflejada por la superficie terrestre y atmosférica a partir del sol en el espectro visible. El Sensor Infrarrojo Térmico (TIRS por sus siglas en inglés) es un ejemplo de este tipo de sensor, el cual mide la temperatura de la superficie terrestre en dos bandas

térmicas con una nueva tecnología que aplica la física cuántica para detectar el calor. Mientras que los sensores activos generan su propia fuente de energía, y son capaces de emitir ondas en la región del espectro de las microondas y recibir la señal que rebota de la superficie terrestre. El sensor de Detección y Localización de Imágenes por Láser (LIDAR por sus siglas en inglés) y el sensor de Detección y Localización por Radio (RADAR por sus siglas en inglés) son sensores activos (Alonso, s.f.).

### 3.5 TELEDETECCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

La teledetección de recursos naturales se basa en sistemas remotos de adquisición de datos en la biosfera basados en las propiedades de la radiación electromagnética y su interacción con los materiales de la superficie terrestre. Todos los elementos naturales tienen su propia respuesta espectral llamada firma espectral. La teledetección estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas y revela su correlación con diversas propiedades del material terrestre. Su principal objetivo es utilizar sus propiedades espectrales para identificar materiales en la superficie terrestre y los fenómenos que los afectan (Alonso, s.f.).

Las plataformas de control remoto corresponden a satélites (LANDSAT, METEOSAT, SPOT, etc.) o aeronaves que llevan los equipos (llamados sensores) necesarios para registrar, almacenar y transmitir imágenes a distancia. Según la distancia a la superficie terrestre, las plataformas se pueden dividir en tres tipos: plataformas terrestres, plataformas aéreas y plataformas satelitales. Los datos obtenidos de estos satélites son las llamadas imágenes de satélite y pueden utilizarse para diversos estudios relacionados con la cobertura del suelo, tipos de vegetación, masas de agua, temperatura de la superficie, temperatura del aire, etc. Se pueden utilizar imágenes multiespectrales para estudiar la cubierta vegetal. Por ejemplo, determinación del rendimiento de biomasa, cálculo del índice de vegetación, plagas de la vegetación, seguimiento forestal, tasas de incendios y minería. Lo mismo se aplica a los estudios de recursos hídricos, como la dinámica de los cuerpos de agua, la presión del agua, la presencia de contaminantes y la turbidez. Se utiliza para investigaciones de suelos, como el tipo de suelo y el nivel de humedad, y puede ayudar a distinguir los tipos de rocas superficiales.

Asimismo, la calidad del aire y los contaminantes se pueden analizar en estudios atmosféricos (Veneros y otros, 2020).

### 3.6 IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales son una herramienta poderosa que nos permite observar la Tierra desde el espacio. Estas imágenes son capturadas por satélites que orbitan alrededor de nuestro planeta y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde la observación del clima hasta la gestión de recursos naturales y la planificación urbana. A lo largo de los años, las imágenes satelitales han revolucionado nuestra comprensión de la Tierra y han facilitado la toma de decisiones informadas en numerosos campos.

Existen una gran cantidad de satélites en órbita que capturan imágenes de la Tierra. Algunos de estos satélites están dedicados específicamente a la observación de la Tierra, mientras que otros tienen múltiples funciones. Cada satélite está equipado con sensores especializados que capturan información en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético. Esta diversidad de sensores permite obtener datos sobre la temperatura de la superficie, la vegetación, la humedad, la calidad del agua y muchos otros parámetros.

Las imágenes satelitales son esenciales en la gestión de recursos naturales. Permiten monitorear cambios en la cobertura del suelo, como la deforestación y la expansión urbana. También se utilizan para evaluar la salud de los ecosistemas, la calidad del agua en cuerpos de agua y la agricultura de precisión, que implica la optimización de prácticas agrícolas para aumentar la eficiencia y reducir el impacto ambiental.

En situaciones de desastres naturales, como inundaciones, incendios forestales o terremotos, las imágenes satelitales desempeñan un papel fundamental. Permiten evaluar el alcance del daño, identificar áreas afectadas y planificar respuestas de emergencia. También son útiles en la monitorización de eventos climáticos extremos, como huracanes y sequías.

La investigación científica se beneficia enormemente de las imágenes satelitales. Los científicos las utilizan para estudiar el cambio climático, la dinámica de los océanos, la distribución de la biodiversidad y muchos otros aspectos del medio ambiente. Además, las

imágenes satelitales proporcionan datos cruciales para la planificación de áreas protegidas y la conservación de la biodiversidad.

A pesar de los numerosos avances en la tecnología de imágenes satelitales, todavía existen desafíos, como la resolución espacial y la disponibilidad de datos en tiempo real. Sin embargo, los avances tecnológicos continúan, con satélites más avanzados y sistemas de procesamiento de datos más sofisticados. Además, la colaboración internacional en la gestión de datos satelitales es esencial para abordar desafíos globales, como el cambio climático y la conservación de recursos naturales.

Las imágenes satelitales representan una ventana invaluable al mundo desde el espacio. Su versatilidad y aplicaciones son casi ilimitadas, desde la gestión de recursos naturales hasta la respuesta a desastres y la investigación científica.

### 3.6.1 LANDSAT

LANDSAT es el primer satélite de recursos naturales de la NASA, lanzado en julio de 1972. Después de este lanzamiento, los satélites LANDSAT 2 y LANDSAT 3 se pusieron en órbita en enero de 1975 y marzo de 1978, respectivamente, para proporcionar recopilación de datos para un entrenamiento profundo. El satélite LANDSAT se encuentra en una órbita casi polar sincrónica con el sol a 920 kilómetros sobre la superficie de la Tierra. Tardan 103 minutos en completar una órbita completa, escanean la superficie de la Tierra cada 18 días y simultáneamente adquieren información de 185 por 185 kilómetros (unos 34.000 kilómetros) de la Tierra (NASA, 2022).

Los satélites LANDSAT están provistos de sensores remotos de varios tipos. El primero es el RBU (Return Beam Vidicon) que consiste esencialmente en un sistema de cámaras de televisión. El segundo sensor es un equipo de barrido multiespectral o MSS (Multiespectral Scanner) que registra la energía reflejada por la superficie terrestre en las regiones verde, roja e infrarroja del espectro electromagnético. La unidad elemental de información tiene una resolución espacial de 79 m. Las señales analógicas registradas por los sensores se convierten a un formato digital y se transmiten a la Tierra. Los datos del LANDSAT se comercializan bien

en forma de productos fotográficos, bien en forma de imágenes digitales grabadas en cintas magnéticas compatibles con ordenador (Sacristán Romero, 2006).

## 3.7 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

Existen varios errores en la apariencia de las imágenes satelitales descargadas y para corregir estos errores se deben realizar varios procedimientos para interpretar mejor la información. Estas imágenes incluyen ajustes avanzados de contraste y aplicaciones de color mediante correcciones geométricas, radiométricas y atmosféricas. También mejoran el contraste, mejorando la calidad visual de una imagen, e incluyen métodos para ampliar y comprender su histograma para adaptarlo al dispositivo de salida (Veneros y otros, 2020).

### 3.7.1 CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA

Según (Veneros et al., 2020) la corrección radiométrica hace referencia al proceso en el cual se restablecen los valores de la imagen y se depura cualquier anomalía en la radiancia del objetivo alterada por la atmósfera o por los defectos del sensor.

La corrección radiométrica es un proceso esencial en el campo de la teledetección y la obtención de imágenes satelitales. Esta técnica se utiliza para ajustar y mejorar la calidad de las imágenes capturadas por sensores remotos a bordo de satélites y otras plataformas. A través de la corrección radiométrica, se eliminan o reducen las distorsiones causadas por factores como la variabilidad atmosférica y la sensibilidad del sensor, lo que permite obtener datos más precisos y confiables.

Las imágenes satelitales pueden verse afectadas por diversas fuentes de distorsión radiométrica. Una de las principales fuentes es la atmósfera terrestre, que puede absorber o dispersar la radiación electromagnética que llega al sensor del satélite. Además, los sensores mismos pueden tener imperfecciones que afectan la calidad de las imágenes, como la presencia de ruido o diferencias en la sensibilidad entre píxeles.

El proceso de corrección radiométrica implica una serie de pasos, comenzando con la calibración. Durante la calibración, se utilizan fuentes conocidas de radiación, como paneles

solares en el espacio o reflectores terrestres, para ajustar la respuesta del sensor y convertirla en unidades de radiación absoluta. Este paso es crucial para asegurar que los valores radiométricos sean coherentes y comparables en diferentes momentos y lugares.

La corrección radiométrica también incluye la compensación atmosférica. Dado que la atmósfera puede absorber o dispersar la radiación, se aplican algoritmos para estimar y corregir estos efectos atmosféricos en las imágenes. Esto es particularmente importante en la observación de la superficie terrestre a través de la atmósfera, así como en la teledetección óptica y de infrarrojo cercano.

Además de la corrección atmosférica, se abordan los efectos inherentes al sensor. Esto puede incluir la corrección de errores de calibración, la eliminación de ruido y la corrección de problemas como el efecto de viñeteo, que causa una disminución de la intensidad de la luz hacia los bordes de la imagen.

Una parte esencial del proceso de corrección radiométrica es la validación y verificación de los resultados. Se utilizan medidas in situ y puntos de referencia para evaluar la precisión de las imágenes corregidas. Esto garantiza que los datos sean confiables y adecuados para su uso en aplicaciones científicas, de gestión de recursos naturales y otras.

La corrección radiométrica es esencial para obtener datos precisos y comparables en teledetección. Las imágenes corregidas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, que van desde la monitorización del uso del suelo y la vegetación hasta la gestión de recursos hídricos y la detección de cambios en el medio ambiente. También son fundamentales en la investigación científica para estudiar fenómenos naturales y el impacto de actividades humanas en la Tierra.

La corrección radiométrica es un proceso fundamental en la obtención y utilización de imágenes satelitales. Permite eliminar distorsiones y mejorar la calidad de los datos, lo que es esencial en numerosas aplicaciones. La constante evolución de técnicas y tecnologías de corrección radiométrica continúa mejorando nuestra capacidad para comprender y gestionar los recursos naturales de manera precisa y eficiente.

## 3.7.2 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

La corrección atmosférica tiene la finalidad de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se ve reflejado en la imagen. (Veneros et al., 2020).

La corrección atmosférica es un proceso fundamental en la teledetección, especialmente cuando se trata de la observación de la Tierra desde satélites y otras plataformas aéreas. Esta técnica se emplea para eliminar o reducir los efectos negativos de la atmósfera en las imágenes capturadas por sensores remotos. La atmósfera actúa como una lente distorsionadora de la radiación electromagnética, y la corrección atmosférica es esencial para obtener datos precisos y confiables sobre la superficie terrestre.

La radiación electromagnética, como la luz visible e infrarroja, viaja desde la superficie terrestre hacia los sensores remotos a través de la atmósfera. En este viaje, la radiación interactúa con partículas de gas y aerosoles en la atmósfera, lo que puede causar absorción, dispersión y otras distorsiones. Estos efectos atmosféricos pueden hacer que las imágenes satelitales reflejen de manera incorrecta la realidad de la superficie.

La corrección atmosférica implica una serie de pasos. En primer lugar, se realiza una calibración radiométrica para convertir los valores de píxeles en unidades de radiación absoluta. Luego, se estima la influencia de la atmósfera mediante modelos atmosféricos y mediciones de la radiación solar incidente. Esta estimación permite ajustar los valores de los píxeles para eliminar o reducir los efectos atmosféricos. Por último, se verifica y valida la corrección atmosférica utilizando datos de referencia en el terreno.

La corrección atmosférica es esencial en una amplia variedad de aplicaciones de teledetección. Se utiliza en la monitorización del uso del suelo y la vegetación, la detección de cambios en el medio ambiente, la evaluación de la calidad del agua en cuerpos de agua y la gestión de recursos naturales. También es fundamental en la observación de eventos climáticos y la investigación científica, como el estudio del cambio climático y la biodiversidad.

La corrección atmosférica aporta varias ventajas importantes. Permite la comparación precisa de imágenes tomadas en diferentes momentos y lugares, lo que es esencial para el

seguimiento de cambios en la superficie terrestre. Además, mejora la calidad de los datos utilizados en investigaciones científicas y aplicaciones de gestión de recursos naturales, lo que lleva a decisiones más informadas y efectivas.

A pesar de sus beneficios, la corrección atmosférica presenta desafíos, como la necesidad de modelos atmosféricos precisos y datos de entrada confiables. Además, la corrección puede ser más compleja en áreas con una atmósfera variable, como zonas costeras o montañosas. Sin embargo, con avances tecnológicos continuos y una mayor disponibilidad de datos, la corrección atmosférica seguirá siendo una parte esencial de la teledetección y la observación de la Tierra desde el espacio.

La corrección atmosférica es un proceso crítico en la teledetección que mejora significativamente la calidad de las imágenes satelitales y otros datos recopilados desde el espacio. Permite una observación más precisa de la superficie terrestre y es esencial en aplicaciones que van desde la conservación de recursos naturales hasta la investigación científica. A medida que la tecnología y las técnicas de corrección continúan avanzando, la corrección atmosférica seguirá siendo una herramienta valiosa en la comprensión y la gestión de nuestro planeta.

### 3.7.3 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

La corrección geométrica es llamada también georreferenciación; esta tiene como finalidad adaptar la imagen a un sistema de coordenadas y a una determinada proyección cartográfica. Las distorsiones pueden ser originadas por movimientos en la plataforma, cambios en la altitud de plataforma, rotación de la tierra y/o relieve del terreno. (Veneros et al., 2020).

Es un proceso esencial en la teledetección que se enfoca en corregir las distorsiones espaciales presentes en las imágenes capturadas por sensores remotos. Estas distorsiones pueden ser causadas por diversos factores, como la órbita del satélite, la rotación de la Tierra y las variaciones en la altitud, lo que afecta la precisión y la resolución espacial de las imágenes. La corrección geométrica busca restablecer la correspondencia precisa entre los píxeles de la imagen y las ubicaciones reales en la superficie terrestre.

Las imágenes capturadas desde satélites y otras plataformas pueden sufrir distorsiones geométricas debido a varias razones. La órbita del satélite no es perfectamente circular, lo que puede resultar en variaciones en la distancia entre el sensor y la Tierra. Además, la rotación de la Tierra y la curvatura de la superficie terrestre pueden causar distorsiones en la proyección de la imagen. Estas distorsiones pueden llevar a errores en la ubicación y la forma de los objetos en la imagen.

La corrección geométrica implica una serie de procesos para ajustar la imagen y corregir estas distorsiones. En primer lugar, se utiliza información precisa sobre la órbita y la actitud del satélite para determinar la posición y orientación exactas del sensor en el momento de la captura de la imagen. Luego, se utiliza esta información para mapear cada píxel de la imagen a su ubicación geográfica correspondiente en la superficie terrestre. Este proceso se conoce como georreferenciación.

La corrección geométrica es fundamental en una amplia variedad de aplicaciones de teledetección. En la cartografía, por ejemplo, la precisión espacial es esencial para crear mapas precisos y realizar análisis espaciales. En la gestión de recursos naturales, la corrección geométrica permite una evaluación precisa de la cobertura del suelo, la vegetación y otros parámetros. También es crucial en aplicaciones como la planificación urbana, la respuesta a desastres naturales y la monitorización de cambios ambientales.

La corrección geométrica mejora significativamente la interpretación de imágenes. Permite una comparación precisa de imágenes tomadas en diferentes momentos y lugares, lo que facilita la detección de cambios en la superficie terrestre. Además, garantiza que las mediciones realizadas en las imágenes sean confiables y precisas, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas en diversas aplicaciones.

A pesar de los avances en tecnología, la corrección geométrica sigue presentando desafíos, especialmente en áreas montañosas o con topografías irregulares. Sin embargo, la mejora continua de los modelos de corrección y la disponibilidad de datos precisos de georreferenciación están mejorando la precisión de la corrección geométrica. Además, la

creciente disponibilidad de imágenes de alta resolución espacial está llevando a una mayor precisión en aplicaciones de teledetección.

La corrección geométrica desempeña un papel crítico en la teledetección al garantizar la precisión espacial de las imágenes capturadas desde satélites y otras plataformas. Permite una observación precisa y la creación de productos confiables en aplicaciones que van desde la cartografía hasta la gestión de recursos naturales y la planificación urbana. A medida que la tecnología continúa avanzando y la demanda de datos espaciales precisos aumenta, la corrección geométrica seguirá siendo un componente esencial en la obtención de información confiable sobre la Tierra.

### 3.8 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

La clasificación de imágenes satelitales es un proceso esencial en la teledetección que permite asignar categorías o clases a los píxeles de una imagen, en función de las propiedades y características que representan. Este proceso es fundamental para desentrañar la riqueza de información contenida en las imágenes y convertirla en datos útiles para una variedad de aplicaciones, desde la gestión de recursos naturales hasta la planificación urbana.

La clasificación de imágenes satelitales implica varios pasos cruciales. En primer lugar, se selecciona una imagen adecuada que corresponda a una región de interés. Luego, se realiza el preprocesamiento, que incluye la corrección radiométrica y geométrica, para garantizar la calidad de los datos. A continuación, se eligen las clases o categorías que se desean identificar en la imagen, como bosques, agua, cultivos o áreas urbanas.

Existen varios métodos de clasificación, y su elección depende de la naturaleza de la imagen y el propósito de la clasificación. Los métodos más comunes incluyen la clasificación supervisada y no supervisada. En la clasificación supervisada, se utilizan muestras de entrenamiento con etiquetas conocidas para enseñar al algoritmo cómo identificar las clases de interés. En la clasificación no supervisada, el algoritmo agrupa los píxeles en clases sin supervisión previa.

La clasificación de imágenes satelitales se utiliza en una amplia gama de aplicaciones. En la gestión de recursos naturales, permite la monitorización del uso del suelo y la detección de cambios en la cobertura vegetal, lo que es fundamental para la conservación de bosques, la agricultura sostenible y la gestión de recursos hídricos. En la planificación urbana, la clasificación se utiliza para evaluar la expansión de áreas urbanas y la infraestructura. También es fundamental en la gestión de desastres, ya que ayuda a identificar áreas afectadas por inundaciones, incendios forestales y terremotos.

La clasificación de imágenes satelitales presenta desafíos, especialmente en la diferenciación de clases que pueden tener características similares o variaciones estacionales. La precisión de la clasificación depende de la calidad de los datos y la elección de métodos adecuados. Además, la presencia de nubes y sombras en las imágenes puede dificultar la clasificación precisa, lo que ha llevado al desarrollo de métodos avanzados que utilizan múltiples fuentes de datos.

El campo de la clasificación de imágenes satelitales continúa evolucionando con avances en aprendizaje profundo y el uso de datos de múltiples fuentes, como imágenes multiespectrales y radar. Estos avances permiten una clasificación más precisa y la identificación de características más sutiles en la superficie terrestre. Además, la disponibilidad de imágenes de alta resolución espacial está llevando a una mayor precisión en aplicaciones de clasificación.

La clasificación de imágenes satelitales es una herramienta poderosa que desbloquea información valiosa sobre la Tierra desde el espacio. Su aplicación en una variedad de campos, desde la gestión de recursos naturales hasta la planificación urbana y la gestión de desastres, es fundamental para la toma de decisiones informadas y la comprensión de nuestro planeta en constante cambio. A medida que la tecnología y las técnicas de clasificación continúan avanzando, se espera que la precisión y la utilidad de la clasificación de imágenes satelitales siga creciendo.

### 3.8.1 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

La clasificación supervisada es un método esencial en teledetección que permite la identificación precisa de clases o categorías en imágenes satelitales y otros tipos de imágenes remotas. Este enfoque se basa en el uso de muestras de entrenamiento con etiquetas conocidas para enseñar a un algoritmo de clasificación cómo reconocer y asignar píxeles a las clases de interés. A lo largo de este apartado, se explorará en profundidad la clasificación supervisada y su relevancia en el campo de los recursos naturales y la gestión ambiental.

En la clasificación supervisada, el proceso comienza con la selección de áreas de la imagen que representan cada clase que se desea identificar. Estas áreas se conocen como muestras de entrenamiento y deben estar etiquetadas de manera que se sepa con certeza a qué clase pertenecen. Por ejemplo, en una imagen de vegetación, se pueden seleccionar muestras de entrenamiento para bosques, cultivos y áreas urbanas.

Una vez que se tienen muestras de entrenamiento representativas, se utilizan algoritmos de clasificación para analizar la firma espectral de cada clase. La firma espectral es un conjunto de valores que representan cómo interactúa cada clase con la radiación electromagnética en diferentes bandas espectrales. Los algoritmos buscan patrones en estas firmas para asignar píxeles en la imagen a una de las clases definidas.

La clasificación supervisada es de vital importancia en la gestión de recursos naturales. Permite la monitorización de la cobertura del suelo, la detección de cambios en la vegetación, la evaluación de la expansión urbana y la identificación de áreas de cultivo. Esto es crucial para la toma de decisiones informadas sobre la conservación de ecosistemas, la planificación del uso de la tierra y la gestión de recursos hídricos.

La precisión de la clasificación supervisada depende en gran medida de la calidad de las muestras de entrenamiento y de la selección adecuada de las bandas espectrales utilizadas. Para validar la precisión de la clasificación, se utilizan técnicas como la matriz de confusión, que compara las clases asignadas por el algoritmo con las etiquetas reales de las muestras de entrenamiento. Esto permite evaluar cuán bien se ha desempeñado el proceso de clasificación.

A pesar de su poder y utilidad, la clasificación supervisada enfrenta desafíos, como la necesidad de muestras de entrenamiento representativas y el impacto de la presencia de nubes en las imágenes. Sin embargo, con avances en algoritmos y la disponibilidad de imágenes de alta resolución, la precisión de la clasificación supervisada sigue mejorando. Además, la incorporación de datos de múltiples fuentes, como imágenes multiespectrales y de radar, está llevando a una clasificación más precisa.

La clasificación supervisada es una herramienta esencial en teledetección que permite la identificación precisa de clases en imágenes satelitales. Su aplicación en la gestión de recursos naturales y ambientales tiene un impacto significativo en la toma de decisiones informadas y en la comprensión de nuestro entorno. A medida que la tecnología avanza, la clasificación supervisada seguirá siendo un componente crucial en la obtención de información valiosa de las imágenes remotas.

### 3.9 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas esenciales en el campo de los recursos naturales y la gestión ambiental. Estas tecnologías permiten la recopilación, el almacenamiento, el análisis y la visualización de datos geoespaciales, lo que resulta en una comprensión más profunda y precisa de la distribución y la interacción de los elementos en la superficie terrestre. A través de este apartado, se explorarán los fundamentos y la relevancia de los SIG en la gestión de recursos naturales y la restauración ambiental.

Los SIG integran datos geográficos, como mapas, imágenes aéreas, datos de satélites y datos de posicionamiento global (GPS), con información alfanumérica, como atributos de objetos geográficos. Esto permite la representación gráfica de datos geoespaciales y la realización de análisis espaciales. Los SIG son utilizados en una amplia variedad de campos, desde la planificación urbana hasta la gestión de recursos naturales y la respuesta a desastres naturales.

Los SIG desempeñan un papel fundamental en la gestión de recursos naturales, ya que permiten la planificación y la toma de decisiones informadas. Por ejemplo, en la gestión forestal, los SIG se utilizan para mapear la distribución de bosques, evaluar el crecimiento de

árboles y planificar rutas de acceso para la tala sostenible. En la gestión de recursos hídricos, se utilizan para modelar cuencas hidrográficas, identificar áreas propensas a inundaciones y gestionar la calidad del agua.

Un SIG consta de varios componentes clave. La adquisición de datos geográficos es el primer paso, que implica la recopilación de información de diversas fuentes, como sensores remotos y encuestas de campo. Luego, los datos se almacenan en una base de datos geoespacial que permite su gestión y acceso eficiente. El análisis espacial es otra función importante, que incluye la realización de operaciones como superposición de capas, análisis de proximidad y modelado de terrenos. Finalmente, los SIG ofrecen la capacidad de representación cartográfica, lo que permite la creación de mapas temáticos y la visualización de resultados.

La implementación efectiva de un SIG puede enfrentar desafíos, como la interoperabilidad de datos de diferentes fuentes y la disponibilidad de hardware y software adecuados. Además, se requiere capacitación para utilizar estas herramientas de manera efectiva. La calidad y la precisión de los datos también son consideraciones críticas, ya que los resultados de los análisis dependen en gran medida de la calidad de la información de entrada.

El avance de la tecnología está impulsando el futuro de los SIG. La integración de datos de sensores remotos, sistemas de posicionamiento global (GPS) y tecnologías móviles está permitiendo la captura de datos en tiempo real y la toma de decisiones más ágil. Además, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial están mejorando la capacidad de análisis y la automatización de tareas en los SIG.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan una revolución en la forma en que comprendemos y gestionamos nuestro entorno. Estas herramientas permiten una toma de decisiones más informada y una planificación más efectiva en la gestión de recursos naturales y la restauración ambiental. A medida que la tecnología continúa avanzando, los SIG seguirán siendo una piedra angular en la gestión sostenible de nuestro planeta.

### 3.10 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El análisis multitemporal es una técnica poderosa en el campo de los recursos naturales y la gestión ambiental que implica el estudio de datos geoespaciales a lo largo de múltiples momentos en el tiempo. Esta técnica permite detectar y analizar cambios y tendencias en la superficie terrestre con el objetivo de comprender mejor la dinámica de los ecosistemas y tomar decisiones informadas. A través de este apartado, exploraremos los fundamentos y la relevancia del análisis multitemporal en la gestión de recursos naturales y la restauración ambiental.

El análisis multitemporal se basa en la comparación de datos recopilados en diferentes momentos en el tiempo. Estos datos pueden incluir imágenes satelitales, fotografías aéreas, mediciones de campo y otros tipos de información geoespacial. Al analizar estos datos en secuencia, es posible identificar cambios en la cobertura del suelo, la distribución de la vegetación, el uso de la tierra y otros parámetros ambientales.

El análisis multitemporal es esencial en la gestión de recursos naturales. Permite monitorear la expansión de áreas urbanas, la deforestación, la regeneración de bosques, la evolución de ecosistemas acuáticos y la detección de eventos naturales, como incendios forestales e inundaciones. Estas aplicaciones son cruciales para la toma de decisiones en la conservación de la biodiversidad, la planificación del uso de la tierra y la gestión de la calidad del agua.

El análisis multitemporal se beneficia de avances tecnológicos en teledetección y sistemas de información geográfica (SIG). Las imágenes satelitales de diferentes fechas pueden superponerse y compararse utilizando software de análisis espacial. Además, el uso de drones y sensores remotos ha ampliado las posibilidades de recopilación de datos a lo largo del tiempo y en áreas específicas de interés.

El análisis multitemporal presenta desafíos, como la corrección de las diferencias atmosféricas y radiométricas entre las imágenes tomadas en momentos distintos. Además, la presencia de nubes en las imágenes puede dificultar la detección de cambios. La precisión del análisis depende en gran medida de la calidad de los datos y de la precisión de los métodos utilizados.

El futuro del análisis multitemporal se ve prometedor con avances en la resolución espacial y temporal de las imágenes satelitales. La inteligencia artificial y el aprendizaje automático también están siendo aplicados para automatizar la detección de cambios y mejorar la precisión de los análisis. La disponibilidad de datos de libre acceso y la colaboración internacional están ampliando las oportunidades para el análisis multitemporal a gran escala.

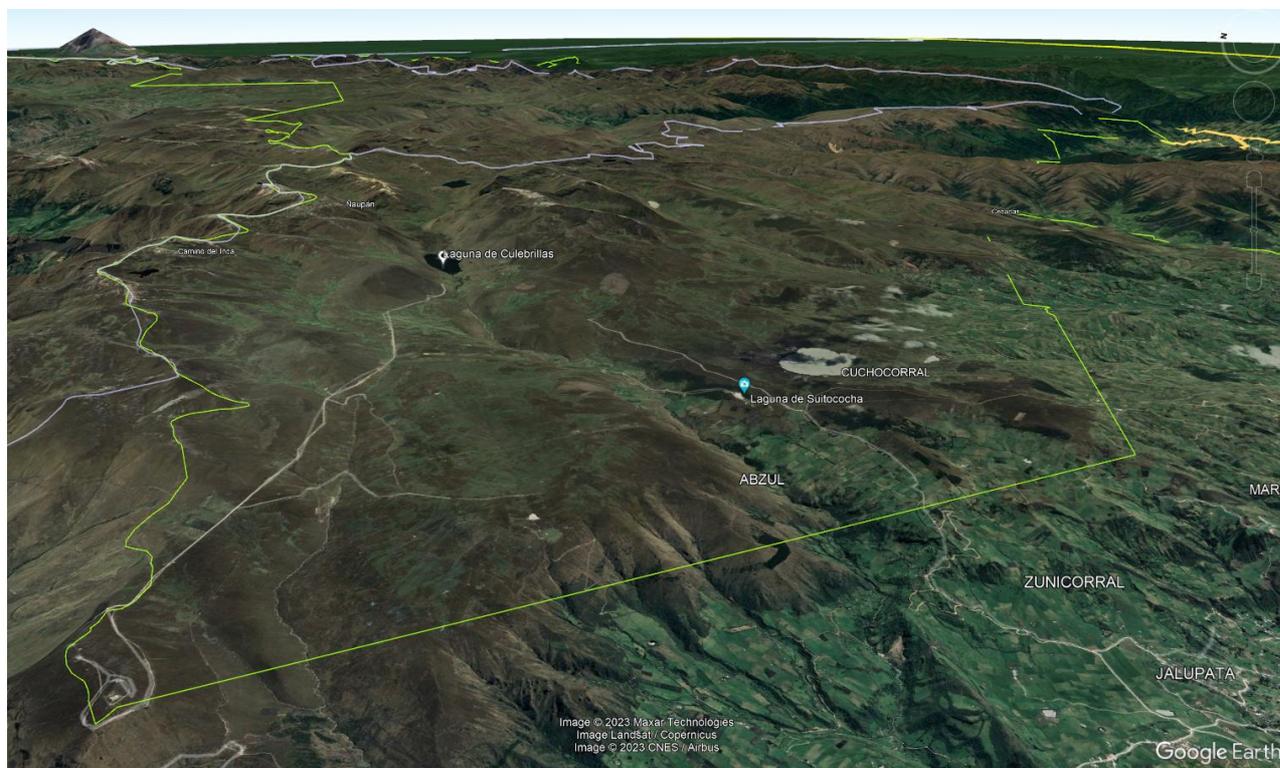
El análisis multitemporal es una herramienta esencial en la gestión de recursos naturales y la restauración ambiental. Permite una comprensión profunda de la dinámica de los ecosistemas y los cambios en la superficie terrestre a lo largo del tiempo. A medida que la tecnología avanza, el análisis multitemporal seguirá siendo una pieza clave en la conservación y el uso sostenible de nuestros recursos naturales.

## 4 MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 4.1 ZONA DE ESTUDIO.

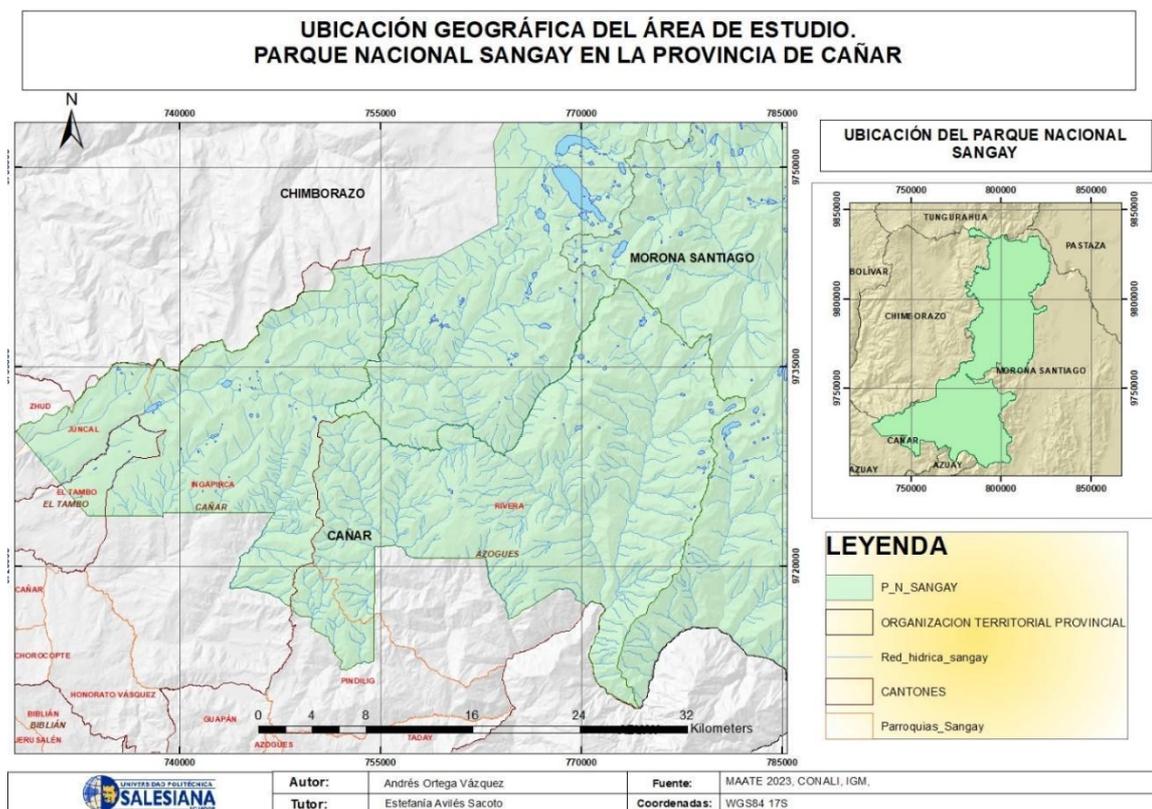
El área en donde se desarrolla el estudio se ubica en la zona sur del Parque Nacional Sangay, en la provincia de Cañar, se dispone desde el centro hacia las estribaciones de la cordillera oriental de los andes del Ecuador. Políticamente se sitúa en las parroquias Rivera y Pindilig del cantón Azogues; Ingapirca, Juncal y Zhud del cantón Cañar; y El Tambo del cantón El Tambo, en la provincia de Cañar.

**Figura 2. Área de Estudio**



Fuente: Google Earth

**Figura 3. Ubicación del área de Estudio: Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar.**



Fuente: Autor.

### 4.1.1 EXTENSIÓN Y LÍMITES

De acuerdo a la última modificación de límites realizada en el año 2001 (Acuerdo Ministerial N.º 032) la superficie oficial total del Parque Nacional Sangay es de 502.229,37 ha. (MAATE, 2014a); sin embargo, según la cartografía oficial del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, el área protegida tiene una extensión total de 486.609 Ha.

El territorio del Parque Nacional Sangay en la provincia del Cañar, que representa el área de estudio comprende una extensión de 79270 hectáreas; El cantón Azogues tiene la mayor extensión de territorio del Arena Protegida con 47328,4495 hectáreas, el cantón Cañar con 29852,479516 hectáreas, y el cantón El Tambo con 2089,116979 hectáreas.

El límite Norte del área de estudio es la provincia del Chimborazo con los cantones Alausí y Chunchi; Al Sur su límite está dado por las provincias de Cañar, con los cantones Azogues,

Cañar y El Tambo, y con la provincia del Azuay, cantón Sevilla de Oro; al Este limita con la provincia de Morona Santiago, Cantones Santiago y Sucúa; y, al Oeste limita con la provincia del Cañar, cantones Cañar y el Tambo.

## 4.1.2 COMPONENTE BIOFÍSICO

### 4.1.2.1 ECOSISTEMAS DEL PARQUE NACIONAL SANGAY.

El Parque Nacional Sangay cuenta con 19 ecosistemas, (...); entre ellos se encuentran 6 ecosistemas herbáceos, que conforman el 26,90% de todo el parque; 3 son ecosistemas arbustivos, que constituyen el 5,79% del área de estudio; 10 son ecosistemas arbóreos que constituyen el 26,90% de todo el parque; 10 son ecosistemas arbóreos que constituyen el 5,79% del área de estudio. 60,39% del área del parque (Ministerio del Ambiente, 2023).

