



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA Y
USO DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO LOCALIZADA EN
LA MICROCUENCA DEL RÍO CAPULI, PROVINCIA DE CAÑAR**

Trabajo de integración curricular

Tipo: proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: JOSE LUIS PICHAZACA CAMAS

DIRECTOR: Ing. JULIA DESIREE VELASTEGUI CACERES

Riobamba –Ecuador

2021

© 2021, Jose Luis Pichazaca Camas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Jose Luis Pichazaca Camas, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de fuentes de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de octubre de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JLPichazaca Camas', with a stylized flourish at the end.

Jose Luis Pichazaca Camas

030222091-8

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

El tribunal del trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de integración curricular Tipo: proyecto de investigación, **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO LOCALIZADA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CAPULI, PROVINCIA DE CAÑAR**, realizado por el señor **JOSE LUIS PICHAZACA CAMAS**, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**EDUARDO PATRICIO
SALAZAR CASTANEDA**

26-10-2021

Ing. Julia Desirée Velastegui Caseres M.Sc.
**DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:
**JULIA DESIREE
VELASTEGUI
CACERES**

26-10-2021

Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva M.Sc
MIEMBRO DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**VILMA
FERNANDA
NOBOA SILVA**

26-10-2021

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por darme sabiduría, fuerza y salud para lograr mis objetivos. A mi madre por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo, consejos para seguir sin desmayar para que cada día sea una mejor persona. Con mucho cariño a mis abuelos Transito y Jose por ser un ejemplo de superación, lucha, valores y por su amor que me han brindado.

A mis tías Consuelo, Benedicta, Manuela y mi tío Rodrigo por su motivación que me han brindado para seguir adelante. A ti Lady la persona que estará siempre brindándome su apoyo incondicional en las buenas y malas.

A todos mis amigos que han estado en las buenas y malas cada uno apoyándonos mutuamente para que nuestro sueño se cumpla, especialmente a mis grandes amigos Aldo y Sindi que se convirtieron en parte de mi familia.

Jose

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primero a Dios por haberme dado salud y fuerza para superar los obstáculos, por estar conmigo en cada paso que doy. A la carrera de ingeniería Forestal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme formarme en ella.

A la Ing. Julia Desirée Velastegui e Ing. Vilma Fernanda Noboa; directora y asesora de tesis, por su paciencia y valiosos conocimientos que me brindaron para el proceso de este trabajo y así lograr culminar con éxito.

Mi agradecimiento también al Sr. Manuel Pomaquiza alcalde del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Suscal por abrirme las puertas para la ejecución del presente trabajo de investigación.

JOSE

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
A. IMPORTANCIA	3
B. PROBLEMA.....	3
C. JUSTIFICACIÓN	4
D. OBJETIVOS.....	5
GENERAL.....	5
ESPECÍFICOS.....	5
E. HIPÓTESIS	5
HIPÓTESIS NULA	5
HIPÓTESIS ALTERNANTE	5
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Zona de recarga hídrica.....	6
1.1.1 <i>Pàramo</i>	6
1.1.2 <i>Bosque nativo</i>	7
1.2. Cobertura y uso del suelo	7
1.2.1 <i>Cambio de cobertura y uso del suelo</i>	8
1.2.2 <i>Consecuencias de cambio de cobertura y uso del suelo</i>	10
1.3. Análisis multitemporal.....	10
1.3.1 <i>Tasa de cambio de uso de suelo</i>	10
1.3.2 <i>Matriz de transición</i>	11
1.4. Teledetección	11
1.4.1 <i>Sensores pasivos</i>	12

1.4.2.	<i>Sensores activos</i>	12
1.5.	Imágenes satelitales	12
1.5.1.	<i>Imágenes Landsat</i>	13
1.5.2.	<i>Corrección de imágenes</i>	13
1.5.2.1.	<i>Corrección de bandeado de imagen</i>	14
1.5.2.2.	<i>Corrección radiométrica</i>	14
1.5.2.3.	<i>Corrección atmosférica</i>	14
1.5.3.	Clasificación de imágenes	14
1.5.3.1.	<i>Clasificación supervisada</i>	15
1.5.3.2.	<i>Clasificación no supervisada</i>	15
1.6.	Separación espectral	15
1.7.	Matriz de confusión	15
1.8.	Coefficiente kappa	16
1.9.	Sistemas de información geográfica	17
1.9.1.	<i>ArcGis</i>	17
1.9.2.	<i>ENVI</i>	18
CAPÍTULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	18
2.1.	Materiales y métodos	18
2.1.1.	<i>Caracterización del lugar</i>	18
2.1.1.1.	<i>Localización</i>	19
2.1.1.2.	<i>Condiciones climáticas</i>	19
2.1.2.	Materiales y equipos	20
2.1.2.1.	<i>Materiales de oficina</i>	20
2.1.2.2.	<i>Materiales Tecnológicos</i>	20
2.1.2.3.	<i>Materiales de campo</i>	20
2.2.	METODOLOGÍA	20
2.2.1.	<i>Delimitación del área de estudio</i>	21
2.2.2.	<i>Selección de Imágenes Satelitales</i>	21

2.2.3.	<i>Preprocesamiento de imágenes</i>	22
2.2.3.1.	<i>Detección de nubes</i>	23
2.2.3.2.	<i>Corrección de bandeo de imagen</i>	24
2.2.3.3.	<i>Corrección radiométrica</i>	25
2.2.3.4.	<i>Corrección atmosférica</i>	26
2.2.4.	<i>Clasificación de imágenes</i>	28
2.2.4.1.	<i>Áreas de entrenamiento</i>	29
2.2.4.2.	<i>Análisis de separación espectral</i>	29
2.2.4.3.	<i>Clasificación supervisada de imágenes</i>	29
2.2.5.	<i>Post Clasificación</i>	30
2.2.5.1.	<i>Filtro de mayoría</i>	30
2.2.5.2.	<i>Validación de imágenes clasificadas</i>	31
2.2.6.	<i>Implementación de Sistemas de Información Geográfica</i>	31
2.2.6.1.	<i>Asignación de dominio</i>	31
2.2.6.2.	<i>Validación de capas</i>	32
2.2.7.	<i>Análisis multitemporal</i>	33
2.2.7.1.	<i>Obtención de cartografía temática</i>	33
2.2.7.2.	<i>Elaboración de tasa o gradiente de cambio</i>	33
2.2.7.3.	<i>Análisis multitemporal de cobertura</i>	34
CAPÍTULO III		
3.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	34
3.1.	Resultados	34
3.1.1.	<i>Separación espectral</i>	34
3.1.1.1.	<i>Separación espectral de áreas de entrenamiento</i>	34
3.1.1.2.	<i>Separación espectral de áreas de verificación</i>	37
3.1.2.	<i>Cobertura y usos de suelo</i>	39
3.1.2.1.	<i>Matriz de transición</i>	39
3.1.2.2.	<i>Cobertura y uso de suelo del año 2000</i>	41
3.1.2.3.	<i>Cobertura y uso de suelo del año 2005</i>	43

3.1.2.4.	<i>Cobertura y uso del suelo del año 2010.....</i>	45
3.1.2.5.	<i>Cobertura y uso del suelo del año 2015.....</i>	47
3.1.2.6.	<i>Cobertura y uso del suelo del año 2020.....</i>	49
3.1.3.	Gradiente de cambio	52
3.1.4.	Análisis multitemporal de coberturas.....	53
3.1.4.1.	<i>Análisis de cambios.....</i>	53
3.1.4.2.	<i>Transición uso del suelo.....</i>	55
3.2.	Discusión	59
CONCLUSIONES.....		
RECOMENDACIONES.....		
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA.....		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Tasa anual de cambio de cobertura de bosque a nivel provincial.....	9
Tabla 2-1.	Matriz de transición.....	11
Tabla 3-1.	Bandas sensor Landsat.....	13
Tabla 4-1.	Ejemplo de matriz de confusión.....	16
Tabla 5-1.	Categoría del coeficiente Kappa.....	17
Tabla 2-1.	Características de imágenes satelitales.....	22
Tabla 2-2.	Combinación de bandas usadas para definir áreas de entrenamiento y verificación.....	29
Tabla 1-3.	Separabilidad de las áreas de entrenamiento.....	35
Tabla 2-3.	Separabilidad de las áreas de verificación.....	37
Tabla 3-3.	Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2000 y 2005.....	39
Tabla 4-3.	Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2005 y 2010.....	39
Tabla 5-3.	Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2010 y 2015.....	40
Tabla 6-3.	Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2015 y 2020.....	40
Tabla 7-3.	Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2000 y 2020.....	40
Tabla 8-3.	Matriz de confusión de clasificación del año 2000, en píxeles.....	41
Tabla 9-3.	Matriz de confusión de clasificación del año 2005, en píxeles.....	43
Tabla 10-3.	Matriz de confusión de clasificación del año 2010, en píxeles.....	45
Tabla 11-3.	Matriz de confusión de clasificación del año 2015, en píxeles.....	47
Tabla 12-3.	Matriz de confusión de clasificación del año 2020, en píxeles.....	49
Tabla 13-3.	Datos calculados a partir de la clasificación de imágenes en los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.....	52
Tabla 14-3.	Matriz de transición 2000-2005 en hectáreas.....	56
Tabla 15-3.	Matriz de transición 2005-2010 en hectáreas.....	56
Tabla 16-3.	Matriz de transición 2010-2015 en hectáreas.....	57
Tabla 17-3.	Matriz de transición 2015-2020 en hectáreas.....	57
Tabla 18-3.	Matriz de transición 2000-2020 en hectáreas.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Mapa cobertura y uso de la tierra 2008.....	8
Figura 1-2.	Mapa de localización del área de estudio.	19
Figura 2-2.	Mapa ubicación del área de estudio.	21
Figura 3-2.	Visualización del interfaz de la plataforma Earth Explorer.....	22
Figura 4-2.	Imágenes satelitales del área de estudio.....	23
Figura 5-2.	Configuración de la herramienta <i>Gap Fill</i>	24
Figura 6-2.	Corrección de bandeo de imágenes mediante la herramienta <i>Gap Fill</i> . .	25
Figura 7-2.	Configuración de la herramienta <i>Radiometric Calibration</i>	26
Figura 8-2.	Corrección radiométrica de las imágenes estudiadas.....	26
Figura 9-2.	Configuración de la herramienta <i>FLAASH Atmospheric</i>	27
Figura 10-2.	Configuración de la herramienta <i>Band Math</i>	27
Figura 11-2.	Corrección atmosférica de las imágenes estudiadas.	28
Figura 12-2.	Configuración de parámetros para la clasificación de imágenes Landsat 7.	30
Figura 13-2.	Configuración de filtro de mayoría de la imagen Landsat 7.....	30
Figura 14-2.	Dominio con códigos por cobertura de uso de suelo para el año 2000...	32
Figura 15-2.	Campo de asignación de dominio establecido para el año 2000.	32
Figura 16-2.	Resultados de la topología.	33
Figura 1-3.	Cobertura y uso del suelo 2000.....	42
Figura 2-3.	Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2000.	43
Figura 3-3.	Cobertura y uso del suelo 2005.....	44
Figura 4-3.	Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2005.	45
Figura 5-3.	Cobertura y uso del suelo 2010.....	46
Figura 6-3.	Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2010.	47
Figura 7-3.	Cobertura y uso del suelo 2015.....	48
Figura 8-3.	Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2015.	49
Figura 9-3.	Cobertura y uso del suelo 2020.....	50
Figura 10-3.	Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2020.	51
Figura 11-3.	Cobertura y usos de suelo en el periodo de estudio.	51
Figura 12-3.	Tasas anuales de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en porcentaje.	52
Figura 13-3.	Cambios de uso de suelo en Zona agropecuaria y Bosque nativo.	53