**Tabla 1.** Ecosistemas del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar

N°	ECOSISTEMA
1	Herbazal del Páramo
2	Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes.
3	Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
4	Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
5	Bosque siempreverde montano bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
6	Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
7	Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo
8	Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
9	Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
10	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo
11	Arbustal siempreverde ripario de la Cordillera Oriental de los Andes
12	Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
13	Herbazal lacustre montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
14	Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo
15	Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas
16	Herbazal inundable del Páramo
17	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo
18	Bosque siempreverde del Páramo
19	Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo

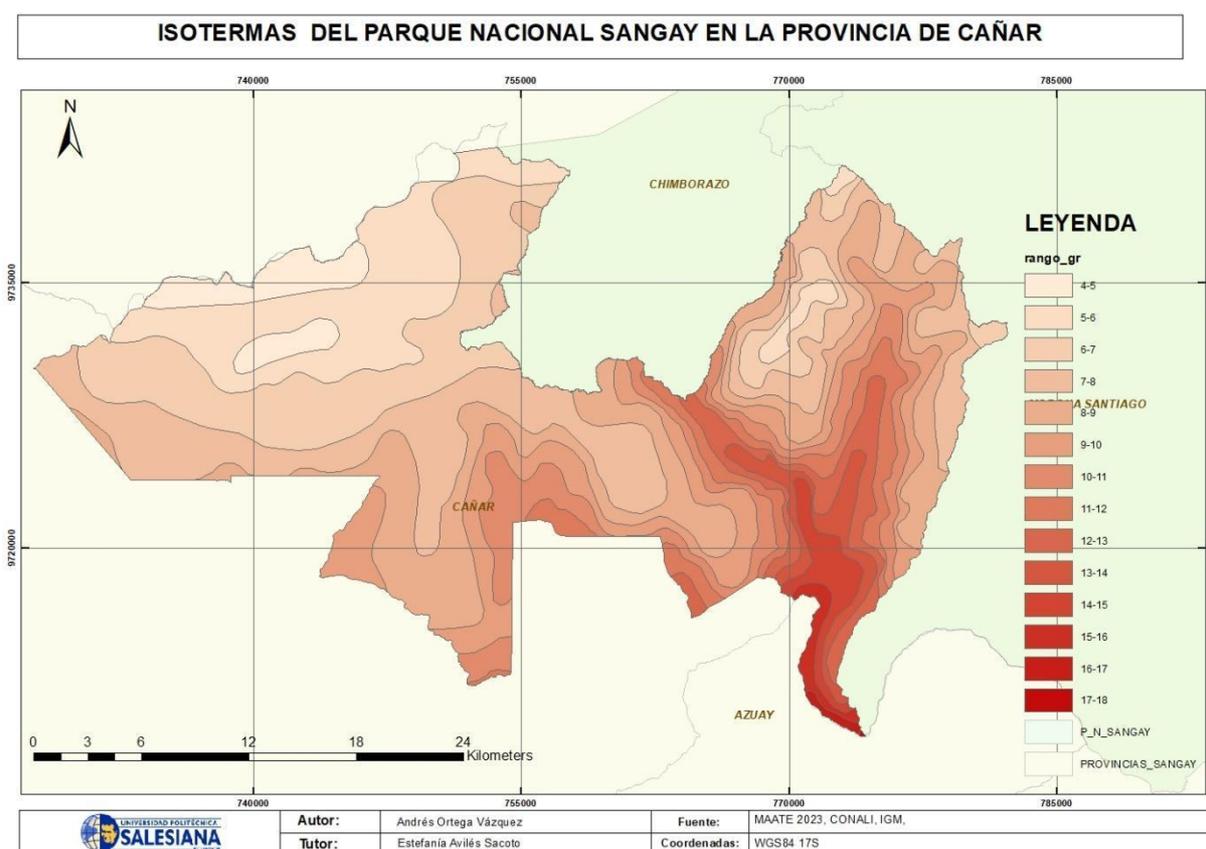
Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2023)

#### 4.1.2.2 TEMPERATURA

En el Parque Nacional Sangay se identifican 21 rangos de temperatura, con temperaturas mínimas que van desde los 0 a 1°C en las cumbres de los volcanes Sangay, Altar y Tungurahua

(elevaciones superiores a los 5000 msnm); y, temperaturas promedio máximas de 22 a 23°C en las zonas más bajas del parque (elevaciones menores a 1000 msnm). En la provincia de Cañar se registra el rango más bajo de temperatura de 4 a 5°C en las zonas más altas, sector Culebrillas; y los registros más altos en los sectores 17 a 18°C orientales de la parroquia Rivera en el límite con la provincia de Morona Santiago (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

**Figura 4.** Mapa de Isotermas del PNS en la provincia de Cañar



Fuente: Autor

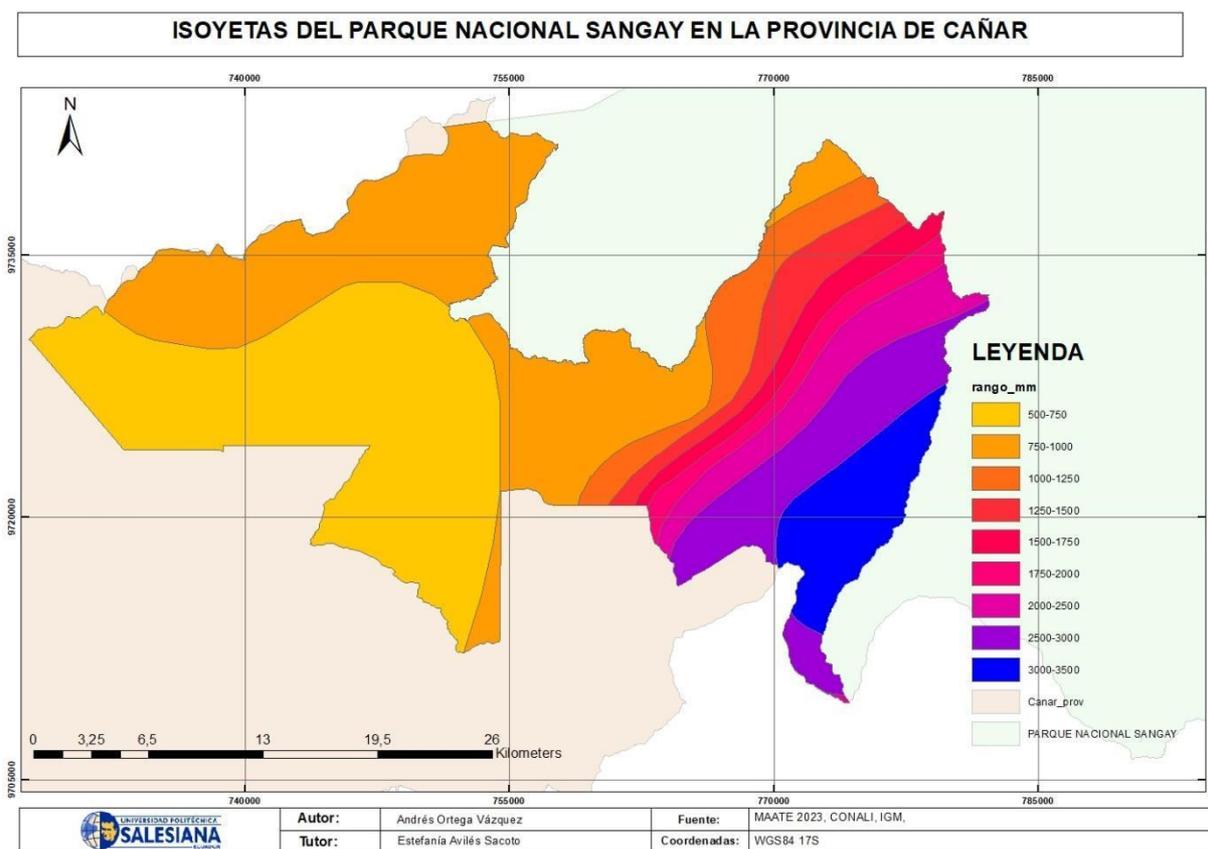
### 4.1.2.3 PRECIPITACIÓN

En el Parque Nacional Sangay, se lograron identificar 14 rangos de precipitación, siendo el más bajo de 250 – 500 mm. promedio anual, esta zona se encuentra al sur de la comunidad del Atillo en la provincia de Chimborazo, en tanto que el mayor rango de lluvia se localiza al noreste del Parque en el cantón Palora de la provincia de Morona Santiago, en donde se

registra un rango de lluvia de 5000 – 5500 mm. promedio al año, siendo una de las zonas más lluviosas del Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

En la provincia de Cañar esta área protegida registra el rango más bajo de 500 – 750 mm. promedio anual en las parroquias Juncal e Ingapirca, y El Tambo sectores Carzhao, Chacapamba, San José de Culebrillas, Cebadas, Huayrapungo; mientras que el rango más alto de 3000 – 3500 mm promedio anual en la parroquia oriental Rivera, sectores San Antonio de Juval, Palmira, Tres Palmos, en el límite con la provincia de Morona Santiago.

**Figura 5. Mapa de Isoyetas del PNS en la provincia de Cañar**



Fuente: Autor

#### 4.1.2.4 CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

El Parque Nacional Sangay, está localizado en su mayoría (94.9%) en la unidad hidrográfica de la cuenca del río Amazonas (vertiente del océano Atlántico), en tanto que el 5.1% del área

protegida se localiza en la región Hidrográfica 1, cuyas aguas vierten en el océano Pacífico (Ministerio del Ambiente, 2023).

En el Parque Nacional Sangay, provincia del Cañar las cuencas, subcuencas y microcuencas se distribuyen de la siguiente manera:

*Tabla 2. Cuencas hidrográficas en el Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar*

VERTIENTE	MICROCUEENCA	SUBCUEENCA	CUEENCA
PACÍFICA	R. Huayrapungu	Río Cañar	Río Cañar
	R. Silante	Río Cañar	Río Cañar
	R. San Antonio	Río Cañar	Río Cañar
	R. Capulí	Río Cañar	Río Cañar
	R. Dudas	Río Upano	Río Santiago
	R. Mazar	Río Upano	Río Santiago
	R. Llavircay	Río Upano	Río Santiago
ATLÁNTICA	R. Saucay	Río Upano	Río Santiago
	R. Juval	Río Upano	Río Santiago
	R. Juvalyacu	Río Upano	Río Santiago
	R. Timbuyacu	Río Upano	Río Santiago
	R. Pulpito	Río Upano	Río Santiago
	Drenajes Menores	Río Upano	Río Santiago

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

Figura 6. Mapa Cuencas hidrográficas en el parque nacional Sangay, provincia de Cañar



Fuente: Autor

## 4.1.2.5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.

### 4.1.2.5.1 GEOLOGÍA

El Parque Nacional Sangay en todo su territorio abarca 26 formaciones geológicas de las más diversas características, en la provincia de Cañar están presentes 9.

**Tabla 3.** Geología en el parque nacional Sangay, provincia de Cañar

<b>SIMBOL O</b>	<b>FORMACIÓN</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>PERIODO</b>
MPI P	Volcánicos Pisayambo	Andesitas a riolitas, piroclastos	Mioceno/Plioceno
JZ	Unidad Maguazo	Metagrauwacas, metalavas	Jurásico
KP CY	Yunguilla	Lutitas, calizas, volcanoclastos	Cretáceo/Paleoceno
JG	Unidad Guamote	Pizarras, cuarcitas	Jurásico
JZ	Unidad Maguazo	Metagrauwacas, metalavas	Jurásico
O S	Volcánicos Saraguro	Lavas andesíticas a riolíticas, piroclastos	Oligoceno
CZ()	Sin Información	Granodiorita, diorita, pórfido	Cenozoico
JE	Unidad El Pan	Esquistos verdes y negros	Jurásico
JP	Unidad Alao-Paute	Metalavas basálticas y andesíticas, esquistos	Jurásico

Fuente: (MAATE, 2014a)

### 4.1.2.5.2 GEOMORFOLOGÍA

Las geoformas en el Ecuador, han sufrido un proceso evolutivo modelado por algunos fenómenos como la subducción de placas, orogenia, vulcanismo, litología, entre otros; que han creado espacios con características particulares (Ministerio del Ambiente, 2023)

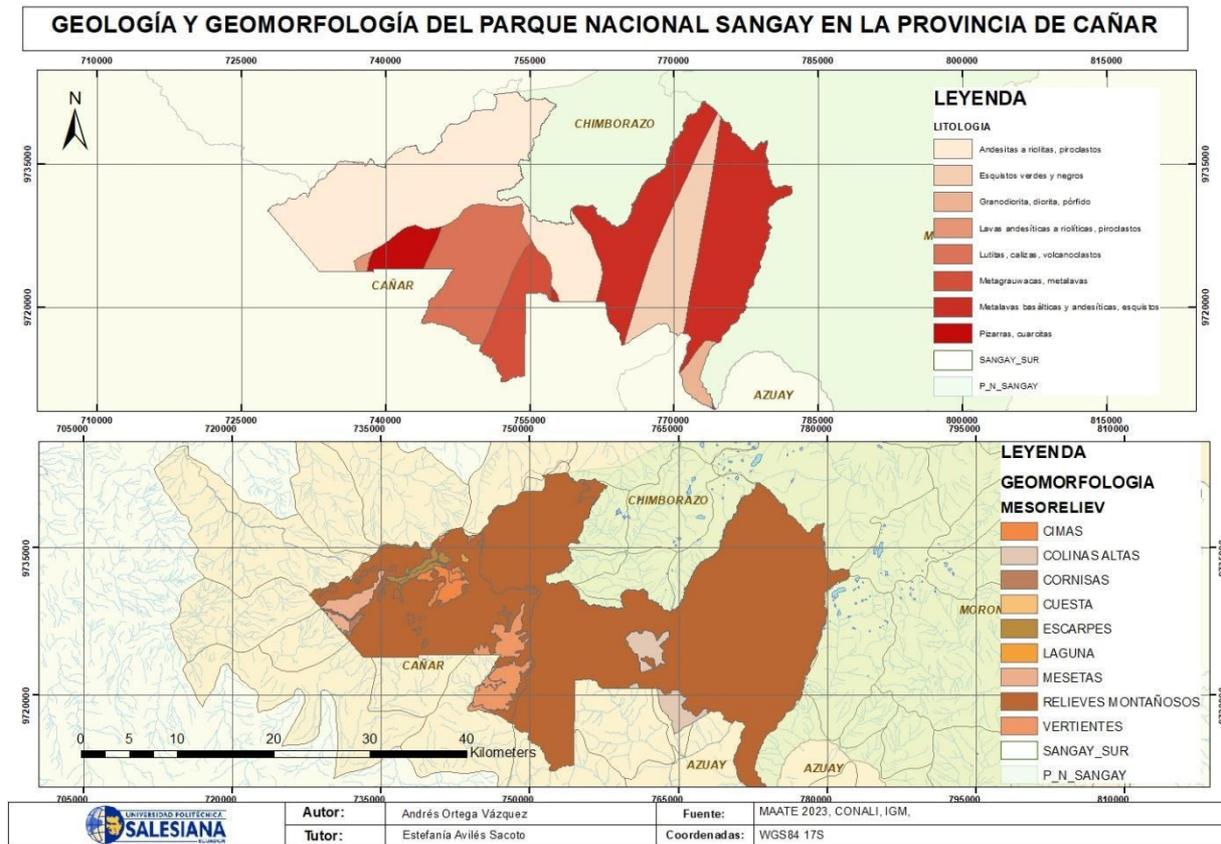
Según el Ministerio de Ambiente (2023), en el Parque Nacional Sangay provincia de Cañar, se han logrado identificar las siguientes características geomorfológicas:

- **Cimas:** es un elemento de relieve cuya cota es destacada y máxima en su entorno.
- **Colinas Altas:** Son unidades morfológicas con una topografía colinada arrugada con una diferencia de altura relativa de 75-200 m. con una pendiente de 14-20 %.
- **Cornisas:** Conjunto de rocas resistentes que forman la parte superior de un escarpe. Configuran fuertes pendientes.
- **Cuestas:** Paisaje homoclinal formado como consecuencia de la incisión o fallamiento perpendicular al buzamiento de estratos sedimentarios suavemente plegados o basculados; se caracteriza por su ladera estructural por lo común más larga que el escarpe, con buzamientos que varían entre 2° y 8° aproximadamente, lo cual le otorga una mayor estabilidad al paisaje y a sus suelos, por la menor incidencia de los procesos erosivos.
- **Escarpes:** Es una vertiente de roca que corta el terreno abruptamente. La pendiente es mayor a 45 grados, aunque sea solamente una parte de la vertiente. A veces adopta la forma de una cornisa, que corona una vertiente en una extensión más o menos larga, aunque conservando una altitud sensiblemente constante. Varias cornisas pueden sobreponerse paralelamente separadas por la pendiente menos abrupta de los depósitos de derrubios. La pared es un escarpe próximo a la vertical y bastante liso.
- **Laguna:** Es un depósito natural de agua ocupando depresiones topográficas bien excavadas por el hielo glaciar, de menores dimensiones, sobre todo en profundidad, que un lago. Suelen ser muy productivas debido fundamentalmente al mayor contacto de los sedimentos con la superficie del agua como consecuencia de su escasa profundidad.
- **Mesetas:** Elevación natural extensa, son formaciones geológicas que suponen determinada altura sobre el nivel del mar; que por lo general se encuentran

rodeadas por abruptos acantilados y de terrenos más bajos. Pueden tener dos formas de generación principales: por el movimiento de las placas tectónicas que subyacen a la superficie o por la erosión de montañas o incluso de los territorios que la rodean.

- **Relieves Montañosos:** A este grupo se incluyen las montañas cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación fluvio – erosional y glacial, respectivamente.
  
- **Vertientes:** Es una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos (picos, crestas, bordes de mesetas o puntos culminantes del relieve) y los bajos (pie de vertientes o vaguadas). El perfil de una vertiente puede ser regular, irregular, mixta, rectilínea, convexa y cóncava (es decir, con rupturas de pendiente), dependiendo de la litología y la acción de la erosión.

**Figura 7. Mapa de Geología y geomorfología del Parque Nacional Sangay en la Provincia de Cañar**



Fuente: Autor

## 4.1.3 SISTEMA SOCIO CULTURAL

### 4.1.3.1 POBLACIÓN Y DEMOGRAFÍA

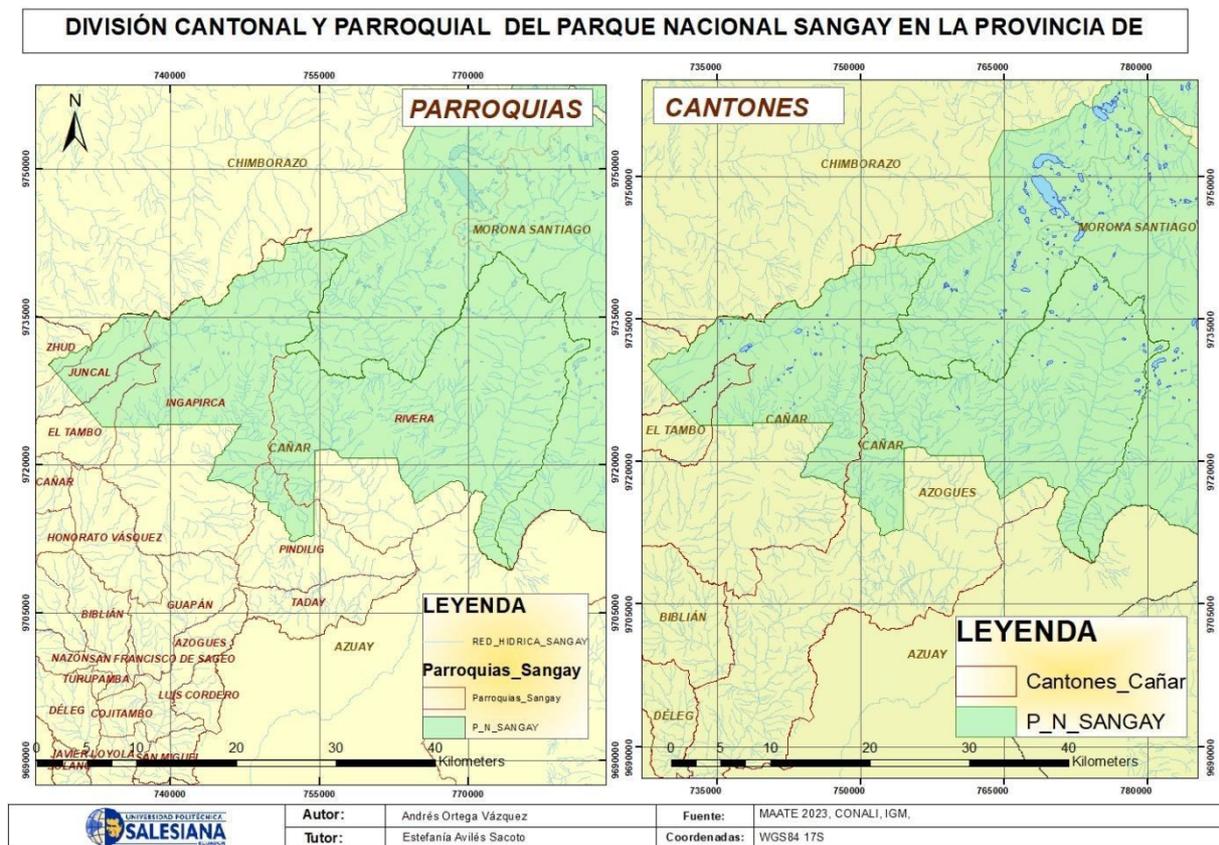
Partiendo del objetivo de determinar y analizar el aspecto poblacional, demográfico, las condiciones socio-económicas y calidad de vida de los asentamientos humanos que de alguna manera se relaciona con el Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar, así como con sus recursos naturales y servicios ambientales; para el presente estudio se consideran los indicadores respectivos de los cantones y sus centros poblados que se ubican dentro de esta Área Protegida y su zona de amortiguamiento, Por lo tanto, el enfoque del análisis se ha dirigido hacia los siguientes territorios:

**Tabla 4.** Ubicación política administrativa del PNS en la provincia de Cañar

Provincia	Cantón	Parroquia
Cañar	Azogues	Rivera
		Pindilig
		Ingapirca
	Cañar	Juncal
		Zhud
	El Tambo	El Tambo

Fuente: Autor

**Figura 8.** División cantonal y Parroquial del PNS en la provincia de Cañar



Fuente: Autor

Según la información del Censo de Población y de Vivienda para el año 2010, los habitantes ligados al Parque, y que por lo tanto utilizan directa o indirectamente los servicios del ecosistema, está integrada por 647.739 personas, de los cuales 309.631 son hombres y 338.108 son mujeres, en una relación porcentual de 47,8% para el primer grupo y 52,2% del segundo grupo (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

Si se analiza la distribución de la población por áreas de residencia, vemos que 273.470 personas, que representa el 42,2%, viven en la zona urbana y 374.269, que representa el 57,8%, viven en la zona rural, con lo cual, la población que más se relaciona al Parque vive en la zona rural, y es la que tradicionalmente presenta las mayores brechas en cuanto al ejercicio de sus derechos y satisfacción de sus necesidades (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

**Tabla 5.** Población del área de influencia directa del PNS

Cantones	Población				
	Total	Urbana	Rural	Masculina	Femenina
Nacional	14.483.499	9.090.786	5.392.713	7.177.683	7.305.816
San Pedro de Pelileo	56.573	10.103	46.470	27.327	29.246
Baños de Agua Santa	20.018	12.995	7.023	10.034	9.984
Penipe	6.739	1.064	5.675	3.274	3.465
Chambo	11.885	4.459	7.426	5.660	6.225
Riobamba	225.741	146.324	79.417	106.840	118.901
Guamote	45.153	2.648	42.505	22.179	22.974
Alausí	44.089	6.330	37.759	21.188	22.901
Chunchi	12.686	3.784	8.902	6.062	6.624
Cañar	59.323	13.407	45.916	27.370	31.953
El Tambo	9.475	4.674	4.801	4.364	5.111

Azogues	70.064	33.848	36.216	32.088	37.976
Santiago	9.295	2.277	7.018	4.859	4.436
Sucua	18.318	7.805	10.513	8.972	9.346
Morona	41.155	18.984	22.171	20.611	20.544
Huamboya	8.466	900	7.566	4.316	4.150
Pablo Sexto	1.823	716	1.107	941	882
Palora	6.936	3.152	3.784	3.546	3.390
<b>TOTAL</b>	<b>647.739</b>	<b>273.470</b>	<b>374.269</b>	<b>309.631</b>	<b>338.108</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>100</b>	<b>42,2</b>	<b>57,8</b>	<b>47,8</b>	<b>52,2</b>

Fuente: (INEC, 2010)

En la provincia de Cañar, la población que guarda relación directa o indirecta con esta área protegida corresponde a 138862, siendo El Cantón Cañar el de mayor número de habitantes; y, de igual forma la población rural predomina ante la población urbana con el 62,2%, denotando que son el grupo poblacional que en mayor número resultan beneficiados por los bienes y servicios del Parque Nacional Sangay.

**Tabla 6.** Población del área de influencia directa del PNS en la provincia de Cañar

Cantones	Población				
	Total	Urbana	Rural	Masculin a	Femenin a
<b>Nacional</b>	14.483.49 9	9.090.78 6	5.392.71 3	7.177.683	7.305.81 6
<b>Cañar</b>	59.323	13.407	45.916	27.370	31.953
<b>El Tambo</b>	9.475	4.674	4.801	4.364	5.111
<b>Azogues</b>	70.064	33.848	36.216	32.088	37.976
<b>TOTAL</b>	138.862	51.929	86.933	63.822	75.040
<b>PORCENT AJE</b>	<b>100</b>	<b>37,4</b>	<b>62,6</b>	<b>46,0</b>	<b>54,0</b>

Fuente: (INEC, 2010)

#### 4.1.3.2 CENTROS POBLADOS DENTRO DEL PNS EN LA PROVINCIA DE CAÑAR Y SU ÁREA DIRECTA DE INFLUENCIA

Los centros poblados de la zona de influencia directa del parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar, son aquellos que ejercen algún tipo de presión antrópica en estos espacios, y fueron considerados por su cercanía al área de estudio y a su vez porque históricamente han formado parte de comunidades que ocupan gran cantidad de territorio en el interior del área protegida, desde antes de la ampliación de la misma; es así que varios de estos centros poblados se ubican al interior y otros en la zona de amortiguamiento o fuera de los límites.

**Tabla 7.** Centros Poblados dentro del PNS en la provincia de Cañar y su área directa de influencia

<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Centro Poblado</b>	<b>Referencia</b>
		Caguanapamba	Zona de Amortiguamiento
		El Tambo	Zona de Amortiguamiento
El Tambo	El Tambo	Pillcopata	Zona de Amortiguamiento
		Jalupata	Zona de Amortiguamiento
		Abzul	Zona de Amortiguamiento
		Chacapamba	Dentro del Área Protegida
		Comunidad Monay	Dentro del Área Protegida
		Buenos Aires	Zona de Amortiguamiento
Azogues	Rivera	Guangras	Dentro del Área Protegida
		San Francisco	Zona de Amortiguamiento
		Cabecera parroquial de Rivera	Zona de Amortiguamiento

		Colepato	Zona de Amortiguamiento
		San Carlos	Zona de Amortiguamiento
		San Antonio de Juval	Dentro del Área Protegida
		San José de Juval	Dentro del Área Protegida
		Llavircay	Zona de Amortiguamiento
	Pindilig	Dudas	Zona de Amortiguamiento
Sevilla de Oro (Azuay)	Amaluza	Amaluza	Zona de Amortiguamiento
		San José de Culebrillas	Dentro del Área Protegida
		Turchi	Zona de Amortiguamiento
		Cebadas	Zona de Amortiguamiento
Cañar	Ingapirca	Cochapamba	Zona de Amortiguamiento
		Gulag	Dentro del Área Protegida
		Cabecera parroquial Ingapirca	Zona de Amortiguamiento

---

	Huayrapungo	Zona de Amortiguamiento
	Llactahuayco	Zona de Amortiguamiento
	Rumiloma	Zona de Amortiguamiento
	Sisid	Zona de Amortiguamiento
Juncal	Romerillo	Zona de Amortiguamiento
	Asociación Chuquiragua	Dentro del Área Protegida

---

Fuente: Autor

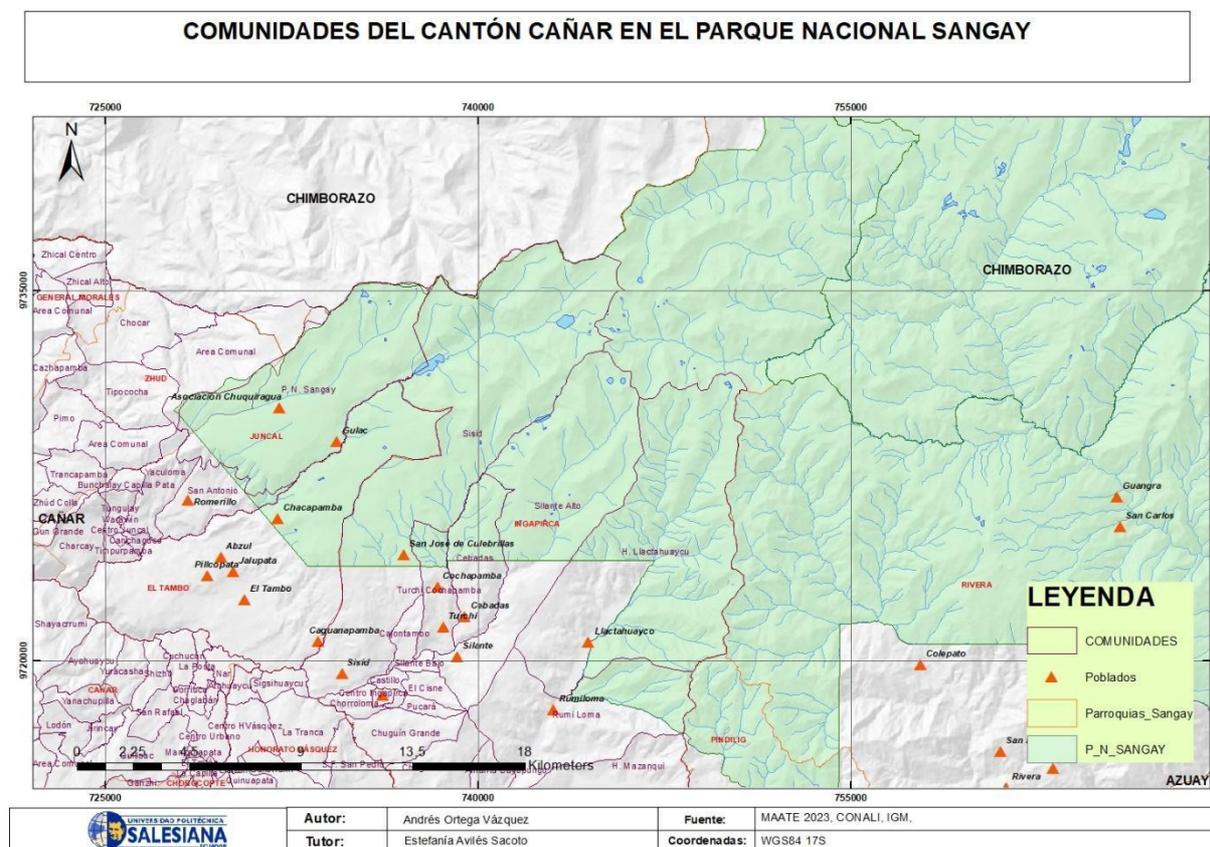
**Figura 9. Mapa de centros Poblados dentro del PNS en la provincia de Cañar y su área directa de influencia**



Fuente: Autor

Si bien la mayoría de centros poblados se ubican en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, estos forman parte de comunidades que se extienden por gran parte del territorio del área protegida; como referencia en el Cantón Cañar, comunidades como Sisid, Turchi Cochapamba, Silante, entre otras, la población se concentran en las partes bajas, pero ejercen sus actividades agro productivas en territorios comunitarios cerca o dentro del área de estudio; lo mismo sucede con los centros poblados que se ubican dentro del Área Protegida.

**Figura 10. Comunidades del Cantón Cañar en el Parque Nacional Sangay**



Fuente: Autor

### 4.1.3.3 SISTEMA ECONÓMICO (PRODUCCIÓN)

El sistema económico y la producción de recursos naturales están intrínsecamente vinculados en la sociedad moderna. La forma en que una sociedad gestiona y utiliza sus recursos naturales tiene un impacto directo en su sistema económico y viceversa. A lo largo de este apartado, se explorarán los aspectos clave de esta relación, destacando la importancia de un enfoque sostenible en la producción de recursos naturales.

La producción de recursos naturales es un componente fundamental de la economía global. Los recursos naturales, como la madera, los minerales, los alimentos y el agua, son esenciales para la vida cotidiana y la actividad económica. Los sectores primarios, como la agricultura, la silvicultura, la minería y la pesca, dependen directamente de la explotación de los recursos naturales.

El desarrollo económico a menudo se asocia con un aumento en la demanda de recursos naturales. A medida que las economías crecen, la producción y el consumo de recursos tienden a aumentar. Esto puede poner una presión significativa en los recursos naturales y los ecosistemas, lo que lleva a problemas como la deforestación, la sobreexplotación de la pesca y la contaminación.

La sostenibilidad se ha convertido en un concepto clave en la producción de recursos naturales. La sostenibilidad implica utilizar los recursos de una manera que garantice que las futuras generaciones también puedan beneficiarse de ellos. Esto implica la gestión responsable de los recursos, la conservación de los ecosistemas y la minimización de los impactos ambientales.

La economía circular es un enfoque que busca reducir el desperdicio y maximizar la reutilización y el reciclaje de recursos. En este contexto, la producción de recursos naturales se vincula estrechamente con la gestión de residuos y la reutilización de productos. Esto no solo reduce la presión sobre los recursos naturales, sino que también puede generar oportunidades económicas a través de la creación de empleos en la gestión de residuos y la recuperación de materiales.

La tecnología desempeña un papel importante en la producción de recursos naturales. La innovación tecnológica puede aumentar la eficiencia en la extracción, procesamiento y uso de recursos. Por ejemplo, las técnicas agrícolas modernas pueden aumentar la productividad de las tierras agrícolas existentes, reduciendo la necesidad de deforestar nuevas áreas para la agricultura.

Los desafíos en la producción de recursos naturales incluyen la gestión sostenible de la demanda creciente de recursos, la mitigación de impactos ambientales y la adaptación al cambio climático. Sin embargo, también hay oportunidades en la transición hacia una economía más sostenible, incluida la inversión en tecnologías limpias, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la conservación de áreas naturales.

La producción de recursos naturales y el sistema económico están intrínsecamente conectados, y la forma en que se gestionan estos recursos tiene un impacto directo en el

desarrollo económico y ambiental. Un enfoque sostenible en la producción de recursos naturales es esencial para garantizar un equilibrio entre el crecimiento económico y la conservación de los recursos naturales para las generaciones futuras. La innovación tecnológica y la adopción de prácticas sostenibles son fundamentales para abordar los desafíos actuales y futuros en esta área crítica.

Se analiza la población activa, su condición socio-económica y las principales ramas de actividad productiva a la que se dedican, se observa que la Población Económicamente Activa de los cantones de la zona de influencia del Parque es de 276.121 personas, que representan el 4,53% de la nacional, de ella 122.878 están ubicados en la zona urbana y 153.243 en la zona rural. Así mismo, de este total de la PEA 122.380 son mujeres, que representan el 44,3%. De los datos del Censo del 2010, se puede observar que el 96,97% de la población económicamente activa se encuentra ocupada. (MAATE, 2014a)

**Tabla 8.** Población económicamente activa del PNS

Cantones	Población Económicamente Activa			Población Femenina Económicamente Activa			Población Ocupada
	TOTAL	URBANO	RURAL	TOTAL	URBANO	RURAL	TOTAL
Nacional	6.093.173	3.987.838	2.105.335	2.242.756	1.579.053	663.703	5.763.225
San Pedro de Pelileo	27.620	5.165	22.455	12.326	2.439	9.887	27.256
Baños de Agua Santa	9.830	6.468	3.362	3.985	2.771	1.214	9.607
Penipe	2.979	454	2.525	1.067	212	855	2.918
Chambo	5.558	2.111	3.447	2.532	946	1.586	5.472
Riobamba	100.585	66.381	34.204	46.549	31.105	15.444	96.610
Guamote	19.277	1.266	18.011	8.645	562	8.083	18.997
Alausí	17.158	2.427	14.731	7.555	1.096	6.459	16.699
Chunchi	4.831	1.488	3.343	1.992	659	1.333	4.654
Cañar	22.789	5.602	17.187	9.860	2.582	7.278	22.294
El Tambo	3.378	1.728	1.650	1.411	693	718	3.270
Azogues	28.689	14.671	14.018	13.289	6.821	6.468	27.585
Santiago	3.907	993	2.914	1.416	421	995	3.813
Sucua	6.844	3.212	3.632	2.668	1.334	1.334	6.684
Morona	16.479	8.856	7.623	6.680	3.689	2.991	15.877
Huamboya	2.820	393	2.427	1.171	145	1.026	2.763
Pablo Sexto	730	326	404	283	127	156	714
Palora	2.647	1.337	1.310	951	530	421	2.561
TOTAL PNS	276.121	122.878	153.243	122.380	56.132	66.248	267.774

En cuanto a los cantones del área de influencia del PNS en la provincia de Cañar, la población económicamente activa representa 54856 habitantes siendo el 0,9% de la población del Ecuador

**Tabla 9.** Población económicamente activa del PNS en la provincia de Cañar

Cantones	Población Económicamente Activa			Población Femenina Económicamente Activa			Población Ocupada
	TOTAL	URBANO	RURAL	TOTAL	URBANO	RURAL	TOTAL
Nacional	6.093.173	3.987.838	2.105.335	2.242.756	1.579.053	663.703	5.763.225
Cañar	22.789	5.602	17.187	9.860	2.582	7.278	22.294
El Tambo	3.378	1.728	1.650	1.411	693	718	3.270
Azogues	28.689	14.671	14.018	13.289	6.821	6.468	27.585
TOTAL	54.856	22.001	32.855	24.560	10.096	14.464	53.149
PORCENTAJE	0,90	0,55	1,56	1,10	0,64	2,18	0,92

Fuente: (MAATE, 2014a)

La PEA de la zona de influencia del Parque está ligada a distintos tipos de actividad siendo las de mayor importancia la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; la industria manufacturera, la construcción, el comercio al por mayor y menor; el transporte y almacenamiento, la administración pública y defensa, y la enseñanza (MAATE, 2014a)

**Tabla 10.** Población Económicamente Activa Por Tipo De Actividad

Ramas De Actividad	PNS		
	TOTAL	HOMBRE	MUJER
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	100956	55387	45569
Explotación de minas y canteras	566	500	66
Industrias manufactureras	24275	14887	9388
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	753	632	121
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	474	347	127
Construcción	16229	15753	476
Comercio al por mayor y menor	32951	15105	17846
Transporte y almacenamiento	12089	11490	599
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	7478	2329	5149
Información y comunicación	2174	1154	1020
Actividades financieras y de seguros	1537	686	851
Actividades inmobiliarias	95	51	44

Actividades profesionales, científicas y técnicas	4250	2478	1772
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	2280	1704	576
Administración pública y defensa	14404	10329	4075
Enseñanza	17123	6594	10529
Actividades de la atención de la salud humana	5980	1697	4283
Artes, entretenimiento y recreación	1050	728	322
Otras actividades de servicios	4549	1791	2758
Actividades de los hogares como empleadores	6918	329	6589
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	71	38	33
No declarado	14619	6775	7844
Trabajador nuevo	6431	3525	2906
Total	277252	154309	122943

Fuente: (MAATE, 2014a)

#### 4.1.3.4 CONFLICTOS SOCIALES.

Según el Plan De Manejo Estratégico Del Parque Nacional Sangay, la interacción de las poblaciones locales con las áreas protegidas depende de la composición social de las comunidades y de su grado de dependencia de los recursos situados al interior del área y su

zona de amortiguamiento. Pero también depende del proceso de negociación con la comunidad durante el establecimiento o ampliación del área (Ministerio del Ambiente, 2012).

Desde 1976 el Parque Nacional Sangay ha operado con la aceptación de las comunidades locales, los problemas ocasionados por la tenencia de la tierra o uso tradicional de la misma han sido resueltos por la administración mediante negociación en el uso o se han mantenido estables (Ministerio del Ambiente, 2012).

Con la ampliación del Parque en 1992, las comunidades de la parte sur del área, se oponen a su presencia debido a que afectan sus propiedades de uso ancestral. La ampliación se realizó sin el conocimiento de poblaciones asentadas ancestralmente en algunas zonas del área protegida (Ministerio del Ambiente, 2012).

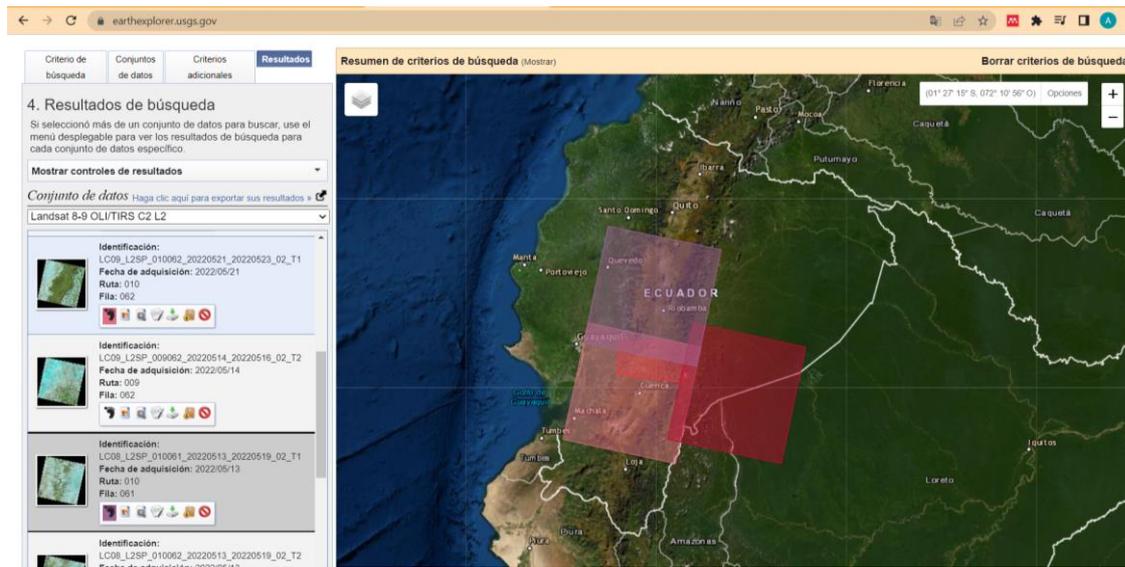
## 4.2 SELECCIÓN DE LA ESCENA.

La selección de la escena se realizó utilizando la base de datos del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) a través de su portal de libre acceso Earth Explorer, asegurando que las imágenes seleccionadas cumplieran con los criterios de calidad establecidos para el análisis multitemporal.

Se obtienen las imágenes satelitales Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, correspondientes a nuestra área de interés para los años de estudio 1992, 1998, 2004, 2010, 2016 y 2021; mediante la utilización de los respectivos criterios de búsqueda como la ubicación espacial y temporal, porcentaje de nubosidad al 35 por ciento y el conjunto de datos de salida se descargan imágenes de Landsat 5 y Landsat 7 para los períodos 1992 al 2010 y de Landsat 8 para 2016 al 2021.

Es necesario recalcar que para los períodos 1992 y 2021 el área de interés presenta gran porcentaje de nubosidad, por lo que no se pueden obtener dichas imágenes satelitales, es por ello que se procede con la descarga de imágenes de los años más cercanos como es 1991 y 2022.

**Figura 11. Portal de USGS Earth Explorer**



Fuente: (USGS, 2022)

En la Tabla 11 se presentan las características técnicas de las imágenes satelitales utilizadas para el análisis correspondiente.

**Tabla 11.** Caracterización de imágenes satelitales según su sensor

Sensor	Fecha de adquisición	Bandas espectrales	Cobertura de nubes
<b>Landsat 5 MSS y TM</b>	15/10/1991	7	35%
	14/07/1998	7	35%
<b>Landsat 7 ETM+</b>	29/12/2004	8	35%
	24/08/2010	8	35%
<b>Landsat 8 OLI/TIRS</b>	20/11/2016	11	35%
	18/09/2022	11	35%

Fuente: Autor.

## 4.3 PREPROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Posterior a la obtención y descarga de las imágenes satelitales fue necesario realizar un preprocesamiento de las mismas, debido a que estas suelen presentar anomalías atmosféricas que afectan su calidad, ocasionando errores radiométricos y geométricos.

Para el preprocesamiento de las imágenes obtenidas de Landsat 5 y Landsat 7 se hizo uso del software ENVI 5.3 con sus respectivas herramientas como gap fill, radiometric calibration y FLAASH atmospheric correction; mientras que para Landsat 8 se hizo uso del Software ArcGIS 10.5 y su extensión GEOBIA, la cual permite corregir estos tipos de errores atmosféricos, únicamente para Landsat 8 mediante las herramientas pansharpened composit, radiance y reflectance with atmospheric correction.

### 4.3.1 PREPROCESAMIENTO PARA IMÁGENES DE LANDSAT 5 Y LANDSAT 7

#### 4.3.1.1 CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA

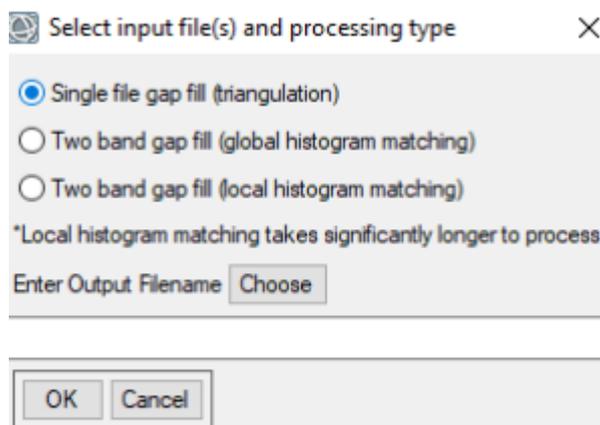
Este tipo de corrección permite convertir la información de la imagen original de cada pixel, que viene en Niveles Digitales (ND) a Niveles de Reflectancia, lo cual permite disminuir los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas en la atmósfera, ayuda en la restauración de líneas o pixeles perdidos, la corrección del bandeo de la imagen y la corrección atmosférica.

El striping o más conocido como bandeo, se debe a que los detectores del sensor recopilan información de los ND superiores o inferiores al resto, provocando en las imágenes unas líneas más oscuras o más claras que las demás causando un efecto de zigzag.

Para solucionar este defecto de las imágenes se hace uso de la herramienta Gap\_fill que tiene que ser añadido al programa ENVI 10.5 de manera previa, esta se encargará de ajustar la señal revelada por todos los detectores, por lo que se asume que deberían presentar histogramas similares. Entonces, dentro de la caja de herramientas (Toolbox) encontramos Landsat gapfill señalamos y se despliega una ventana donde ofrece opciones de corrección, en este caso se

escoge el relleno de espacios de un solo archivo mediante triangulación debido a que trabaja con el archivo Meta data (figura 12).

**Figura 12.** Selección del proceso



Fuente: Autor

Luego se selecciona el metadato con el fin de llenar los espacios vacíos o sin información, de esta manera el programa realiza el cálculo de los índices y genera los valores los pixeles que presentan errores, obteniendo como resultado la figura 13.

**Figura 13.** Imagen satelital original antes y después de la corrección radiométrica



*Imagen sin corrección radiométrica*

Fuente: Autor

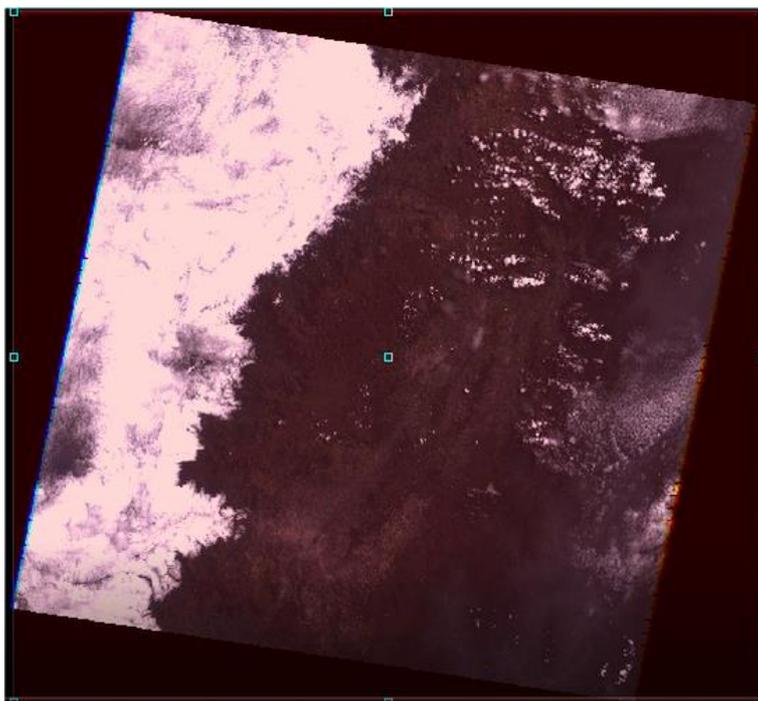


*Imagen con corrección radiométrica*

Corrección de las líneas o pixeles perdidos

Este proceso se encarga de establecer los valores de ND a las celdillas generadas por un fallo del sensor. Las imágenes landsat en ND no representan de manera directa ninguna variable biofísica, por lo que es conveniente convertir en valores de radiancia, esto se logra mediante el proceso de calibración radiométrica, para esto primero es necesario delimitar el área de estudio, mediante la herramienta ROI.

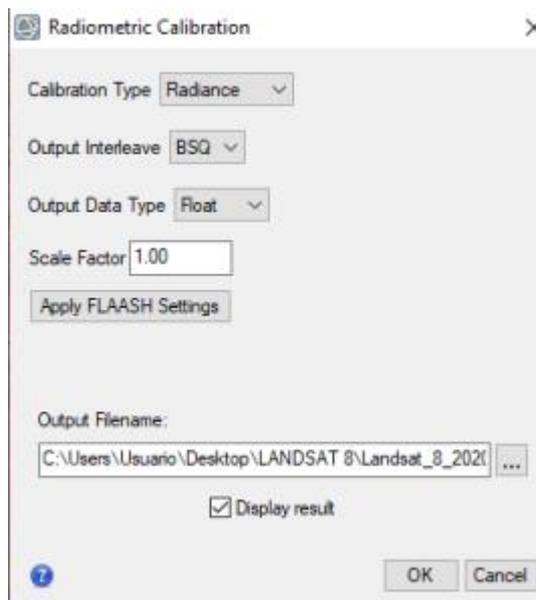
**Figura 14.** Área de estudio seleccionado



Fuente: Autor

Para debida corrección radiométrica se hace uso de la herramienta **Radiometric Calibration**, se selecciona la escena multiespectral y se especifica el área de estudio, luego se despliega una ventana emergente donde se realiza la calibración radiométrica a través de **Apply FLASSH Settings** como muestra en la figura 15.

**Figura 15.** Finalización del proceso de calibración radiométrica



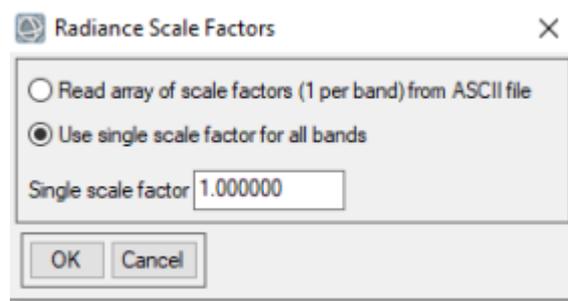
Fuente: Autor

#### 4.3.1.2 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

Este proceso ayuda a eliminar las distorsiones producidas por la atmósfera, debido a que la radiación electromagnética que existe entre el sensor y la superficie es interrumpida por ciertos componentes atmosféricos como el vapor de agua, partículas en suspensión, entre otros, adicional a las correcciones causadas por la atmósfera permite corregir los valores de radiancia contenidos en la imagen.

Es decir, la corrección atmosférica permite transformar los valores de radiancia a reflectancia para eliminar el efecto de dispersión, mediante la herramienta **FLAASH Atmospheric Correction**, en el cual se coloca los parámetros de entrada para el modelo de corrección (imagen del proceso anterior), desplegándose una ventana donde se selecciona un factor de escala para todas las bandas.

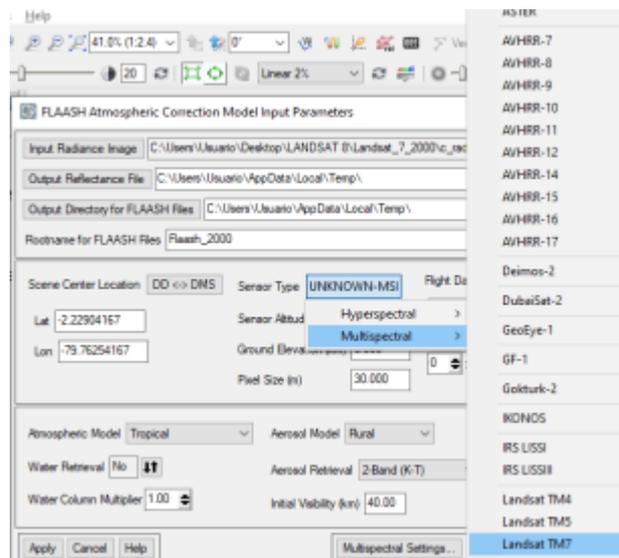
**Figura 16. Selección de escala**



Fuente: Autor

También se especifica el tipo de sensor correspondiente a cada imagen para el caso de los años 1991 y 1998 se escoge **Landsat TM5**, para los años 2004 y 2010 se selecciona Landsat TM7.

**Figura 17. Especificación del tipo de sensor según cada imagen**



Fuente: Autor

Finalmente se debe complementar datos como fecha y hora de captura, los cuales están disponibles en el archivo metadato de cada imagen y culminando el proceso de corrección radiométrica.

**Figura 18.** Complementación de datos

FLAASH Atmospheric Correction Model Input Parameters

Input Radiance Image: C:\Users\Usuario\Desktop\LANDSAT 8\Landat\_7\_2000\c\_radiometrica2000.dat

Output Reflectance File: C:\Users\Usuario\Desktop\LANDSAT 8\Landat\_7\_2000\c\_atmosferica

Output Directory for FLAASH Files: C:\Users\Usuario\AppData\Local\Temp\

Rootname for FLAASH Files: Flaash\_2000\_

Scene Center Location: DD <> DMS

Sensor Type: Landsat TMT

Right Date: Nov 23 2000

Lat: -2.22504158

Lon: -79.76254272

Sensor Altitude (km): 705.000

Ground Elevation (km): 0.000

Pixel Size (m): 30.000

Right Time GMT (HH:MM:SS): 15:23:10

Atmospheric Model: Tropical

Aerosol Model: Rural

Water Retrieval: No

Aerosol Retrieval: None

Water Column Multiplier: 1.00

Initial Visibility (km): 40.00

Apply Cancel Help

Multispectral Settings... Advanced Settings... Save... Restore...

Fuente: Autor

**Figura 19.** Corrección radiométrica de la imagen, en valores de reflectancia

Fuente: Autor

### 4.3.1.3 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

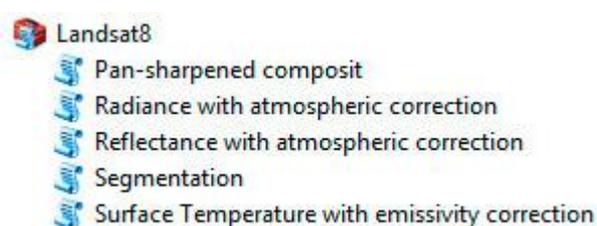
Al momento de la descarga la imagen satelital original no proporciona información georreferencial, es decir cada pixel se ubica en un sistema de coordenadas arbitrarias de tipo fila-columna, por lo que es necesario realizar una corrección geométrica, la cual ubica a los pixeles en un espacio geográfico que corresponde.

Este proceso consiste en asignar coordenadas UTM a las imágenes satelitales para que sea posible combinar con otras capas en el mismo medio.

Cabe recalcar que todo el procedimiento anteriormente detallado, se realiza para los años 1991, 1998, 2004 y 2010, ya que estas pertenecen al satélite Landsat 5 y Landsat 7; mientras que para el año 2016 y 2020 pertenecientes al Landsat 8 se realiza un proceso diferente con ayuda de la extensión GEOBIA.

Previamente se debe instalar la extensión en el **toolbox**, dicha herramienta permite realizar las debidas correcciones a las imágenes Landsat 8 y permite refinar la resolución de bandas. A continuación, se detalla el preprocesamiento de las imágenes de los años 2016 y 2020.

**Figura 20.** Herramienta GEOBIA en el toolbox



Fuente: Autor

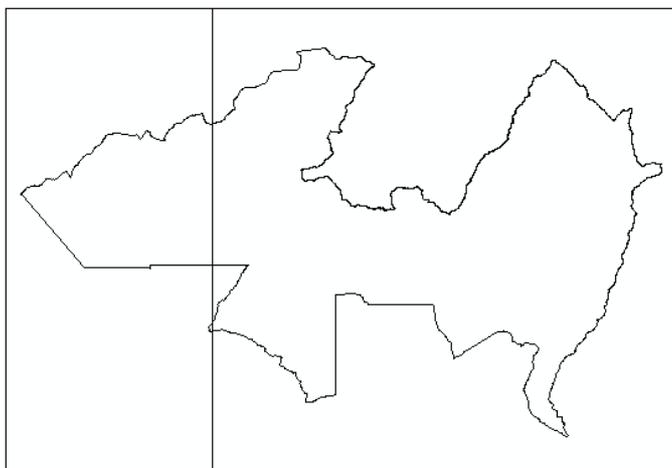
## 4.3.2 PREPROCESAMIENTO PARA IMÁGENES DE LANDSAT 8

### 4.3.2.1 PANSHARPENING

Como se tiene un conocimiento previo las imágenes originales tiene un tamaño de 30x30 m, es por ello que se recomienda mejorar la resolución, con el fin de reducir el tamaño de celda a 15x15m y que sea de mejorar visualización la imagen.

Para crear este proceso se hace uso de la herramienta **Pan-sharpening composit**, la cual recorta la zona de estudio, mediante polígonos que no deben superar los 40 km<sup>2</sup>, para este caso de estudio se realizó dos polígonos el primero de 40x40 y el segundo polígono de 40x17. Dando como resultado un abanico de bandas con menor pixel y mejor resolución espacial, y crea un nuevo metadato con las nuevas bandas.

**Figura 21.** Visualización de los polígonos para el área de estudio

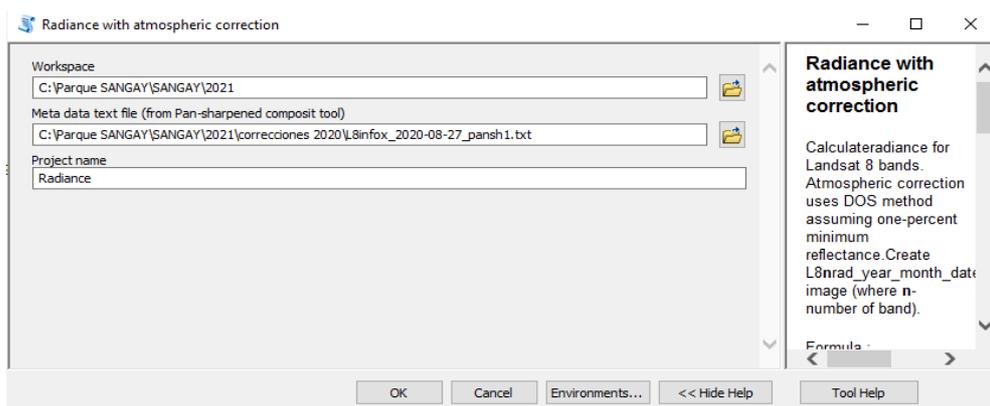


Fuente: Autor

#### 4.3.2.2 CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA

Como ya se explicó anteriormente este proceso consiste en convertir los valores de niveles digitales (ND) en valores de radiancia, esto se logra mediante a la herramienta presente en la caja de GEOBIA llamada Radiance with atmospheric correction, para el cual se necesita el metadato generado anteriormente.

**Figura 22.** Transformación de valores de ND a radiancia

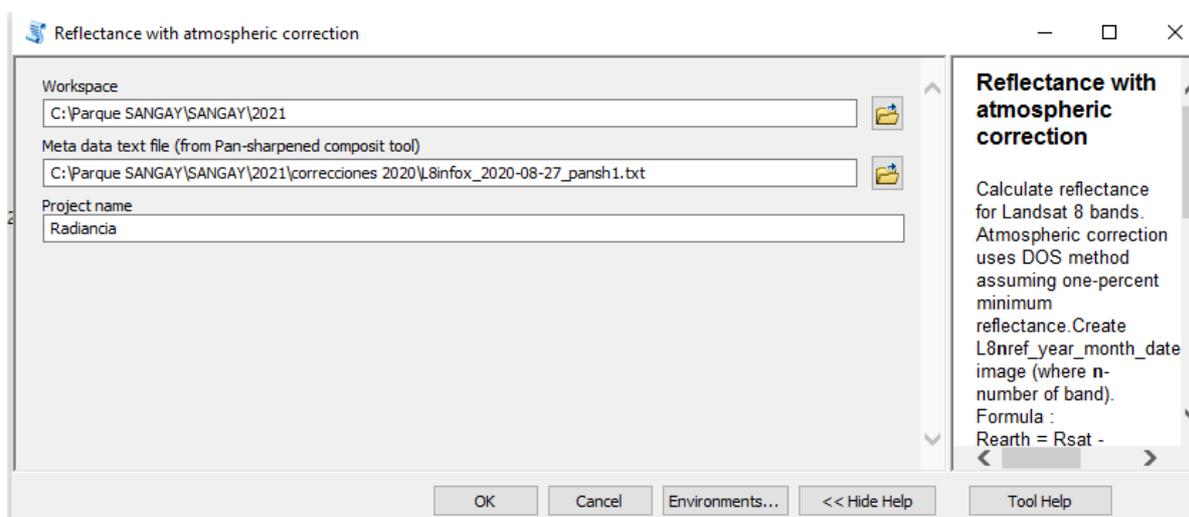


Fuente: Autor

### 4.3.2.3 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

Las distorsiones causadas por la atmosfera, son necesaria corregir con el fin de presentar una imagen más nítida; en este proceso se convierte los valores de radiancia en valores de reflectancia; esto se logra mediante la aplicación de la herramienta Reflectance with atmospheric correction.

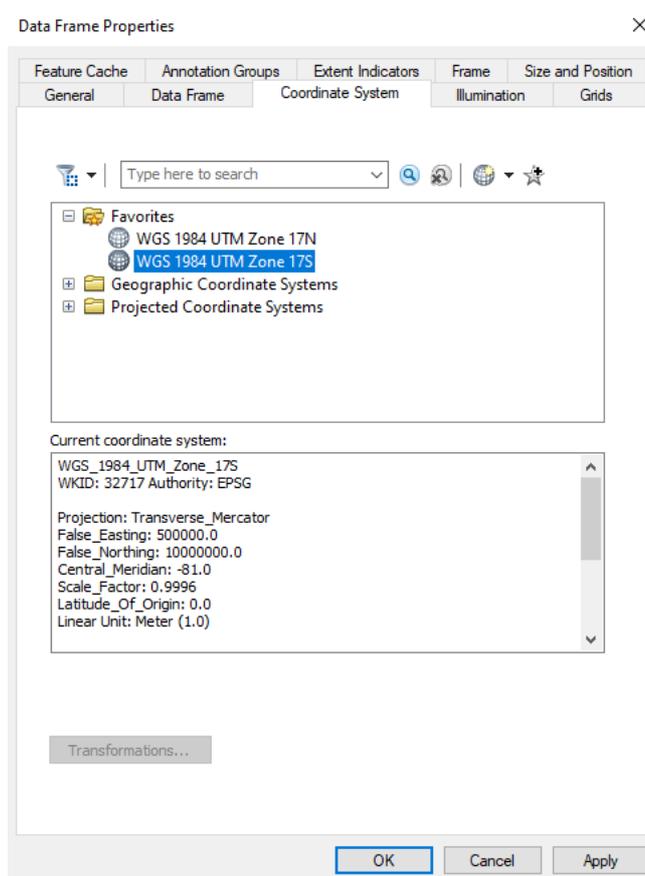
**Figura 23.** Convertir valores de radiancia a valores de reflectancia



Fuente: Autor

### 4.3.2.4 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

Este proceso consiste en aplicar coordenadas UTM al inicio de un nuevo proyecto, esto con el fin de que todas las carpetas se puedan combinar, las coordenadas utilizadas son WGS 1984 UTM Zone 17 S.

**Figura 24.** *Coordenadas del proyecto*

Fuente: Autor

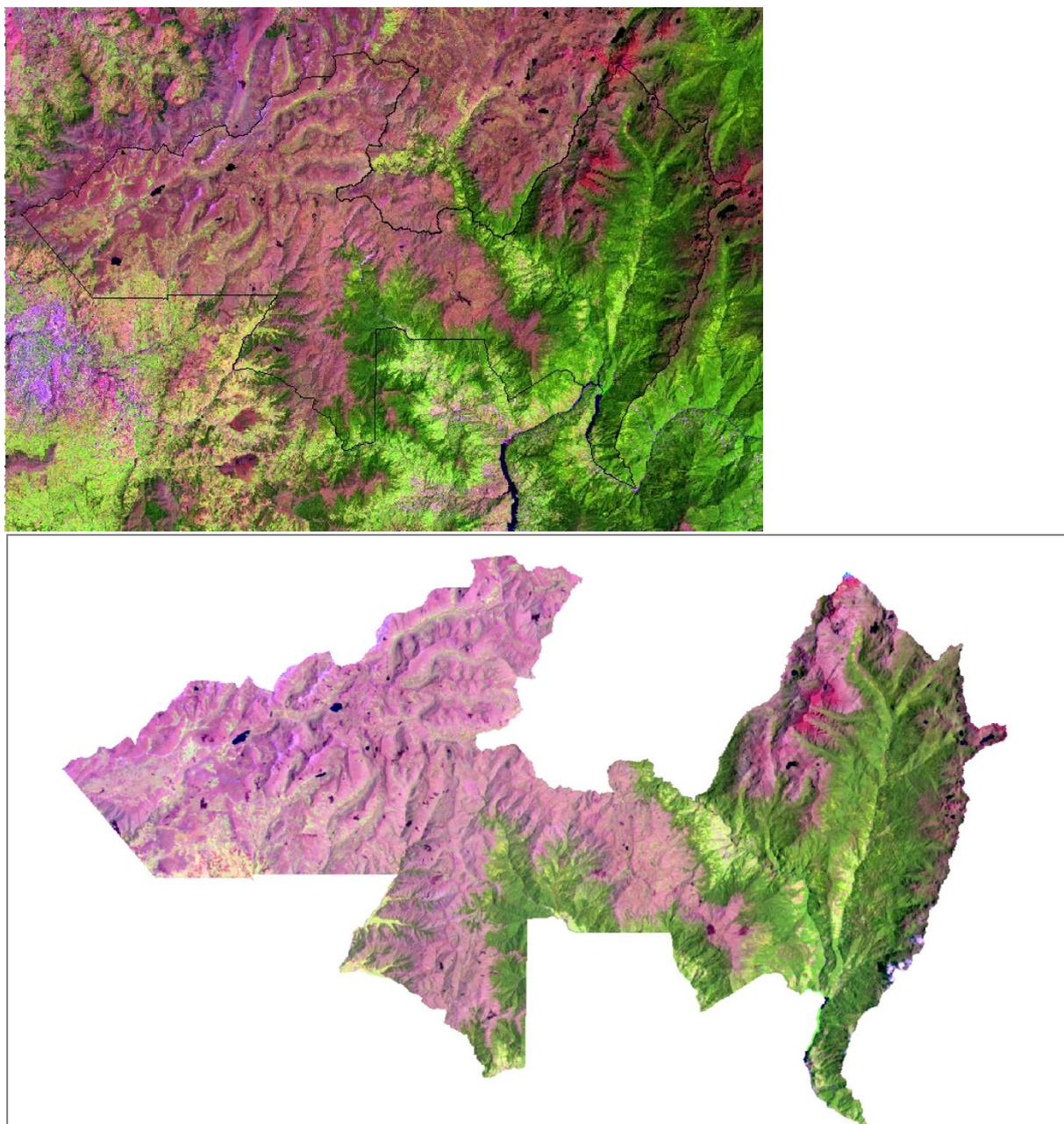
## 4.4 COMBINACIÓN DE BANDAS

La combinación de bandas multispectrales ayuda analizar diferentes fenómenos naturales o provocados, discrimina diferentes cubiertas vegetales, analiza el uso del suelo, masas de agua, etc.

La combinación realizada para este caso de estudio es el de análisis de vegetación que es la combinación de bandas (5,4,3) para Landsat 5 y 7; mientras que para Landsat 8 se combinan las bandas (6,5,4), en la cual la vegetación se presenta en tonos de verde, el suelo expuesto en tonos de rosado y los cuerpos de agua en tonos de negro y azul oscuro.

Este proceso se realiza en el programa ArcGIS, en la barra Windows se selecciona la herramienta Image Analysis y finalmente se combinan las bandas.

**Figura 25.** Análisis de vegetación, combinación de bandas 6,5,4



Fuente: Autor

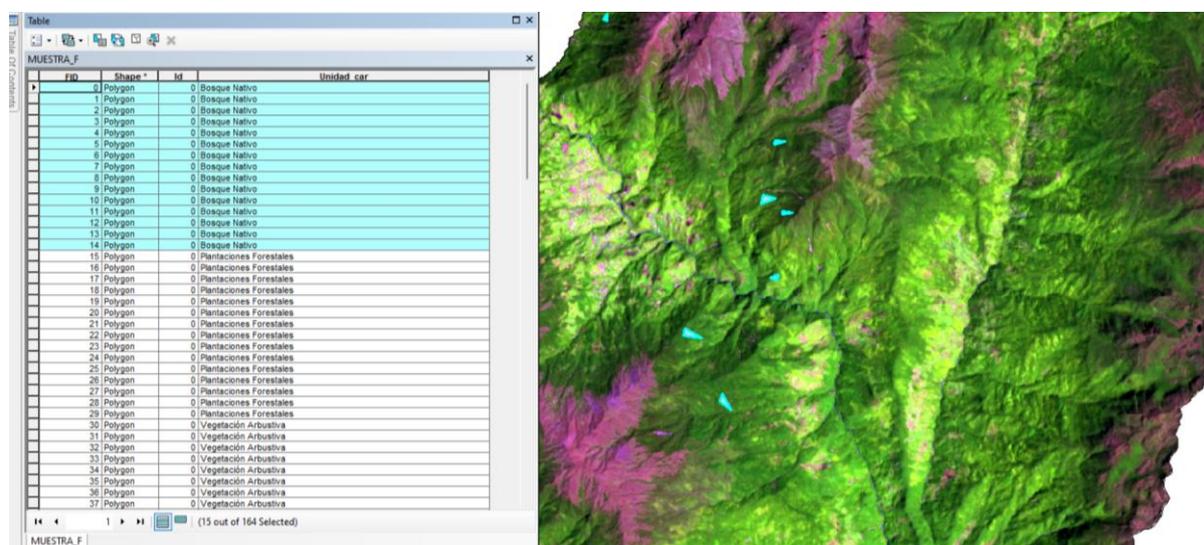
## 4.5 CREACIÓN DE POLÍGONOS O REGIONES DE INTERÉS (ROI)

Una vez se ha realizado la combinación de bandas respectivas, y considerando la metodología de clasificación supervisada, se establecen muestras determinadas por polígonos, las mismas

que se denominan regiones de interés o ROI; para ello es necesario conocer el área de estudio, y apoyándose con las salidas de campo, cartografía complementaria y georreferenciación de zonas específicas se logra generar información lo más apegada a la realidad.

Se procede con la creación de una nueva capa formato Shapefile a la misma que se le van generando polígonos con atributos que corresponden a cada tipo de cobertura vegetal en el territorio. Se crean un mínimo de 10 polígonos o muestras por clase de cobertura; en la tabla de atributos se crea un campo que contiene las clases a la misma que se le denomina “unidad cartografiable”

**Figura 26. Obtención de las regiones de Interés (ROI)**



Fuente: Autor

## 4.5.1 CLASES DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO.

Las regiones de interés fueron asignadas en el campo “Unidad Cartografiable” y corresponden a la cobertura vegetal y uso de la tierra que según la cartografía oficial del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica se consideran dos niveles; El primer nivel corresponde a las 6 clases definidas por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático); el segundo nivel corresponde a 16 clases que fueron acordadas a través de varios talleres por las entidades encargadas de la generación de información de cobertura de la

tierra: Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE).(MAATE, 2018) (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). En la tabla 12 se detallan.

**Tabla 12.** Clases de cobertura vegetal y uso de suelo

<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	<b>Definición Operativa</b>	<b>Fuente</b>
<b>Bosque</b>	Bosque Nativo	Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.	MAE (2016)
	Plantación Forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.	MAE (2011)
<b>Vegetación Arbustiva y Herbácea</b>	Vegetación Arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel.	MAE (2011)
	Páramo	Vegetación tropical altoandino caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.	MAGAP - IEE (2012)
	Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.	MAGAP - IEE (2012)
<b>Tierra Agropecuaria</b>	Cultivo Anual	Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.	MAGAP - IEE (2012)
	Cultivo Semipermanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años.	MAGAP - IEE (2012)

	Cultivo Permanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años, y ofrece durante este periodo varias cosechas.	MAGAP - IEE (2012)
Tierra Agropecuaria	Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que, para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.	MAGAP - IEE (2012)
	Mosaico Agropecuario (Asociación)	Son agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas entre sí y que no pueden ser individualizados; y excepcionalmente pueden estar asociadas con vegetación natural.	MAGAP - IEE (2012)
Cuerpo de Agua	Natural	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento.	MAGAP - IEE (2012)
	Artificial	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento asociadas con las actividades antrópicas y el manejo del recurso hídrico.	MAGAP - IEE (2012)
Zona Antrópica	Área Poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.	MAGAP - IEE (2012)
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	MAGAP - IEE (2012)
Otras Tierras	Área sin cobertura vegetal	Áreas generalmente desprovistas de vegetación, que, por sus limitaciones edáficas, climáticas, topográficas o antrópicas, no son aprovechadas para uso agropecuario o forestal, sin embargo, pueden tener otros usos.	MAGAP - IEE (2012)

	Glaciar	Nieve y hielo localizados en las cumbres de las elevaciones andinas.	MAGAP - IEE (2012)
<b>Sin Información</b>		Corresponde a áreas que no han podido ser mapeadas.	-----

**Fuente:** (MAATE, 2018)

Para el cumplimiento de los objetivos de nuestro estudio, conforme lo descrito, se determinó el uso de las siguientes clases para la cobertura vegetal y uso de suelo:

- a.- Bosque Nativo.
- b.- Plantaciones Forestales
- c.- Vegetación Arbustiva
- d.- Páramo
- e.- Vegetación Herbácea.
- f.- Tierra Agropecuaria
- g.- Cuerpo de Agua (Natural y Artificial), y
- h.- Área sin cobertura vegetal.

**Tabla 13.** Clases para la cobertura vegetal y uso de suelo.

<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	<b>Unidad Cartografiable</b>	<b>ID</b>
	Bosque Nativo	<b>Bosque Nativo</b>	<b>1</b>
<b>Bosques</b>	Plantaciones forestales	<b>Plantaciones forestales</b>	<b>2</b>
	Vegetación Arbustiva	<b>Vegetación Arbustiva</b>	<b>3</b>
<b>Vegetación Arbustiva y Herbácea</b>	Páramo	<b>Páramo</b>	<b>4</b>
	Vegetación Herbácea	<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>5</b>
<b>Tierra Agropecuaria</b>	Cultivo Anual, Cultivo Semipermanente, Cultivo Permanente, Pastizal, Mosaico Agropecuario (Asociación).	<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>6</b>
<b>Cuerpo de Agua</b>	Natural, Artificial	<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>7</b>
<b>Otras Tierras</b>	Área sin cobertura vegetal, Glaciar.	<b>Área sin cobertura vegetal.</b>	<b>8</b>

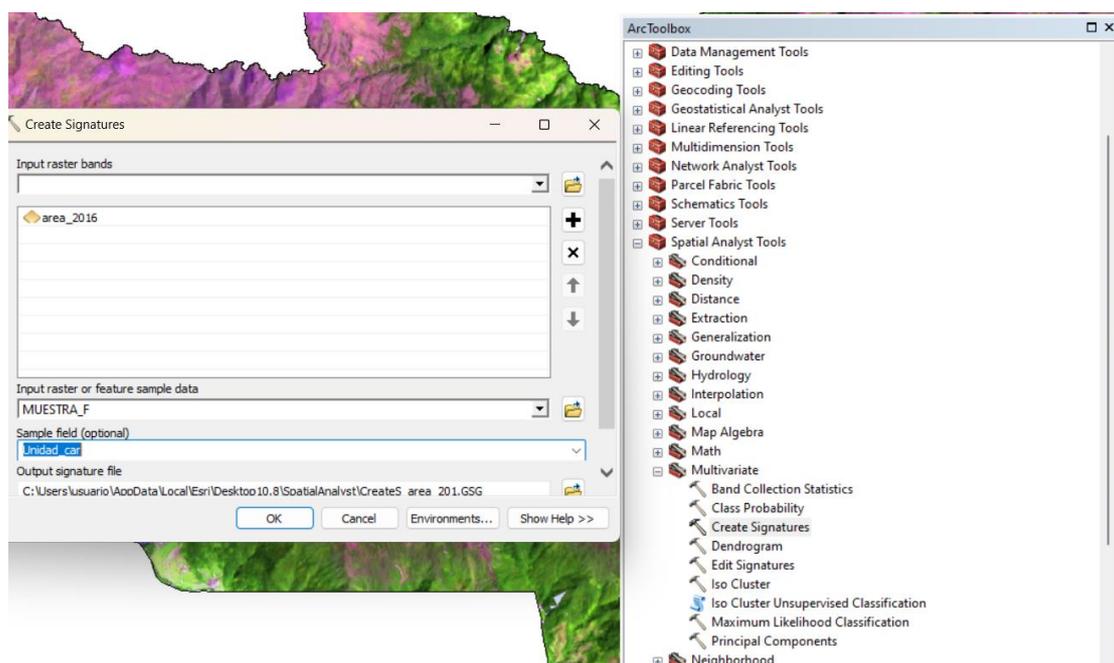
Fuente: Tomado de MAATE 2018

## 4.6 FIRMAS ESPECTRALES

El próximo paso en la metodología de la clasificación supervisada es crear un archivo en formato “gsg” a partir de la capa ráster con el corte del área de estudio y el archivo Shp que contiene las muestras o ROI.

En el software ArcMap, se despliega la caja de herramientas y en Spatial Analysis Tools se selecciona la opción Multivariate y finalmente Create Signature, este archivo se lo guarda para el siguiente proceso.

Figura 27. Obtención de firmas espectrales

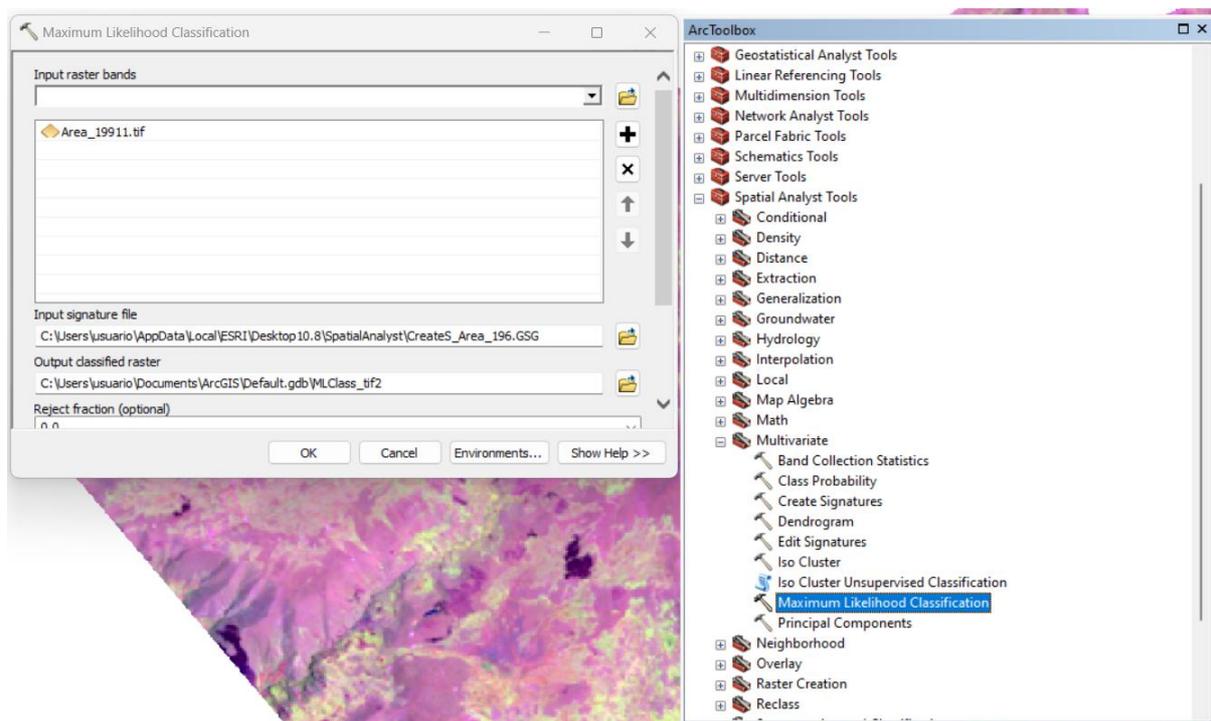


Fuente: Autor

## 4.7 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

Una vez creado el archivo de firmas espectrales se procede con la clasificación supervisada con la utilización de la herramienta **Maximum likelihood classification** en ArcMap, de la siguiente manera: **Spatial Analyst Tools - Multivariate - Maximum likelihood classification**, como se muestra en el Figura 28.