Figura 14-3. Cambio de uso de suelo en Páramo y Área poblada.....	54
Figura 15-3. Áreas de cambio en los años de estudio.....	55
Figura 16-3. Áreas de transición en los años de estudio.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A.	Tabla de puntos GPS para delimitación del área de estudio en sistema de coordenadas WGS84 17S.
Anexo B.	Levantamiento de puntos GPS para delimitación de la zona de estudio.....
Anexo C.	Zona de páramo en el área de estudio.
Anexo D.	Zona agropecuaria en el área de estudio.
Anexo E.	Zona de bosque nativo en el área de estudio.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar el cambio de cobertura y uso del suelo en el área de estudio localizada en la microcuenca del río Capulí, provincia de Cañar en los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020, para cumplirlo se realizó la identificación de la cobertura y uso de suelo mediante la clasificación a partir de imágenes satelitales Landsat y se determinó la tasa de cambio de la cobertura y uso de suelo a partir de imágenes clasificadas. Se aplicó el método de clasificación supervisada en la que se usaron imágenes Landsat 7 del cerro Huayrapalte que está ubicado dentro de la microcuenca del río Capulí, en el cantón Suscal de la provincia de Cañar. Cada imagen fue asignado a un proceso de corrección y clasificación supervisada en el Software ENVI 5.3 para posteriormente realizar mapas con la ayuda del software ArcGis 10.5. La clasificación sea validó con matrices de confusión en el cual los índices de Kappa presentaron valores entre 0,654 y 0,937. Las tasas de cambio anuales dieron como resultado un incremento de 2,21% del páramo, 1,52% de bosque nativo, 0% de la zona poblada y mientras que en la zona agropecuaria una reducción de -0,92%, aceptando así la hipótesis altermante. Se concluyó que existe una pérdida principalmente del bosque nativo, páramo y al mismo tiempo las zonas pobladas, mientras tanto la zona agropecuaria presento un incremento por la frontera agrícola, deforestación y la falta de protección del bosque nativo existente en la zona de estudio. Se recomienda implementar tecnologías alternativas para un constante monitoreo de los cambios, ampliar la investigación sobre los efectos que produce en la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia en la microcuenca del río Capulí y realizar un estudio sobre el manejo actual de los residuos generados por la actividad turística.

Palabras clave: <LANDSAT>, <ENVI (SOFTWARE)>, <ANÁLISIS MULTITEMPORAL>, <USO DE SUELO>, < SUSCAL (CANTÓN)>, <CAÑAR (PROVINCIA)>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente
por LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, j=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766
974, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.10.14
12:14:12 -05'00'



1894-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the change in land cover and land use in the study area located in the Capuli river micro-watershed, province of Cañar, in the years 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020, to achieve this goal, the land cover and land use by means of the classification based on Landsat satellite images and the rate of change of land cover and land use was determined based on classified images. The supervised classification method was applied using Landsat images Landsat 7 of Huayrapalte hill, located within the Capulí river micro-watershed Suscal canton, province of Cañar. Each image was assigned to a correction and classification process supervised in the ENVI 5.3 software to subsequently make maps with the help of ArcGis 10.5 software. The classification was validated with confusion matrices where the kappa indices presented values between 0.654 and 0.937. The annual rates of change resulted in an increase of 2.21% of the páramo, 1.52% of the native forest, 0% of the populated zone, and while in the agricultural and livestock of -0.92%, accepting the alternative hypothesis. It was concluded that there is a loss principally of native forest, páramo, and at the same time the populated zones, while in the agricultural zone showed an increase due to the agricultural frontier, deforestation and the lack of protection of the existing native forest in the study area. It is recommended to implement alternative technologies for a constant monitoring of the changes, expand the research on the effects on the intensity, duration and frequency of rainfall in the micro-watershed of the Capuli river and conduct a study on the current management of the waste generated by the tourist activity.

Key words: <LANDSAT>, <ENVI (SOFTWARE)>, <MULTITEMPORAL ANALYSIS>, <LAND USE>, <SUSCAL (CANTON)>, <CAÑAR (PROVINCE)>.

INTRODUCCIÓN

Los suelos y la cobertura vegetal son fundamentales para la calidad de vida de todo ser humano y más valiosos de un país (Encina & Ibarra, 2003, p. 5), pero la acción del ser humano ha provocado cambios que se puede evidenciar mediante un estudio de cobertura y uso del suelo, que son los elementos que mejor muestran los cambios de la superficie terrestre (Contreras, 2016, p. 2).

El cambio de uso de suelo es un proceso reconocido como una de las causas de cambios en el ambiente originado por acción del hombre que cada vez es más evidente en las zonas de recarga hídrica, en áreas cercanas a los riachuelos, quebradas, ríos y así en las montañas. Estos cambios ocurren con rapidez, produciendo la pérdida de la cobertura vegetal y disminución en cantidad y calidad del recurso hídrico y suelo; provocando afectación a la población que dependen del agua que proviene de estos lugares, donde se ha cambiado el uso del suelo por otros que no son aconsejables ambientalmente (Muñoz, et al., 2009, p. 2).

Ecuador, en los últimos años, ha experimentado grandes cambios en su cobertura vegetal natural y del uso de suelo. El avance de la frontera agrícola, un acelerado y desordenado crecimiento de las áreas urbanas y la presión que éstas ejercen sobre el territorio han provocado la pérdida de tierras con potencial agrícola, convirtiendo los suelos rurales en urbanos, así como el desplazamiento de las áreas de cultivos y ganaderas a las laderas de las montañas o zonas menos fértiles, perdiendo la función social y ambiental del suelo (Pinos, 2016, p. 8).

La cobertura vegetal en la microcuenca del río Capulí en el cantón Suscal ha presentado un estado de conservación ambiental precario y por la falta de esta cobertura ha dado lugar un alto grado de riesgo de erosión. Esta pérdida ha sido producida principalmente por las presiones antrópicas que ha sufrido estos ecosistemas. Todo esto ha provocado la disminución de caudales hídricos, cambios en las estaciones, siendo la estación lluviosa más fuerte produciendo el lavado de suelos; la estación seca con ventarrones que destruyen cultivos erosiona el suelo reduciendo además la humedad (GAD Suscal, 2015, p. 35).

Se ha demostrado que la cobertura vegetal juega un papel importante como reguladores de caudal, porque favorece la infiltración, por la producción de capas de hojarasca sobre el suelo y la disposición del sistema radicular. Estas propiedades ayudan a la recarga de acuíferos, también reducen la cantidad y pérdida por escorrentía directa de la superficie, al mismo tiempo retardan la pérdida instantánea del agua lluvia (Villegas, 2004, p. 76).

Este proceso de cambio de cobertura y uso del suelo se han transformado en un tema importante en el punto de vista ambiental en la actualidad debido a que se ha convertido en un tema de interés para los gobiernos, academia y nivel social. La evaluación permite entender el deterioro y sirve como una guía para tomar decisiones sobre una zona (FAO, 2014).

A. IMPORTANCIA

Las sociedades cada vez más urbanas, sin contacto con la naturaleza, estamos perdiendo de vista la importancia de la cobertura y uso del suelo para nuestra supervivencia y prosperidad. Pese a ello, en todos los ecosistemas, los suelos son importantes ya que cumplen funciones de las cuales se derivan servicios ambientales necesarios para el sostenimiento, tanto del ecosistema como de la vida humana. Una de las funciones más conocidas es el soporte y suministro de nutrientes a las plantas. De ahí que la degradación del suelo esté considerada como el mayor problema ambiental que amenaza principalmente el desarrollo sostenible de los terrenos agrícolas. No obstante, el suelo cumple con otra función igual de importante, como la de constituir un medio filtrante que permite la recarga hídrica, influyendo también en la calidad del agua (Cotler, et al., 2007, p. 34).

El cerro Huayrapalte uno de los puntos de vital importancia como zona de recarga hídrica de donde se capta el agua para el consumo humano de la zona urbana del cantón Suscal, donde es fundamental una evaluación del cambio de cobertura y uso del suelo que ha venido teniendo en la última década para la toma de decisiones que serán fundamentales en la conservación y medidas a tomar en el futuro (Heredia, 2016, p. 43).

B. PROBLEMA

Los ecosistemas a nivel mundial han presentado grandes cambios en los últimos 50 años. Según (FAO, 2020), la agricultura comercial y la ganadería fue la causa del 40% de la deforestación y la agricultura local fue de otros 33% entre los años 2000 y 2010. Sin embargo, esta pérdida disminuyó de 7,8 millones de hectáreas al año en la década de 1990 a 4,7 millones de hectáreas al año durante el periodo 2010-2020.

En el cerro Huayrapalte es notoria la influencia antrópica, originando cambios en la cobertura y uso del suelo; como resultado, cambio en el ecosistema. Debido a este cambio que destruye los páramos, las características del suelo de infiltrar y almacenar agua, lo que genera que la población cada vez tenga mayores problemas de escasez de agua ya sea para riego y consumo humano (GAD Suscal, 2015).

En el Ecuador existen análisis a nivel de país (Ministerio del Ambiente, 2015a), provincia (Ministerio del Ambiente, 2015b) y cantón (Morochó, 2013) sobre el cambio de cobertura y uso del suelo, estos análisis nos dan una idea a nivel general mas no existe un estudio multitemporal específico de los cambios del cerro Huayrapalte, ubicada en el cantón Suscal, dentro de la microcuenca del río Capulí. Estos cambios en la cobertura y uso del suelo son el acontecimiento más notorio de la última década

que pueden afectar de manera directa en la cantidad y calidad de agua que se utiliza para la zona urbana, por lo que es necesario evaluar el estado actual para realizar proyectos de protección de las zonas de recarga hídrica (UNESCO, 2010, p. 57).

C. JUSTIFICACIÓN

El cerro Huayrapalte está dentro de un ecosistema vulnerable por ser un lugar que cuenta con pajonal y bosque nativo que actúan como una zona de recarga hídrica que está siendo afectada debido al cambio de cobertura y uso del suelo. Este cambio según (Heredia, 2016) es consecuencia del incremento de la frontera agrícola y el reemplazo de vegetación natural por pastizales, que afecta drásticamente los suelos, la contaminación ambiental y la escasez de agua que es un recurso indispensable.

(Medina, 2015), (Rosero, 2017, p. 59), (Mosquera, 2017) mencionan que la evaluación multitemporal de los cambios de cobertura y uso del suelo han permitido demostrar que las principales causas son el incremento de la frontera agrícola, provocando la pérdida de cobertura vegetal. Con el uso de sistemas de información geográfica se ha obtenido como resultados la pérdida de bosques y pajonales que almacenan el agua que ha provocado que las actividades de la población en las partes bajas que depende directamente del agua se vean afectadas. Mediante el diagnóstico y el análisis han permitido establecer que las condiciones ambientales de las áreas de estudio deben ser áreas protegidas por la importancia biótica (Aldas, 2013, pp. 118-119).

En el 2015 en el Ecuador se generó un mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental, a una escala de 1:100.000 de una temporalidad correspondiente a los años 2013 y 2014 (Ministerio del Ambiente, 2015). Permitiendo así que se realice planificaciones, planes y programas, desarrollar medidas y acciones en la planificación territorial. Esta herramienta nos permite conocer la realidad nacional, sin embargo la escala no es la más indicada a nivel cantonal y a comunidad que se puedan considerar como áreas de estudio.

Como asegura el (GAD Suscal, 2015, p. 35) la zona de estudio es un ecosistema que está dentro de la microcuenca del río Capuli que presenta un estado deplorable de conservación que se ha ido deteriorando, por tal motivo la importancia de este estudio para tener información y un análisis más claro sobre los cambios presentados para una posterior sensibilización de la población de los recursos que brinda esta zona de estudio.

D. OBJETIVOS

GENERAL

- Analizar el cambio de cobertura y uso del suelo en el área de estudio localizado en la microcuenca del río Capulí, provincia de Cañar en los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

ESPECÍFICOS

- Realizar la identificación de la cobertura y uso de suelo mediante la clasificación a partir de imágenes satelitales Landsat de los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.
- Determinar la tasa de cambio de la cobertura y uso de suelo a partir de imágenes clasificadas.

E. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA

- No se observa cambios en la cobertura y uso del suelo en el cerro Huayrapalte que afecten al ecosistema.

HIPÓTESIS ALTERNANTE

- Se observa cambios en la cobertura y usos del suelo en el cerro Huayrapalte que afecten al ecosistema.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Zona de recarga hídrica

Es el proceso natural en el que se incorpora a un acuífero, agua que procede de afuera del contorno que lo limita. Son diversas las procedencias de esa recarga, a partir de la infiltración de la lluvia y de las aguas superficiales, hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, los mismos son externos al acuífero o sistemas de acuíferos en consideración (González, 2011, p. 13).

Los fenómenos más considerables referentes a los acuíferos desde el punto de vista de la hidrología son la recarga y descarga de ellos. Regularmente los acuíferos se van recargando de manera natural con la precipitación que se infiltra en el suelo y en las rocas (González, 2011, p. 5).

La cantidad de precipitación que absorbe el suelo depende de varios factores como son las condiciones del suelo y la cobertura del suelo. Esta agua absorbida por las montañas desciende por los arroyos y ríos, desembocan en los lagos, llenan los acuíferos y más adelante desembocan en el mar. Los principales ríos nacen de las montañas por lo que más de la mitad de la población depende del agua que proviene de las montañas (Peraza, 2009, pp. 3-4).

Las zonas de recarga hídrica se han ido deteriorando por la contaminación, erosión de los suelos, compactación y la deforestación, causado de la intervención del ser humano para implementar actividades agropecuarias. Por lo que ha causado una preocupante pérdida de la cubierta vegetal y con esto la capacidad del suelo de retener agua, por tal razón es necesario una gestión protectora de estos ecosistemas.

1.1.1 Páramo

El páramo es un ecosistema natural de altura inmerso que está dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes en un espacio geosocial mayor, conocido como la alta montaña ecuatorial, donde coexiste con otros sistemas de altura. Ubicados en los andes septentrionales que están entre las cotas de 3.200 y 4.700 m.s.n.m (Camacho, 2013, p. 79).

Una de las características más importantes de los páramos son los suelos, en especial por la importancia que han logrado como los mantenedores primarios del servicio ambiental máspreciado del páramo, que es la captación y posterior distribución de agua hacia las tierras bajas.

Esta característica añadida el frío del clima de los páramos, no permite que la materia orgánica se descomponga de manera rápida, produce una estructura tridimensional especial que actúa como una esponja que cumple con función hidrológica (Vásconez & Hofstede, 2006, p. 95).

Las actividades económicas como los cultivos agrícolas, ganadería, plantaciones forestales, minería, manejo inadecuado del agua y expansión urbana en incremento plantean riesgos severos para la integración de los páramos y sus servicios ecosistémicos. Así mismo, los fenómenos asociados al cambio climático confirman esta presión y causan grandes impactos en la funcionalidad, estructura, aspectos sociales y culturales (Hofstede, et al., 2014, p. 8).

1.1.2 Bosque nativo

Es un ecosistema que se caracteriza por la presencia de formaciones de árboles, arbustos y demás especies vegetales, primario o secundario, regenerado por proceso natural de árboles que se caracterizan por las diferentes especies nativas, edades y portes variados (CORPEI, 2007, p. 25).

Estos bosques cumplen diferentes funciones como el cubrir la tierra cumpliendo la función de un paraguas, permitiendo que el agua lluvia llegue de una manera suave al suelo y se infiltre, sin causar una futura erosión o inundaciones, cuando las lluvias llegan a ser intensas. También funcionan como un colchón o una esponja que capta y almacena el agua, esta agua almacenada en el suelo subterráneo se mueve lentamente hacia riachuelos y ríos, permitiendo tener agua limpia y fresca durante todo el año. Esto es de vital importancia para el desarrollo de ecosistemas y el ser humano (PNUD Chile, 2016, p. 10).

1.2. Cobertura y uso del suelo

La cobertura del suelo se refiere a la cobertura biofísica que se puede ver sobre la superficie de la tierra, en un término más general no solamente se refiere a la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también se refiere a otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua (Villalta, 2020, p. 29). Mientras que la cobertura vegetal es la superficie más eficaz en captar agua que viene directamente de las nubes. Usualmente la cobertura y el uso del suelo se considera de igual manera ya que es más fácil de identificar la cobertura de la tierra, debido a la existencia de elementos sobre esta (Choez, 2018, p. 11).

A los cambios de cobertura y uso del suelo se realiza un análisis en cualquier territorio para comprender como interactúan los diversos factores socioeconómicos y biofísicos que en él se

encuentran (Pineda, et al., 2011, p. 10). Los estudios de cambios de cobertura y uso de suelo son el referente para conocer las trayectorias de los distintos procesos de cambio que existen en determinada zona (Mas & Flamenco, 2011, p. 11).

El uso del suelo se refiere a las funciones que se desarrollan sobre la cubierta, se refiere a todas las actividades realizadas por el hombre sobre la cobertura del suelo, ya sea de forma parcial o permanente, puede ser con intención de cambiarla o preservarla, para así obtener productos y beneficios como la minería, la agricultura, la pesca, etc. (Villalta, 2020, p. 29).

1.2.1. Cambio de cobertura y uso del suelo

El cambio del uso del suelo evalúa la velocidad en la que la zona en estudio se deforesta. Esta pérdida de bosque muchas veces se debe por el aumento de la actividad agrícola en las zonas que anteriormente no fueron agrícolas, la tala de árboles y la expansión de la actividad ganadera (Fernandez, 2019, p. 25).

Según (Ministerio del Ambiente, 2012) en el año 2008 la cobertura de vegetación natural fue de 14'123.637 hectáreas, que representan el 57% del territorio ecuatoriano, lo que significa una reducción de 380.045 hectáreas con relación a la obertura del año 2000 (Ver Figura 1-1).



Figura 1-1. Mapa cobertura y uso de la tierra 2008.

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2012, p. 19

De acuerdo con los resultados de la deforestación anual promedio para las veinte y tres provincias, la provincia con mayor deforestación anual promedio para los periodos 1990-2000 y 2000-2008 es Esmeraldas, con valores de 17.282 y 12.485 ha/año. Mientras que las menos deforestados para el periodo 1990-2000 es Chimborazo y para el periodo 2000-2008 son las provincias de Cañar, Carchi y Cotopaxi (Ver Tabla 1-1) (Ministerio del Ambiente, 2012).

Tabla 1-1. Tasa anual de cambio de cobertura de bosque a nivel provincial.

Provincia	Periodo 1990-2000		Periodo 2000-2008	
	Tasa anual de cambio (%)	Deforestación anual promedio (ha/año)	Tasa anual de cambio (%)	Deforestación anual promedio (ha/año)
Azuay	-1,19	2.080	-0,63	1.058
Bolívar	-3,79	2.723	-2,78	1.883
Cañar	-2,65	1.261	-5,42	16
Carchi	-1,05	1.636	-0,06	92
Chimborazo	-0,94	661	-0,81	506
Cotopaxi	-0,93	1.452	-0,53	726
El Oro	-1,94	3.303	-1,93	2.569
Esmeraldas	-2,34	17.282	-2,16	12.485
Guayas	-1,34	4.555	-1,49	4.457
Imbabura	-1,39	2.258	-0,86	1.240
Loja	-1,04	4.018	-1,12	3.678
Los Ríos	-6,96	1.469	-11,39	816
Manabí	-2,19	6.776	-1,63	3.824
Morona Santiago	-0,30	4.915	-0,61	9.460
Napo	-0,21	1.682	-0,35	2.735
Orellana	-0,35	6.955	-0,26	4.991
Pastaza	-0,09	2.432	-0,18	4.773
Pichincha	-1,86	4.740	-1,50	3.479
Santa Elena	-0,80	1.447	-1,37	2.271
Santo Domingo	-2,16	1.098	-3,01	2.096
Sucumbíos	-0,71	10.332	-0,31	4.149
Tungurahua	-0,19	173	0,09	-81
Zamora Chinchipe	-0,76	6.339	-1,61	11.883

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2012, p. 26

1.2.2. Consecuencias de cambio de cobertura y uso del suelo

La acción humana genera impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos que contribuyen significativamente en los procesos de cambio climático (Sahagun & Reyes, 2018, p. 1).

Los efectos negativos se pueden apreciar en los elementos atmosféricos del ciclo hidrológico, como la evaporación, la precipitación y las temperaturas superficiales que produce la disminución de la disponibilidad de agua también reduce la capacidad de infiltración que modifica la frecuencia y severidad de escorrentía. La transformación de bosques naturales y pajonales por la actividad agrícola tiene graves consecuencias en la cantidad y calidad de agua. También tiene marcadas repercusiones en la erosión, sedimentación, deslizamiento e inundaciones (Galicia, 2014, p. 2).

1.3. Análisis multitemporal

El análisis multitemporal se realiza mediante la comparación de las coberturas y uso del suelo que son interpretadas con dos o más imágenes satelitales de un mismo lugar en diferentes tiempos, para evaluar los cambios que han presentado y la situación actual (Flores, 2018, p. 10). Especializando los cambios de las coberturas y sus usos a través del tiempo, se puede realizar una lectura de diferentes escenarios en un tiempo y espacio determinado, predecir y prevenir, así como la identificar los niveles de estado y presión sobre los ecosistemas (Gonzalez, 2013, p. 19).

1.3.1. Tasa de cambio de uso de suelo

Para determinar la tasa de cambio se determina a partir de la siguiente ecuación propuesta por (FAO, 1996):

$$(1) \quad t = 1 - (S_2/S_1)^{1/n}$$

Dónde: t = Tasa de cambio; S_1 = Superficie cubierta por un tipo dado de cobertura del suelo de la fecha 1 (inicial); S_2 = Superficie de la misma cobertura del suelo en la fecha 2 (final); n = Número de años transcurrido entre dos fechas.

1.3.2. Matriz de transición

La matriz de transición se realiza mediante una matriz de tabulación cruzada con valores, donde las filas y columnas representan las pérdidas y ganancias entre dos fechas que es producido por los cambios de cobertura y uso del suelo (Damian, et al., 2018, p. 3) .

Según (Pontius, et al., 2004, p. 252) en la matriz (Figura 2-1) las filas están representados por el tiempo 1 (T1) y las columnas por el tiempo 2 (T2). Mientras que las áreas (P) las que no sufrieron un cambio o las zonas estables que están entre T1 y T2, están representados de manera diagonal principal en la tabla (P_{ij}); fuera de la diagonal principal corresponde a los elementos de las transiciones producidas entre las categorías; fila total indica el área total que ocupa cada clase en T2 (P_{+n}), la columna Total T1 representa el área total de cada categoría en el tiempo T1 (P_{+n}). La fila representada como *Gain*, denominada ganancia bruta (G_{ij}), muestra la proporción del paisaje se experimentó en un aumento entre T1 y T2. Mientras la columna que está representada como *loss*, corresponde a la pérdida bruta (L_{ij}) que tuvo cada categoría entre T1 y T2 (Ver Tabla 2-1) (Niño, 2020, p. 27).

Tabla 2-1. Matriz de transición.

	Time 2				Total Time 1	Loss
	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4		
Time 1						
Category 1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₊	P ₁₊ - P ₁₁
Category 2	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₊	P ₂₊ - P ₂₂
Category 3	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₊	P ₃₊ - P ₃₃
Category 4	P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃	P ₄₄	P ₊	P ₄₊ - P ₄₄
Total Time 2	P ₊₁	P ₊₂	P ₊₃	P ₊₄	1	
Gain	P ₊₁ - P ₁₁	P ₊₂ - P ₂₂	P ₊₃ - P ₃₃	P ₊₄ - P ₄₄		

Fuente: Pontius, et al., 2004, p. 252

1.4. Teledetección

Es la ciencia y la tecnología con la que se pueden identificar las características de los objetos de interés, medir o analizar las características sin un contacto directo. Se puede mencionar que es la medición de la energía que se emanó de la superficie de la Tierra (Bravo, 2017, p. 7). La teledetección tiene varias ventajas en comparación con otros sistemas de observación de la tierra como en el caso de la fotografía aérea o la observación directa. Las principales ventajas son la visión global,

observación de información por regiones no visibles del espectro y observación a distintas escalas (Vega & Pilar, 2010, p. 9).