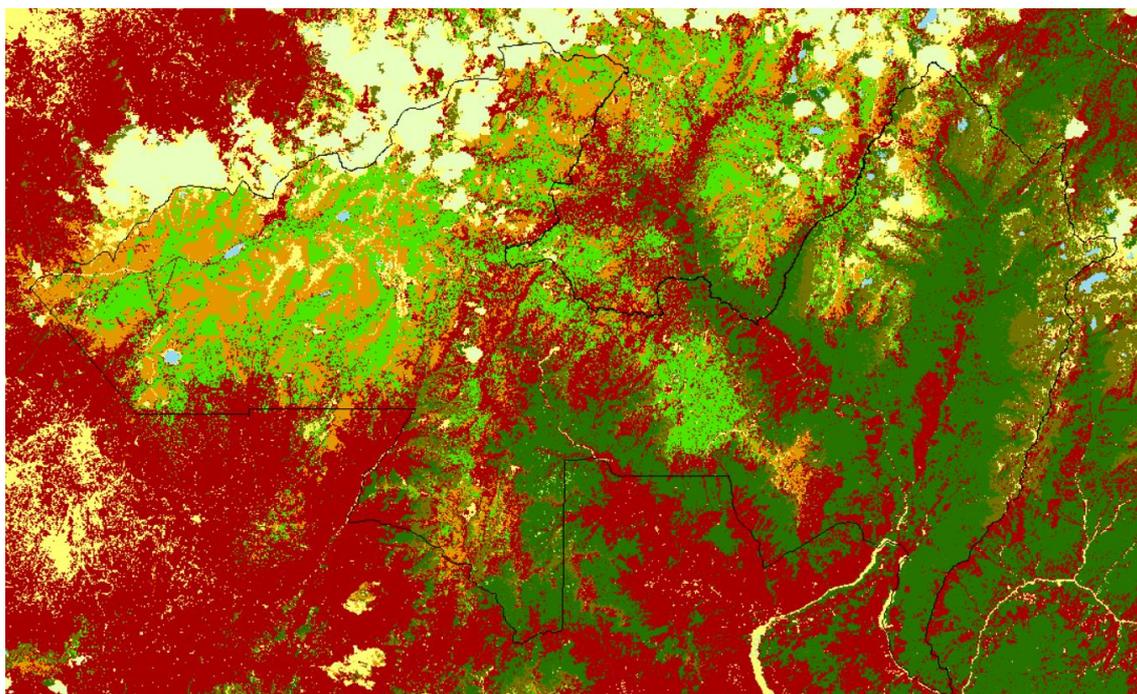
Figura 28. Proceso de clasificación supervisada en Arc Map



Fuente: Autor

Una vez se obtiene una capa ráster producto de la clasificación supervisada que contiene 8 clases de cobertura vegetal y uso de la tierra se procede con el trabajo de depuración de la misma con el fin de conseguir un archivo más limpio.

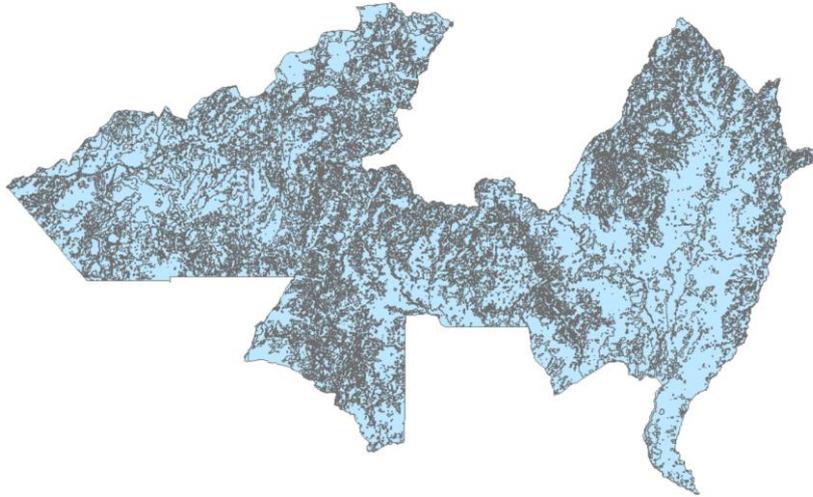
**Figura 29.** Archivo ráster obtenido de la clasificación supervisada



Fuente: Autor

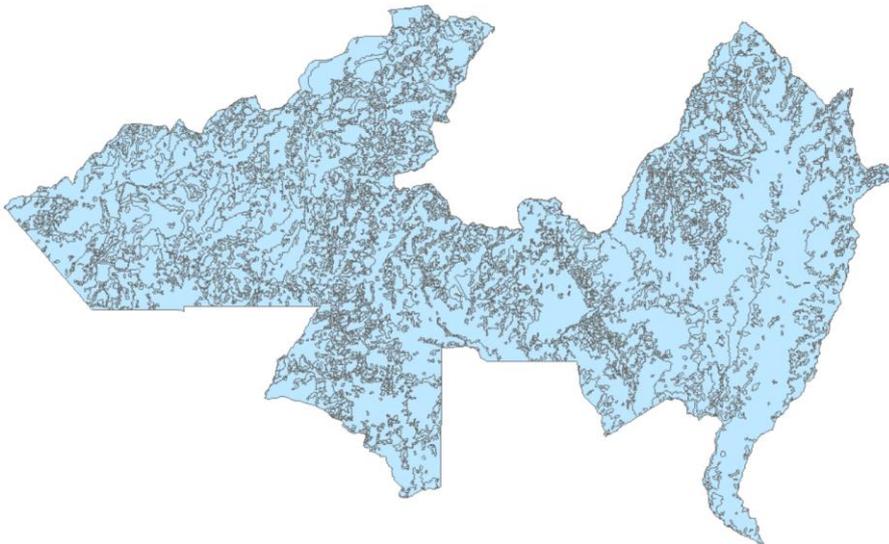
El archivo que se obtiene de la clasificación supervisada se convierte en vector (**shapefile**), al mismo que en su tabla de atributos se crea un campo que contenga el área de cada clase; posteriormente se le aplica un filtro con la utilización de la herramienta **eliminate**, de la siguiente manera: data **management tools – generalization – Eliminate**; de esta manera se define la unidad mínima cartografiada y se eliminan los polígonos menores e igual a una hectárea.

**Figura 30.** *Imagen sin filtro*



Fuente: Autor

**Figura 31.** *Imagen con filtro*

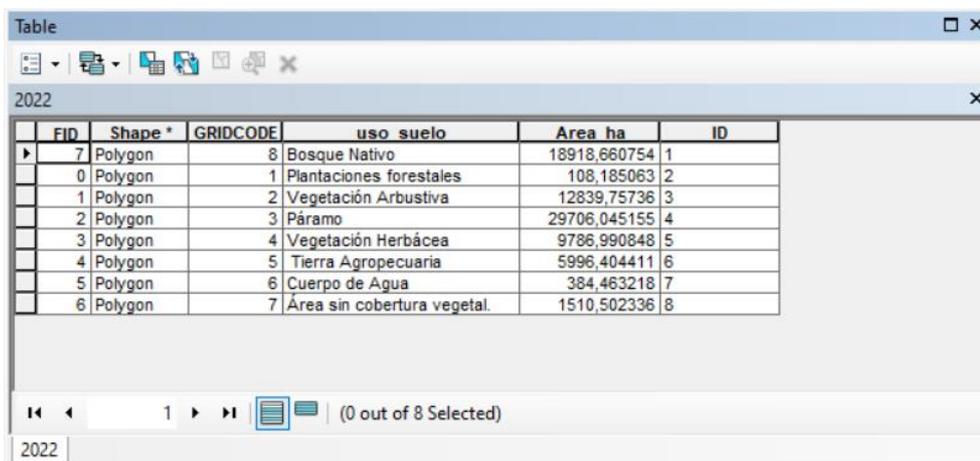


Fuente: Autor

El último proceso que se aplica para obtener un archivo vectorial con un valor específico de área representado en hectáreas para cada clase de uso de suelo es agrupar cada polígono considerando la unidad cartografiable establecida o el código que representa la misma; esto

se genera con la utilización de la herramienta **Dissolve**, y de esta manera se obtiene el mapa final.

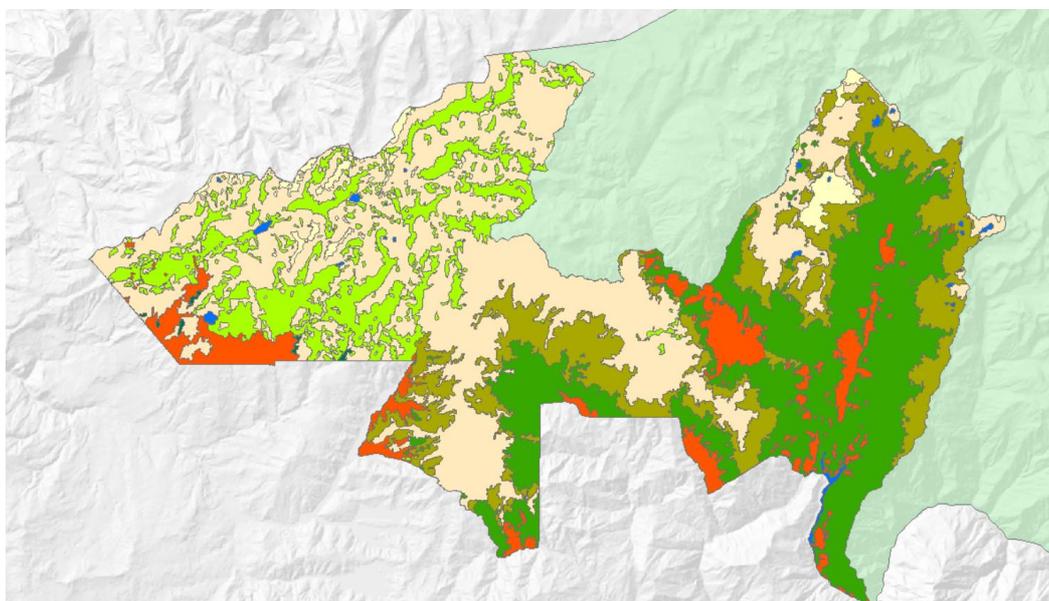
**Figura 32.** Tabla de atributos aplicado herramienta dissolve



FID	Shape *	GRIDCODE	uso suelo	Area ha	ID
7	Polygon	8	Bosque Nativo	18918,660754	1
0	Polygon	1	Plantaciones forestales	108,185063	2
1	Polygon	2	Vegetación Arbustiva	12839,75736	3
2	Polygon	3	Páramo	29706,045155	4
3	Polygon	4	Vegetación Herbácea	9786,990848	5
4	Polygon	5	Tierra Agropecuaria	5996,404411	6
5	Polygon	6	Cuerpo de Agua	384,463218	7
6	Polygon	7	Área sin cobertura vegetal.	1510,502336	8

Fuente: Autor

**Figura 33.** Mapa final



Fuente: Autor

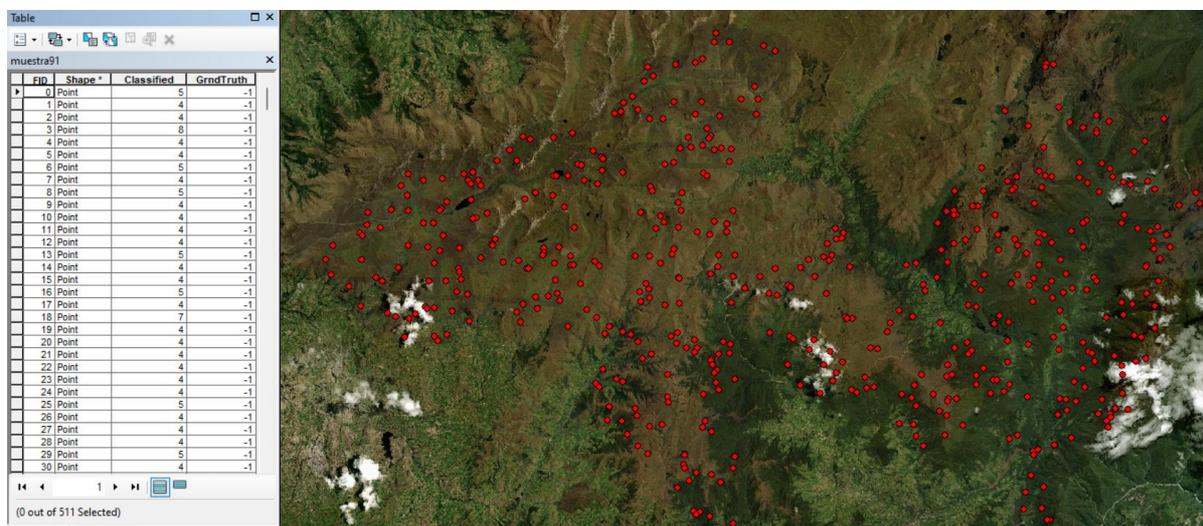
## 4.8 VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la validación de la información obtenida a partir de las imágenes satelitales y todos sus procesos ejecutados, así como de la clasificación supervisada con la obtención de un archivo vectorial con atributos de cobertura vegetal y usos de suelo se dan a través de dos procesos: Matriz de Confusión e Índice Kappa

### 4.8.1 MATRIZ DE CONFUSIÓN

Para la evaluación efectiva de los datos obtenidos con la clasificación supervisada, se realizó el proceso para el cálculo de la matriz de confusión e índice Kappa; para lo cual se utilizó la herramienta de ArcMap: **Create Accuracy assessment points**, a través de la cual se generaron 500 puntos aleatorios que nos permitieron evaluar la efectividad de la clasificación supervisada, se tomó como referencia la información levantada en las salidas de campo, información oficial y validada por el MAATE e imágenes satelitales.

**Figura 34.** Muestras aleatorias de la clasificación supervisada



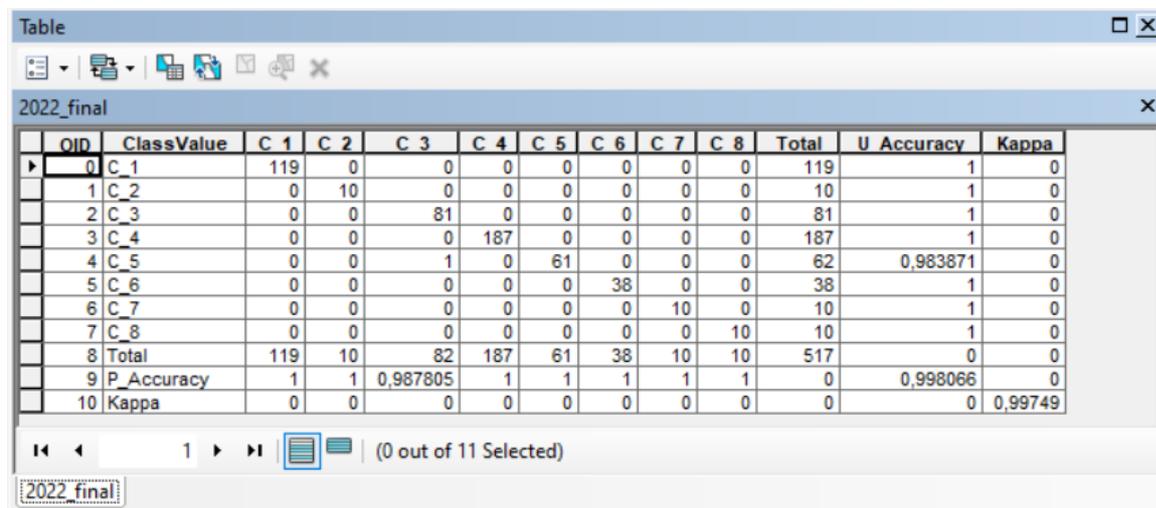
FID	Shape *	Classified	GrndTruth
0	Point	5	-1
1	Point	4	-1
2	Point	4	-1
3	Point	8	-1
4	Point	4	-1
5	Point	4	-1
6	Point	5	-1
7	Point	4	-1
8	Point	5	-1
9	Point	4	-1
10	Point	4	-1
11	Point	4	-1
12	Point	4	-1
13	Point	5	-1
14	Point	4	-1
15	Point	4	-1
16	Point	5	-1
17	Point	4	-1
18	Point	7	-1
19	Point	4	-1
20	Point	4	-1
21	Point	4	-1
22	Point	4	-1
23	Point	4	-1
24	Point	4	-1
25	Point	5	-1
26	Point	4	-1
27	Point	4	-1
28	Point	4	-1
29	Point	5	-1
30	Point	4	-1

Fuente: Autor

Posteriormente Se utilizó la herramienta de ArcMap: **Spatial Analyst Tools – Segmentation and Classification – Compute Confusion Matrix**, la misma que usa la información generada

de los puntos de evaluación o precisión, y se obtiene una matriz de confusión para cada año evaluado, es decir para 1991, 1998, 2004, 2010, 2016 y 2022.

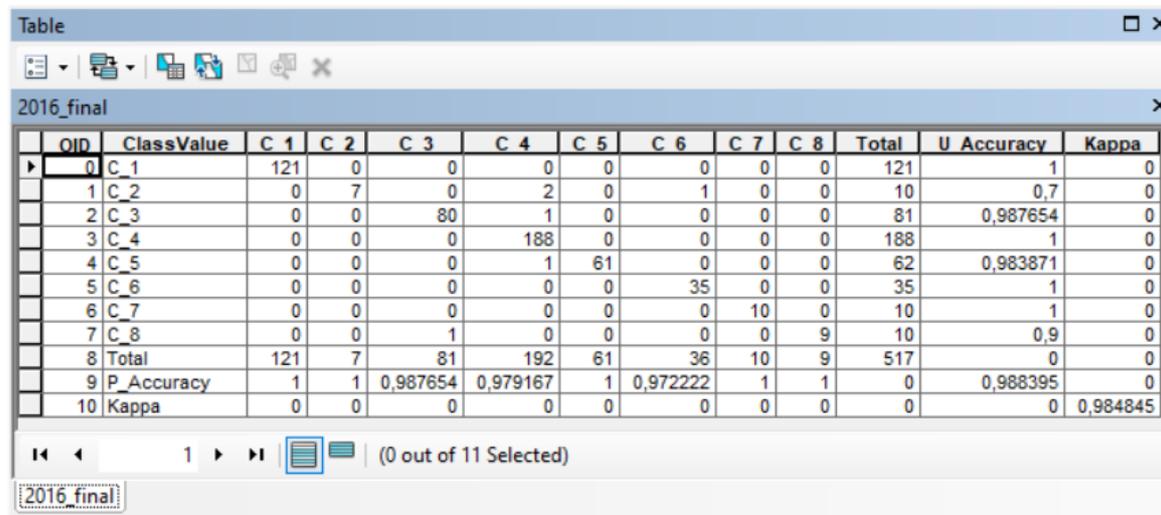
**Figura 35. Matriz de confusión generada año 2022**



OID	ClassValue	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	Total	U Accuracy	Kappa
0	C_1	119	0	0	0	0	0	0	0	119	1	0
1	C_2	0	10	0	0	0	0	0	0	10	1	0
2	C_3	0	0	81	0	0	0	0	0	81	1	0
3	C_4	0	0	0	187	0	0	0	0	187	1	0
4	C_5	0	0	1	0	61	0	0	0	62	0,983871	0
5	C_6	0	0	0	0	0	38	0	0	38	1	0
6	C_7	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0
7	C_8	0	0	0	0	0	0	0	10	10	1	0
8	Total	119	10	82	187	61	38	10	10	517	0	0
9	P_Accuracy	1	1	0,987805	1	1	1	1	1	0	0,998066	0
10	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,99749

Fuente: Autor

**Figura 36. Matriz de confusión generada año 2016**



OID	ClassValue	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	Total	U Accuracy	Kappa
0	C_1	121	0	0	0	0	0	0	0	121	1	0
1	C_2	0	7	0	2	0	1	0	0	10	0,7	0
2	C_3	0	0	80	1	0	0	0	0	81	0,987654	0
3	C_4	0	0	0	188	0	0	0	0	188	1	0
4	C_5	0	0	0	1	61	0	0	0	62	0,983871	0
5	C_6	0	0	0	0	0	35	0	0	35	1	0
6	C_7	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0
7	C_8	0	0	1	0	0	0	0	9	10	0,9	0
8	Total	121	7	81	192	61	36	10	9	517	0	0
9	P_Accuracy	1	1	0,987654	0,979167	1	0,972222	1	1	0	0,988395	0
10	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,984845

Fuente: Autor

**Figura 37. Matriz de confusión generada año 2010**

OID	ClassValue	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	Total	U Accuracy	Kappa
0	C_1	120	0	1	0	0	1	0	0	122	0,983607	0
1	C_2	0	9	1	0	0	0	0	0	10	0,9	0
2	C_3	0	0	79	1	0	1	0	0	81	0,975309	0
3	C_4	0	0	0	188	0	0	0	0	188	1	0
4	C_5	0	0	0	0	62	0	0	0	62	1	0
5	C_6	1	0	0	0	0	33	0	0	34	0,970588	0
6	C_7	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0
7	C_8	0	0	0	0	0	0	0	10	10	1	0
8	Total	121	9	81	189	62	35	10	10	517	0	0
9	P_Accuracy	0,991736	1	0,975309	0,994709	1	0,942857	1	1	0	0,988395	0
10	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,984876

**Figura 38. Matriz de confusión generada año 2004**

OID	ClassValue	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	Total	U Accuracy	Kappa
0	C_1	7	0	2	0	1	0	0	0	10	0,7	0
1	C_2	0	80	1	0	0	0	0	0	81	0,987654	0
2	C_3	0	0	188	0	0	0	0	0	188	1	0
3	C_4	0	0	0	63	0	0	0	0	63	1	0
4	C_5	0	0	0	0	33	0	0	0	33	1	0
5	C_6	0	0	0	0	0	10	0	0	10	1	0
6	C_7	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0
7	C_8	0	0	0	0	0	0	0	122	122	1	0
8	Total	7	80	191	63	34	10	10	122	517	0	0
9	P_Accuracy	1	1	0,984293	1	0,970588	1	1	1	0	0,992263	0
10	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,989895

Fuente: Autor

**Figura 39. Matriz de confusión generada año 1998**

OID	ClassValue	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	Total	U Accuracy	Kappa
0	C_1	121	0	0	0	0	0	0	0	121	1	0
1	C_2	0	8	0	2	0	0	0	0	10	0,8	0
2	C_3	0	0	63	0	0	0	0	0	63	1	0
3	C_4	0	0	0	213	0	0	0	0	213	1	0
4	C_5	0	0	0	1	58	0	0	0	59	0,983051	0
5	C_6	0	0	0	1	0	32	0	0	33	0,969697	0
6	C_7	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0
7	C_8	0	0	0	0	0	0	0	10	10	1	0
8	Total	121	8	63	217	58	32	10	10	519	0	0
9	P_Accuracy	1	1	1	0,981567	1	1	1	1	0	0,992293	0
10	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,989608

Fuente: Autor

Figura 40. Matriz de confusión generada año 1991

OID	ClassValue	C 1	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	Total	U Accuracy	Kappa
0	C_1	121	0	0	0	1	0	0	122	0,991803	0
1	C_3	0	61	1	0	0	0	0	62	0,983871	0
2	C_4	0	0	218	0	0	0	1	219	0,995434	0
3	C_5	0	0	1	58	0	0	0	59	0,983051	0
4	C_6	0	0	0	0	29	0	0	29	1	0
5	C_7	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0
6	C_8	0	0	0	0	0	0	10	10	1	0
7	Total	121	61	220	58	30	10	11	511	0	0
8	P_Accuracy	1	1	0,990909	1	0,966667	1	0,909091	0	0,992172	0
9	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,989236

Fuente: Autor

### 4.8.2 ÍNDICE KAPPA

Una vez se verificó en los sitios de fácil acceso en el territorio del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar; y con la utilización de las herramientas de ArcMap en donde se obtuvieron 500 puntos. Este método corrige al azar en base a la concordancia observada de puntos aleatorios asignándoles una clase de referencia. (Quezada et al., 2022)

$$Kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

Donde:

$P_0 =$  Concordancia observada

$P_e =$  Concordancia esperada por azar

$1 - P_e =$  Máxima concordancia definida por el índice Kappa

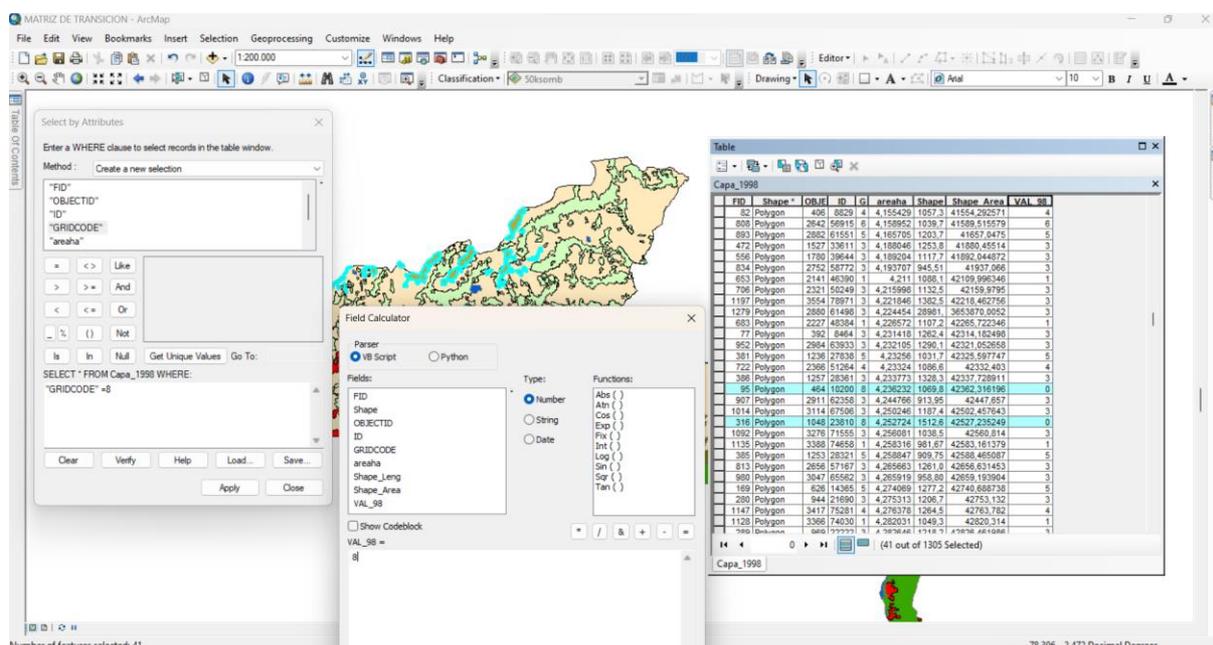
Los valores de concordancia del coeficiente kappa se ubican en un intervalo de [0,00 - 1], siendo 0 mínima fuerza de acuerdo y 1 casi perfecta, (Quezada et al., 2022); en este estudio se logró obtener un valor de concordancia cercanos a 1

### 4.8.3 MATRIZ DE TRANSICIÓN

El próximo paso que permite figurar los cambios de las diferentes coberturas de uso de suelo que se obtuvieron en procesos anteriores es la matriz de transición, para ello haciendo uso del software ArcMap y de la herramienta *“Intersect”* se realiza una intersección de las

coberturas de interés; para esta intersección se deben tomar en cuenta los valores ya establecidos, es decir el periodo inicial debe contener en una nueva columna creada en su tabla de atributos los valores 10, 20 , 30, 40, 50, 60, 70, 80 y el periodo final los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, como se muestra en la figura 41; esto nos permitirá conocer posteriormente si hubo transición o se mantuvieron los valores de las coberturas de uso de suelo.

**Figura 41.** Asignación de valores en la tabla de atributos previo al proceso de intersección en ArcMap. (periodo 1991 – 1998)



Fuente: Autor

Para este estudio se consideran los siguientes periodos:

- ✓ 1991 – 1998,
- ✓ 1998 – 2004,
- ✓ 2004 – 2010,
- ✓ 2010 – 2016,
- ✓ 2016 – 2022,
- ✓ 1991 – 2022.

En la Matriz de transición o de cambio se debe considerar como muestra la tabla 14.

**Tabla 14.** Estructura de la matriz de transición para el año 1991 – 1998

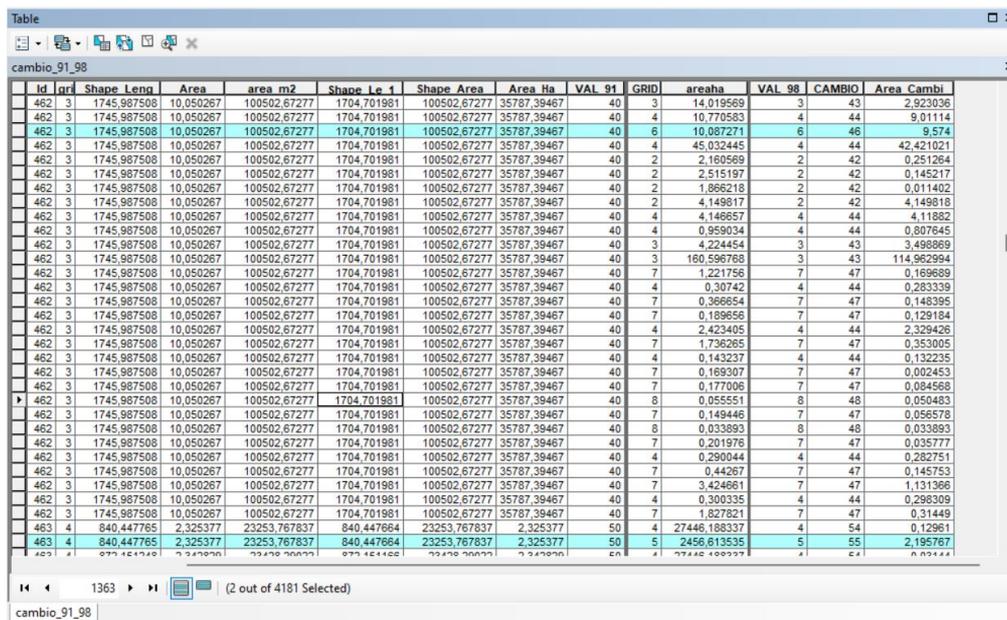
Matriz de transición del periodo 1991 - 1998			Año 1998							
			Bosque e Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.
			1	2	3	4	5	6	7	8
Año 1991	Bosque Nativo	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Plantaciones forestales	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	Vegetación Arbustiva	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	Páramo	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	Vegetación Herbácea	50	51	52	53	54	55	56	57	58
	Tierra Agropecuaria	60	61	62	63	64	65	66	67	68

	<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	71	72	73	74	75	76	<b>77</b>	78
	<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	81	82	83	84	85	86	87	<b>88</b>

Fuente: Autor

Con la estructura de la matriz de transición definida, utilizando el software ArcMap se procede con la edición de la tabla de atributos de la cobertura generada a partir de la intersección entre los diferentes periodos de estudio; esta edición consta en agregar varias columnas, primero se agrega la columna que refleje el cambio, es decir nos indica si hubo o no transición y se obtiene de las suma de los valores establecidos en la matriz de transición para cada periodo, por ejemplo en la figura 42, se observa valores en la campo Cambio con el numero 55 lo que indica que no hubo cambio y se mantiene como Vegetación Herbácea, de igual manera se observan valores como 46 lo que indica que hubo transición de la cobertura de Páramo a Tierra Agropecuaria; así mismo se agrega una columna para el cálculo de las áreas en hectáreas que representa el área de cambio de cada transición y finalmente se agrega columnas para el porcentaje y cambio 2.

**Figura 42.** Tabla de atributos que representa matriz de transición en ArcMap



Id	Grp	Shape Leng	Area	area m2	Shape Le 1	Shape Area	Area Ha	VAL 91	GRID	areaha	VAL 98	CAMBIO	Area Cambi
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	3	14,019569	3	43	2,923036
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	10,770583	4	44	9,011114
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	6	10,087271	6	46	9,574
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	45,032445	4	44	42,421021
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	2	2,160569	2	42	0,251264
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	2	2,515197	2	42	0,145217
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	2	1,866218	2	42	0,011402
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	2	4,149818	2	42	4,149818
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	4,146657	4	44	4,11882
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	0,959034	4	44	0,807645
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	3	4,224454	3	43	3,498869
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	3	160,596768	3	43	114,962994
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	1,221756	7	47	0,169689
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	0,30742	4	44	0,283339
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,366654	7	47	0,148395
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,189656	7	47	0,129184
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	2,423405	4	44	2,329426
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	1,736265	7	47	0,353005
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	0,143237	4	44	0,132235
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,169307	7	47	0,002453
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,177086	7	47	0,004568
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	8	0,055551	8	48	0,050483
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,149446	7	47	0,056578
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	8	0,033893	8	48	0,033893
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,201976	7	47	0,035777
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	0,290044	4	44	0,282751
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	0,44267	7	47	0,145753
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	3,424661	7	47	1,131366
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	4	0,300335	4	44	0,296309
462	3	1745,987508	10,050267	100502,67277	1704,701981	100502,67277	35787,39467	40	7	1,827821	7	47	0,314449
463	4	840,447765	2,325377	23253,767837	840,447684	23253,767837	2,325377	50	4	27446,188337	4	54	0,12961
463	4	840,447765	2,325377	23253,767837	840,447684	23253,767837	2,325377	50	5	2456,613535	5	55	2,195767

Finalmente se aplica la herramienta **Dissolve** de ArcMap con la que se obtendrá la tabla con los valores de coberturas de uso de suelo, índice de cambio, área y porcentajes.

**Figura 43.** Tabla de atributos de porcentajes y indicador de cambio

FID	Shape *	OBJE	CAMBIO	SUM Area C	percentage	cambio 2
0	Polygon	1	11	16483,437987	20,803961	1
1	Polygon	2	13	1598,863877	2,017947	2
2	Polygon	3	14	203,7158	0,257112	2
3	Polygon	4	15	0,000332	0	2
4	Polygon	5	16	1316,550147	1,661635	2
5	Polygon	6	17	54,803228	0,069168	2
6	Polygon	7	18	12,847562	0,016215	2
7	Polygon	8	31	2039,83293	2,5745	2
8	Polygon	9	32	16,750442	0,021141	2
9	Polygon	10	33	5488,365345	6,926937	1
10	Polygon	11	34	769,974858	0,971795	2
11	Polygon	12	35	42,169282	0,053222	2
12	Polygon	13	36	231,983296	0,292789	2
13	Polygon	14	37	2,762167	0,003486	2
14	Polygon	15	38	10,046953	0,01268	2
15	Polygon	16	41	268,996449	0,339504	2
16	Polygon	17	42	199,39218	0,251655	2
17	Polygon	18	43	2719,097129	3,431808	2
18	Polygon	19	44	32236,483545	40,686085	1
19	Polygon	20	45	5723,673881	7,223923	2
20	Polygon	21	46	369,242307	0,466026	2
21	Polygon	22	47	120,25742	0,151778	2
22	Polygon	23	48	555,459336	0,701052	2
23	Polygon	24	51	4,022245	0,005077	2
24	Polygon	25	52	0,353763	0,000446	2
25	Polygon	26	53	35,342872	0,044607	2
26	Polygon	27	54	320,95769	0,405085	2
27	Polygon	28	55	3511,404423	4,431789	1
28	Polygon	29	56	127,724459	0,161203	2
29	Polygon	30	57	2,588546	0,003267	2
30	Polygon	31	58	0,903534	0,00114	2
31	Polygon	32	61	345,870954	0,436528	2
32	Polygon	33	62	6,439506	0,008127	2
33	Polygon	34	63	80,06371	0,101049	2
34	Polygon	35	64	46,158383	0,058257	2
35	Polygon	36	65	7,977505	0,010069	2
36	Polygon	37	66	3112,949535	3,928894	1
37	Polygon	38	67	4,827401	0,006093	2
38	Polygon	39	71	5,675491	0,007163	2
39	Polygon	40	73	9,161915	0,011563	2
40	Polygon	41	74	11,134012	0,014052	2
41	Polygon	42	75	2,468882	0,003116	2
42	Polygon	43	76	2,941841	0,003713	2
43	Polygon	44	77	253,153818	0,319509	1
44	Polygon	45	78	0,056969	0,000072	2
45	Polygon	46	81	13,677337	0,017262	2
46	Polygon	47	83	5,819913	0,007345	2
47	Polygon	48	84	142,842607	0,180284	2
48	Polygon	49	85	13,793568	0,017409	2
49	Polygon	50	86	4,817977	0,006081	2
50	Polygon	51	87	2,179284	0,002741	2

Fuente: Autor

Finalmente este proceso realizado a través de las diferentes herramientas de los softwares de Sistemas de Información Geográfica, como las matrices de confusión y transición, dieron lugar a la obtención de los recursos necesarios que nos permiten representar mapas temáticos de cobertura vegetal y uso de suelo, identificando zonas que han conservado a través del tiempo y no registran transición, y de la misma manera zonas que han sufrido variación; partiendo del análisis de estos datos y con la información levantada y generada se pueden identificar también zonas de mayor vulnerabilidad ambiental dadas principalmente por el factor antrópico.

## 4.9 RELACIÓN DE LA PRESIÓN ANTRÓPICA QUE SE EJERCE EN LAS ZONAS IDENTIFICADAS CON VARIACIÓN DE COBERTURA VEGETAL O USO DE SUELO

Con los resultados obtenidos se conocen las zonas que registran variación de sus áreas de uso de suelo y cobertura vegetal; y, al existir asentamientos humanos y tenencia de tierra privada y comunitaria dentro del Parque Nacional Sangay en la Provincia de Cañar se puede concatenar la incidencia de estos cambios con la presencia antrópica dentro del área protegida.

## 4.10 CLASIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS PRESENTES CONSIDERANDO SU COMPOSICIÓN VEGETAL

Para la clasificación de ecosistemas se considera únicamente la composición vegetal de las coberturas obtenidas, es decir, apegándonos a los establecido en el Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental del Ministerio del ambiente, Agua y transición Ecológica el único criterio tomado en cuenta es su fisonomía, que define la estructura y fisonomía de la vegetación como bosque, arbustal y herbazal.

Se utilizó las herramientas de ArcGis, para que a partir de la cobertura de uso de suelo del año 2022 se edite su tabla de atributos y se asigne datos tipo texto para cada ecosistema.

## 4.11 VULNERABILIDAD AMBIENTAL COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN ÁREAS PROTEGIDAS

La vulnerabilidad ambiental según (Liao et al. 2013). Hace referencia a las características funcionales y estructurales, que pueden llegar a ser afectadas por la exposición a diversos disturbios, provocados en su mayoría por factores antrópicos, y los cuales generalmente

causan modificaciones en algunos de los componentes del ecosistema, afectando su funcionamiento y equilibrio. (Ramirez Gómez, 2022)

Cada caso de estudio presenta sus propias particularidades según (Ramirez Gómez, 2022) la vulnerabilidad deber estar enfocada en identificar tres componentes principales: sensibilidad, exposición, resiliencia.