Los sistemas de sensores remotos se pueden clasificar como pasivos o activos en función de la fuente de energía que detectan.

1.4.1. Sensores pasivos

Estos sensores se limitan a recoger la energía electromagnética procedente de las cubiertas terrestres, que puede ser reflejada de los rayos solares, emitidas en virtud de su propia temperatura. La clasificación se establece en función del procedimiento que emplean para recibir la radiación que procede de los objetos. El primer grupo son los sensores de las cámaras fotográficas. En el segundo, los exploradores de barrido y de empuje, y las cámaras de vidicon. Finalmente, los sensores pasivos de antena se conocen como radiómetros de microondas (Chuvieco, 1995, p. 97).

1.4.2. Sensores activos

Los sensores activos son los que tienen la capacidad de generar su propia radiación y la reciben rebotada. Estos sensores tienen un diseño que cuentan con un transmisor para emitir la señal y un receptor para que pueda recibir la misma señal (Sánchez, 2012, p. 11). Entre los sistemas más conocidos de los sensores activos está el radar que es un sistema que emite ondas electromagnéticas y procesa las ondas reflejadas que puede trabajar en cualquier condición atmosférica (López, 2011, p. 1). Así mismo recientemente se está poniendo interés en otra técnica de medición y detección por láser como es el lidar que se caracteriza por emitir pulsos de luz polarizada entre el ultravioleta y el infrarrojo cercano (Salamanca & Pérez, 2008, p. 67).

1.5. Imágenes satelitales

Una imagen satelital se consigue de la captura de la radiación emitida por la superficie de la tierra mediante un sensor que está colocado en un satélite artificial. Se puede encontrar diferentes tipos de imágenes satelitales las cuales tienen varias características como colores, resolución, elevación, etc. La calidad de la imagen satelital tomada depende del instrumento utilizado y de la altitud. Una de las desventajas de estas imágenes es que cuando la extensión a cubrir es extensa el procesamiento es bastante amplio, además depende notablemente de la calidad de sensor que

se esté utilizando, al mismo tiempo siempre se ve influenciada por las condiciones meteorológicas al momento de realizar la captura (Sanchez, 2012, p. 10).

1.5.1. Imágenes Landsat

Los satélites americanos Landsat han sido, a partir de su primer lanzamiento que tuvo lugar en el año 1972, una de las plataformas más usadas en la teledetección terrestre que fue diseñado para conseguir datos de los recursos terrestres. Posee una gran demanda debido a su resolución temporal, espectral elevada cobertura terrestre y amplio archivo retrospectivo. A partir de abril de 1999, están disponibles las imágenes del último satélite de la serie Landsat-7 (Cristobal, et al., 2004, p. 55).

El satélite Landsat 7 orbita la Tierra casi sincrónica con el sol, a una altura de 705 km, inclinada a 98,2 grados, y rodea la Tierra cada 99 minutos. El satélite tiene un ciclo de repetición de 16 días con un tiempo de cruce ecuatorial: 10:00 am +/- 15 minutos (USGS, 2018). Este sensor es uno de los más utilizados en aplicaciones agrícolas, forestales, usos del suelo, hidrología, recursos costeros y monitorización medioambiental. Sobre todo, está ligado a estudios territoriales en los que el parámetro fundamental es el medio ambiente (Ver Tabla 3-1) (Herrero & Fernandez, 2001, p. 4).

Tabla 3-1. Bandas sensor Landsat.

LANDSAT 7			
Banda	Ancho (µm)	Resolución espacial (m)	Resolución radiométrica
Banda 1-azul	0,45-0,52	30	8 bit
Banda 2-verde	0,52-0,60	30	8 bit
Banda 3-Rojo	0,63-0,69	30	8 bit
Banda 4-Infrarrojo Cercano	0,77-0,90	30	8 bit
Banda 5-Infrarrojo de onda corta SWIR1	1,55-1,75	30	8 bit
Banda 6-Térmico	10,40-12,50	(60)30	8 bit
Banda 7-Infrarrojo de onda corta SWIR2	2,09-2,35	30	8 bit
Banda 8-Pancromático	0,52-0,90	30	8 bit

Fuente: USGS, 2021b

1.5.2. Corrección de imágenes

Las imágenes satelitales están sujetas a algunas interferencias lo que hace que la información que se quiere obtener presente algunos errores. Estos errores es necesario eliminarlas o disminuirlas para utilizar la información de manera confiable (Paz, 2018, p. 2).

1.5.2.1. Corrección de bandeo de imagen

Las imágenes Landsat 7 sufren un desperfecto llamado bandeo que se produce por la mala calibración que se da entre los detectores que resultan principalmente visible en zonas de baja radiancia como las zonas marinas. Como resultado se produce una banda más clara u oscura que las demás (Luna, 2014, p. 67). Para realizar una corrección en el bandeo primero se asume que, en el caso de no existir error, los histogramas obtenidos por cada detector serían iguales entre sí y con el histograma global de la imagen que se toma como referencia que es similar (Alonso, 2006, p. 80).

1.5.2.2. Corrección radiométrica

Las imágenes tomadas por los sensores pueden incluir errores radiométricos, provocados por las condiciones atmosféricas, esto provoca que la señal que viaja a través de ella se vea afectada. Aparte de las fallas, ruido o mala calibración de los mismos sensores, son algunos tipos de fuentes que provocan distorsiones en la imagen que afectan los valores radiométricos (Chuvieco, 1995, p. 26). Esta corrección busca mejorar la precisión de las medidas de reflectancia obtenidas utilizando un sistema de sensores remotos. La corrección atmosférica convierte los valores que se obtiene por un sensor remoto en valores de reflectancia en superficie (SIB, 2005, p. 12).

1.5.2.3. Corrección atmosférica

El sensor mide la radiación que no corresponde con la radiación que proviene de la superficie, ya que entre la superficie y el sensor se encuentra la atmósfera, que produce una perturbación en la señal que se produce por los procesos de absorción y dispersión debidos a los componentes de la atmósfera (gases atmosféricos y aerosoles) (Jiménez, et al., 2011, p. 6). La corrección atmosférica tiene la finalidad de recuperar la radiancia intrínseca del objeto de estudio, que es obtenida por la señal recibida por el sensor (Aguilar, et al., 2014, p. 44).

1.5.3. Clasificación de imágenes

La clasificación de imágenes ayuda de manera positiva en categorizar de manera automática los píxeles en una o varias clases temáticas que muestran la información con un significado claro. Esta información clasificada se puede utilizar posteriormente para realizar mapas (Monterroso, 2015). Para esto existe varias técnicas como es la clasificación supervisada y no supervisada (Richards, 1993, p. 281).

1.5.3.1. Clasificación supervisada

Para esta técnica es necesario conocer el área a ser estudiado que permite delimitar sobre la imagen unas zonas representativas de las distintas categorías que se pretender discriminar, a estas zonas se las conoce como *Training fields* (áreas de entrenamiento) que sirven al ordenador para que pueda realizar el reconocimiento de las distintas categorías en el área de estudio (Yébenes & Giner, 2015).

Para la validación de la clasificación de imágenes satelitales se puede utilizar cartografía base convencional, datos levantados en campo y demás documentos.

1.5.3.2. Clasificación no supervisada

Es un proceso que consiste en agrupar los píxeles con valores digitales similares para todas las bandas y estas agrupaciones se les nombra clases espectrales, que corresponden a un tipo de cubierta de terreno. Esta clasificación opera como una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de las imágenes, por lo cual puede suceder la posibilidad de que una categoría este expresada en diferentes clases espectrales, que dos o más categorías estén en una sola clase espectral, que muchas categorías compartan clases espectrales y la ideal, que exista una correspondencia biunívoca entre las clases espectrales y las categorías (Arango, et al., 2005).

1.6. Separación espectral

El método de Jeffries-Matusita mide la separación entre dos distribuciones de probabilidad, en la cual cada uno representa una clase de patrón diferente. La distancia tiende a acercarse a 2 cuando los vectores promedio son diferentes es decir tienen buena separabilidad, mientras que tiende a 0 cuando son similares lo que significa que indican un cambio en las áreas de interés y los valores que se encuentran entre 1 y 1,9 la agrupación o cambio de áreas es opcional (Richards, 2006, p. 273).

1.7. Matriz de confusión

La matriz de confusión o llamada también matriz de error es una herramienta que se lo realiza para la verificación de la clasificación. La matriz de las columnas corresponde a los datos de referencia, mientras que las filas pertenecen a las asignaciones del clasificador. La diagonal principal de la matriz se describe a la cantidad de píxeles que fueron verificados y que aciertan con la clasificación del software. La matriz se complementa con los valores que están fuera de la

diagonal principal y que pertenecen a errores de la clasificación (Ver Tabla 4-1) (Carrillo, 2019, pp. 70-71).

Tabla 4-1. Ejemplo de matriz de confusión.

	A	B	C	D	E	F	G
A	170	0	0	0	0	0	0
B	0	300	0	2	3	0	0
C	2	2	250	2	0	6	0
D	0	3	1	400	0	5	2
E	0	0	0	2	250	0	5
F	2	2	0	2	5	300	
G	1	0	0	0	2	6	250

Fuente: Ocaña, 2017

1.8. Coeficiente kappa

El coeficiente de kappa de (Hudson & Ramm, 1987) citado por (Velendia & Rojas, 2019, p. 39) menciona que este índice evalúa la diferencia entre la clasificación con un clasificador automático y la oportunidad de lograr una clasificación correcta en la categorización de interés con un clasificador aleatorio. La definición del coeficiente de kappa es las siguientes ecuaciones representadas:

$$(2) \quad k = \frac{(\text{exactitud observada} - \text{oportunidad de acierto})}{(1 - \text{oportunidad de acierto})}$$

$$\frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} * x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} * x_{+i}}$$

Dónde: t = número de filas en la matriz; x_{ii} = número de observaciones en el elemento de la fila i y la columna i ; x_{i+} = Total de observaciones en la fila i (es el total marginal a la derecha de la matriz); x_{+i} = Total de observaciones en la columna i (total marginal al pie de la matriz); N = Número total de observaciones incluidas en la matriz.

El mismo autor establece seis categorías para los valores de k de concordancia de validación, las cuales van desde 0 y 1 (Ver Tabla 5-1).

Tabla 5-1. Categoría del coeficiente Kappa.

Rango	Concordancia
0	Nula
0,01 – 0,02	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerable
0,80 – 1,00	Casi perfecto

Fuente: Velencia & Rojas, 2019

1.9. Sistemas de información geográfica

Por sistema de información se entiende a la unión de la información y herramientas informáticas para su análisis con objetivos específicos. Se utiliza para manipular, consultar, editar, visualizar generalmente para trabajar con información almacenada en una base de datos (Rodríguez, 2007). Permiten el procesamiento de información de datos de tipo espacial que son usados para tomar decisiones sobre cierto espacio o área específica de la tierra además para visualizar de manera general un sitio de acuerdo con el contenido de base de datos digital (Sosa & Martínez, 2008).

Los sistemas de información geográfica (SIG) son utilizados como un instrumento para realizar análisis territoriales, que han evolucionado a favor de la ciencia y cada vez es reconocida para la planificación y gestión de los espacios naturales. Así mismo, el interés del usuario por conocer los valores naturales, patrimoniales y culturales de los espacios naturales se ha convertido en una necesidad, que se intenta satisfacer con la búsqueda de la información en internet. Desafortunadamente la información que se ofrece en la red de la zona de interés es de poca calidad, desactualizada y muchas veces no existe (Palacio, 2017, p. 22).

1.9.1. ArcGis

ArcGis es un software que necesita licencia que permite recopilar, organizar, administrar, analizar y manejar la información geográfica, que cuenta con una interfaz extensible mediante la que se pueden añadir nuevas funcionalidades (Pucha, et al., 2017). Que se consigue a partir de la creación y administración de bases de datos geográficos para resolver problemas con el análisis espacial (ArcGis Recurses, 2019). Es utilizado por personas en todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los

medios, que luego permite publicar la información que puede ser compartido para que esté accesible para cualquier usuario (Barrera, 2019, p. 11).

El uso de esta herramienta cumple un rol importante para el proyecto, porque nos facilitara en el trazado y representación de los mapas de la zona de estudio, a partir de la información cartográfica. ArcGis tiene la característica de que permite realizar un trabajo profesional por contar con varias aplicaciones e implementación en procesos investigativos y administrativos que permiten trabajar con mapas, imprimir capas, implementar el geoprocamiento para automatizar el trabajo y el análisis, documentar información geográfica, entre otros (Bastidas & Naranjo, 2020, p. 23).

1.9.2. ENVI

ENVI es un software especializado en el análisis y procesado de imágenes geoespaciales, que utiliza análisis científicamente probados para procesar imágenes obtenidas de numerosos tipos de satélites y sensores aerotransportados, entre los que incluye los pancromáticos, multiespectrales, hiperespectrales, radar, lidar, térmico entre otros (SIGSA, 2018). Puede usarse para trabajar con diferentes técnicas de análisis de imágenes, como clasificación multiespectral, para aplicar diversos tipos de filtros, georreferenciación de imágenes, transformación a componentes principales, cocientes de bandas y estadísticas de imagen (UEGPS, 2018).

Este software es una herramienta de gran valor e importancia para los proyectos medio ambientales en ingeniería (Gonzales, 2018, p. 96). Además de ser de fácil utilización incluye herramientas avanzadas que ayudan en el proceso de datos de teledetección en la gestión de bosques y agricultura. Ya sea en zonas desérticas donde se cuente con datos ópticos o en zonas tropicales. Ofrece un abanico de herramientas necesarias para la extracción de información sobre la cubierta vegetal (GSPERU, 2020, p. 5).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y métodos

2.1.1. Caracterización del lugar

2.1.1.1. Localización

El presente trabajo se realizó en el cerro Huayrapalte que se encuentra en la microcuenca del Río Capulí en el cantón Suscal, provincia Cañar. La altitud de la cabecera cantonal esta sobre los 2650 m.s.n.m. Limita al norte con la parroquia General Morales y parte de Chontamarca, al sur con Gualleturo, San Antonio de Paguancay y Zhud, al este con la Parroquia Zhud y al oeste con Chontamarca y el río Cañar. Se encuentra en las coordenadas X=716588 y Y=9730541 (Ver Figura 1-2).

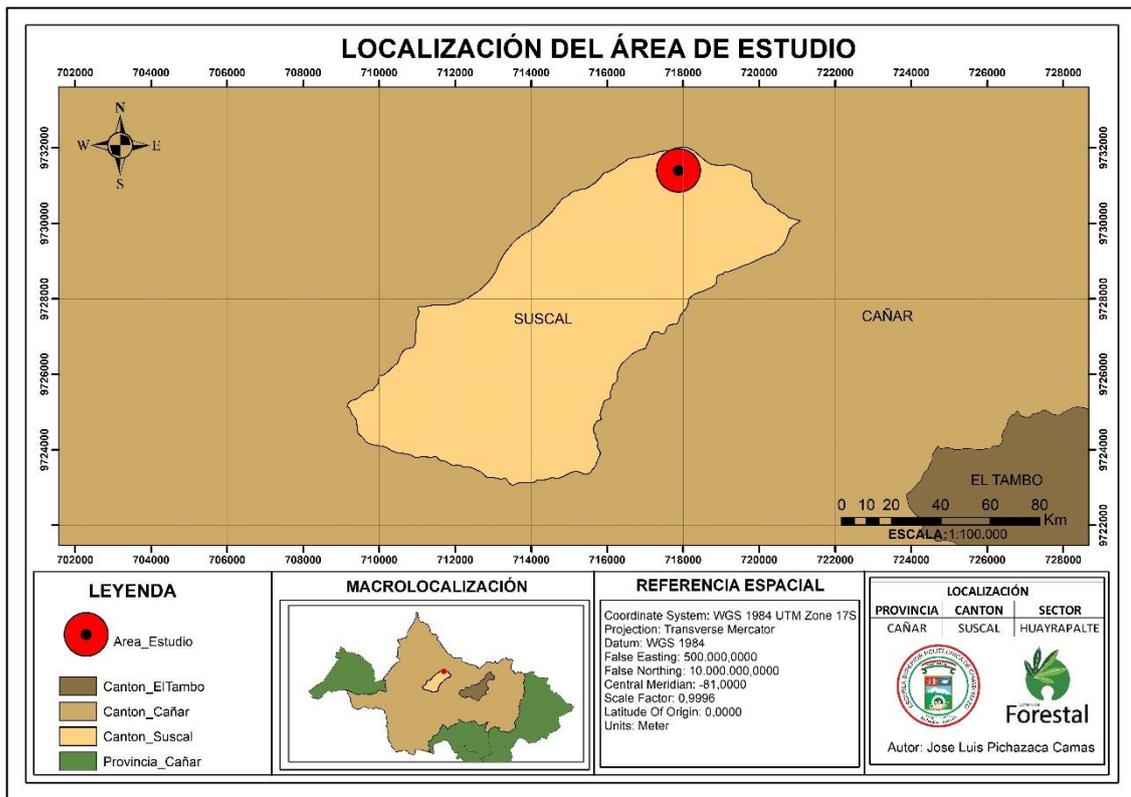


Figura 1-2. Mapa de localización del área de estudio.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

2.1.1.2. Condiciones climáticas

Regionalmente pertenece a un clima ecuatorial andino mesotérmico húmedo a semihúmedo, se caracteriza por tener un clima templado frío cuya temperatura oscila entre los 5° a 12°C. La precipitación anual para las dos estaciones de la zona va de 500 a 1500 mm/año, la presencia de épocas lluviosas es principalmente en los meses de enero a mayo mientras que los meses más secos son julio y agosto. Mientras que la humedad relativa el promedio es de 81% (GAD Suscal, 2015, pp. 24-25).

2.1.2. Materiales y equipos

2.1.2.1. Materiales de oficina

- ✓ Computadora (Hp Envy 5)
- ✓ Impresora (Cannon)
- ✓ Hojas de papel bond
- ✓ Borrador
- ✓ Lápiz

2.1.2.2. Materiales Tecnológicos

- ✓ Software ArcGis 10.5 con licencia educacional
- ✓ Software trial 30 días Envi 5.3
- ✓ Imágenes Satelitales Landsat de periodos 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 del geo portal de la USGS.

2.1.2.3. Materiales de campo

- ✓ Equipo GPS (Garmin 64)
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Cámara fotográfica (Nikon D5300)
- ✓ Lápiz
- ✓ Borrador

2.2. METODOLOGÍA

El análisis multitemporal se realizó en el cerro Huayrapalte que está ubicado dentro de la microcuenca del río Capulí, en el cantón Suscal de la provincia de Cañar tomando en cuenta los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 para la descarga de imágenes satelitales LANDSAT 7. Cada imagen fue asignado a un proceso de corrección y clasificación supervisada en el Software ENVI 5.3 para posteriormente realizar mapas con la ayuda del software ArcGis 10.5.

Las salidas de campo se realizaron para el levantamiento de puntos GPS y reconocimiento del área de estudio. También se realizó una validación en campo para comprobar los sitios clasificados.

2.2.1. Delimitación del área de estudio

La delimitación del área de estudio se basó en las necesidades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Suscal que pretende realizar su conservación, para esto se tomó 508 puntos GPS (Ver Anexo 1) con la ayuda del equipo GPS Garmin 64 que se realizó dentro de la microcuenca del río Capulí, cubriendo el cerro Huayrapalte y con esto obtener un mapa base (Ver Figura 2-2).

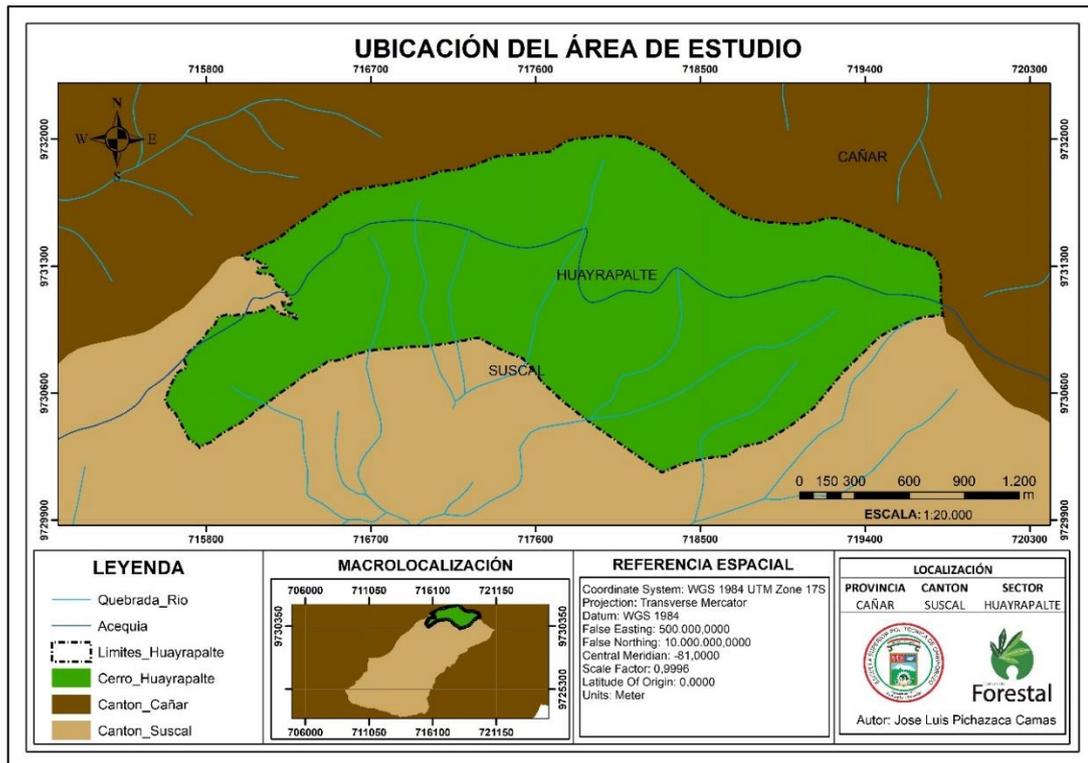


Figura 2-1. Mapa ubicación del área de estudio.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

2.2.2. Selección de Imágenes Satelitales

Se obtuvo seis imágenes satelitales Landsat 7 de las cuales se procedió a seleccionar tomando en cuenta el porcentaje de nubosidad dentro del área de estudio, ya que las imágenes con nubosidad no se pueden considerar. Para la presente investigación se consideró imágenes satelitales con un tiempo comprendido de 5 años entre cada. Por lo que las imágenes que corresponden a los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020, se tomaron en el $PATH=010$ y $ROW=062$ mismas que tienen una resolución multiespectral de 30 m y una resolución pancromática de 15 m, poseen 8 bandas en

total, tres en el espectro visible (B1, B2 y B3), una en el infrarrojo Cercano (B4), dos en el IR Medio (B5 y B7), una en el IR térmico (B6) y una banda pancromática (B8).

Estas imágenes satelitales están disponibles en página web del servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) con sitio web en <https://earthexplorer.usgs.gov/> que se encuentran en formato *GeoTIFF*.