- **Sensibilidad:** Refleja las características o componentes propios del ecosistema que tienen potencial para ser afectados por una presión determinada (Liao et al. 2013). Es decir, incluye los factores de estrés de los componentes del ecosistema en su parte estructural, funcional o de relaciones tróficas (Malekmohammadi & Jahanishakib 2017). (Ramirez Gómez, 2022)

- **Exposición:** Se asocia a indicadores que reflejan los posibles disturbios, así como las características propias del entorno que pueden generar un impacto directo al ecosistema. (Liao et al. 2013). Los factores antrópicos ayudan a identificar la exposición del ecosistema, así como el cálculo de variables relacionadas con actividades económicas y sociales (Moizo Marrubio 2004). (Ramirez Gómez, 2022)

- **Resiliencia:** Factores que reflejan la capacidad de resiliencia, así como las acciones que se toman para conservar el ecosistema (Omann et al. 2009); estos factores en su mayoría están asociados a zonas de protección y conservación, debido a que dichas zonas no se han intervenido y no se ha alterado la estructura y funciones propias del sistema (IDEAM 2012). (Ramirez Gómez, 2022)

En el presente estudio al realizarse dentro de una área protegida, definida y reconocida como tal por su riqueza ecosistémica que a sus vez tiende a presentar cierto grado de sensibilidad por su fácil tendencia a la degradación y pérdida, y al mismo tiempo asentada sobre territorios reconocidos como de propiedad comunitaria y privada, inclusive con comunidades que habitan dentro de la misma tiende a sufrir una exposición significativa de presión antrópica; por lo que se ha considerado a estas zonas donde se registran presencia humana como vulnerables a posibles alteraciones como cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal nativa.

Se consideraron 3 criterios para generar un mapa de vulnerabilidad ambiental por la presión antrópica en el Parque nacional Sangay en la provincia de Cañar: uso de suelo para el año 2022, centros poblados y la vialidad; se establecieron dos condiciones, Vulnerable y no vulnerable.

**Tabla 15.** Tabla Ponderación de criterios de vulnerabilidad.

Condición	Valor ponderado
Vulnerable	0
No vulnerable	1

Fuente: Autor

- **Criterio de uso de suelo**

Se considera el criterio de uso de suelo para el año 2022 como las coberturas que están expuestas a las diferentes presiones, es decir son susceptibles a cambios o pérdida ; para el análisis de vulnerabilidad se contemplan los siguientes factores:

**Tabla 16.** Criterio de uso de suelo

Cobertura	Valor	Detalle
Bosque Nativo	0	Cobertura Sensible y expuesta a asentamientos humanos y vías
Plantaciones forestales	0	Cobertura Sensible y expuesta a asentamientos humanos y vías; Susceptible a explotación forestal
Vegetación Arbustiva	0	Cobertura Sensible y expuesta a asentamientos humanos y vías
Páramo	0	Cobertura Sensible y expuesta a asentamientos humanos y vías
Vegetación Herbácea	0	Cobertura Sensible y expuesta en menor distancia a asentamientos humanos
Tierra Agropecuaria	1	Cobertura no sensible

Cuerpo de Agua	1	Cobertura no sensible
Área sin cobertura vegetal	1	Cobertura no sensible

Fuente: Autor

- **Criterio centros poblados**

Los centros poblados y la presencia humana se considera la principal amenaza que ejerce presión sobre las áreas naturales y tienden a generar cambio de uso de suelo, para este análisis se plantea las distancias desde los asentamientos humanos hacia las zonas con diferentes coberturas en el área natural.

**Tabla 17.** Criterio de centros poblados

Amenaza	Valor	Distancia	Detalle
<b>Centro Poblado</b>	<b>0</b>	0 a 2000 metros	Distancia desde el centro poblado, amenaza directa.
<b>Centro Poblado</b>	<b>1</b>	Mayor a 2000 metros	Distancia desde el centro poblado, mayor distancia se reduce la amenaza

Fuente: Autor

- **Criterio de vialidad**

La red vial presente dentro o cerca del Área protegida representa algún grado de amenaza considerando la presencia humana y la presión que podría ejercer la misma; estas vías permiten el ingreso y comunicación entre las diferentes comunidades, y así facilitan las actividades económicas que se desarrollan en estos espacios.

**Tabla 18.** Criterio de vialidad.

Amenaza	Valor	Distancia	Detalle
<b>Vías</b>	<b>0</b>	0 a 500 metros	Distancia desde la vía, amenaza directa

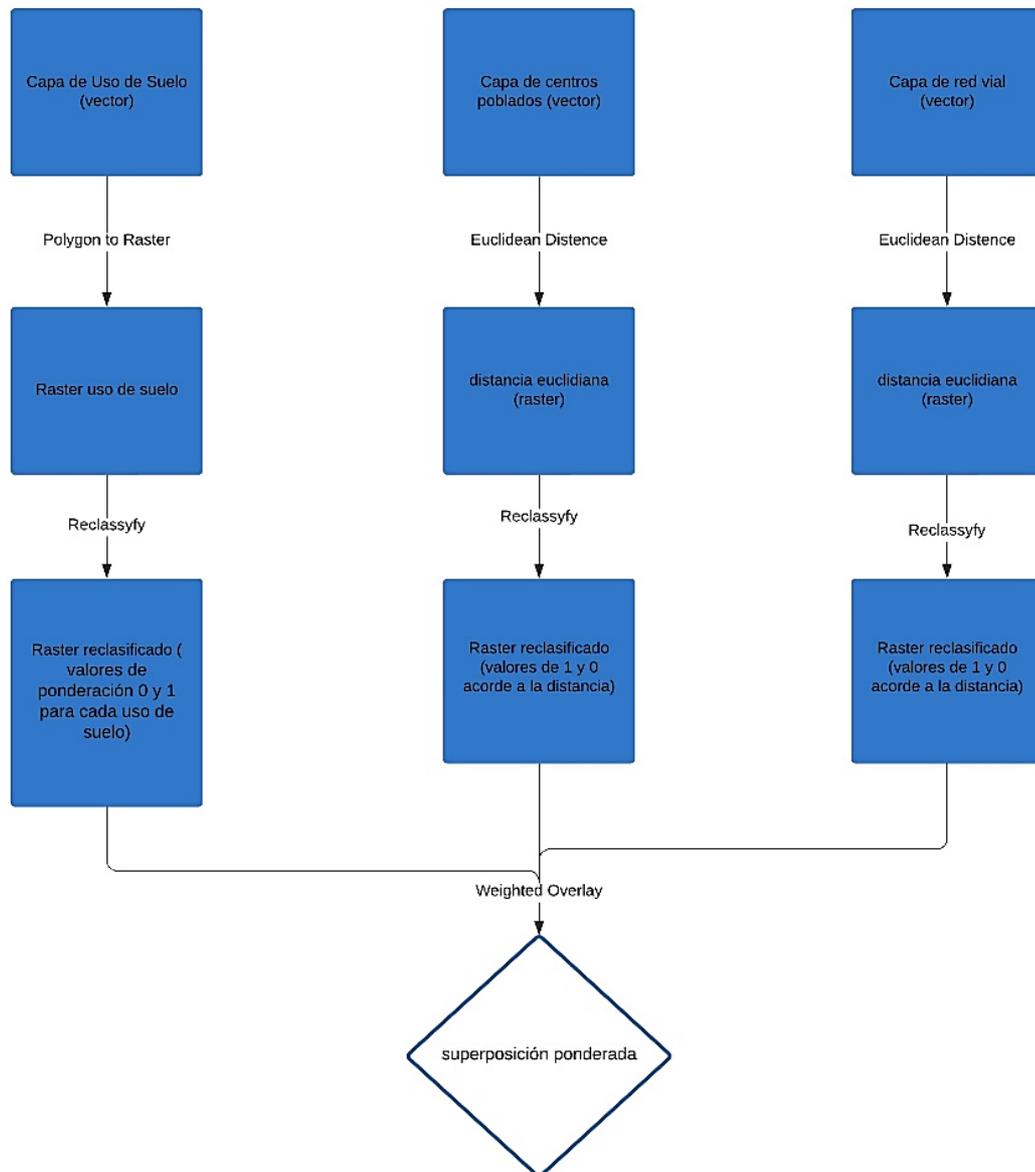
<b>Vías</b>	<b>1</b>	Mayor a 500 metros	Distancia desde la vía, mayor distancia se reduce la amenaza.
-------------	----------	--------------------	---

Fuente: Autor

- **Análisis en ArcGIS**

Para generar el mapa de vulnerabilidad ambiental considerando las amenazas latentes para la pérdida de cobertura vegetal o cambio de uso de suelo se utilizaron los criterios: Uso de suelo, Centros poblados y red vial.

Figura 44. Diagrama metodológico mapa de vulnerabilidad



Fuente: Autor

## 4.12 MEDIDAS DE GESTIÓN Y ACCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS ENCONTRADOS, LA RELACIÓN CON LA PRESIÓN ANTRÓPICA Y LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL DETERMINADA

Las medidas de gestión y acción que se desarrollan para la conservación del territorio del Parque Nacional Sangay considerando los cambios encontrados en el presente estudio y relacionados con la presión antrópica y vulnerabilidad ambiental están ligadas a las diferentes herramientas de gestión establecidas en el código Orgánico del Ambiente, Art. 42.- Herramientas para la gestión de las áreas protegidas. Las herramientas de gestión de las áreas protegidas son:

- 1.- El Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas;
- 2.- Los Planes de Manejo;
- 3.- Los Planes de Gestión Operativa;
- 4.- Las Evaluaciones de Efectividad de Manejo;
- 5.- Las Estrategias de Sostenibilidad Financiera; y,
- 6.- Las demás que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

## 5 RESULTADOS

Una vez realizado el proceso metodológico desde la obtención de las imágenes satelitales hasta la validación estadística y representación final de las coberturas de uso de suelo con la utilización de las diferentes herramientas SIG; finalmente se procede con el análisis de los resultados obtenidos para los diferentes periodos de estudio.

### 5.1 CUANTIFICACIÓN DE CAMBIOS

#### 5.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 1991

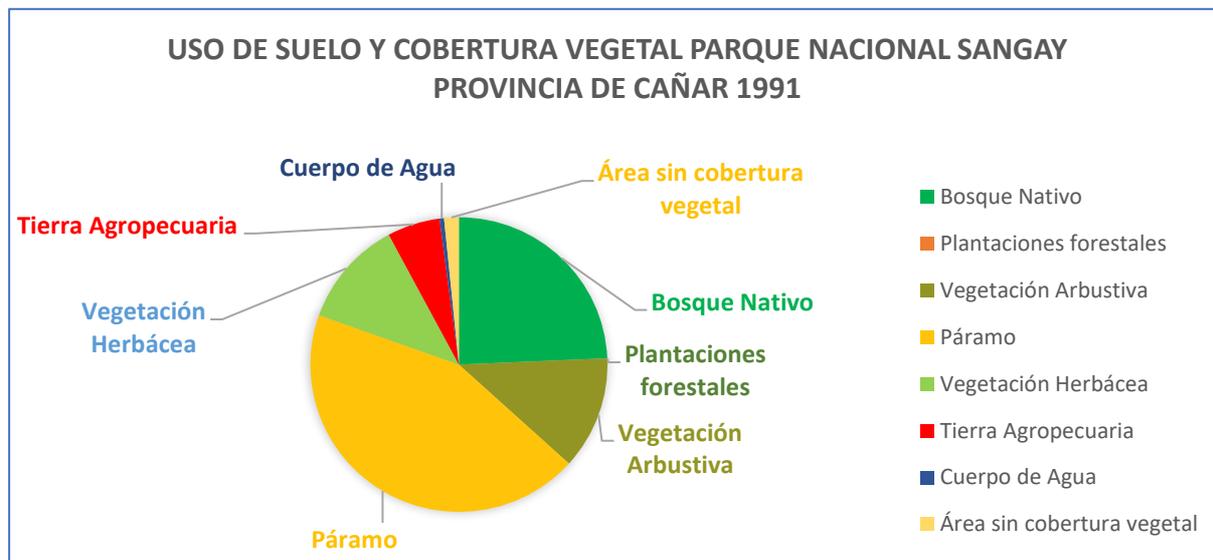
Para el año de estudio correspondiente a 1991 que es el punto de partida del estudio y considerando que es un año previo a la ampliación del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar presenta las siguientes superficies figuradas en hectáreas y sus respectivos porcentajes considerando el área total (tabla 19): Bosque Nativo con una superficie de 19278,05 ha que representa el 24,32 %, Las Plantaciones forestales no se registran para este año, Vegetación Arbustiva con 9826,83 ha y 12,40 %, Páramo que es la cobertura con mayor representación con 34657,06 ha y representa el 43,73y %, Vegetación Herbácea con una extensión de 9289,31 ha y el 11,72% que generalmente corresponde hierbas nativas que crecen en las zonas de humedal, Tierra Agropecuaria que corresponde a espacios donde se han desarrollado actividades de agricultura y pastoreo de ganado, y que generalmente están establecidos dentro y en la periferia de asentamientos humanos, esta cobertura tiene una superficie de 4548,51 ha que representa el 5,74%; Cuerpos de Agua, siendo estos naturales como lagos y lagunas y artificiales como embalses y reservorios tienen una superficie de 383,01 ha con el 0,48%, Finalmente áreas sin cobertura vegetal que representan suelo desnudo con una extensión de 1271,76 ha y 1,60%

**Tabla 19.** Cobertura vegetal y uso de suelo PNS en la provincia de Cañar año 1991

ID	Uso de Suelo/Cobertura vegetal PNS- Cañar 1991	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
1	Bosque Nativo	19278,05	24,32
2	Plantaciones forestales	0,00	0,00
3	Vegetación Arbustiva	9826,83	12,40
4	Páramo	34657,06	43,73
5	Vegetación Herbácea	9289,31	11,72
6	Tierra Agropecuaria	4548,51	5,74
7	Cuerpo de Agua	383,01	0,48
8	Área sin cobertura vegetal.	1271,76	1,60
	Total	79254,54	100,00

Fuente: Autor

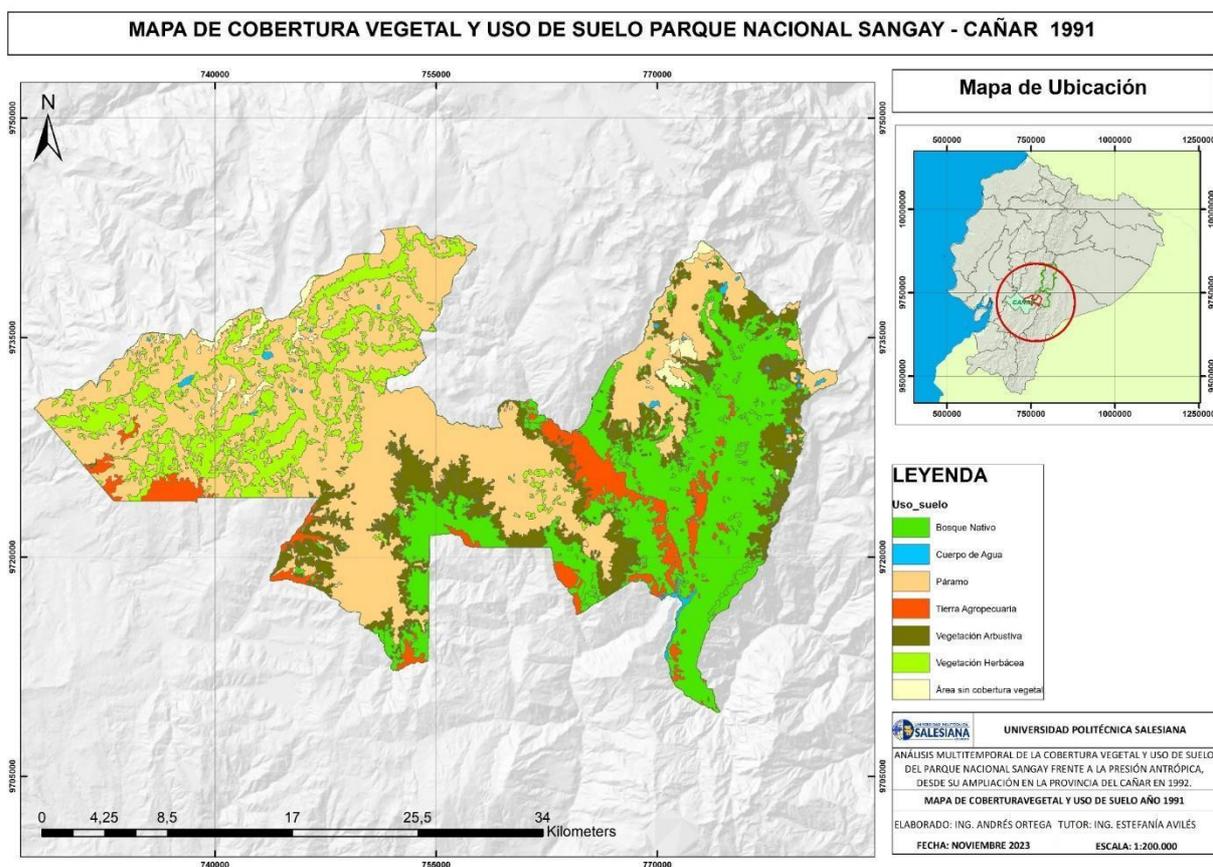
**Figura 45.** Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 1991



Fuente: Autor

Se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar para el año 1991:

**Figura 46. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 1991**



Fuente: Autor

## 5.1.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS: MATRIZ DE CONFUSIÓN E ÍNDICE KAPPA AÑO 1991

Finalizado el proceso de clasificación supervisada con las diferentes herramientas del software ArcGis, y la respectiva verificación en campo, se aplica el índice Kappa y la matriz de confusión, la misma que permite evaluar y validar los datos obtenidos, y se detalla a continuación:

**Tabla 20.** Índice Kappa de 1991

<b>Clasificación</b>	<b>C1</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
<b>C1</b>	<b>121</b>	0	0	0	1	0	0	122	99,2%	
<b>C3</b>	0	<b>61</b>	1	0	0	0	0	62	98,4%	
<b>C4</b>	0	0	<b>218</b>	0	0	0	1	219	99,5%	
<b>C5</b>	0	0	1	<b>58</b>	0	0	0	59	98,3%	
<b>C6</b>	0	0	0	0	<b>29</b>	0	0	29	100,0%	
<b>C7</b>	0	0	0	0	0	<b>10</b>	0	10	100,0%	
<b>C8</b>	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	10	100,0%	
<b>Total</b>	121	61	220	58	30	10	11	511	100,0%	
<b>Sumatoria Diagonal</b>						507				
<b>N muestra</b>						511				
<b>Kappa</b>						0,989236				

\* (C1) Bosque Nativo; (C3) Vegetación Arbustiva; (C4) Páramo; (C5) Vegetación herbácea; (C6) Tierra Agropecuaria; (C7) Cuerpo de Agua; (C8) Área sin cobertura vegetal  
Fuente: Autor

Para la validación de los resultados obtenidos para el año 1991 se crearon alrededor de 511 puntos de control o muestras distribuidas en cada clase, obteniendo un coeficiente Kappa de 0,989236, lo que representa una precisión CASI PERFECTA.

### 5.1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 1998

Para este año de estudio correspondiente a 1998 ya se dio la ampliación del parque nacional hacia la provincia de Cañar, y presenta las siguientes superficies figuradas en hectáreas y sus respectivos porcentajes considerando la superficie total (Tabla 21): Bosque Nativo con una superficie de 19.165,52 ha que representa el 24,18%, en cuanto a plantaciones forestales que corresponden a especies exóticas introducidas como Pino o *Pinus patula* para este año ya se

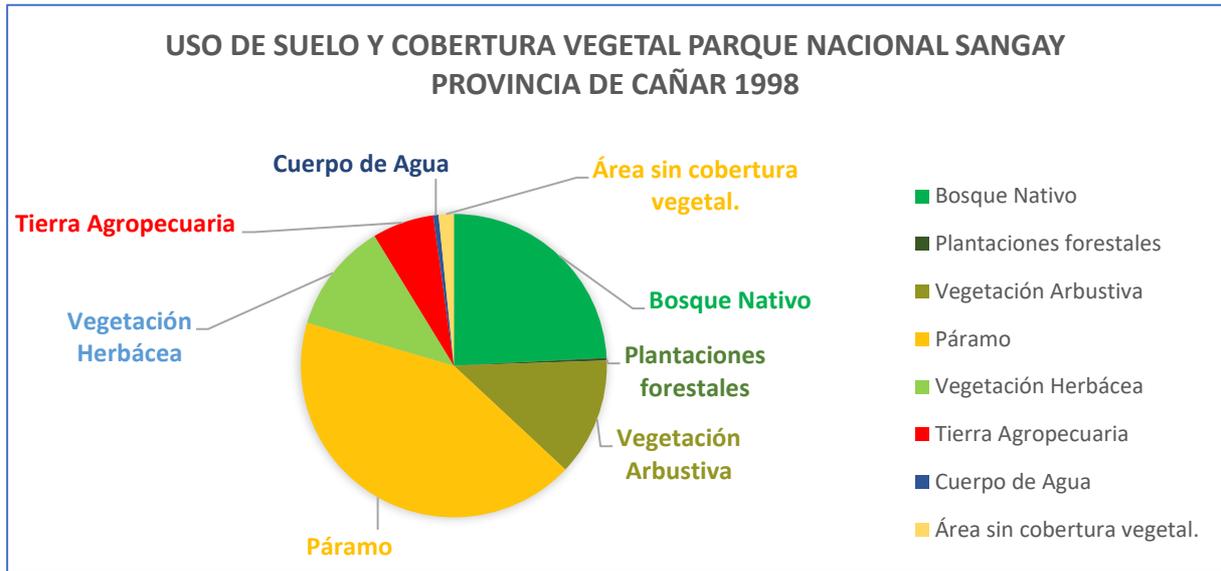
registra una superficie de 222,96 ha y representa el 0,28%, Vegetación Arbustiva con 9.939,69 ha y 12,54%, Páramo que es la cobertura con mayor representación con 33.740,77 ha y representa el 42,57%, Vegetación Herbácea con una extensión de 9.302,45y el 11,74%, Tierra Agropecuaria tiene una superficie de 5.168,99 ha que representa el 6,52%, es notorio el aumento en las cercanías donde se registran asentamientos humanos, Cuerpos de Agua, tienen una superficie de 442,39 ha con el 0,56%, Finalmente áreas sin cobertura vegetal que representan suelo desnudo con una extensión de 1.271,76 ha y 1,60%

**Tabla 21.** Cobertura vegetal y uso de suelo PNS en la provincia de Cañar año 1998

<b>ID</b>	<b>Uso de Suelo/Cobertura vegetal PNS- Cañar 1991</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Bosque Nativo	19165,52	24,18
2	Plantaciones forestales	222,96	0,28
3	Vegetación Arbustiva	9939,69	12,54
4	Páramo	33740,77	42,57
5	Vegetación Herbácea	9302,45	11,74
6	Tierra Agropecuaria	5168,99	6,52
7	Cuerpo de Agua	442,39	0,56
8	Área sin cobertura vegetal.	1271,76	1,60
	<b>Total</b>	<b>79254,54</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Autor

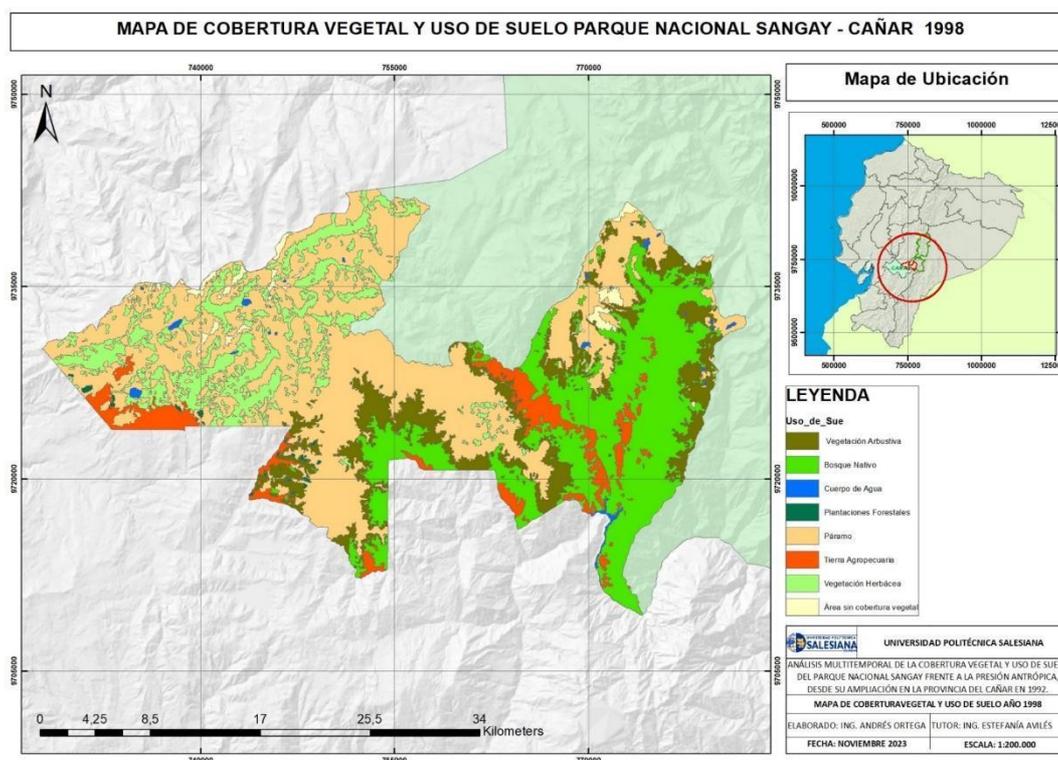
**Figura 47.** Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 1998



Fuente: Autor

Se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar para el año 1998:

**Figura 48. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 1998**



Fuente: Autor

## 5.1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS: MATRIZ DE CONFUSIÓN E ÍNDICE KAPPA AÑO 1998

Finalizado el proceso de clasificación supervisada con las diferentes herramientas del software ArcGis, y la respectiva verificación en campo, se aplica el índice Kappa y la matriz de confusión, la misma que permite evaluar y validar los datos obtenidos, y se detalla a continuación:

**Tabla 22.** Índice Kappa de 1998

<b>Clasificación</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
<b>C1</b>	<b>121</b>	0	0	0	0	0	0	0	121	100,0%	
<b>C2</b>	0	<b>8</b>	0	2	0	0	0	0	10	80,0%	
<b>C3</b>	0	0	<b>63</b>	0	0	0	0	0	63	100,0%	
<b>C4</b>	0	0	0	<b>213</b>	0	0	0	0	213	100,0%	
<b>C5</b>	0	0	0	1	<b>58</b>	0	0	0	59	98,3%	
<b>C6</b>	0	0	0	1	0	<b>32</b>	0	0	33	97,0%	
<b>C7</b>	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	0	10	100,0%	
<b>C8</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	10	100,0%	
<b>Total</b>	121	8	63	217	58	32	10	10	519	100,0%	
<b>Sumatoria Diagonal</b>						515					
<b>N muestra</b>						519					
<b>Kappa</b>						0,989608					

\* (C1) Bosque Nativo; (C2) Plantaciones Forestales (C3) Vegetación Arbustiva; (C4) Páramo; (C5) Vegetación herbácea; (C6) Tierra Agropecuaria; (C7) Cuerpo de Agua; (C8) Área sin cobertura vegetal

Fuente: Autor

Para la validación de los resultados obtenidos para el año 1998 se crearon alrededor de 519 puntos de control o muestras distribuidas en cada clase, obteniendo un coeficiente Kappa de 0,989608, lo que representa una precisión CASI PERFECTA.

### 5.1.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 2004

Este año de estudio correspondiente al 2004, presenta las siguientes superficies figuradas en hectáreas y sus respectivos porcentajes considerando la superficie total (Tabla 23): Bosque Nativo con una superficie de 19.395,59 ha que representa el 24,47%, en cuanto a plantaciones

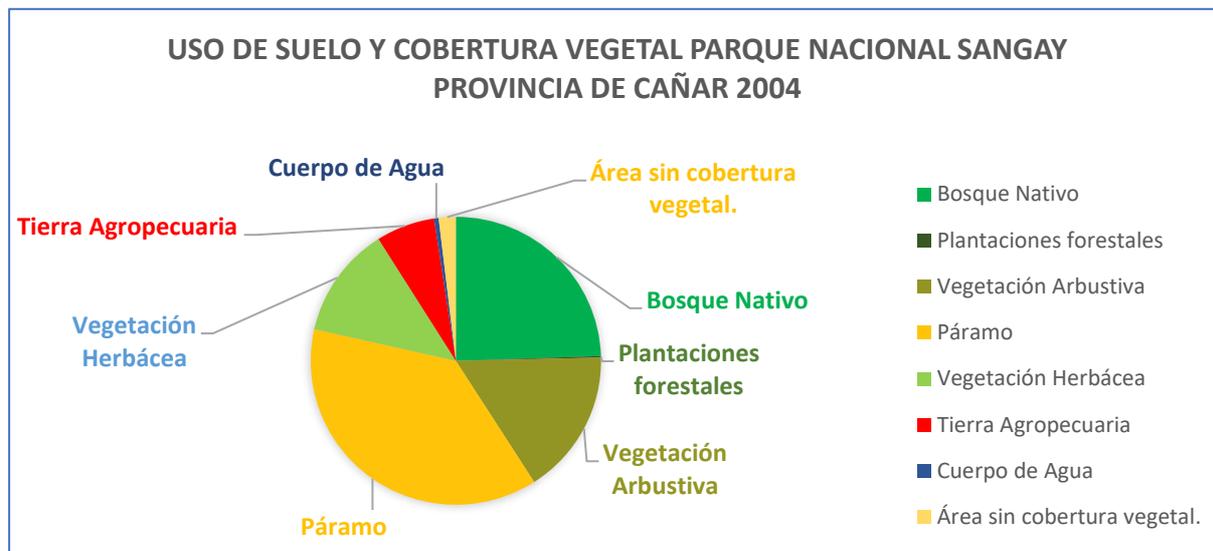
forestales para este año se registra una superficie de 136,46 ha y representa el 0,17%, Vegetación Arbustiva con 12905,35 ha y 16,28%, Páramo que es la cobertura con mayor representación con 29.803,73 ha y representa el 37,61%, Vegetación Herbácea con una extensión de 9.917,12 ha y con el 12,51%, Tierra Agropecuaria tiene una superficie de 5.188,62 ha que representa el 6,55%, Cuerpos de Agua, tienen una superficie de 396,48 ha con el 0,50%, Finalmente áreas sin cobertura vegetal que representan suelo desnudo con una extensión de 1507,67 ha y 1,90%.

**Tabla 23.** Cobertura vegetal y uso de suelo PNS en la provincia de Cañar año 2004.

<b>ID</b>	<b>Uso de Suelo/Cobertura vegetal PNS- Cañar 1991</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Bosque Nativo	19395,59	24,47
2	Plantaciones forestales	136,46	0,17
3	Vegetación Arbustiva	12905,35	16,28
4	Páramo	29803,73	37,61
5	Vegetación Herbácea	9917,12	12,51
6	Tierra Agropecuaria	5188,62	6,55
7	Cuerpo de Agua	396,48	0,50
8	Área sin cobertura vegetal.	1507,67	1,90
	<b>Total</b>	<b>79251,01</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Autor

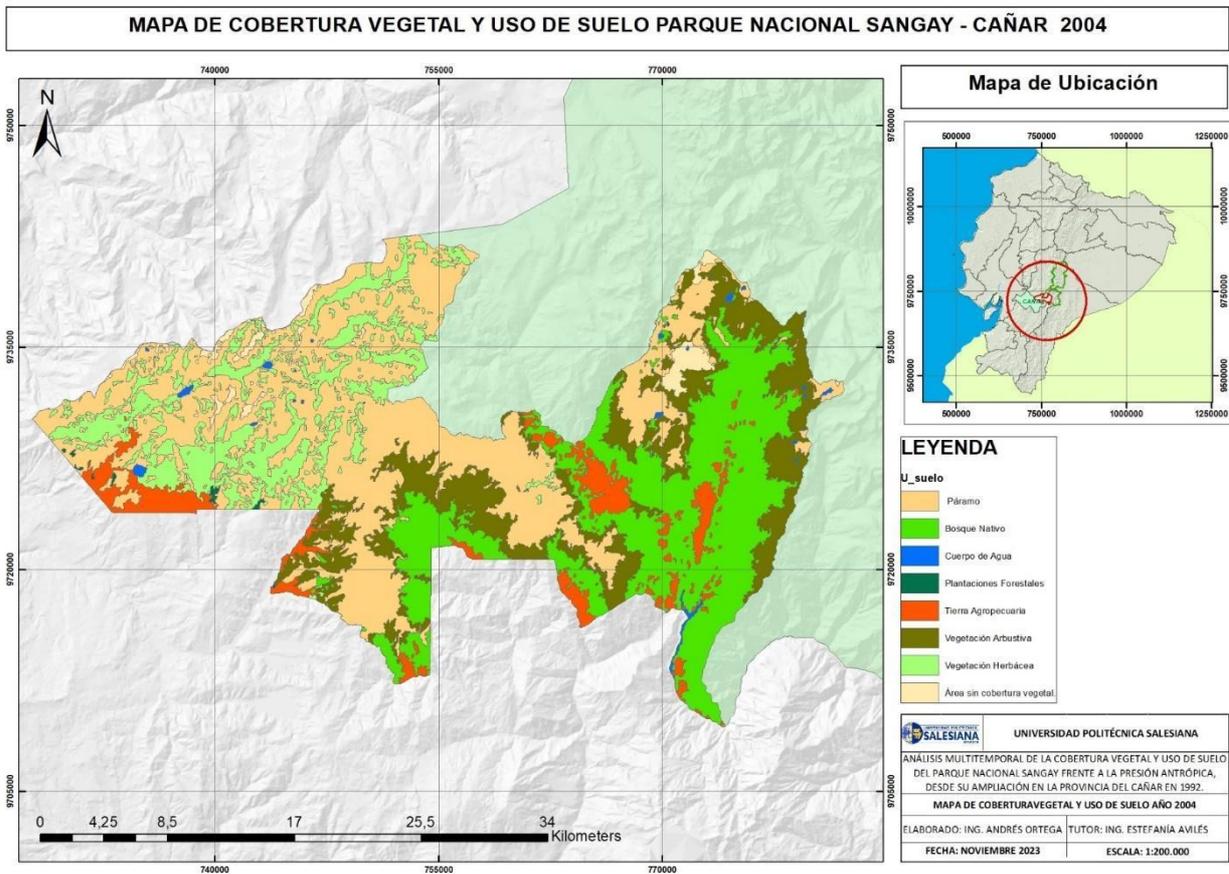
**Figura 49.** Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2004



Fuente: Autor

Se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar para el año 2004:

**Figura 50. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2004**



Fuente: Autor

## 5.1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS: MATRIZ DE CONFUSIÓN E ÍNDICE KAPPA AÑO 2004

Finalizado el proceso de clasificación supervisada con las diferentes herramientas del software ArcGis, y la respectiva verificación en campo, se aplica el índice Kappa y la matriz de confusión, la misma que permite evaluar y validar los datos obtenidos, y se detalla a continuación:

**Tabla 24.** Índice Kappa de 2004

<b>Clasificación</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>C1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>70%</b>
<b>C2</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>81</b>	<b>98,77%</b>
<b>C3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>188</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>188</b>	<b>100%</b>
<b>C4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>63</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>63</b>	<b>100%</b>
<b>C5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>
<b>C6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>C7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>C8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>122</b>	<b>122</b>	<b>100%</b>
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>80</b>	<b>191</b>	<b>63</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>122</b>	<b>517</b>	<b>100%</b>
<b>Sumatoria Diagonal</b>						<b>513</b>				
<b>N muestra</b>						<b>517</b>				
<b>Kappa</b>						<b>0,989895</b>				

\* (C1) Plantaciones Forestales; (C2) Vegetación Arbustiva; (C3) Páramo; (C4) Vegetación herbácea; (C5) Tierra Agropecuaria; (C6) Cuerpo de Agua; (C7) Área sin cobertura vegetal; (C8) Bosque Nativo.

Fuente: Autor

Para la validación de los resultados obtenidos para el año 2004 se crearon alrededor de 517 puntos de control o muestras distribuidas en cada clase, obteniendo un coeficiente Kappa de 0,989895, lo que representa una precisión CASI PERFECTA.

### 5.1.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 2010

Este año de estudio corresponde al 2010 el mismo que presenta las siguientes superficies figuradas en hectáreas y sus respectivos porcentajes considerando la superficie total (Tabla 25): Bosque Nativo con una superficie de 19311,40 ha que representa el 24,37%, en cuanto a

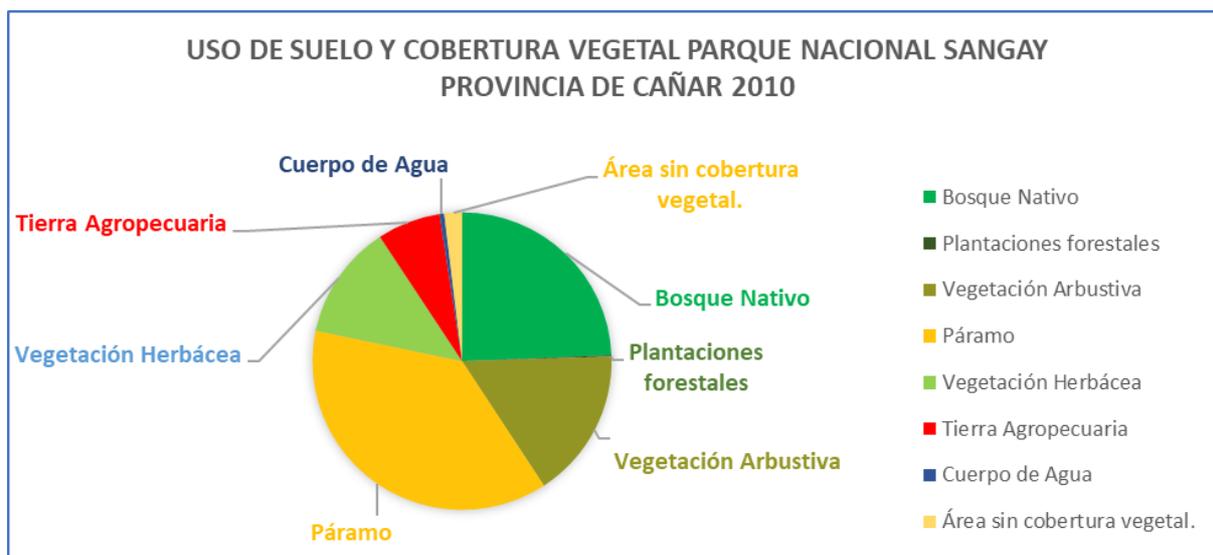
plantaciones forestales para este año se registra una superficie de 109,87 ha y representa el 0,14%, Vegetación Arbustiva con 12887,80 ha y 16,26%, Páramo que es la cobertura con mayor representación con 29746,17 ha y representa el 37,53%, Vegetación Herbácea con una extensión de 9865,12 ha y con el 12,45%, Tierra Agropecuaria tiene una superficie de 5422,65 ha que representa el 6,84%, Cuerpos de Agua, tienen una superficie de 400,32 ha con el 0,51%, Finalmente áreas sin cobertura vegetal que representan suelo desnudo con una extensión de 1507,67 ha y 1,90%.

**Tabla 25.** Cobertura vegetal y uso de suelo del PNS en la provincia de Cañar año 2010

<b>ID</b>	<b>Uso de Suelo/Cobertura vegetal PNS- Cañar 1991</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Bosque Nativo	19311,40	24,37
2	Plantaciones forestales	109,87	0,14
3	Vegetación Arbustiva	12887,80	16,26
4	Páramo	29746,17	37,53
5	Vegetación Herbácea	9865,12	12,45
6	Tierra Agropecuaria	5422,65	6,84
7	Cuerpo de Agua	400,32	0,51
8	Área sin cobertura vegetal.	1507,67	1,90
	<b>Total</b>	<b>79251,01</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Autor

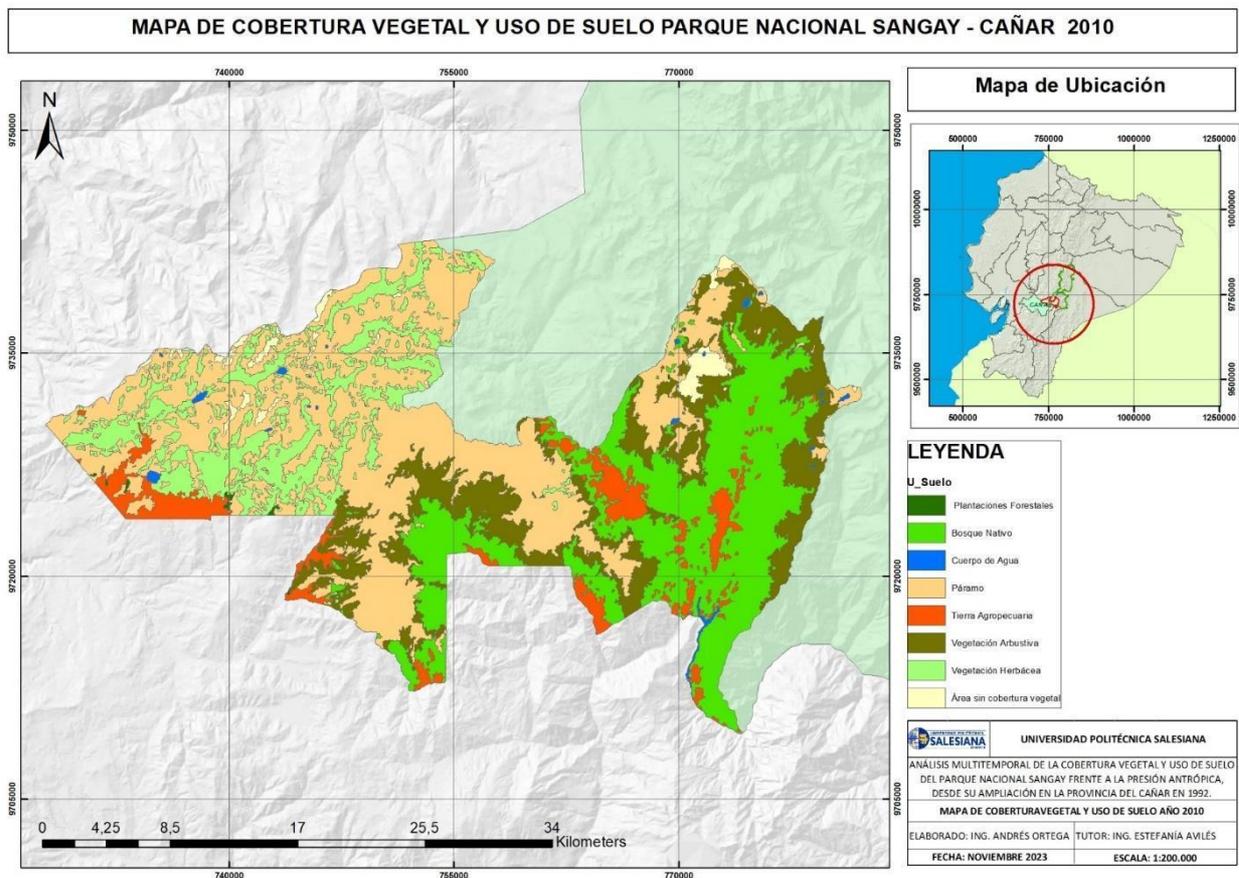
**Figura 51.** Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2010



Fuente: Autor

Se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar para el año 2004:

**Figura 52. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2010**



Fuente: Autor

## 5.1.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS: MATRIZ DE CONFUSIÓN E ÍNDICE KAPPA AÑO 2010

Finalizado el proceso de clasificación supervisada con las diferentes herramientas del software ArcGis, y la respectiva verificación en campo, se aplica el índice Kappa y la matriz de confusión, la misma que permite evaluar y validar los datos obtenidos, y se detalla a continuación:

**Tabla 26.** Índice Kappa de 2010

<b>Clasificación</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
<b>C1</b>	<b>120</b>	0	1	0	0	1	0	0	122	98,36%	
<b>C2</b>	0	<b>9</b>	1	0	0	0	0	0	10	90%	
<b>C3</b>	0	0	<b>79</b>	1	0	1	0	0	81	97,53%	
<b>C4</b>	0	0	0	<b>188</b>	0	0	0	0	188	100%	
<b>C5</b>	0	0	0	0	<b>62</b>	0	0	0	62	100%	
<b>C6</b>	1	0	0	0	0	<b>33</b>	0	0	34	97,06%	
<b>C7</b>	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	0	10	100%	
<b>C8</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	10	100%	
<b>Total</b>	121	9	81	189	62	35	10	10	517	100%	
<b>Sumatoria Diagonal</b>						511					
<b>N muestra</b>						517					
<b>Kappa</b>						0,984876					

\* (C1) Bosque Nativo; (C2) Plantaciones Forestales (C3) Vegetación Arbustiva; (C4) Páramo; (C5) Vegetación herbácea; (C6) Tierra Agropecuaria; (C7) Cuerpo de Agua; (C8) Área sin cobertura vegetal.

Fuente: Autor

Para la validación de los resultados obtenidos para el año 2010 se crearon alrededor de 517 puntos de control o muestras distribuidas en cada clase, obteniendo un coeficiente Kappa de 0,984876, lo que representa una precisión CASI PERFECTA.

### 5.1.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 2016

Este año de estudio correspondiente al 2016, presenta las siguientes superficies figuradas en hectáreas y sus respectivos porcentajes considerando la superficie total (Tabla 27): Bosque Nativo con una superficie de 19249,33 ha que representa el 24,29%, en cuanto a plantaciones

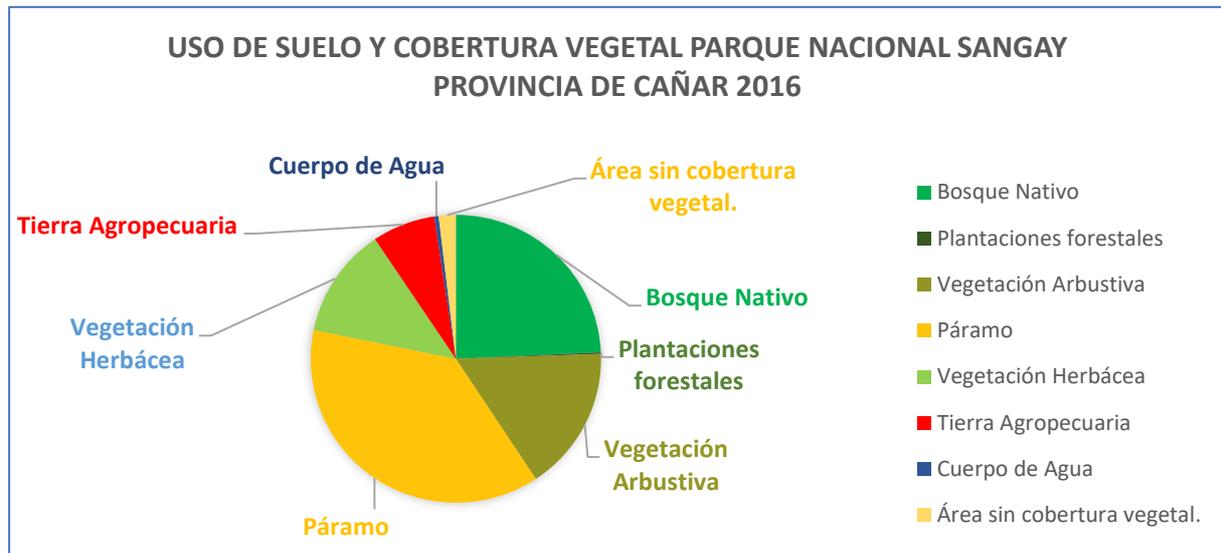
forestales para este año se registra una superficie de 136,06 ha y representa el 0,17%, Vegetación Arbustiva con 12879,72 ha y 16,25%, Páramo con 29731,69 ha y representa el 37,52%, Vegetación Herbácea con una extensión de 9805,21 ha y con el 12,37%, Tierra Agropecuaria tiene una superficie de 5557,86 ha que representa el 7,01%, Cuerpos de Agua, tienen una superficie de 384,46 ha con el 0,49%, Finalmente áreas sin cobertura vegetal que representan suelo desnudo con una extensión de 1507,67 ha y 1,90%

**Tabla 27.** Cobertura vegetal y uso de suelo del PNS en la provincia de Cañar año 2016

<b>ID</b>	<b>Uso de Suelo/Cobertura vegetal PNS- Cañar 1991</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Bosque Nativo	19249,33	24,29
2	Plantaciones forestales	135,06	0,17
3	Vegetación Arbustiva	12879,72	16,25
4	Páramo	29731,69	37,52
5	Vegetación Herbácea	9805,21	12,37
6	Tierra Agropecuaria	5557,86	7,01
7	Cuerpo de Agua	384,46	0,49
8	Área sin cobertura vegetal.	1507,67	1,90
	<b>Total</b>	<b>79251,01</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Autor

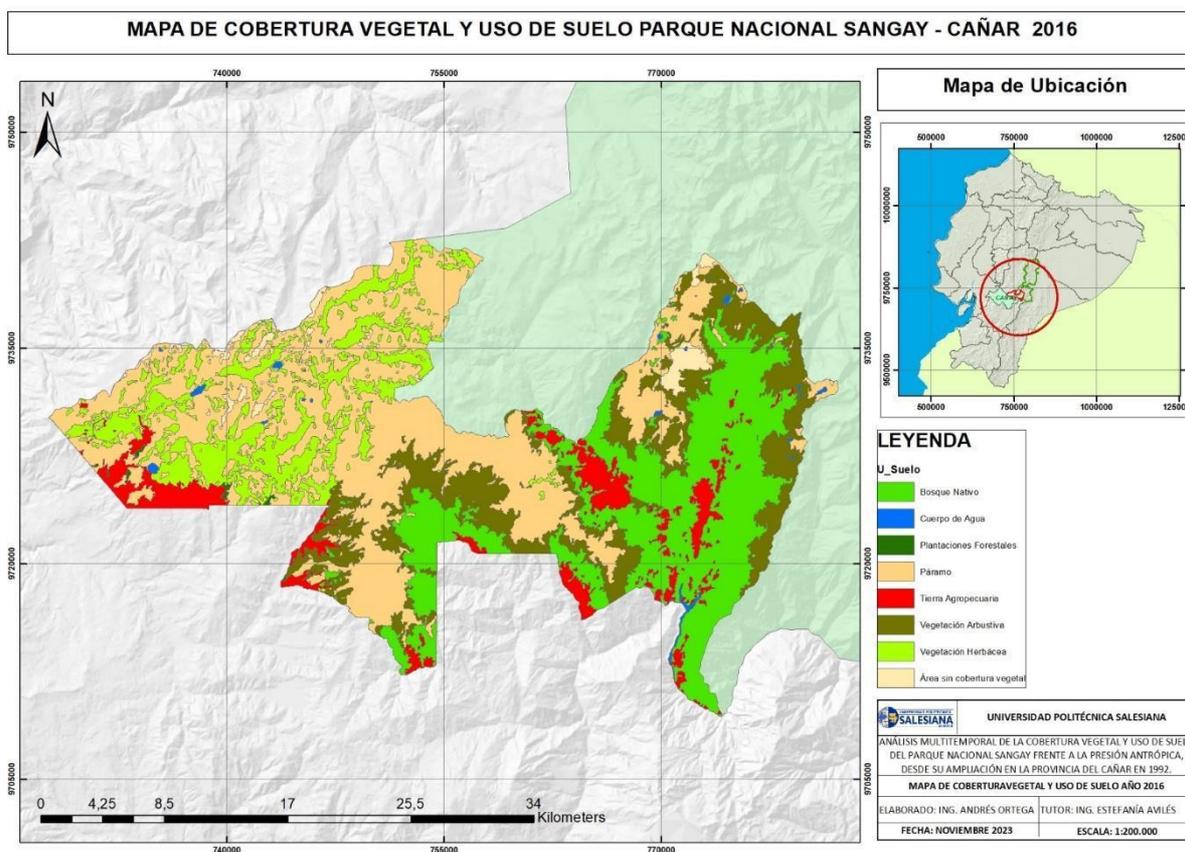
**Figura 53.** Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2016



Fuente: Autor

Se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar para el año 2016:

**Figura 54. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2016**



Fuente: Autor

### 5.1.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS: MATRIZ DE CONFUSIÓN E ÍNDICE KAPPA AÑO 2016

Finalizado el proceso de clasificación supervisada con las diferentes herramientas del software ArcGis, y la respectiva verificación en campo, se aplica el índice Kappa y la matriz de confusión, la misma que permite evaluar y validar los datos obtenidos, y se detalla a continuación:

**Tabla 28.** Índice Kappa de 2016

<b>Clasificación</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
<b>C1</b>	<b>121</b>	0	0	0	0	0	0	0	121	100%	
<b>C2</b>	0	<b>7</b>	0	2	0	1	0	0	10	70,0%	
<b>C3</b>	0	0	<b>80</b>	1	0	0	0	0	81	98,77%	
<b>C4</b>	0	0	0	<b>188</b>	0	0	0	0	188	100%	
<b>C5</b>	0	0	0	1	<b>61</b>	0	0	0	62	98,39%	
<b>C6</b>	0	0	0	0	0	<b>35</b>	0	0	35	100%	
<b>C7</b>	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	0	10	100%	
<b>C8</b>	0	0	1	0	0	0	0	<b>9</b>	10	90,0%	
<b>Total</b>	121	7	81	192	61	36	10	9	517	100%	
<b>Sumatoria Diagonal</b>						511					
<b>N muestra</b>						517					
<b>Kappa</b>						0,984845					

\* (C1) Bosque Nativo; (C2) Plantaciones Forestales (C3) Vegetación Arbustiva; (C4) Páramo; (C5) Vegetación herbácea; (C6) Tierra Agropecuaria; (C7) Cuerpo de Agua; (C8) Área sin cobertura vegetal.

Fuente: Autor

Para la validación de los resultados obtenidos para el año 2016 se crearon alrededor de 517 puntos de control o muestras distribuidas en cada clase, obteniendo un coeficiente Kappa de 0,984845, lo que representa una precisión CASI PERFECTA.

### 5.1.11 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 2022

Este último año de estudio correspondiente al 2022, presenta las siguientes superficies figuradas en hectáreas y sus respectivos porcentajes considerando la superficie total (Tabla 29): Bosque Nativo con una superficie de 18918,66 ha que representa el 23,87%, en cuanto a

plantaciones forestales para este año se registra una superficie de 108,19 ha y representa el 0,14%, Vegetación Arbustiva con 12839,76 ha y 16,20%, Páramo con 29706,05 ha y representa el 37,48%, Vegetación Herbácea con una extensión de 9786,99 ha y con el 12,35%, Tierra Agropecuaria tiene una superficie de 5996,40 ha que representa el 7,57%, Cuerpos de Agua, tienen una superficie de 384,46 ha con el 0,49%, Finalmente áreas sin cobertura vegetal que representan suelo desnudo con una extensión de 1510,50ha y 1,91%

**Tabla 29.** Cobertura vegetal y uso de suelo del PNS en la provincia de Cañar año 2022

<b>ID</b>	<b>Uso de Suelo/Cobertura vegetal PNS- Cañar 1991</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Bosque Nativo	18918,66	23,87
2	Plantaciones forestales	108,19	0,14
3	Vegetación Arbustiva	12839,76	16,20
4	Páramo	29706,05	37,48
5	Vegetación Herbácea	9786,99	12,35
6	Tierra Agropecuaria	5996,40	7,57
7	Cuerpo de Agua	384,46	0,49
8	Área sin cobertura vegetal.	1510,50	1,91
	<b>Total</b>	<b>79251,01</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Autor

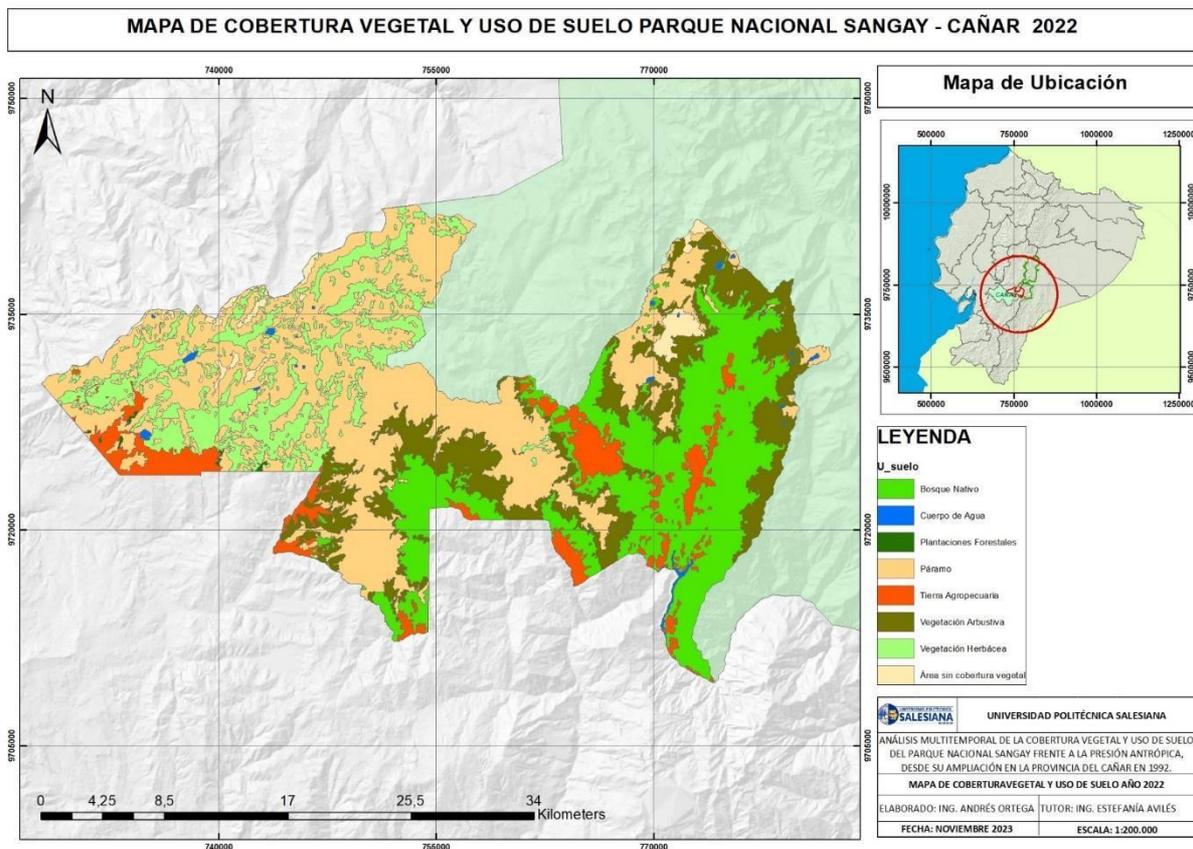
**Figura 55.** Representación de uso de suelo en el PNS – Cañar año 2022



Fuente: Autor

Se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar para el año 2022:

**Figura 56. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal Parque nacional Sangay provincia de Cañar 2022**



Fuente: Autor

### 5.1.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS: MATRIZ DE CONFUSIÓN E ÍNDICE KAPPA AÑO 2022

Finalizado el proceso de clasificación supervisada con las diferentes herramientas del software ArcGis, y la respectiva verificación en campo, se aplica el índice Kappa y la matriz de confusión, la misma que permite evaluar y validar los datos obtenidos, y se detalla a continuación:

**Tabla 30.** Índice Kappa de 2022

<b>Clasificación</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
<b>C1</b>	<b>119</b>	0	0	0	0	0	0	0	119	100%	
<b>C2</b>	0	<b>10</b>	0	0	0	0	0	0	10	100%	
<b>C3</b>	0	0	<b>81</b>	0	0	0	0	0	81	100%	
<b>C4</b>	0	0	0	<b>187</b>	0	0	0	0	187	100%	
<b>C5</b>	0	0	1	0	<b>61</b>	0	0	0	62	98,39%	
<b>C6</b>	0	0	0	0	0	<b>38</b>	0	0	38	100%	
<b>C7</b>	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	0	10	100%	
<b>C8</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>	10	100%	
<b>Total</b>	119	10	82	187	61	38	10	10	517	0,00%	
<b>Sumatoria Diagonal</b>						516					
<b>N muestra</b>						517					
<b>Kappa</b>						0,99749					

\* (C1) Bosque Nativo; (C2) Plantaciones Forestales (C3) Vegetación Arbustiva; (C4) Páramo; (C5) Vegetación herbácea;(C6) Tierra Agropecuaria; (C7) Cuerpo de Agua;(C8) Área sin cobertura vegetal.

Fuente: Autor

Para la validación de los resultados obtenidos para el año 2022 se crearon alrededor de 517 puntos de control o muestras distribuidas en cada clase, obteniendo un coeficiente Kappa de 0,99749, lo que representa una precisión CASI PERFECTA.

### 5.1.13 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE COBERTURA VEGETAL Y CUERPOS DE AGUA DE USO DE SUELO PARA EL PERIODO 1991 – 2022

El Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar como resultado del análisis de los periodos de estudio presenta variaciones significativas en algunas de las coberturas y uso de suelo, la

clase Tierra Agropecuaria figura una de las que cuantifica mayor cambio en términos de ganancia, iniciando en el año 1991 con el 5,74% y al término del periodo de estudio tiene el 7,57; las cobertura de páramo en cambio representa la que mayor variación tiene en términos de perdida ya que en el año 1991 tiene un 43,73% y para el año 2022 culmina con 37,48.

Otra de las clases que denota cambio corresponde a bosques nativos, la misma que para el año 1991 tiene un 24,32% y para el año 2022 un 23,87%.

En cuanto a las plantaciones forestales en el año 1991 no se registra la presencia de esta cobertura y uso de suelo sin embargo logra alcanzar un 0,14% al año 2022 debido a la introducción de especies exóticas como *Pinus patula*.

Los cuerpos de agua no registran variación significativa en los resultados obtenidos, es decir para el año 1991 se cuenta con 383,01 ha que representa el 0,48% y para el año 2022 se tiene 384,46 Ha con el 0,49%; es necesario considerar que para este estudio los cuerpos de agua comprenden tanto los de origen natural como lagos y lagunas, así como los artificiales como reservorios y embalses, por ello en algunos años del periodo de estudio se evidencian cambios que derivan de la creación de estos reservorios en las parroquias Juncal, Ingapirca y El Tambo; y aumento o disminución del volumen de agua del embalse en el rio Paute y Juval del proyecto hidroeléctrico “Daniel Palacios” en la zona oriental al límite con la provincia del Azuay en la Parroquia Rivera, Cantón Azogues.

La vegetación herbácea considerada como natural representa un cambio en términos de ganancia, es decir para el año 1991 representa un 11,72% y para el año 2022 con un 12,35%, esto podría atribuirse a que, si bien estos espacios se ubican en zonas de humedales, la presencia e introducción de especies como ganado bovino ha generado también algunos impactos que han originado cambio, como la pérdida de la cobertura de páramo (pajonales) por incendios forestales, y en estos espacios se puedan desarrollar especies herbáceas exóticas que han sido introducidas producto del pastoreo.

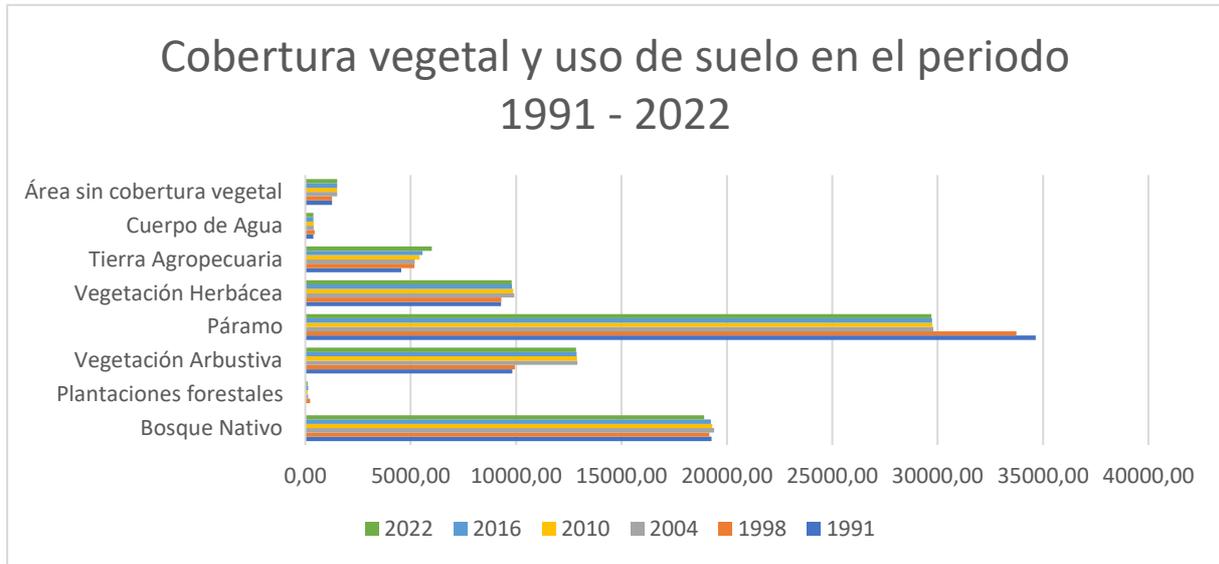
**Tabla 31.** Análisis de cobertura vegetal y uso de suelo del Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar durante el periodo 1991 - 2022

Uso de Suelo/Cobertura vegetal	1991		1998		2004		2010		2016		2022	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)										
Bosque Nativo	19278,05	24,32	19165,52	24,18	19395,59	24,47	19311,40	24,37	19249,33	24,29	18918,66	23,87
Plantaciones forestales	0,00	0,00	222,96	0,28	136,46	0,17	109,87	0,14	135,06	0,17	108,19	0,14
Vegetación Arbustiva	9826,83	12,40	9939,69	12,54	12905,35	16,28	12887,80	16,26	12879,72	16,25	12839,76	16,20
Páramo	34657,06	43,73	33740,77	42,57	29803,73	37,61	29746,17	37,53	29731,69	37,52	29706,05	37,48
Vegetación Herbácea	9289,31	11,72	9302,45	11,74	9917,12	12,51	9865,12	12,45	9805,21	12,37	9786,99	12,35
Tierra Agropecuaria	4548,51	5,74	5168,99	6,52	5188,62	6,55	5422,65	6,84	5557,86	7,01	5996,40	7,57
Cuerpo de Agua	383,01	0,48	442,39	0,56	396,48	0,50	400,32	0,51	384,46	0,49	384,46	0,49
Área sin cobertura vegetal	1271,76	1,60	1271,76	1,60	1507,67	1,90	1507,67	1,90	1507,67	1,90	1510,50	1,91

TOTAL	79254,54	100,00	79254,54	100,00	79251,01	100,00	79251,01	100,00	79251,01	100,00	79251,01	100,00
-------	----------	--------	----------	--------	----------	--------	----------	--------	----------	--------	----------	--------

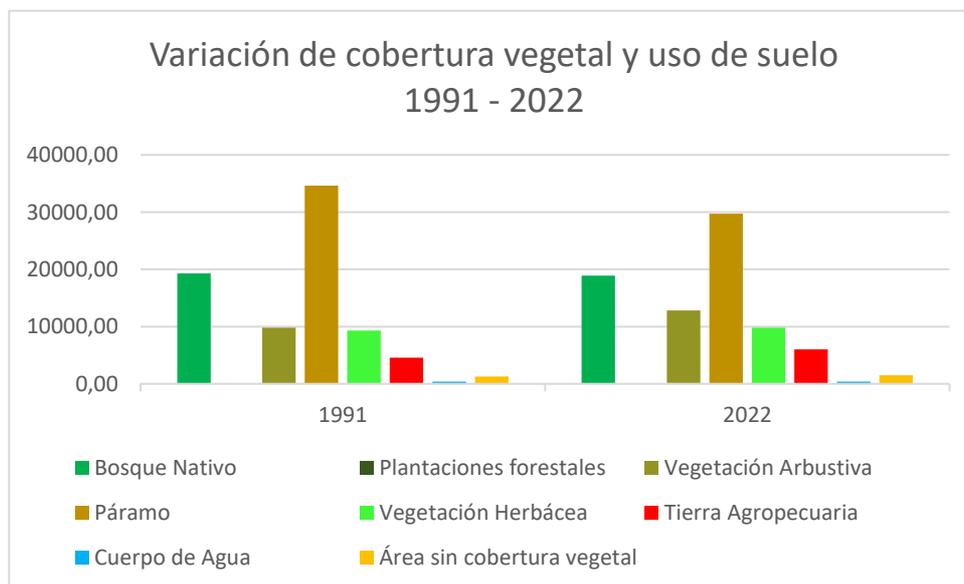
Fuente: Autor

**Figura 57. Cobertura vegetal y uso de suelo en el periodo 1991 - 2022**

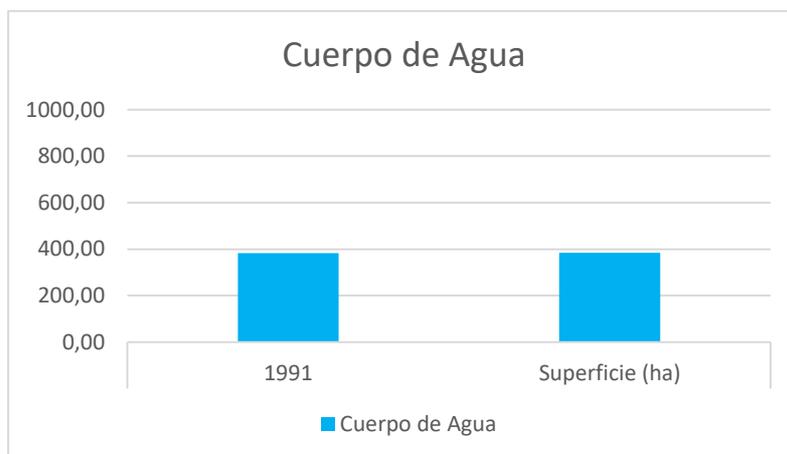


Fuente: Autor

**Figura 58. Variación de cobertura vegetal y uso de suelo 1991 - 2022**



Fuente: Autor

**Figura 59. Cuerpo de Agua**

Fuente: Autor

## 5.2 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO

Como resultado de la aplicación de las matrices de transición en los diferentes periodos de estudio se determinaron áreas de transición y persistencia, así como también de qué manera se dieron estos cambios-

### 5.2.1 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL PERIODO 1991 – 1998

El análisis de transición inicia en el año 1991, es decir un año previo a la ampliación de Parque Nacional Sangay hacia la provincia de Cañar, sin embargo, como ya se ha dicho en la descripción del área de estudio esta ampliación se da en tierras bajo posesión privada comunitaria e individual, por ello existe susceptibilidad para que se den cambios de uso de suelo a pesar de estar bajo una forma de conservación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas

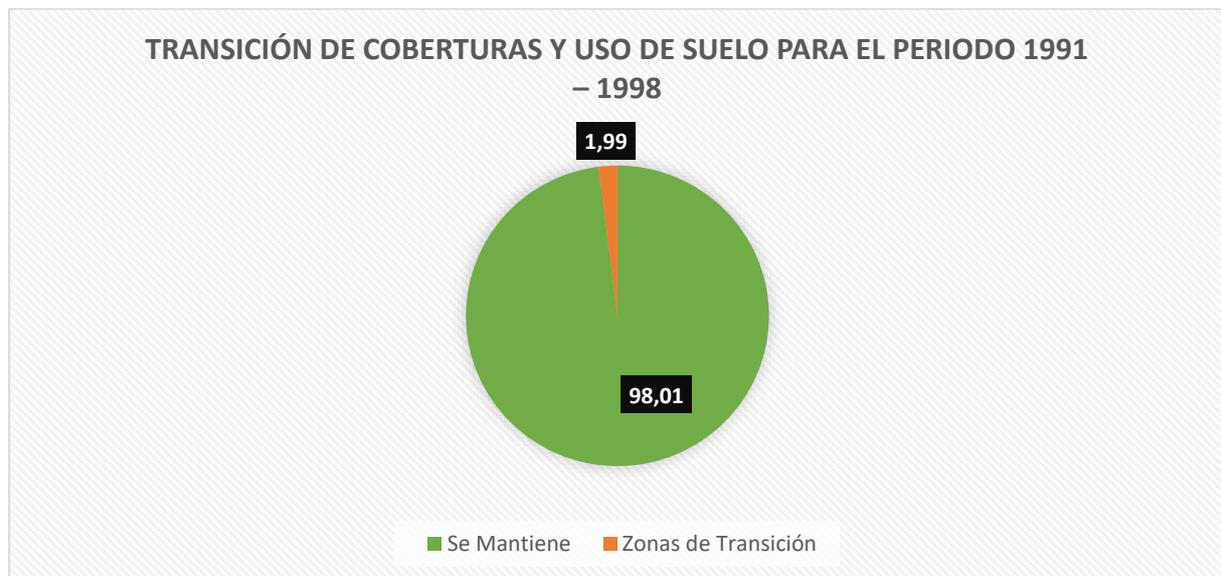
En el periodo 1991 – 1998 se da una transición de 1579,77ha con el 1,99%, mientras que 77674,77ha se mantienen y representan el 98,01%.

**Tabla 32.** Transición de uso de suelo y cobertura vegetal 1991 – 1998

Variación	Superficie (ha)	Porcentaje %
Se Mantiene	77674,77	98,01
Zonas de Transición	1579,77	1,99

Fuente: Autor

**Figura 60.** Transición de uso de suelo y cobertura vegetal 1991 – 1998



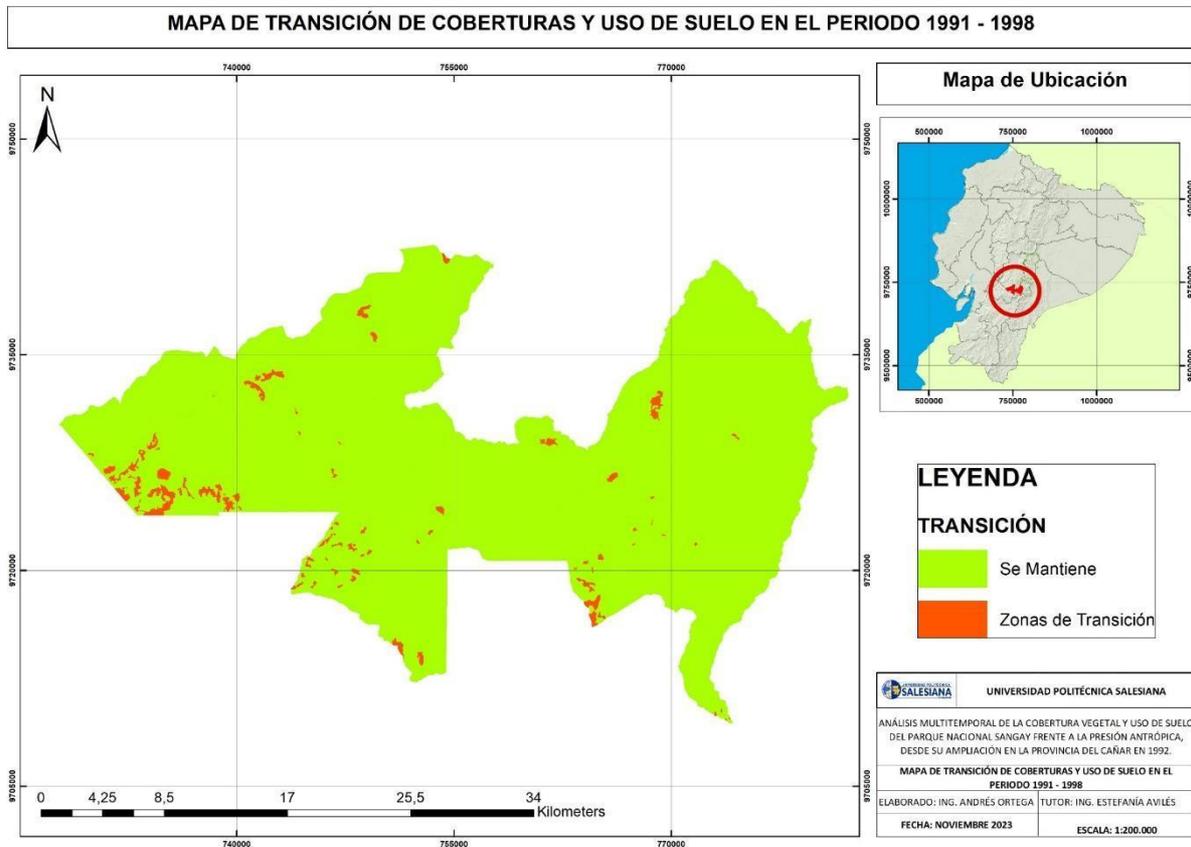
Fuente: Autor

**Tabla 33.** Transición de uso de suelo y cobertura vegetal 1991 – 1998

Matriz de transición del periodo 1991 - 1998			Año 1998								Total 2	Perdidas
			Bosque Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
Año 1991	Bosque Nativo	10	19018,11	6,54	95,75	0,00	0,00	157,65	0,00	0,00	19278,05	259,94
	Plantaciones forestales	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Vegetación Arbustiva	30	0,00	3,59	9771,71	0,00	0,00	51,53	0,00	0,00	9826,83	55,12
	Páramo	40	31,90	212,83	68,68	33734,01	235,58	315,58	58,47	0,00	34657,06	923,05

	<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>50</b>	0,00	0,00	0,00	6,60	<b>9066,86</b>	214,95	0,91	0,00	9289,31	222,45
	<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>60</b>	115,52	0,00	3,54	0,16	0,00	<b>4429,29</b>	0,00	0,00	4548,51	119,22
	<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>383,01</b>	0,00	383,01	0,00
	<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1271,76</b>	1271,76	<b>0,00</b>
		<b>Total 2</b>	19165,52	222,96	9939,69	33740,77	9302,45	5168,99	442,39	1271,76		
		<b>Ganancias</b>	147,42	222,96	167,98	6,75	235,58	739,70	59,38	0,00		
		<b>Cambio Total</b>	-112,53	222,96	112,86	-916,29	13,14	620,48	59,38	0,00		
		<b>Se Mantiene</b>	77674,77									
		<b>Transición</b>	1579,77									

**Figura 61. Mapa de Transición de cobertura**



Fuente: Autor

## 5.2.2 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL PERIODO 1998-2004

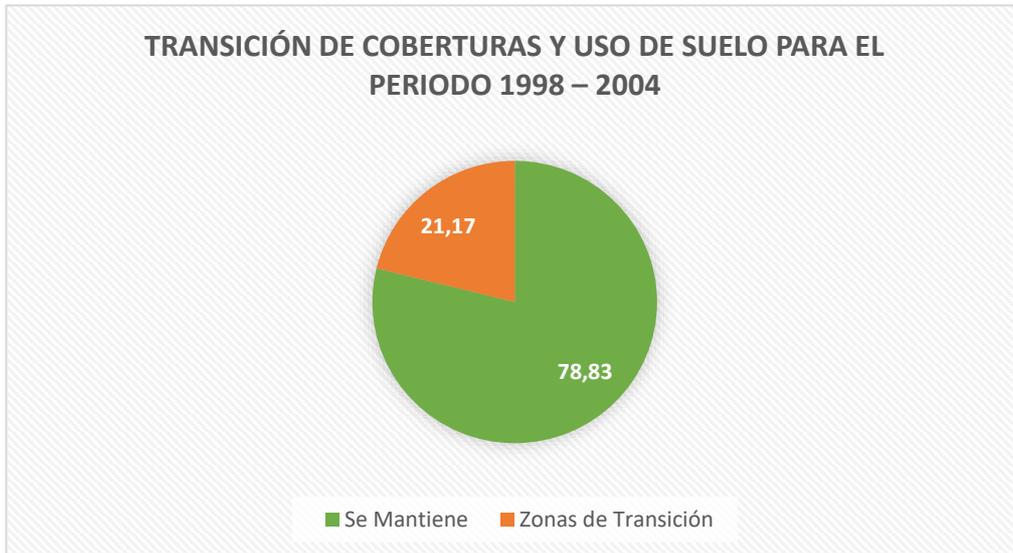
En el periodo 1998 – 2004 se da una transición de 16762,19 ha con el 21,17%, mientras que 62416,77 ha se mantienen y representan el 78,83%.