2.2.3. Preprocesamiento de imágenes

A las imágenes se les realizó un procesamiento con el software Trial Envi 5.3. Estas imágenes fueron proporcionadas por el *Earth Explorer* que incluyen datos ya corregidos de precisión y terreno radiométrico (Ver Figura 3-2).

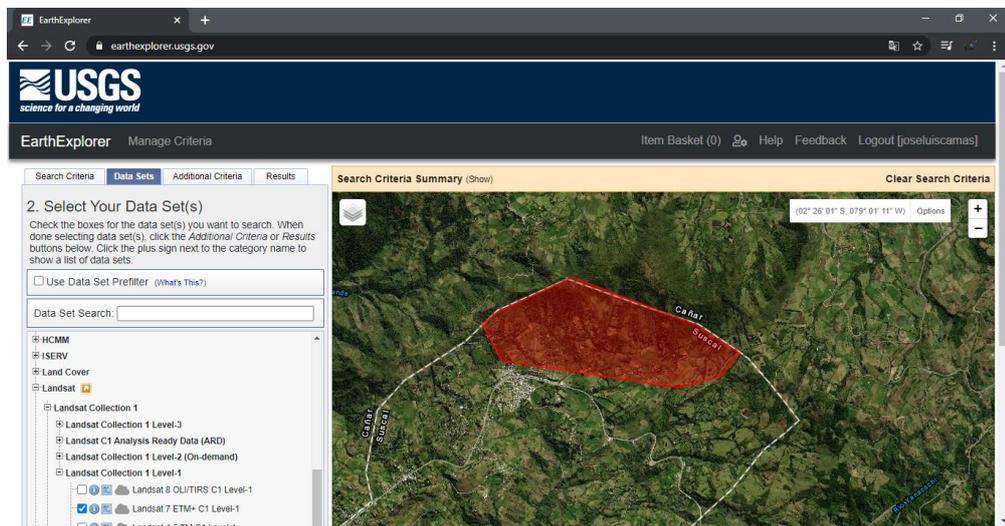


Figura 3-2. Visualización del interfaz de la plataforma Earth Explorer.

Fuente: USGS, 2021a

Las imágenes obtenidas para el estudio tienen los datos técnicos que se encuentran detallados en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Características de imágenes satelitales.

Satélite	Sensor	Path/Row	Fecha de adquisición	Nubosidad de la escena (Porcentaje)	Nubosidad en terreno (Porcentaje)	Calidad de imagen	Azimut Solar (Grados)	Elevación Solar (grados)
Landsat 7	ETM+	010/062	2000/12/18	67	33	9	128,71234797	55,28292824

Landsat 7	ETM+	010/06 2	2005/07/0 9	18	17	9	48,98416084	50,3388258 7
Landsat 7	ETM+	010/06 2	2010/08/2 4	33	32	9	57,20396843	1,0109722
Landsat 7	ETM+	010/06 2	2015/08/2 2	34	33	9	61,83339835	58,4687419 6
Landsat 7	ETM+	010/06 2	2020/10/0 6	60	62	9	98,52777709	56,8275673 3

Fuente: USGS, 2021b

2.2.3.1. Detección de nubes

Uno de los problemas que puede presentar una imagen satelital es la cubierta nubosa que es un obstáculo para realizar un análisis, para ello después de descargar las imágenes con un porcentaje de nubosidad menor a 62% se realizó un examen visual que ayudo a la identificación de nubes. Lo que permitió concluir que en la zona de estudio no existe la presencia de nubes que afecten con la clasificación supervisada (Ver Figura 4-2).

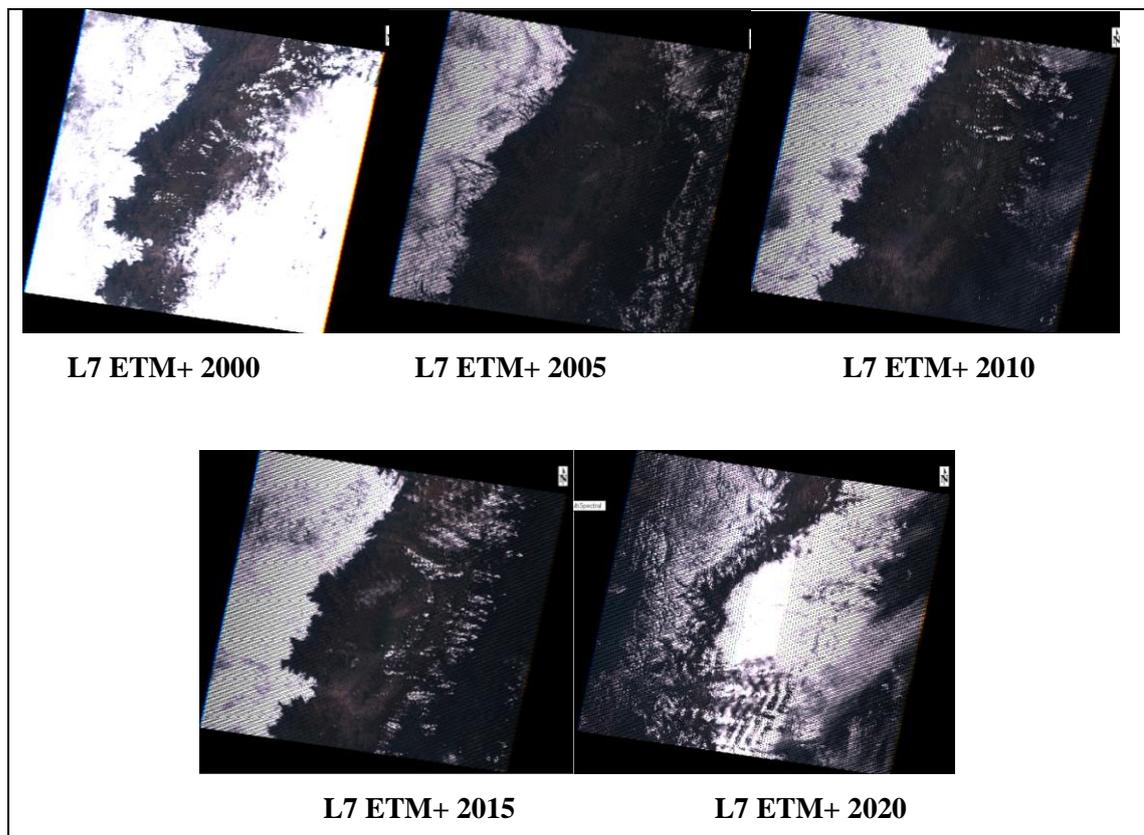


Figura 4-2. Imágenes satelitales del área de estudio.

Fuente: USGS, 2021a

2.2.3.2. Corrección de bandeo de imagen

Las imágenes Landsat 7 de los años 2005, 2010, 2015, 2020 utilizadas para el presente estudio presentaron un problema de bandeo o también conocidos como Gaps que es un error de las imágenes por la falta de información que presentan una línea inclinada hacia los laterales mientras en las zonas centrales se muestran de manera correcta.

Para realizar la corrección de bandeo es necesario realizar un contenedor de imágenes multispectrales por que las imágenes que se descargan se las obtiene las bandas por separado. Esta corrección se lo realizó con el complemento *Gap Grill* del software Envi 5.3 que se obtuvo de la página web <https://www.13harrisgeospatial.com/>.

Debido a que las imágenes con fechas más próximas a la imagen a corregir presentaban nubosidad, se utilizó el método de triangulación que consiste en rellenar las líneas con características extraídas de la misma imagen. Un ejemplo de la configuración utilizada se puede observar en la (Ver Figura 5-2).

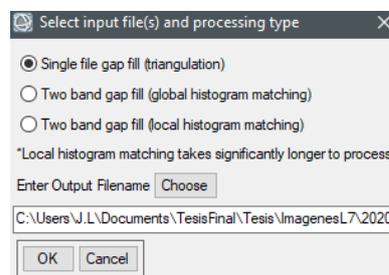


Figura 5-2. Configuración de la herramienta *Gap Fill*.

Fuente: Harris Inc, 2021

En la figura 4-2 se puede observar las imágenes antes de la corrección y en la figura 6-2 se observa luego de la corrección mediante el método de triangulación, que se utilizó datos de la misma imagen.

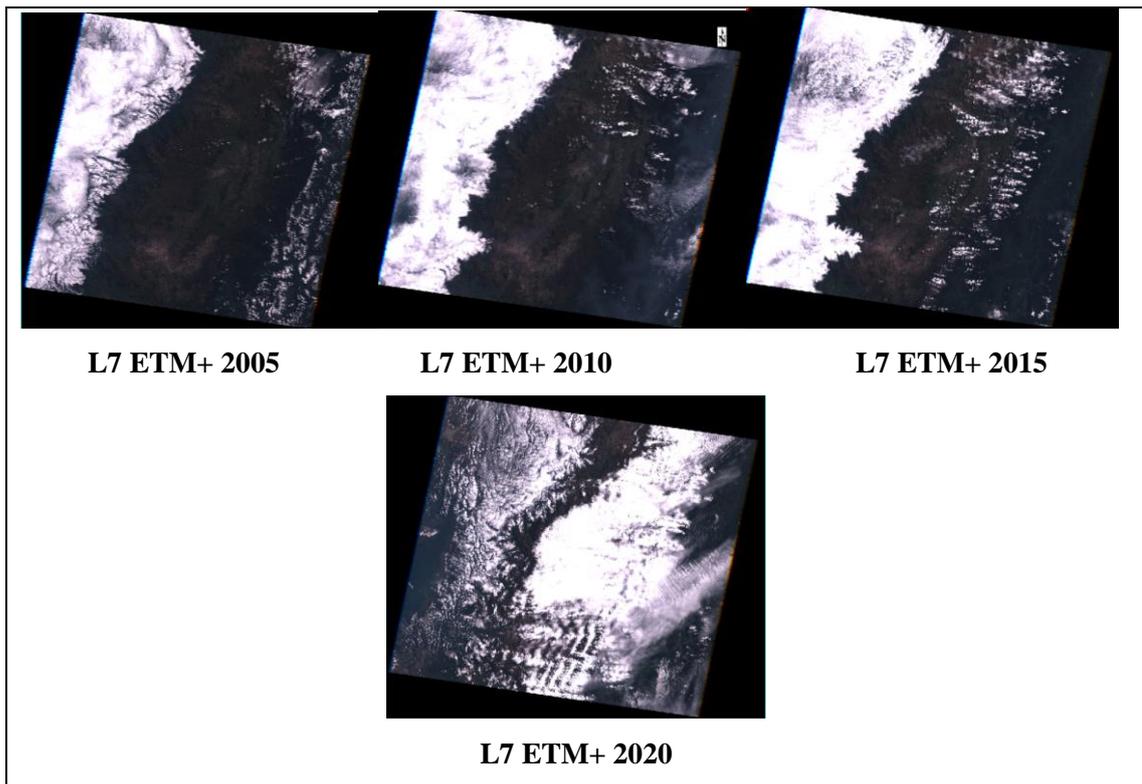


Figura 2-2. Corrección de bandeos de imágenes mediante la herramienta *Gap Fill*.

Fuente: USGS, 2021a

2.2.3.3. Corrección radiométrica

La corrección radiométrica de las imágenes satelitales se realizó con la herramienta *Radiometric Correction* del Software Trial Envi 5.3. Esta corrección fue aplicada a todas las imágenes de los años a estudiar. Se realizó una calibración radiométrica para tener valores de radiancia espectral y reflectancia, esto se obtuvo aplicando la opción *Apply Flaash Settings* de la herramienta *Radiometric Calibration*. Las configuraciones establecidas se pueden observar en la Figura 7-2 y el resultado en la Figura 8-2.