**Tabla 34.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004

Variación	Superficie (ha)	Porcentaje %
Se Mantiene	62416,77	78,83
Zonas de Transición	16762,19	21,17

Fuente: Autor

**Figura 62.** *Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004*



Fuente: Autor

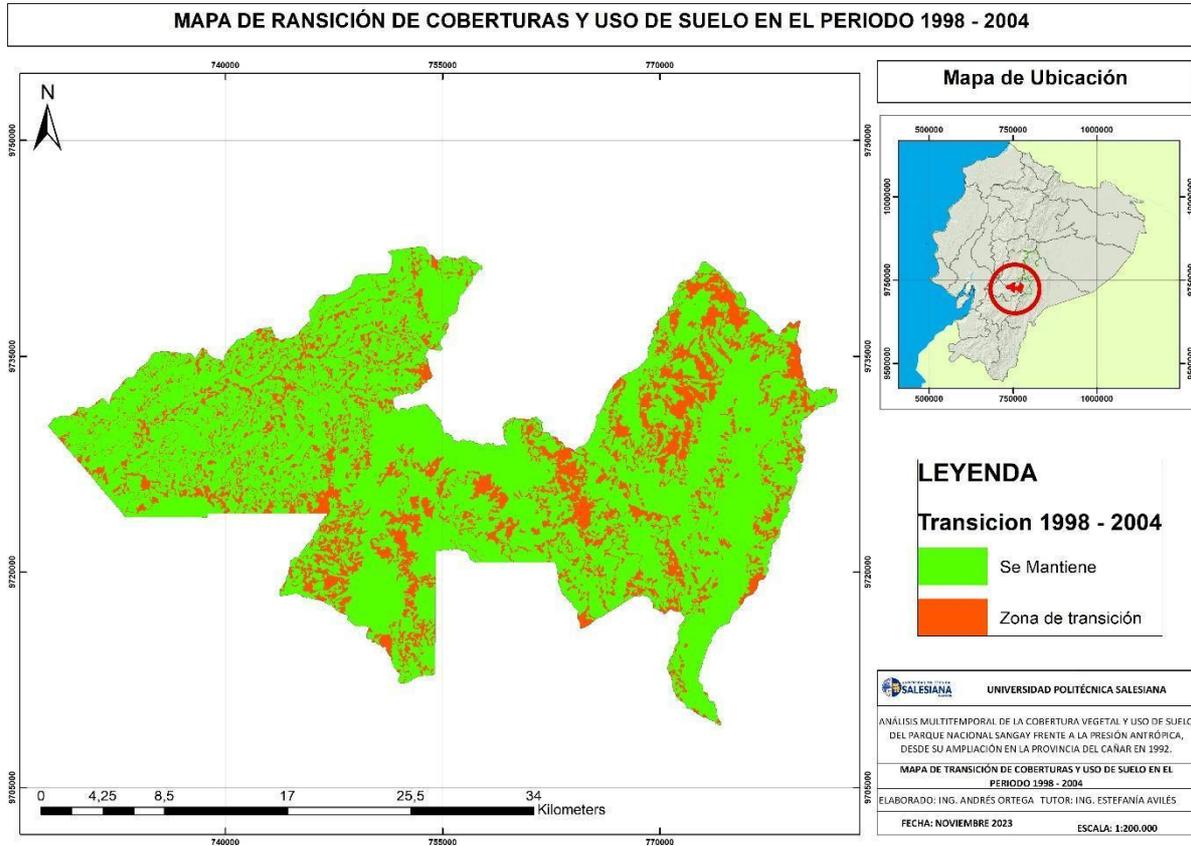
**Tabla 35.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004

Matriz de transición del periodo 1998 - 2004		Año 2004									Perdidas	
		Bosque Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.	Total 2		
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Año 1998	<b>Bosque Nativo</b>	<b>10</b>	16297,7	2,917302	1800,1731	125,3952	0,538061	898,885335	21,9111	2,408346	19149,93	2852,23
	<b>Plantaciones forestales</b>	<b>20</b>	2,234539	43,624103	59,877358	90,7885	12,685194	13,578931	0,00	0,00	222,79	179,16
	<b>Vegetación Arbustiva</b>	<b>30</b>	1907,062	1,11319	7028,5135	747,2327	38,852886	157,267418	7,48152	42,869495	9930,39	2901,88
	<b>Páramo</b>	<b>40</b>	136,3056	51,364004	3712,9245	26648,61	2456,9287	197,589665	18,9641	485,9907	33708,68	7060,07
	<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>50</b>	7,057158	25,845003	67,09786	1855,482	7263,2991	62,370104	1,53758	16,478769	9299,17	2035,87

<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>60</b>	993,19 62	10,819135	142,9343	49,934 41	123,1680 7	3837,0301 36	2,621 7	0,00	5159,7 0	1322,6 7
<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	25,760 35	0,00	19,18420 8	36,467 03	4,890297	11,80644	342,2 7	0,448014	440,83	98,56
<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	14,063 48	0,00	66,25721 8	223,32 64	8,041687		0,059 27	955,7236 66	1267,4 7	<b>311,75</b>
<b>Total 2</b>		19383, 38	135,68	12896,96	29777, 24	9908,40	5178,53	394,8 5	1503,92		
<b>Ganancias</b>		3085,6 8	92,06	5868,45	3128,6 3	2645,10	1341,50	52,58	548,20		
<b>Cambio Total</b>		233,45	48,43	2966,57	- 3931,4 4	609,24	18,82	-45,98	236,45		
<b>Se Mantiene</b>						62416,77					
<b>Transición</b>						16762,19					

Fuente: Autor

**Figura 63.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1998-2004



Fuente: Autor

### 5.2.3 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL PERIODO 2004 – 2010

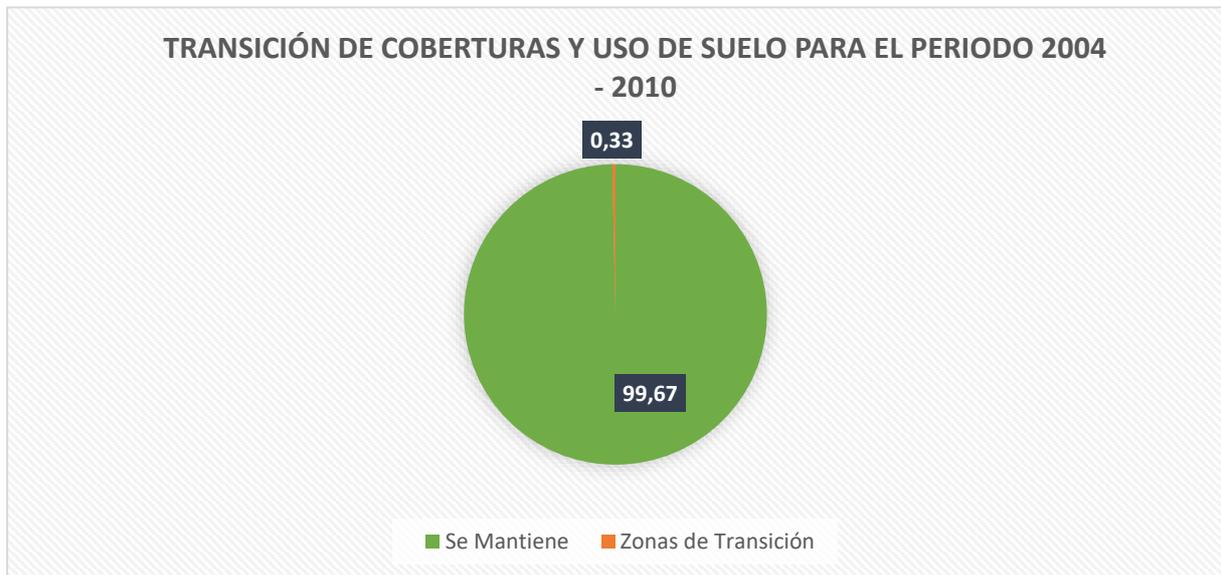
En el periodo 2004 – 2010 se da una transición de 260,67 ha con el 0,33%, mientras que 78990,34 ha se mantienen y representan el 99,67%.

**Tabla 36.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004-2010

Variación	Superficie (ha)	Porcentaje %
Se Mantiene	78990,34	99,67
Zonas de Transición	260,67	0,33

Fuente: Autor

**Figura 64.** *Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 - 2010*



Fuente: Autor

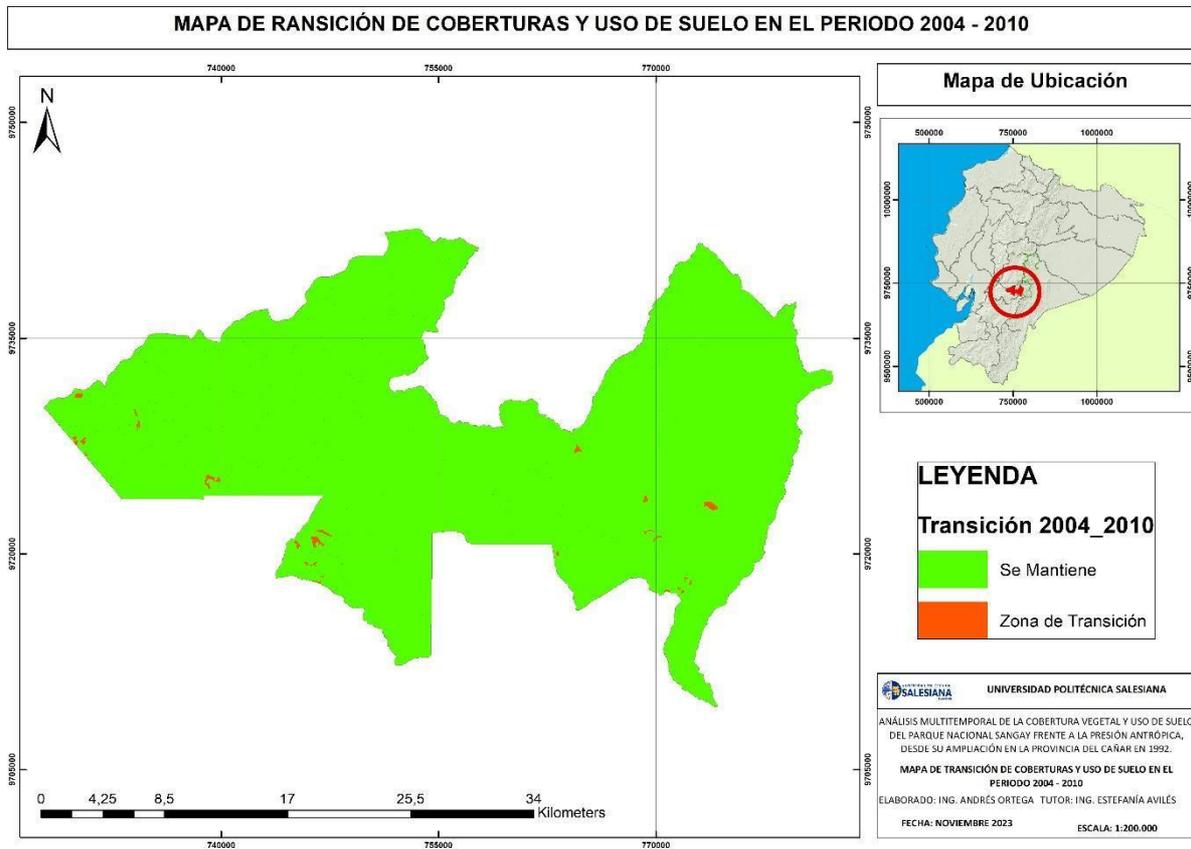
**Tabla 37.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 - 2010

Matriz de transición del periodo 2004 - 2010		Año 2010								Total 2	Perdi das	
		Bosque Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.			
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Año 2004	<b>Bosque Nativo</b>	<b>10</b>	19311,4	0,00	0,00	0,00	0,00	84,185201	0,00	0,00	19395,59	84,19
	<b>Plantaciones forestales</b>	<b>20</b>	0,00	109,868179	0,00	18,95944	0,00	7,628403	0,00	0,00	136,46	26,59
	<b>Vegetación Arbustiva</b>	<b>30</b>	0,00	0,00	12887,803	0,00	0,00	17,544868	0,00	0,00	12905,35	17,54
	<b>Páramo</b>	<b>40</b>	0,00	0,00	0,00	29727,22	0,00	76,518991	0,00	0,00	29803,73	76,52

<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>50</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	9865,1245	51,991501	0,00	0,00	9917,12	51,99
<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>60</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5184,781265	3,84084	0,00	5188,62	3,84
<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	396,479	0,00	396,48	0,00
<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1507,667674	1507,67	<b>0,00</b>
<b>Total 2</b>		19311,40	109,87	12887,80	29746,17	9865,12	5422,65	400,32	1507,67		
<b>Ganancias</b>		0,00	0,00	0,00	18,96	0,00	237,87	3,84	0,00		
<b>Cambio Total</b>		-84,19	-26,59	-17,54	-57,56	-51,99	234,03	3,84	0,00		
<b>Se Mantiene</b>							78990,34				
<b>Transición</b>							260,67				

Fuente: Autor

**Figura 65. Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2004 - 2010**



Fuente: Autor

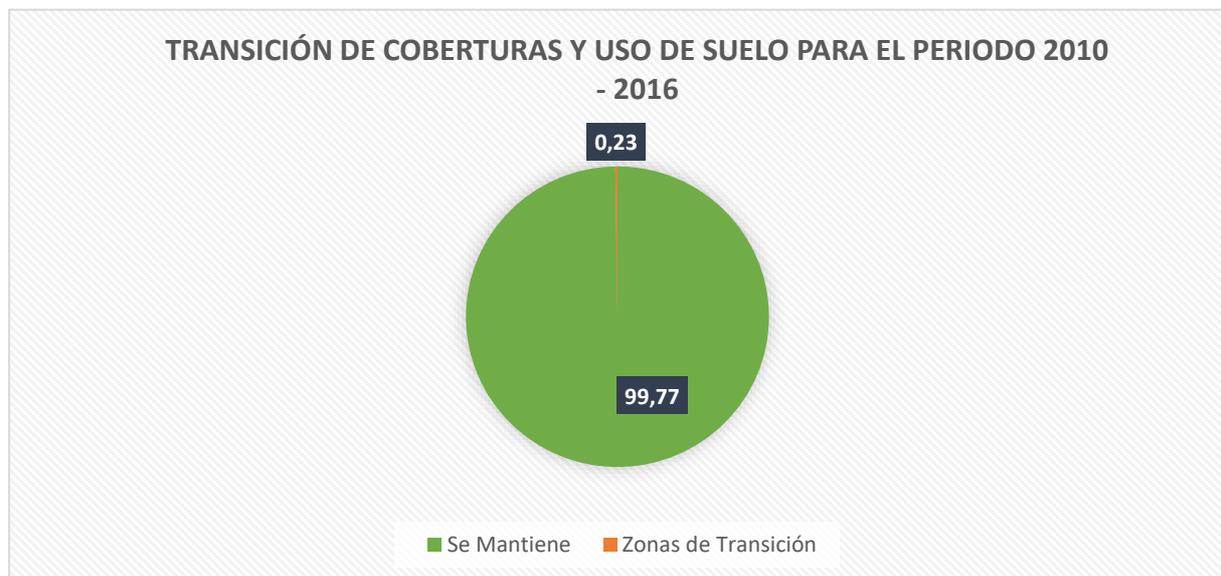
## 5.2.4 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL PERIODO 2010 – 2016

En el periodo 2010 – 2016 se da una transición de 179,77 ha con el 0,23%, mientras que 79071,24 ha se mantienen y representan el 99,77%.

**Tabla 38.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016

Variación	Superficie (ha)	Porcentaje %
Se Mantiene	79071,24	99,77
Zonas de Transición	179,77	0,23

Fuente: Autor

**Figura 66.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016

Fuente: Autor

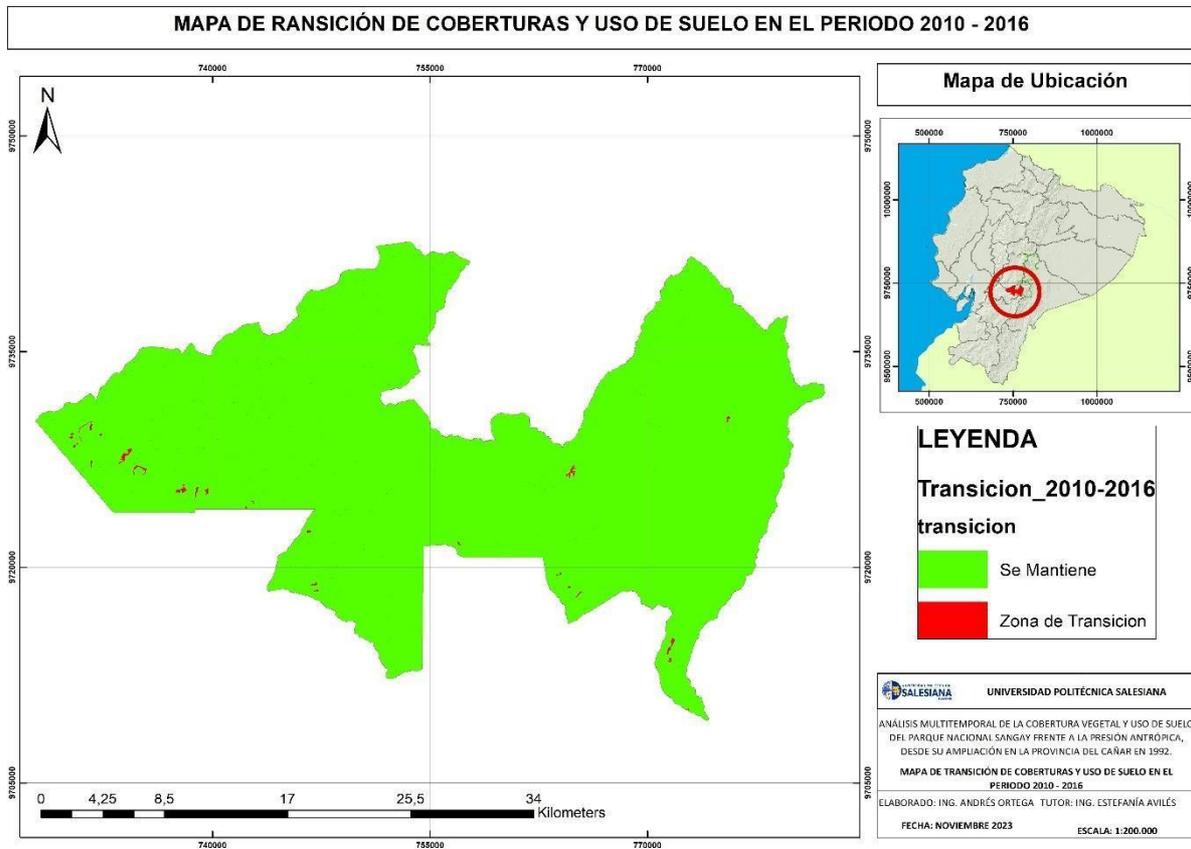
**Tabla 39.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016

Matriz de transición del periodo 2010 2016		Año 2016								Total 2	Perdi das	
		Bosque Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.			
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Año 2010	<b>Bosque Nativo</b>	<b>10</b>	19249,33	0,00	0,00	0,00	0,00	62,072274	0,00	0,00	19311,40	62,07
	<b>Plantaciones forestales</b>	<b>20</b>	0,00	109,868179	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,87	0,00
	<b>Vegetación Arbustiva</b>	<b>30</b>	0,00	0,00	12879,723	3,501202	0,00	4,57894	0,00	0,00	12887,80	8,08
	<b>Páramo</b>	<b>40</b>	0,00	25,196064	0,00	29712,34	0,00	8,642639	0,00	0,00	29746,17	33,84

<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>50</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	9805,2058	59,918665	0,00	0,00	9865,12	59,92
<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>60</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5422,650229	0,00	0,00	5422,65	0,00
<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	0,00	0,00	0,00	15,85697	0,00	0,00	384,463	0,00	400,32	15,86
<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1507,667674	1507,67	<b>0,00</b>
<b>Total 2</b>		19249,33	135,06	12879,72	29731,69	9805,21	5557,86	384,46	1507,67		
<b>Ganancias</b>		0,00	25,20	0,00	19,36	0,00	135,21	0,00	0,00		
<b>Cambio Total</b>		-62,07	25,20	-8,08	-14,48	-59,92	135,21	-15,86	0,00		
<b>Se Mantiene</b>						79071,24					
<b>Transición</b>						179,77					

Fuente: Autor

**Figura 67.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2010 - 2016



Fuente: Autor

## 5.2.5 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL PERIODO 2016 – 2022

En el periodo 2016 – 2022 se da una transición de 445,08 ha con el 0,56%, mientras que 78805,37 ha se mantienen y representan el 99,44%.

**Tabla 40.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022

Variación	Superficie (ha)	Porcentaje %
Se Mantiene	78805,37	99,44
Zonas de Transición	445,08	0,56

Fuente: Autor

**Figura 68.** *Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022*



Fuente: Autor

**Tabla 41.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022

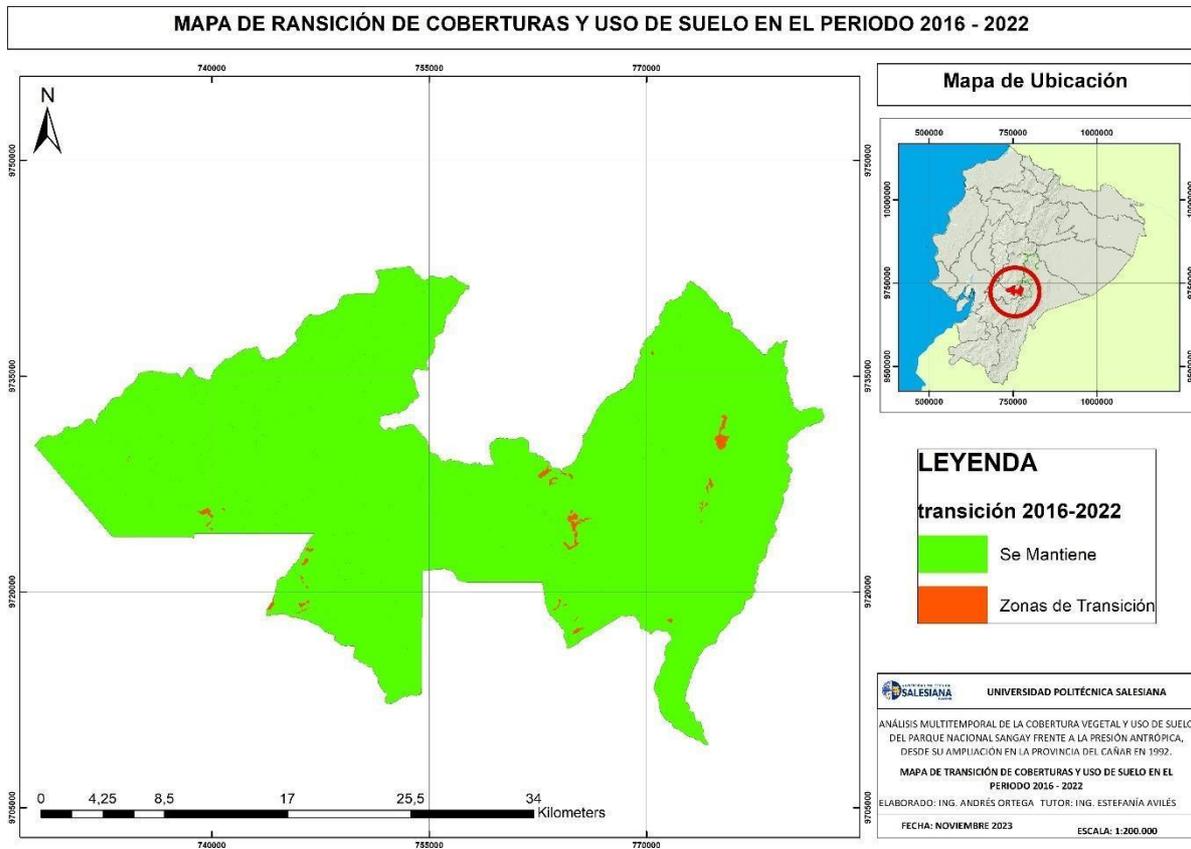
Matriz de transición del periodo 2016 - 2022		Año 2022								Total 2	Perdidas	
		Bosque Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.			
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Año 2016	<b>Bosque Nativo</b>	<b>10</b>	18918,66	0,00	0,00	0,00	0,00	330,67	0,00	0,00	19249,33	330,67
	<b>Plantaciones forestales</b>	<b>20</b>	0,00	108,19	0,00	4,26	0,00	22,62	0,00	0,00	135,06	26,88
	<b>Vegetación Arbustiva</b>	<b>30</b>	0,00	0,00	12839,76	0,00	0,00	39,97	0,00	0,00	12879,72	39,97
	<b>Páramo</b>	<b>40</b>	0,00	0,00	0,00	29701,79	0,00	28,53	0,00	1,38	29731,69	29,91

<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>50</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	9786,99	16,76	0,00	0,90	9804,65	17,66
<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>60</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5557,86	0,00	0,00	5557,86	0,00
<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	384,46	0,00	384,46	0,00
<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1507,67	1507,67	<b>0,00</b>

<b>Total 2</b>	18918,66	108,19	12839,76	29706,05	9786,99	5996,40	384,46	1509,95
<b>Ganancias</b>	0,00	0,00	0,00	4,26	0,00	438,54	0,00	2,28
<b>Cambio Total</b>	-330,67	-26,88	-39,97	-25,65	-17,66	438,54	0,00	2,28
<b>Se Mantiene</b>						78805,37		
<b>Transición</b>						445,08		

Fuente: Autor

**Figura 69.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 2016 - 2022



Fuente: Autor

## 5.2.6 TRANSICIÓN DE COBERTURAS Y USO DE SUELO PARA EL PERIODO 1991 – 2022

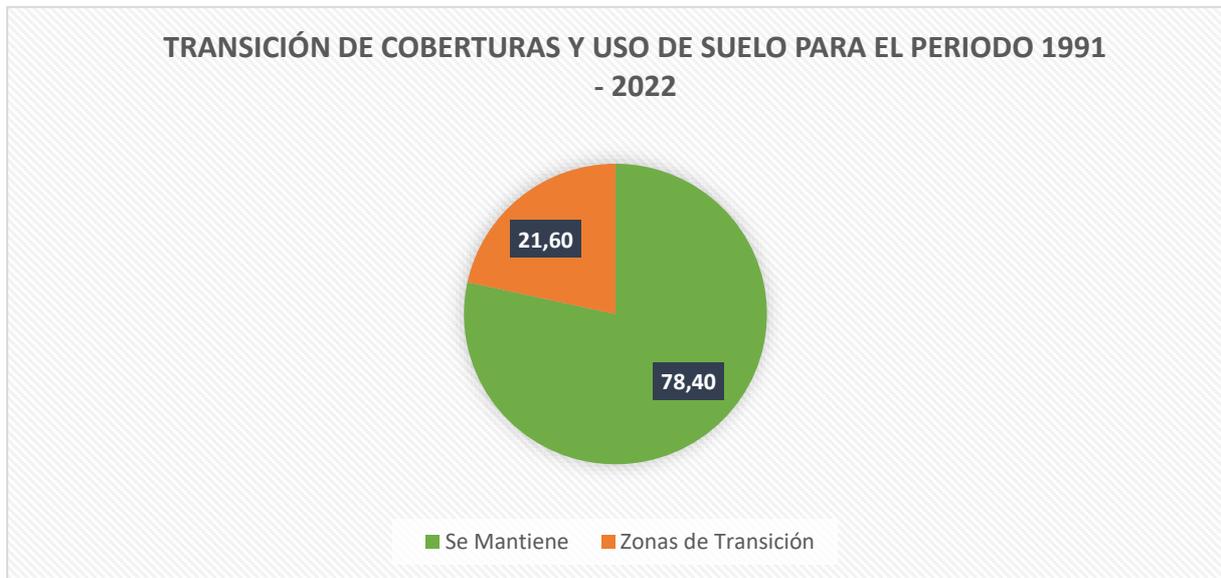
En el periodo 1991 – 2022 se da una transición de 17106,03 ha con el 0,56%, mientras que 62072,92 ha se mantienen y representan el 21,60%.

**Tabla 42.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022

Variación	Superficie (ha)	Porcentaje %
Se Mantiene	62072,92	78,40
Zonas de Transición	17106,03	21,60

Fuente: Autor

**Figura 70.** *Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022*



Fuente: Autor

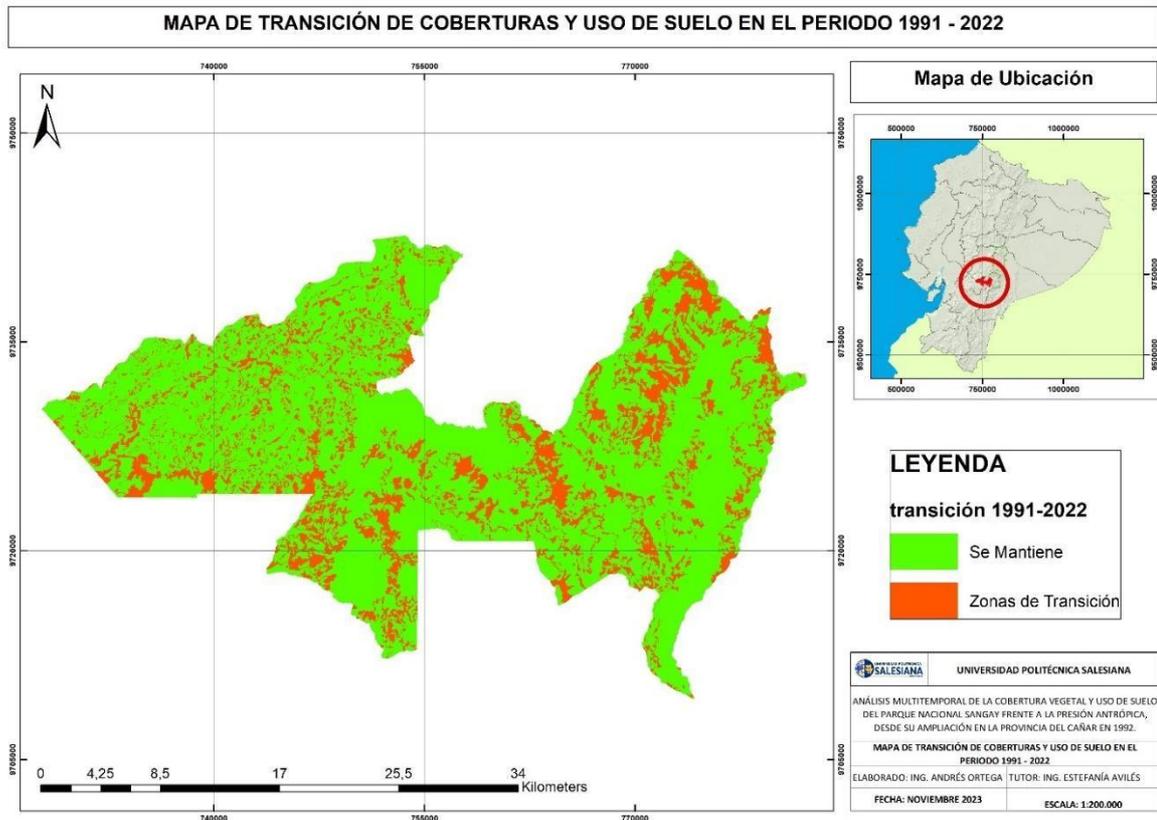
**Tabla 43.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022

Matriz de transición del periodo 1991 - 2022		Año 2022								Total 2	Perdidas	
		Bosque Nativo	Plantaciones forestales	Vegetación Arbustiva	Páramo	Vegetación Herbácea	Tierra Agropecuaria	Cuerpo de Agua	Área sin cobertura vegetal.			
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Año 1991	<b>Bosque Nativo</b>	<b>10</b>	16162,88	2,92	1806,42	102,41	0,45	1162,61	22,18	2,41	19262,29	3099,41
	<b>Plantaciones forestales</b>	<b>20</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Vegetación Arbustiva</b>	<b>30</b>	1749,18	2,57	7010,08	636,87	35,92	332,87	7,48	42,87	9817,84	2807,76
	<b>Páramo</b>	<b>40</b>	138,35	73,47	3762,63	26950,01	2589,90	564,81	57,43	487,70	34624,31	7674,30
	<b>Vegetación Herbácea</b>	<b>50</b>	7,06	22,24	67,10	1726,01	7115,16	329,32	1,75	17,60	9286,24	2171,08

<b>Tierra Agropecuaria</b>	<b>60</b>	809,49	6,18	99,83	7,21	26,15	3587,86	2,62	0,00	4539,35	951,48
<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>70</b>	25,45	0,13	19,18	33,72	3,10	8,23	291,19	0,45	381,45	90,26
<b>Área sin cobertura vegetal</b>	<b>80</b>	14,06	0,00	66,26	223,33	8,04	0,00	0,06	955,72	1267,47	311,75
<b>Total 2</b>		18906,48	107,51	12831,50	29679,56	9778,73	5985,70	382,72	1506,75		
<b>Ganancias</b>		2743,59	107,51	5821,42	2729,55	2663,57	2397,84	91,52	551,03		
<b>Cambio Total</b>		-355,81	107,51	3013,66	-4944,75	492,49	1446,35	1,27	239,28		
<b>Se Mantiene</b>							62072,92				
<b>Transición</b>							17106,03				

Fuente: Autor

**Figura 71.** Transición de coberturas y uso de suelo para el periodo 1991 - 2022



Fuente: Autor

### 5.3 PRESIÓN ANTRÓPICA QUE SE EJERCE EN LA ZONA DE ESTUDIO Y SU RELACIÓN CON LAS ZONAS IDENTIFICADAS CON VARIACIÓN DE COBERTURA VEGETAL O USO DE SUELO.

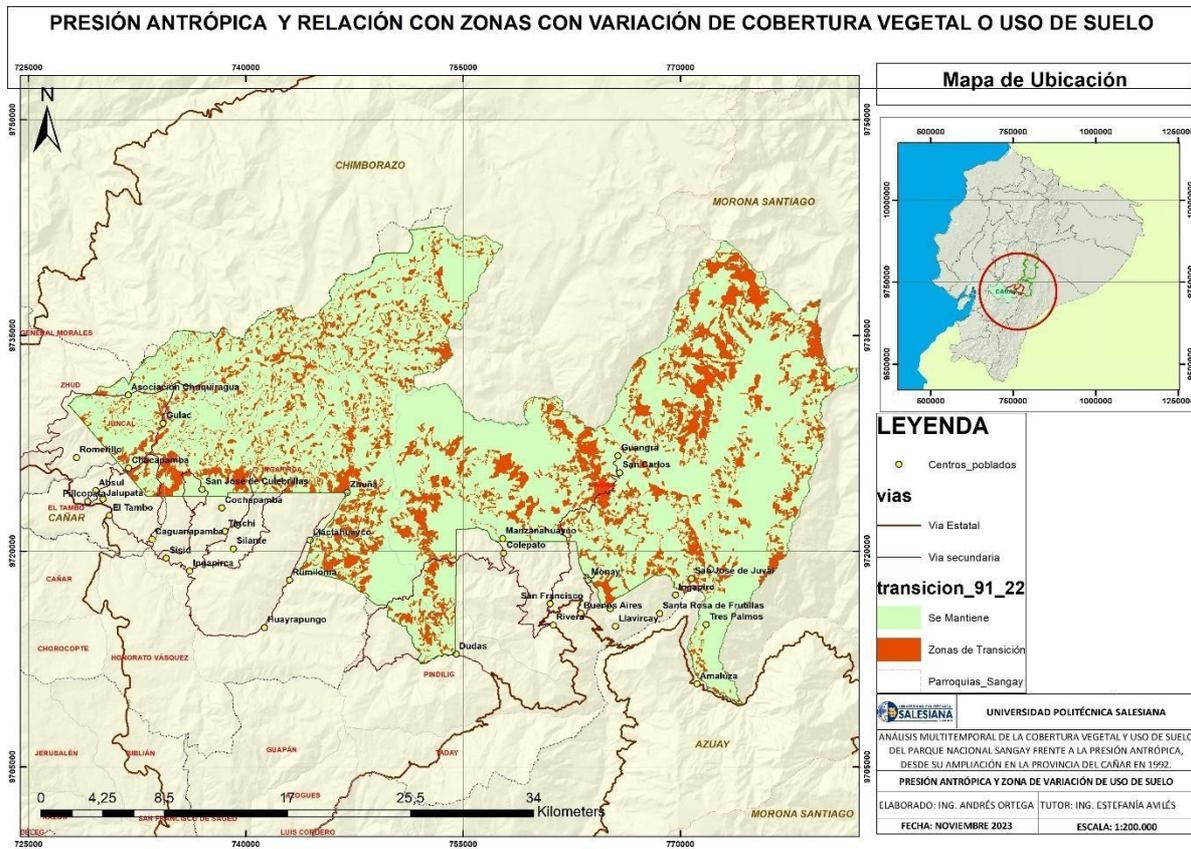
Los resultados obtenidos indican que en donde existe la presencia de centros poblados ya sea dentro o en la zona de influencia directa del Parque Nacional Sangay en la Provincia de Cañar, se registran cambios en la cobertura vegetal o uso de suelo, siendo el principal una de las coberturas que ha registrado cambio en términos de ganancia Tierra Agropecuaria, la misma que deriva de las diferentes actividades productivas que se desarrollan en estos asentamientos humanos.

**Tabla 44.** Centros poblados del Parque Nacional Sangay y su zona de influencia

Provincia	Cantón	Parroquia	Comunidad /Centro Poblado	
Cañar	El Tambo	El Tambo	Caguanapamba	
			El Tambo	
			Pillcopata	
			Jalupata	
			Absul	
			Chacapamba	
	Cañar	Ingapirca	San José de Culebrillas	
			Turchi	
			Cebadas	
			Cochapamba	
			Gulac	
			Ingapirca	
			Zhuña	
			Llactahuayco	
			Rumiloma	
			Huayrapungo	
			Silante	
			Sisid	
			Juncal	Asociación Chuquiragua
				Romerillo
	Azogues	Rivera	Tres Palmos	
			San Carlos	
			Buenos Aires	
			Guangra	
			San Francisco	
			Rivera	
			Colepato	
			Manzanahuayco	
			Monay	
			Santa Rosa de Frutillas	
			Llavircay	
			San José de Monay	
			Ingapiro	
San Antonio de Juval				
San José de Juval				
Pindilig	Dudas			
Azuay	Sevilla de Oro	Amaluza	Amaluza	

Fuente: Autor

**Figura 72. Centros poblados del Parque Nacional Sangay y su zona de influencia**



Fuente: Autor

Los centros poblados demuestran ser determinantes para que se genere presión en los diferentes tipos de coberturas siendo el más evidente el cambio hacia tierra agropecuaria, principalmente en los sectores de Gulag, Chacapamba, San José de Culebrillas, Zhuña, Llactahuayco, Rumiloma, Dudas, Monay, Guangras y San José de Juval.