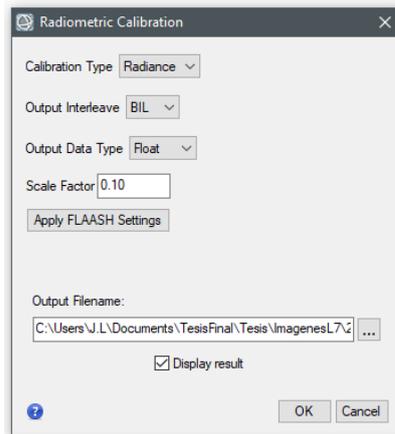


Figura 7-2. Configuración de la herramienta *Radiometric Calibration*.

Fuente: Harris Inc, 2021

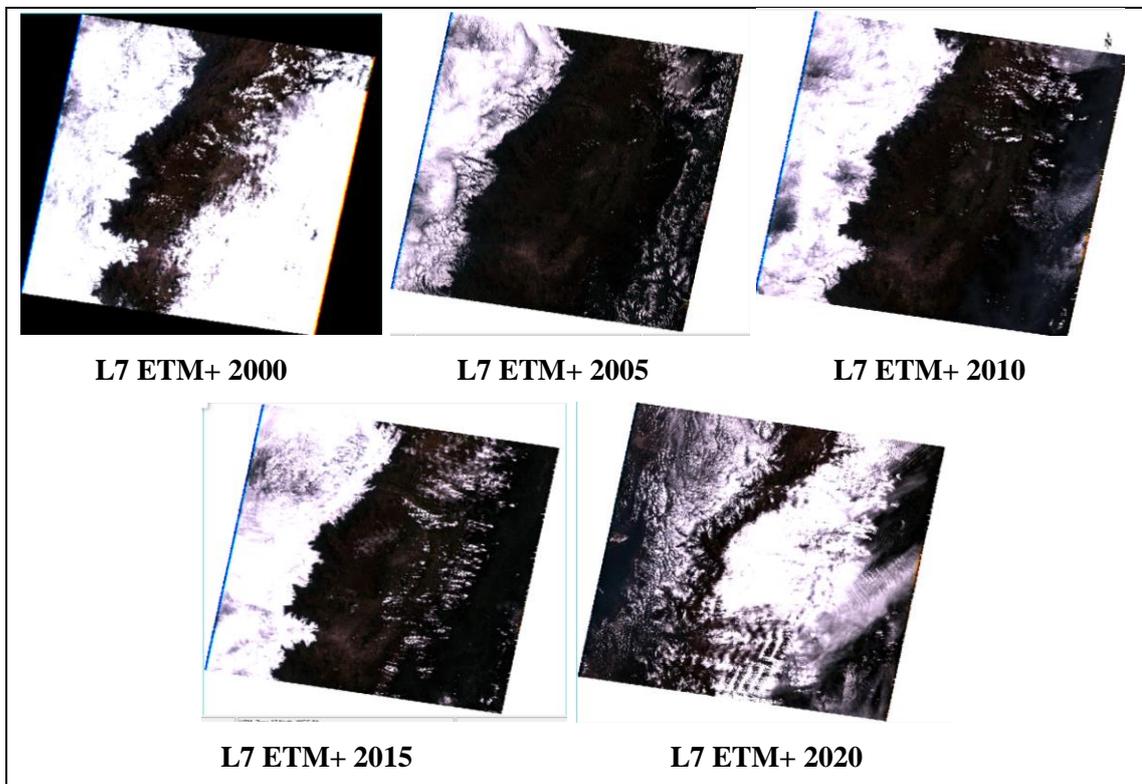


Figura 8-2. Corrección radiométrica de las imágenes estudiadas.

Fuente: USGS, 2021a

2.2.3.4. Corrección atmosférica

El proceso de corrección atmosférica se realizó con la herramienta *FLAASH Atmospheric Correction* del software *ENVI 5.3*. En la Figura 9-2 se puede observar un ejemplo de la

configuración realizada en la imagen, los datos referentes a la hora y fecha de obtuvieron de los metadatos de las imágenes descargadas.

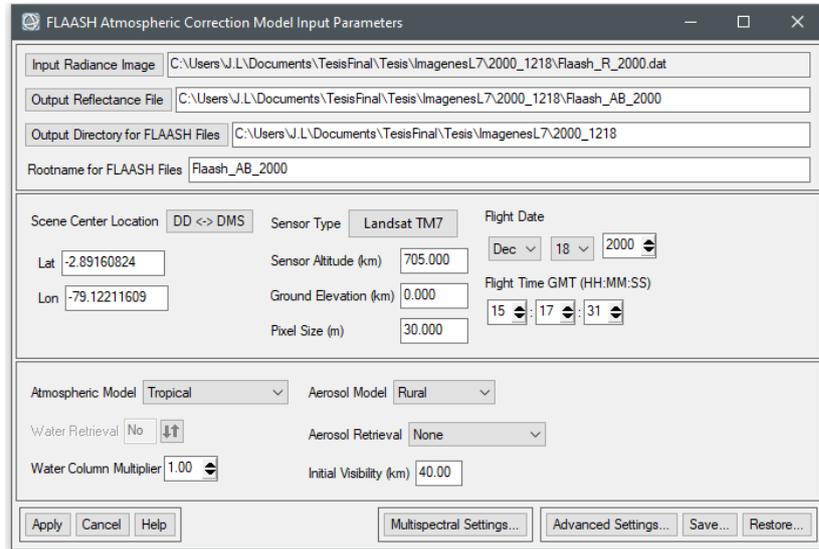


Figura 9-2. Configuración de la herramienta *FLAASH Atmospheric*.

Fuente: Harris Inc, 2021

Una vez realizada la corrección con la herramienta *FLAASH*, los valores del espectro que se obtienen dan a escala de 1 y 10000 a la que se debe realizar un reajuste a valores de 0 y 1 para proceder con la clasificación supervisada, para el reajuste se utilizó la herramienta *Band Math* (Ver Figura 10-2). Las imágenes a las que se realizó la corrección atmosférica se pueden observar en la Figura 11-2.

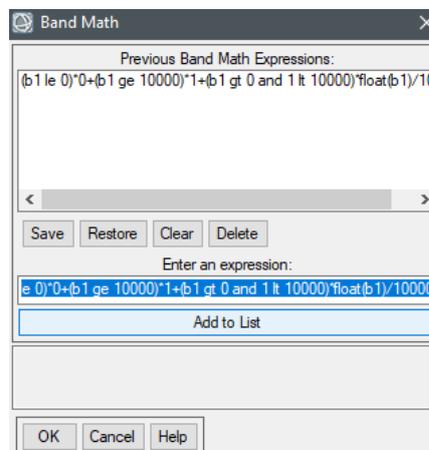


Figura 10-2. Configuración de la herramienta *Band Math*.

Fuente: Harris Inc, 2021

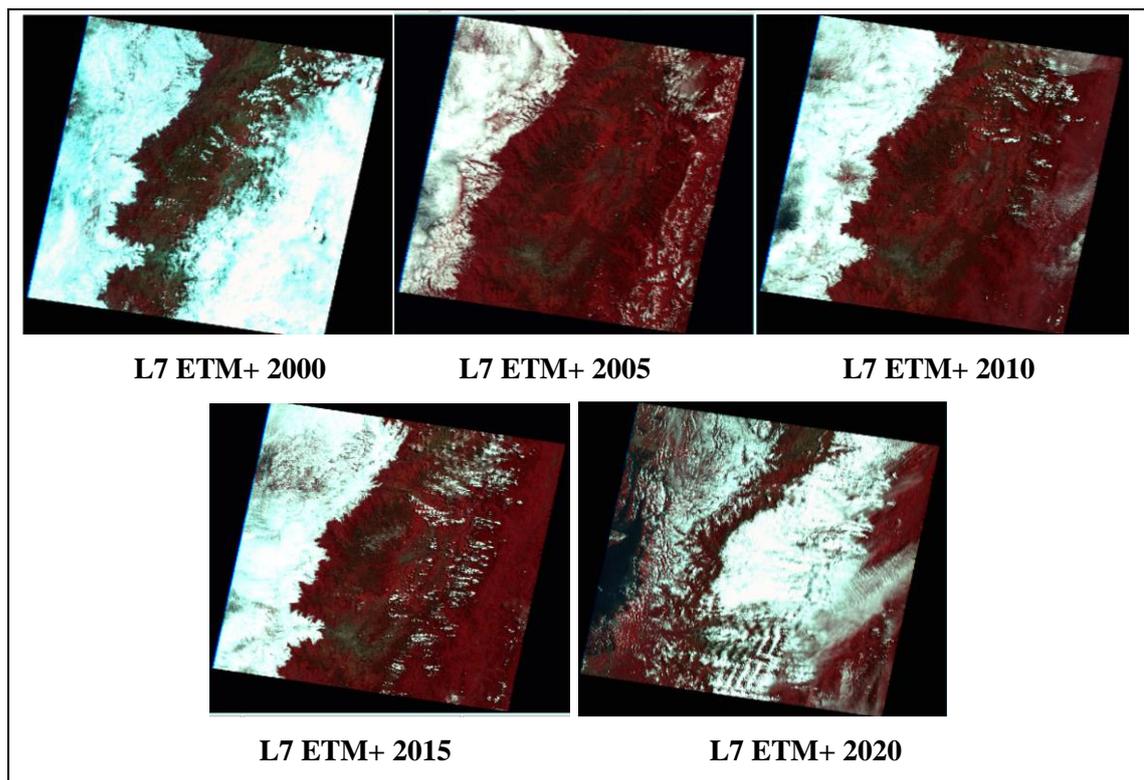


Figura 11-2. Corrección atmosférica de las imágenes estudiadas.

Fuente: USGS, 2021a

2.2.4. Clasificación de imágenes

Previo a realizar la clasificación se obtuvo la región de interés ROIS, en este caso la clasificación supervisada que se implementó en el estudio. Las áreas de entrenamiento (*ROI TRAIN*) y las áreas de verificación (*ROI TEST*) se estableció la cantidad de *ROIS* para establecer una clasificación apropiada. Se aplicó para la zona agropecuaria que se diferenció de las áreas que se utilizaban para la agricultura o ganadería, pero no se encontró cultivos significativos visibles, esto a que los terrenos estaban en preparación, habían sido cosechadas, recientemente sembradas, o se usaba para la ganadería, como también las que contaban con cultivos, estos se juntaron en una sola categoría. Para las áreas de bosque nativo se tomó en cuenta a los árboles y arbustos de múltiples especies, edades y altura variada que se juntaron en una sola categoría. En la categoría páramo se tomó en cuenta los pajonales. Para la categoría zona poblada se tomó en cuenta todas las casas ya sean permanentes o no permanentes. Mientras que para las nubes y sombras también fue necesario establecer categorías para que no influyan en la clasificación.

2.2.4.1. Áreas de entrenamiento

Áreas de entrenamiento o conocidas como *ROI TRAIN*, sirven para entrenar al programa ENVI 5.3 para que realice la clasificación. Para el entrenamiento de una manera más efectiva se realizó la combinación de bandas en la tabla 2-2.

De acuerdo con algunos autores el tamaño que debe tener las áreas de entrenamiento debe ser de $m+1$, en la que m es el número de bandas; para lo cual, comprobamos el número de bandas se realizó con la opción de *view metadata* en Envi 5.3.

Tabla 2-1. Combinación de bandas usadas para definir áreas de entrenamiento y verificación.

Sensor	Color Natural	Falso Color	Infrarrojo
Landsat 7 ETM+	742	753	432

Fuente: USGS, 2021a

2.2.4.2. Análisis de separación espectral

El análisis espectral en el área de entrenamiento y verificación es importante para una buena y correcta clasificación. La separación que se utilizó fue por el método de Jeffries-Matusita (0 a 2). El cálculo de separabilidad se lo realizó con la herramienta *ROI TOOL* con la opción *Compute ROI Separability* del programa Envi 5.3.