## 5.4 MAPA DE CLASIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS PRESENTES CONSIDERANDO SU COMPOSICIÓN VEGETAL

La clasificación de ecosistemas considera únicamente su composición vegetal y fisonomía se estructura de la siguiente manera:

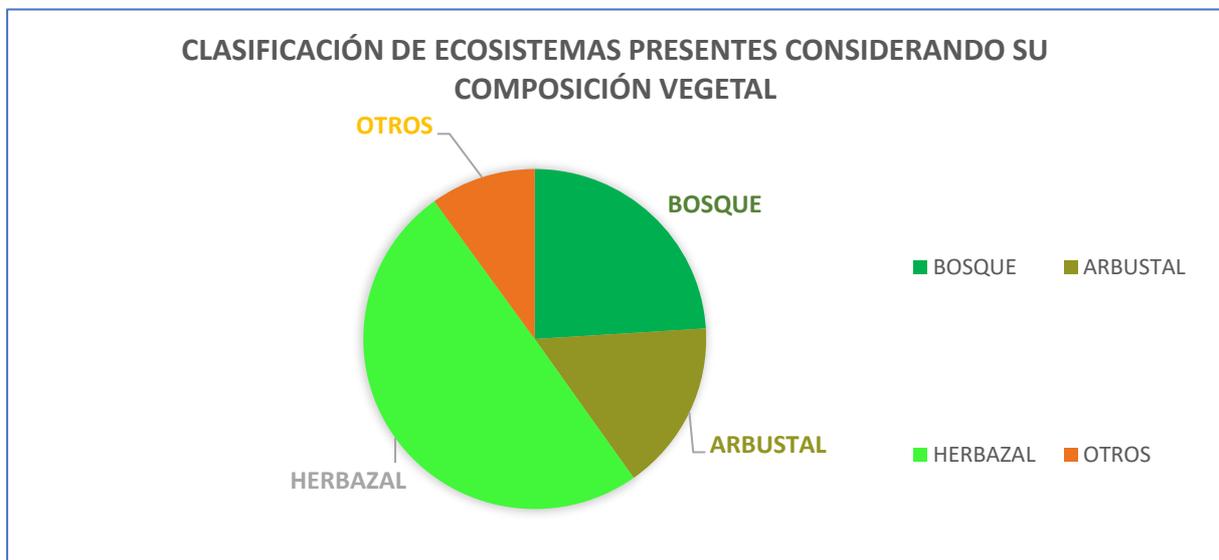
**Tabla 45.** Clasificación de ecosistemas considerando su composición vegetal y fisonomía

Ecosistemas	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
BOSQUE	19026,85	24,01
ARBUSTAL	12839,76	16,20
HERBAZAL	39493,04	49,83
OTROS	7891,37	9,96

Fuente: Autor

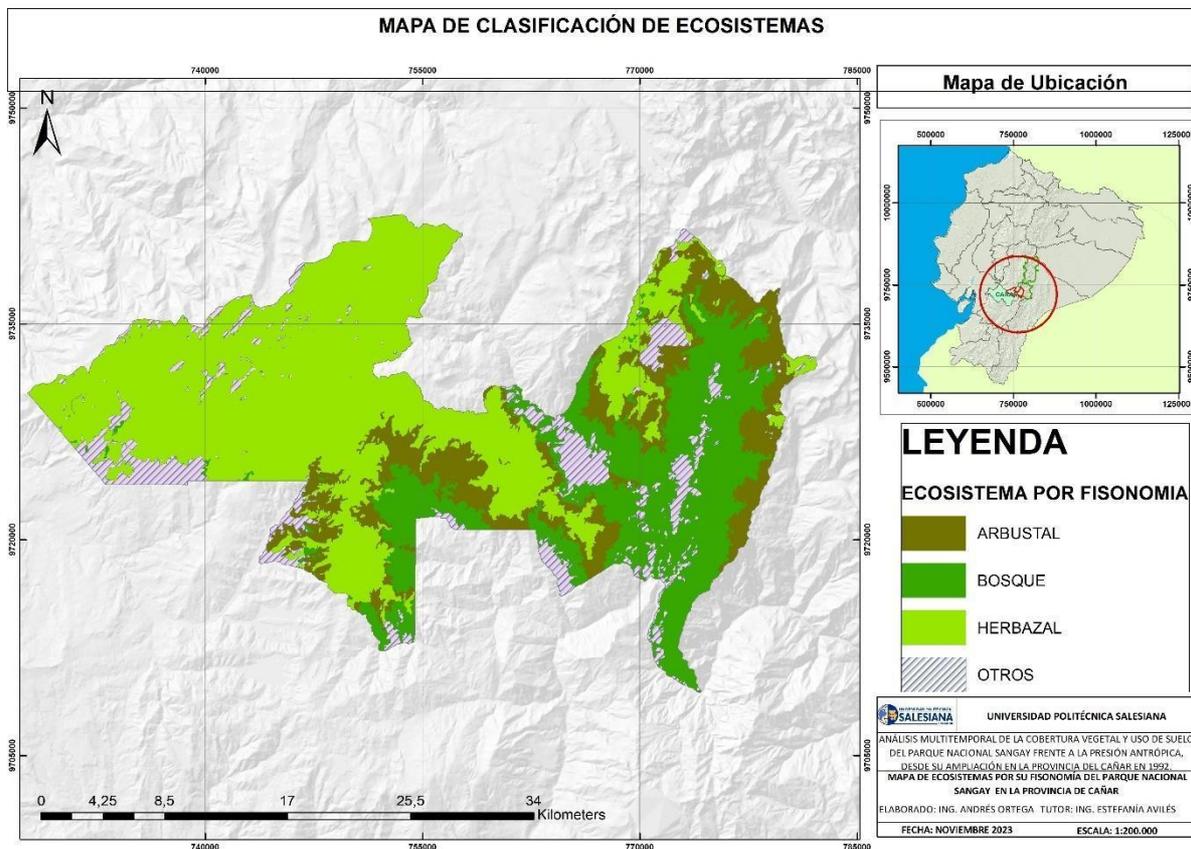
El ecosistema predominante es el herbazal con un 49,83%, el mismo que incluye tanto los herbazales de páramo como vegetación herbácea presente en el área; los bosques con un 24,01% incluye los bosques nativos, así como las plantaciones forestales; el ecosistema arbustal con el 16%; y otros con el 9,96% representa la cobertura de tierra agropecuaria, suelo desnudo y cuerpos de agua.

**Figura 73.** Clasificación de ecosistemas considerando su composición vegetal



Fuente: Autor

**Figura 74.** Clasificación de ecosistemas considera únicamente su composición vegetal y fisonomía



Fuente: Autor

## 5.5 MAPA DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN ÁREAS PROTEGIDAS.

Los resultados obtenidos demuestran vulnerabilidad ambiental ya sea por las amenazas (centros poblados, vías) o sensibilidad de los ecosistemas presentes, como se presenta en la tabla 46.

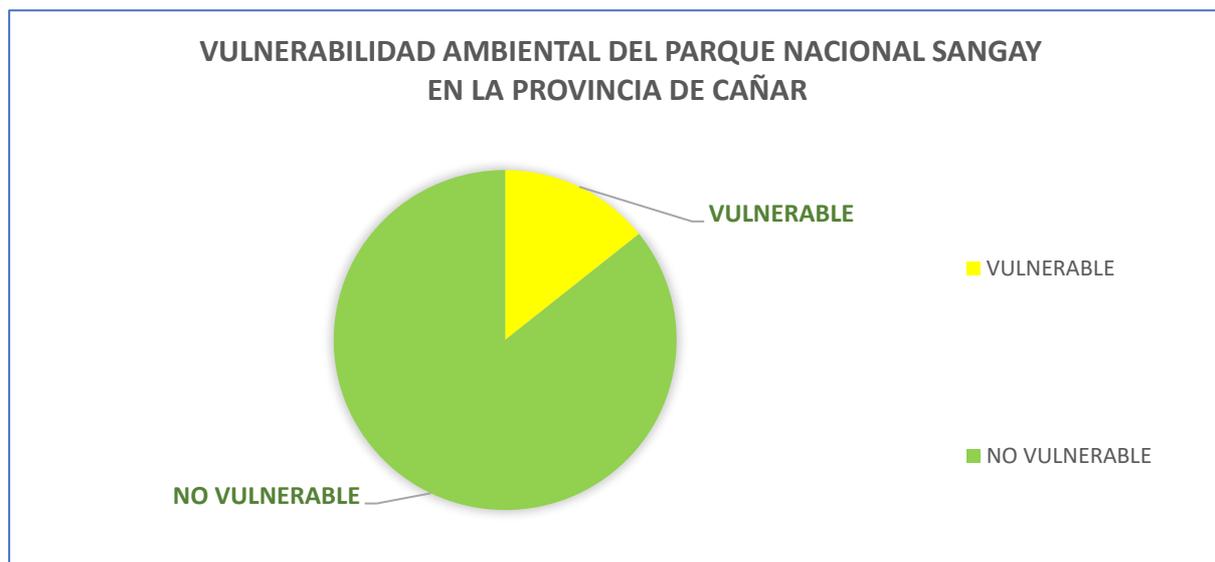
**Tabla 46.** Índices de vulnerabilidad ambiental en el parque nacional Sangay provincia de Cañar

Condición	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
VULNERABLE	11307,25	14,27
NO VULNERABLE	67934,60	85,73

Fuente: Autor

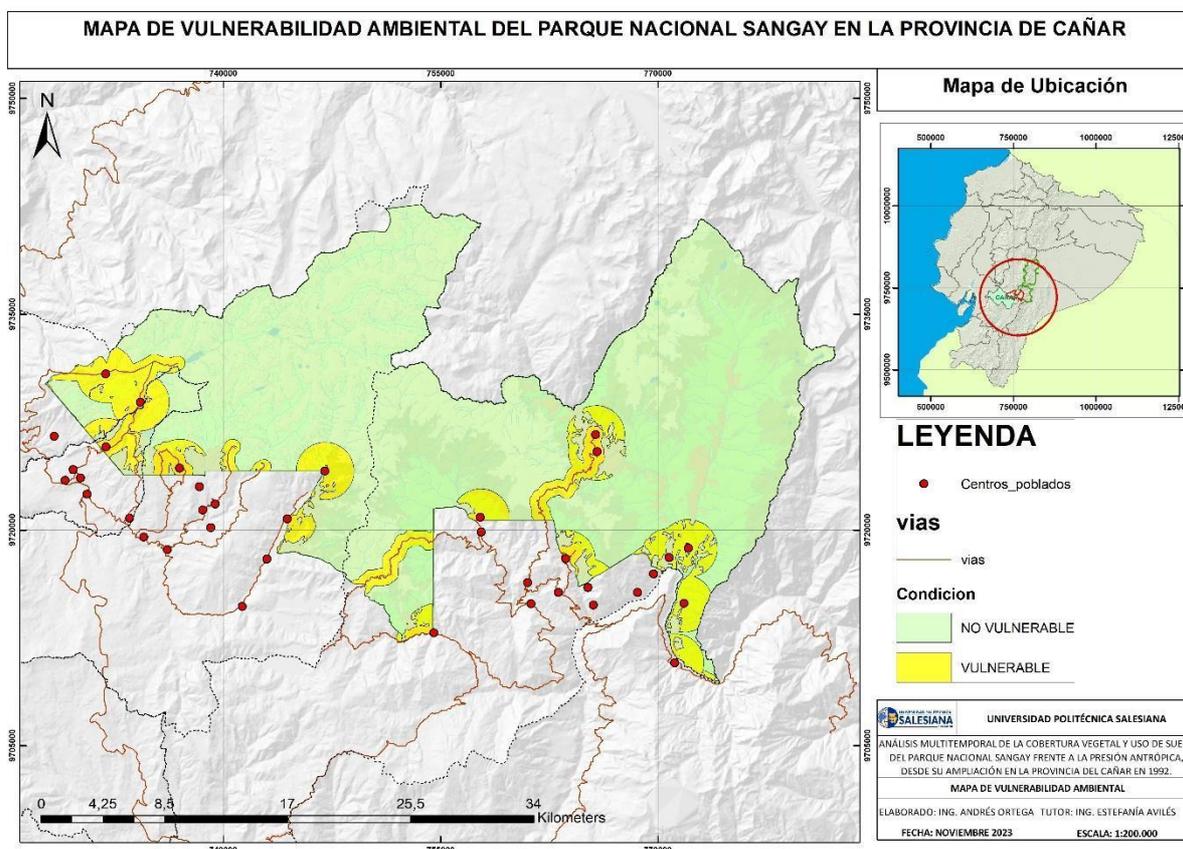
Como se muestra las zonas de vulnerabilidad comprenden el 14, 27% del territorio del área protegida en la provincia de Cañar, y generalmente se ubican en las zonas donde se registran amenazas directas ya sea por la presencia de centros poblados y vías y a su vez generan algún tipo de presión hacia los ecosistemas considerados sensibles.

**Figura 75.** Índices de vulnerabilidad ambiental en el parque nacional Sangay provincia de Cañar



Fuente: Autor

**Figura 76. Mapa de vulnerabilidad ambiental en el parque nacional Sangay provincia de Cañar**



Fuente: Autor

## 5.6 MEDIDAS DE GESTIÓN Y ACCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS CAMBIOS ENCONTRADOS, LA RELACIÓN CON LA PRESIÓN ANTRÓPICA Y LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL DETERMINADA

Las Áreas Protegidas del subsistema estatal del Ecuador, por competencia se gestionan desde el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; las mismas cuentan con su plan de manejo y diferentes insumos, estrategias, planes, herramientas, etc. que permiten el manejo efectivo de las mismas; sin embargo, una vez se han representado y analizado los resultados de este estudio, existen cambios considerables en el uso de suelo y/o cobertura vegetal, las mismas que están relacionadas en gran parte a la presión ejercida por los asentamientos

humanos cercanos y al mismo tiempo considerando el tipo de vegetación que se podría clasificar como susceptible se genera un rango de vulnerabilidad para la pérdida de estos paisajes naturales; es por ello que se considera necesario fortalecer estos insumos y herramientas de las áreas protegidas con un enfoque integral y desde el territorio involucrando a todos los actores que de alguna manera forman parte de esta área protegida.

Otro aspecto a considerar para reforzar estas medidas de gestión es analizar por qué se genera esta presión en las áreas naturales, teniendo en cuenta que los asentamientos humanos en el Parque Nacional Sangay en la provincia de Cañar según el diagnóstico social y económico en su mayoría perciben bajos recursos económicos derivados de sus actividades productivas; con esto se podrían plantear las siguientes medidas de gestión:

### **Áreas Susceptibles:**

Estas áreas podrían ser el resultado del nivel de exposición a la presión antrópica y considerar el grado de sensibilidad de los ecosistemas; para este estudio según los resultados obtenidos se podría considerar a las coberturas de Páramos **y Bosque Nativo** como áreas susceptibles a cambio y por ende, si bien están dentro del SNAP, se podría se debería fortalecer el nivel de gestión y ejecutar acciones que reduzcan la presión es estas.

### **Avance de la frontera Agrícola**

La principal amenaza que deriva de la presencia de centros poblados en el área protegida; y, con los resultados obtenidos que denotan un incremento del 5,74% al 7,57% en la cobertura de Tierra Agropecuaria, así como la presión en algunos ecosistemas y/o coberturas, ocasionada por la introducción de ganado bovino, permiten visualizar que, si bien se ha generado un impacto, al mismo tiempo la categorización de Parque Nacional, y la aplicación de las políticas, estrategias y herramientas propias de esta categoría de conservación al mismo tiempo han sido determinantes para que estos cambios no sean de mayor impacto.

### **Medidas de Gestión y acción:**

Para implementar las diferentes medidas de gestión y acción se identifica a los actores, y se consideran los insumos pertinentes para ser aplicados:

**Tabla 47.** Medidas de Gestión y acción

ACTOR	MEDIDAS DE GESTIÓN	ACCIÓN	INSUMOS
<p><b>COMUNIDADES LOCALES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión del territorio.</li> <li>- Gobernanza local</li> <li>- Gestión con instituciones públicas, privadas y ONG´s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de planes de manejo comunitarios acorde a los lineamientos del MAATE para las áreas protegidas.</li> <li>- Comunidades organizadas con directivas reconocidas y legalizadas, capaces de tomar decisiones.</li> <li>- Modelos de gestión que permitan convenios y/o similares y que generen ingreso de recursos económicos a través de diferentes actores locales, para la implementación de proyectos o programas que fortalezcan las capacidades de las comunidades en temas de producción agropecuaria, aprovechamiento sostenible de los recursos, turismo comunitario entre otras; y replicar conocimientos a jóvenes de la comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planes de Manejo Comunitarios.</li> <li>- Estatutos y reglamentos Internos</li> <li>- Modelos de gestión comunitaria</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión con GAD's Cantonales de Cañar, El Tambo, Azogues; GAD provincial de Cañar; MAATE; MAG, GIZ, etc.</li> </ul>	
<b>GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de territorio.</li> <li>- Legislación local y modelos de gestión para conservación de ecosistemas frágiles.</li> <li>- Gestión y fortalecimiento de capacidades de las comunidades con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración y actualización de sus Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, así como de sus Planes de Uso y Gestión del Suelo;</li> <li>- Creación y aplicación de Ordenanzas Municipales que favorezcan la conservación de ecosistemas frágiles como páramos, bosques entre otros, así como su biodiversidad y servicios ecosistémicos, que permitan regular y sancionar a los ciudadanos dentro de cada jurisdicción que incumplan la misma.</li> <li>- Creación de la empresa pública de Agua en el cantón Cañar.</li> <li>- Impulsar a través de Mancomunidad del Pueblo Cañari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PDOyTs</li> <li>- PUGS</li> <li>- Planificación operativa anual</li> <li>- Recursos económicos.</li> <li>- Ordenanzas</li> <li>- Empresas publicas</li> <li>- Fondos de Agua</li> <li>- Consultorías para formación de asociación comunitarias</li> </ul>

	<p>enfoque de desarrollo sostenible.</p>	<p>de</p> <p>la creación de un Fondo de Agua que permita fortalecer la gestión y manejo de las zonas de recarga hídrica dentro y fuera del Parque Nacional Sangay.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A través de los GAD's cantonales promover proyectos, programas, consultorías para la formación de asociaciones comunitarias productoras de leche y derivados, artesanías y otros productos dentro de las zonas vulnerables del Parque Nacional Sangay.</li> <li>- Creación de espacios para la comercialización de los productos provenientes de los productores comunitarios.</li> <li>- Convenios Interinstitucionales de cooperación con ONG's.</li> </ul>	
<p><b>SOCIEDAD CIVIL</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corresponsabilidad ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A través del GAD Cantonal implementar ordenanzas municipales que implique un rubro adicional en el servicio de agua potable destinado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pagos por servicios ambientales.</li> <li>- Tarifa de agua Potable.</li> </ul>

		fortalecer el manejo y conservación de las zonas de recarga hídrica.	
<b>ACADEMIA</b>	- Convenios interinstitucionales.	- Suscripción de convenios de cooperación entre el MAATE y Universidades para el desarrollo de investigación científica en trabajos de titulación, así como para pasantías preprofesionales.	- Trabajos de investigación - Proyectos de vinculación. - Pasantías preprofesionales
<b>MAATE</b>	- Manejo, regulación y control de las áreas protegidas.  - Educación, comunicación y promoción ambiental.  - Gestión y administración del área protegida	- Herramientas de gestión actualizadas: Plan Estratégico, Plan de Manejo; Planes técnicos de gestión. - Catastro de tenencia de tierra. - Campañas de educación ambiental con los centros educativos del área protegida y su zona de amortiguamiento para promover la conservación y buenas prácticas ambientales. - Acuerdos y convenios de cooperación internacional para implementación de proyectos y programas (restauración, desarrollo local sostenible,	- Plan de Manejo. - Planes técnicos y estratégicos. - Normativa “CODA”, “RCODA” - Programas de Control y vigilancia - Programas de educación Ambiental - Programas de Monitoreo de Biodiversidad - Gestión de turismo - Talento Humano

		<p>insumos y equipos para el área protegida, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortalecimiento de legislación aplicable en áreas protegidas.</li> <li>- Promoción de prácticas de manejo sostenible de recursos naturales</li> <li>- Control y vigilancia del área protegida</li> <li>- Elaboración de planes operativos anuales.</li> <li>- Gestión de recursos económicos y talento humano.</li> </ul>	
<b>ONGs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cooperación y coordinación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover mesas de trabajo entre diferentes actores locales para consensuar un diagnóstico social y ambiental y tomar decisiones, que susciten acciones de conservación</li> <li>- Implementación de proyectos o programas de desarrollo sostenible en comunidades en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recursos Económicos.</li> <li>- Asistencia técnica</li> </ul>

Fuente: Autor

## 6 DISCUSIÓN

El análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo en el Parque Nacional Sangay, desde su ampliación en 1992 hasta 2022, destaca cambios profundos en la configuración del paisaje, influenciados tanto por procesos naturales como por intervenciones humanas. Este periodo ha sido testigo de una reducción notable de la cobertura de páramo y bosque nativo, que alcanza aproximadamente un 30%, equivalentes a una pérdida de cerca de 5,000 hectáreas. Los índices Kappa, que fluctúan entre 0.82 y 0.87, avalan la alta precisión de las clasificaciones realizadas, subrayando la intensidad de la presión antrópica sobre estos ecosistemas críticos, similar a lo observado por Coronel (2022) en su estudio sobre la carretera Gualaceo – Plan de Milagro.

El aumento del 20% en las áreas agropecuarias y urbanas en el Parque Nacional Sangay refleja un conflicto creciente entre las demandas de desarrollo local y la conservación de la biodiversidad, un fenómeno también identificado por Bonilla Vilatuña y Taipei (2021) en las Reservas Ecológicas El Ángel y Arenillas. Este equilibrio desafiante es importante para la gestión de áreas protegidas y destaca la necesidad de adoptar estrategias que integren tanto las necesidades humanas como la protección del patrimonio natural.

Vásquez y Delgado (2022) notaron un incremento en los pastizales a expensas de la cobertura boscosa en el Bosque Protector Aguarongo, una dinámica reflejada en Sangay donde la expansión agrícola sigue presionando los límites del parque. Estos cambios en el uso de suelo son críticos porque alteran servicios ecosistémicos como la captura de carbono y la regulación hídrica, aspectos esenciales para la mitigación del cambio climático y la sostenibilidad del agua local.

Además, Carangui y Valverde (2022) documentaron un aumento en las áreas destinadas a camaroneras en Durán, resaltando cómo ciertas actividades económicas pueden impactar negativamente los ecosistemas locales. Aunque en un contexto diferente, este fenómeno es comparable a lo observado en Sangay, donde el desarrollo económico local impulsa cambios en el uso del suelo que comprometen la integridad ecológica del parque.

Este contexto demanda una gestión basada en evidencia, que utilice datos cuantitativos para monitorear los cambios y que considere tanto aspectos socioeconómicos como ecológicos para garantizar la conservación a largo plazo de Sangay. La inclusión de comunidades locales en la toma de decisiones y la educación ambiental fomentan una relación armoniosa entre los seres humanos y la naturaleza, asegurando el apoyo y la participación comunitaria en la conservación, crucial para la efectividad de las estrategias de manejo.

## 7 CONCLUSIONES

La investigación ha demostrado que, desde su ampliación en 1992, el Parque Nacional Sangay ha experimentado significativas variaciones en su cobertura vegetal y uso de suelo, atribuibles en gran medida a la expansión de la frontera agrícola y la presión derivada de la ocupación humana. Este fenómeno ha conducido a la fragmentación de hábitats, pérdida de biodiversidad y alteración de servicios ecosistémicos, lo que subraya la importancia crítica de las áreas protegidas en la conservación del patrimonio natural.

La presencia de comunidades dentro y en la zona de amortiguamiento del parque, junto con sus actividades económicas, ha sido identificada como un factor determinante en la variación de la cobertura vegetal y el uso del suelo. La interacción entre los sistemas naturales y las dinámicas socioeconómicas locales plantea un desafío complejo para la gestión sostenible del parque y la conservación de sus valores ecológicos.

La aplicación de herramientas de teledetección e imágenes satelitales ha permitido un análisis detallado y multitemporal de los cambios en el parque, evidenciando la eficacia de estas tecnologías en el monitoreo ambiental y la planificación territorial. Este enfoque ha facilitado la identificación de tendencias de cambio, áreas críticas y la evaluación de la efectividad de las medidas de gestión implementadas.

La investigación resalta la necesidad de integrar la gestión ambiental con las dinámicas sociales y económicas de las comunidades locales. La conservación efectiva del Parque Nacional Sangay y su biodiversidad requiere enfoques que armonicen la protección del medio ambiente con el desarrollo sostenible y el bienestar de las poblaciones humanas.

## 8 RECOMENDACIONES

Fortalecer los mecanismos de gobernanza ambiental y la planificación territorial participativa, involucrando a todas las partes interesadas, incluidas las comunidades locales, en la gestión del Parque Nacional Sangay. La creación de espacios de diálogo y colaboración puede facilitar el desarrollo e implementación de estrategias de conservación que sean socialmente inclusivas y ambientalmente sostenibles.

Implementar programas de monitoreo continuo, utilizando teledetección y otras tecnologías de información geográfica para evaluar la efectividad de las medidas de gestión y adaptarlas según sea necesario. El monitoreo constante permitirá identificar cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo en tiempo real, facilitando respuestas rápidas y basadas en evidencia.

Promover prácticas agrícolas sostenibles y alternativas económicas que reduzcan la presión sobre los recursos naturales del parque. Programas de agroforestería, ecoturismo y otras actividades económicas de bajo impacto pueden ofrecer medios de vida sostenibles para las comunidades locales y al mismo tiempo contribuir a la conservación de los ecosistemas.

Desarrollar e implementar programas educativos y de sensibilización dirigidos a las comunidades locales y el público en general sobre la importancia de conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrece el Parque Nacional Sangay. La concienciación y la participación ciudadana son fundamentales para el éxito de las estrategias de conservación a largo plazo.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

Alonso, F. (s.f.). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Murcia.

Alvarado, N., & Mainato, F. (2021). *Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo*. UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20104/1/UPS-CT009032.pdf>

Banco Mundial. (2007). *Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016*. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas.  
<http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/PLAN%20ESTRATEGICO%20DEL%20SNAP.pdf>

Barcena, A., Prado, A., & Samaniego, J. (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf)

Bertani, L. A. (2011). *Evaluación geoecológica de los paisajes del Departamento Minas (provincia de Neuquén), para el estudio de la degradación de la tierra*. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3209>

BFA. (2015). *ESTRATEGIA PARA LA PROTECCIÓN, MEJORA Y GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN BIZKAIA*. DFB.  
[https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio\\_Natural/ESTRATEGIA%20BIODIVERSIDAD/Cas\\_Estrategia%20Biodiversidad%20\(Para%20publicar\).pdf?idioma=CA](https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio_Natural/ESTRATEGIA%20BIODIVERSIDAD/Cas_Estrategia%20Biodiversidad%20(Para%20publicar).pdf?idioma=CA)

Bonilla, D., & Taipe, J. (2021). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal a partir de la imagen satelital Sentinel-2 y Landsat-8 mediante el uso de algoritmos de clasificación, en la Reseva Ecológica El Ángel y Reserva Ecológica Arenillas*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://doi.org/http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20884>

Bucheli García, F., & Mosquera Ambrosi, A. (2009). *Acompañamiento y sistematización en el proceso de construcción participativa de ordenanza para la protección de paramos, bosques naturales, fuentes y vertientes como espacios claves para la regulación y protwción del agua en el cantón Cañar*. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6903>

Carangui, K., & Valverde, M. (2022). *Análisis multitemporal de la superficie ocupada por la cría de camarón en el cantón Durán en el período comprendido entre los años 2000 - 2020*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://doi.org/http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21885>

Cárcamo, A., & Ayuga, J. (2015). Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso. *REVISTA CIENCIAS ESPACIALES*, 8(2), 184. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2081>

Cardona, A. (2018). *Un tercio de las áreas protegidas en el mundo están bajo fuerte presión humana*. <https://es.mongabay.com/2018/05/areas-protegidas-amenazadas-por-el-hombre/>

Castillo, E. (2021). *Evaluación ecológica rápida de la vegetación arbórea del bosque siempreverde montano del sur de la Cordillera Oriental de los Andes, sector Imbana*,

Zamora Chinchipe. Universidad Nacional Loja.

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23895/1/Estefan%C3%ADa%20Nathaly%20Castillo%20Acaro.pdf>

Chuvieco, E. (1985). Aportaciones de la Teledetección espacial a la cartografía de ocupación del suelo. *Anales de Geografía en la Universidad Complutense*, 5, 29-48.

COOTAD. (2019). *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010*.

Coronel, R. (2022). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en el área de influencia de la carretera Gualaceo – Plan de Milagro en el periodo 2013-2020 para la definición de zonas prioritarias de restauración ecológica*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://doi.org/http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24029>

Dudley, N. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. UICN. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/paps-016-es.pdf>

Ecuador Forestal. (2007). *Ecuador Forestal*. <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/bosque-forestal/bosque-nativo/>

Flohr, O. (2005). *LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

GAD Azogues. (2014). *Ordenanzas Municipales. Ordenanza Municipal de Azogues para la conservación, restauración y recuperación de las fuentes de agua, zonas de recarga hídrica, ecosistemas frágiles y otras áreas prioritarias para la protección de la*

*biodiversidad, los servicio.* <https://vlex.ec/vid/ordenanza-municipal-azogues-conservacion-544424158>

GADIC Cañar. (2008). *Ordenanzas.* <https://doi.org/https://www.canar.gob.ec/ordenanzas>

García, C. (2019). Derecho humano al agua en el Ecuador. Una aproximación desde la ética ambiental. *PFR Health in Latin America*, 4(3).  
<https://doi.org/https://practicafamiliarrural.org/index.php/pfr/article/view/122>

Gregorio, A. (2005). *Land Cover Classification System Conceptos de clasificación y manual de usuario Versión del software.* FAO:  
<https://www.fao.org/3/y7220e/y7220e06.htm#bm06>

Gregorio, A. (2016). Land Cover Classification System Classification concepts and user manual Software version. (3).

Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). *Los Páramos del mundo.* UICN.  
<https://doi.org/https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56486.pdf>

INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.*  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Jones, K., Venter, O., Fuller, R., Allan, J., Maxwell, S., Negret, P., & Watson, J. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science*, 360(6390), 788-791. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.aap9565>

Jordán, F. (2003). *Reforma agraria en el Ecuador.* CIDES-UMSA.  
<https://biblioteca.clacso.edu.ar/Bolivia/cides-umsa/20120904031218/13reforma.pdf>

Lejía, E., Reyes, H., Reyes, O., & Flores, J. (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 22.

[https://doi.org/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712016000100125](https://doi.org/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712016000100125)

Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. (6 de Agosto de 2014). *Asamblea Nacional*. Asamblea Nacional: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Orgánica-de-Recursos-Hídricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

Lozano, P. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. MAE. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>

MAATE. (1998). *PLAN DE MANEJO ESTRATÉGICO DEL PARQUE NACIONAL SANGAY*.

MAATE. (2007). *Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016*.

MAATE. (2014a). *Actualización del Plan de Manejo del Parque Nacional Sangay*.

MAATE. (2014b). *Subsistema de áreas protegidas del Estado: Patrimonio de Áreas Protegidas Naturales de Estado—PANE*.

MAATE. (2014c). *Áreas Protegidas. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. <https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/>

- MAATE. (2014d). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/info-snap>
- MAATE. (2018). *Mapa Interactivo. Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica - Sistema Único de Información Ambiental – SUIA*. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- MAATE. (s.f.). *Parque Nacional Sangay, una de las áreas protegidas con mayor diversidad biológica del Ecuador*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-sangay-una-de-las-areas-protegidas-con-mayor-diversidad-biologica-del-ecuador/>
- Mejía, E. (2021). *¿Por qué es importante crear áreas protegidas para la protección y la conservación de la biodiversidad?* <https://www.afd.fr/es/actualites/biodiversidad-las-areas-protegidas-buscan-que-el-territorio-proporcione-beneficios-para-las-actuales-y-futuras-generaciones>
- Mena Vásconez, P., Castillo, S., Flores, R., Hofstede, C., Josse, S., Lasso, G., & Medina, N. (2011). *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. EcoCiencia/Abya-Yala. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56330.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente. [https://doi.org/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento\\_Metodolog+C2%A1a\\_28\\_05\\_2012\\_v2\\_1.pdf](https://doi.org/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento_Metodolog+C2%A1a_28_05_2012_v2_1.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)

Ministerio del Ambiente. (2020). *Áreas protegidas: un laboratorio natural para medir la salud del planeta*. <https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-un-laboratorio-natural-para-medir-la-salud-del-planeta/>

Ministerio del Ambiente. (2023). *PARQUE NACIONAL SANGAY*. <https://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-sangay/>

Ministerio del Ambiente. (2023). *Parque Nacional Sangay, una de las áreas protegidas con mayor diversidad biológica del Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-sangay-una-de-las-areas-protegidas-con-mayor-diversidad-biologica-del-ecuador/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. <https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>

Mora, A. (2021). ¿Existe el enfoque nexo agua-energía-alimento en el mandato constitucional del Ecuador? *Revista de derecho ambiental*, 2(16), 193–215. <https://doi.org/https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.64036>

NASA. (2022). *Landsat cumple 50 años observando la Tierra desde el espacio*. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/landsat-cumple-medio-siglo-observando-la-tierra-desde-el-espacio/>

OEA. (2018). *Factores bióticos y factores abióticos.*

<https://www.oas.org/ext/es/desarrollo/recursos-educacion-docente/Planes-de-Clase/Detalles/ArtMID/2250/ArticleID/2191/Factores-bi-ticos-y-factores-abi-ticos>

Ortega, M. (2019). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL PARAMO DE PISBA JURISDICCION DEL MUNICIPIO DE TASCO PARA EL PERIODO 1990—2015.* UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA.

Pastrana, O. (2011). *ANÁLISIS DE CAMBIO DE USO DE SUELO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN EL MUNICIPIO DE VALLE DE SANTIAGO. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA Y GEOMÁTICA.* CentroGeo.

Perugachi, J., & Cachipundo, C. (2020). La lucha por el agua: gestión comunitaria del proyecto de agua potable Pesillo-Imbabura. *Editorial Abya-Yala*, 1(1), 172. <https://doi.org/http://doi.org/10.7476/9789978105764>

Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). *Los suelos de los paramos del Ecuador.*

PUCE. (2020). *Regiones Naturales.*

<https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>

Sacristán Romero, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *AquaTIC*, 24. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/494/49402403.pdf>

Sánchez, J. (2019). *Reursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad.* CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e43ad745-6b7d-48e4-a016-b753fdd3b659/content>

- Sarzoza, M. (2021). *Conflictos socioambientales relacionado al cambio de uso de suelo en la comuna kichwa Oyacachi ubicada en el Parque Nacional Cayambe Coca*. Universidad Andina Simón Bolívar.  
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8180/1/T3566-MCCNA-Sarzoza-Conflictos.pdf>
- Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF y EcoCiencia*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.13140/2.1.4520.9287>
- USDA. (2018). *Natural Resources Conservation Service, ¿Qué significa la conservación? USDA - NRCS Pennsylvania*.  
<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/pa/home/?cid=nrcseprd1205208>
- USGS. (2022). *Earth Explorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Valle, N., Cedeño, A., Palma, N., Macías, S., Meza, R., & Espinar, A. (2018). Percepción comunitaria de las áreas protegidas, a más de 30 años de su creación en Ecuador  
 Community perception of protected areas, over 30 years after their creation in Ecuador. *Revista Trace*, 74, 91.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22134/trace.74.2018.166>
- Vásquez, B., & Delgado, W. (2022). *Evaluación de la presión antrópica sobre el Bosque Protector Aguarongo a través de un análisis multitemporal del cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo*. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://doi.org/http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23550>

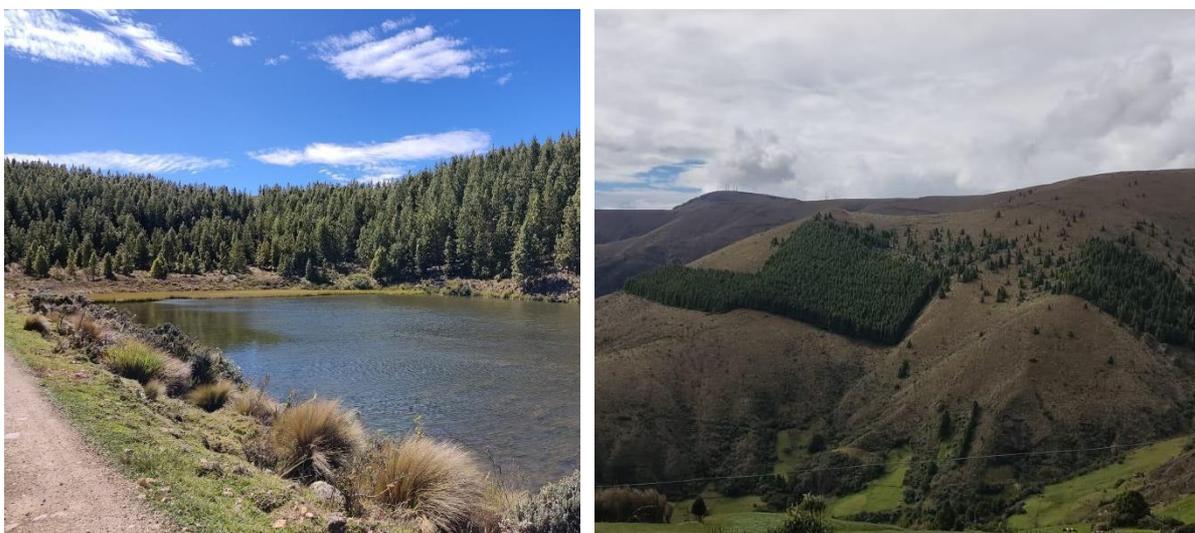
- Veneros, J., García, L., Morales, E., & Gómez, V. (2020). Aplicación de sensores remotos para el análisis de cobertura vegetal y cuerpos de agua. *Idesia*, 38(4).  
[https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292020000400099](https://doi.org/https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292020000400099)
- Villalta, D., & Yumbay, P. (2020). *Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de las zonas alta, media y baja en las microcuencas de los ríos Guallicanga y San Antonio del cantón Cañar y El Tambo, 1990 - 2018*. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18656>
- Zambrano, P., & Paula, P. (2018). *Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación , en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático*. Enfoque UTE.

## 10 ANEXOS

### Anexo 1. Mosaico Fotográfico del Área de estudio



**Foto N° 1:** Bosque Nativo del Área de Estudio, sector San Antonio de Juval



**Foto N° 2:** Plantaciones Forestales del Área de Estudio, Suitococha y Chuquiragua



**Foto N° 3:** Vegetación arbustiva del Área de Estudio, Dudas



**Foto N° 4:** Área de Paramo, Sector Culebrillas



**Foto N° 5:** Cuerpos de Agua (natural y artificial) del Área de Estudio, Sector Culebrillas, Amaluza



**Foto N° 6:** Vegetación Herbácea del Área de Estudio, Sector Guallicanga, Paredones



**Foto N° 7:** Tierra Agropecuaria del área estudio, Sector Tres Palmos, Turchi



**Foto N° 8:** Área sin cobertura vegetal, Sector Tejaloma, La Mira