2.2.4.3. Clasificación supervisada de imágenes

Para realizar la clasificación de imágenes satelitales se utilizó la herramienta *maximum likelihood classification* del programa Envi 5.3. Para la elección de esta herramienta se tomó en cuenta los resultados positivos que ha tenido en otros estudios.

Para el proceso se configuró los parámetros ingresando valores entre 0 y 1, en la que se tomó en cuenta seis áreas de entrenamiento (Ver Figura 12-2).

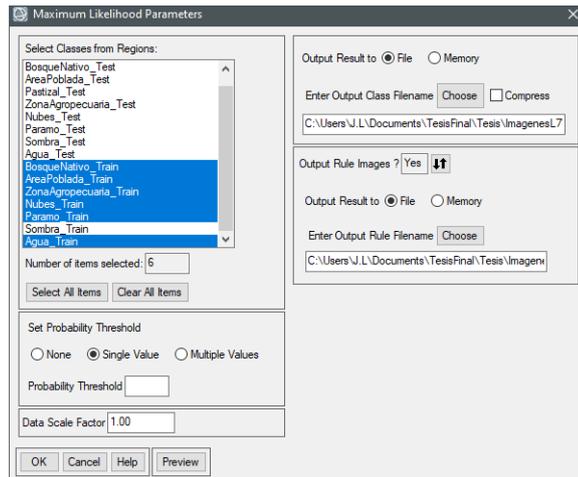


Figura 12-3. Configuración de parámetros para la clasificación de imágenes Landsat 7.

Fuente: Harris Inc, 2021

2.2.5. Post Clasificación

2.2.5.1. Filtro de mayoría

Para obtener un mejor resultado se procedió a aplicar un filtro de mayoría que se realizó con la herramienta *Majority/Minority Analysis* en Envi 5.3, así mejorando la clasificación en la cual se configuro una ventana de 3 x 3, esta configuración que se puede observar en la Figura 13-2.

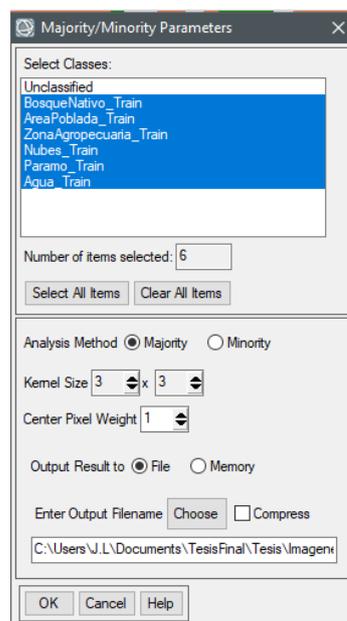


Figura 13-2. Configuración de filtro de mayoría de la imagen Landsat 7.

Fuente: Harris Inc, 2021

2.2.5.2. Validación de imágenes clasificadas

Una vez realizada la clasificación se procedió con la validación, para lo cual se utilizó la herramienta *Confusion Matrix Using Group Truth ROIs*. En esta herramienta se calculó los resultados tomando las clasificaciones y las áreas de verificación formando combinaciones, ejemplo, se tomó *ZonaAgropecuaria_Train* y *ZonaAgropecuaria_Test*, y así con todas las categorías como se puede ver en la Tabla 1-3, Tabla 2-3, Tabla 3-3, Tabla 4-3 y Tabla 5-3.

2.2.6. Implementación de Sistemas de Información Geográfica

Luego del proceso de validación y de haber comprobado la correcta clasificación, se utilizó el software ArcMap 10.5 para la vectorización de ráster, para obtener las capas de la clasificación supervisada correspondientes a: río, acequia y los límites políticos que fueron utilizadas en un mapa base.

2.2.6.1. Asignación de dominio

Antes de procesar se realizó un recorte de las imágenes correspondientes a años 2000, 2005, 2010, 2010 y 2020, para este proceso se utilizó el área de estudio que se obtuvo en campo y se realizó con la herramienta *clip* de ArcMap 10.5.

Al obtener el recorte se estableció nombres de las coberturas de acuerdo con el catálogo de objetos del Instituto Geográfico Militar - IGM. En base al autor (Choez, 2018, p. 51) en esta investigación se estableció los valores para la cobertura vegetal el valor de 1 para las capas del año 2000, para el de 2005 el valor que se estableció fue de 100, para el de 2010 el valor fue de 1000, mientras que para el de 2015 el valor fue de 1001 y para el 2020 el valor que se estableció fue de 1010, un ejemplo se puede observar en la Figura 2-15. Posteriormente se creó un campo en *Feature Class* que contiene las capas, para ser establecidos al *shapefile*. El campo que se crea debe ser de tipo corto para asignarle el dominio que corresponda, esta configuración se observa en la Figura 2-16. Al crear los dominios se procede al asignar las coberturas correspondientes según las respectivas áreas.

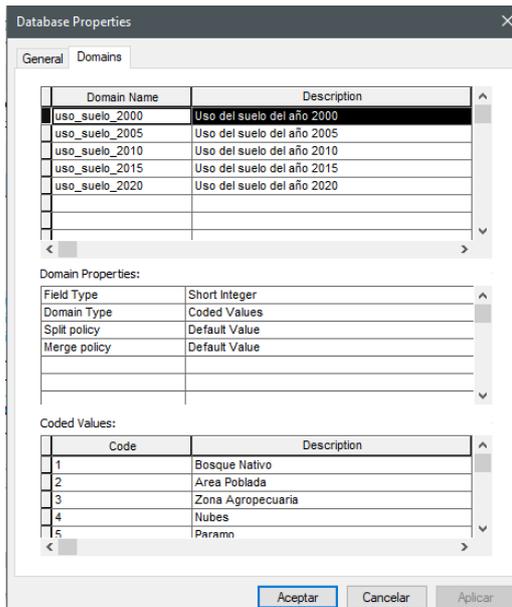


Figura 14-2. Dominio con códigos por cobertura de uso de suelo para el año 2000.

Fuente: Esri Inc, 2021

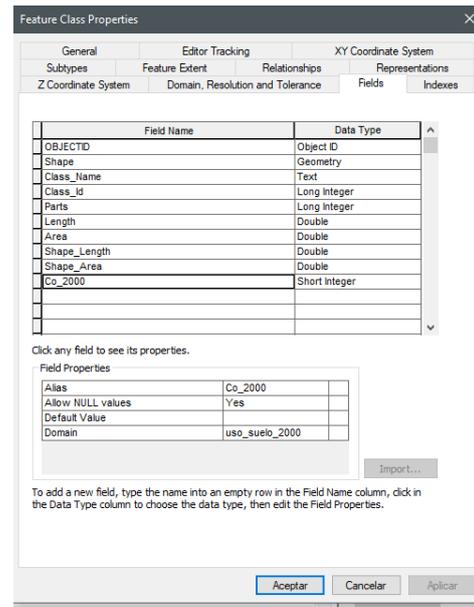


Figura 15-2. Campo de asignación de dominio establecido para el año 2000.

Fuente: Esri Inc, 2021

2.2.6.2. Validación de capas

Mediante el uso de reglas topológicas se realiza la validación de capas, para lo cual en la base de datos se creó la topología, las reglas que se generaron fueron: *Must not have gaps* esta regla detecta vacíos entre las áreas en la misma capa y *Must not overlap* marca como un error la detección de áreas super puestas dentro de la misma capa.

En la Figura 17-2 se puede ver los errores que se pudo encontrar que fueron tres, esto se da porque siempre se detectara un error en los polígonos de superficie ya que los polígonos no forman una superficie continua, al contrario, sucede en este error que se detecta automáticamente por el software que forma una excepción en el análisis; en donde no se detectó errores, lo que significa que las capas son válidas y están listas para realizar el respectivo análisis multitemporal.

Rule	Errors	Exception
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	0	
Must Not Have Gaps		
new2000	1	
new2015	1	
new2010	1	
new2005	1	
new2020	1	
Must Not Overlap		
new2010	0	
new2005	0	
new2000	0	
new2020	0	
new2015	0	
Total	5	

Figura 16-2. Resultados de la topología.

Fuente: (Esri Inc, 2021)

2.2.7. *Análisis multitemporal*

El proceso del análisis multitemporal se realizó tomando en cuenta los resultados tanto cualitativos y cuantitativos del proceso, para lo cual se realizó el siguiente proceso:

2.2.7.1. *Obtención de cartografía temática*

Se procedió a crear un campo de tipo *double* en la tabla para el cálculo geométrico del área en hectáreas, con la opción de *Add Field*, esto para que admita valores con decimales al utilizar la calculadora geométrica. Los resultados se utilizaron para realizar la cartografía temática de los años de estudio.

2.2.7.2. *Elaboración de tasa o gradiente de cambio*

La tasa o gradiente de cambio se realizó mediante la fórmula (1) en donde se estableció $n=5$ entre los años 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015, 2015-2020 y para los años 2000-2020 se utilizó el valor de $n=20$. Los valores para el cálculo de S_2 se estableció la fecha final del área de cobertura

que es el año mayor y para S1 fue establecido por la fecha inicial del área de cobertura que es el año menor.

2.2.7.3. *Análisis multitemporal de cobertura*

Análisis de cambio

Para realizar el análisis de cambio se obtuvo las coberturas de uso de suelo de los diferentes años de estudio. Resultados cuantitativos de la cobertura del área en hectáreas, resultados cualitativos que se puede apreciar en los mapas de cobertura y uso del suelo. Los resultados fueron representaron con histogramas y gráficos.

Matriz de transición

Se presentó transiciones por años para el cálculo de áreas, con la herramienta *intersect* del software ArcMap 10.5. Los años en los que se realizó el estudio fueron: 2000-2005; 2005-2010; 2010-2015; 2015-2020; y 2000-2020. Al final para obtener los resultados se insertó un campo para realizar la suma de los códigos que representa los dominios.

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Resultados

Al realizar la clasificación supervisada de las imágenes satelitales Landsat 7 de los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020, se calculó matrices de confusión, con las áreas de entrenamiento que cumplieron con los valores obteniendo 7 pixeles y las áreas de verificación; con esto se obtuvo una precisión de la clasificación y el índice de Kappa, que posteriormente a calcular las coberturas de los años de estudio y elaborar mapas temáticos del lugar de estudio que tiene un área de 420,80 hectáreas.

3.1.1. *Separación espectral*

3.1.1.1. *Separación espectral de áreas de entrenamiento*

En la tabla 1-3 se puede observar los valores de separabilidad. Según el método de Jeffries-Matusita los valores menores a 1,70 corresponden a la falta de datos tomados en el campo que dificulta la reducción del margen de error.

Tabla 1-3. Separabilidad de las áreas de entrenamiento.

SEPARABILIDAD ESPECTRAL AREAS DE ENTRENAMIENTO		
Año	Separación por orden ascendente	Valor
2005	BosqueNativo_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,66
2020	BosqueNativo_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,68
2015	BosqueNativo_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,68
2010	BosqueNativo_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,69
2020	ZonaAgropecuaria_Train and Paramo_Train	1,69
2005	ZonaAgropecuaria_Train and Paramo_Train	1,70
2000	BosqueNativo_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,72
2020	AreaPoblada_Train and Paramo_Train	1,78
2010	ZonaAgropecuaria_Train and Paramo_Train	1,79
2000	ZonaAgropecuaria_Train and Paramo_Train	1,81
2010	AreaPoblada_Train and Agua_Train	1,82
2015	ZonaAgropecuaria_Train and Paramo_Train	1,82
2000	AreaPoblada_Train and Paramo_Train	1,83
2005	AreaPoblada_Train and Paramo_Train	1,83
2005	AreaPoblada_Train and Agua_Train	1,84
2015	AreaPoblada_Train and Agua_Train	1,87
2005	BosqueNativo_Train and Agua_Train	1,87
2015	AreaPoblada_Train and Paramo_Train	1,89
2010	AreaPoblada_Train and Paramo_Train	1,89
2000	AreaPoblada_Train and Agua_Train	1,92
2015	AreaPoblada_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,92
2020	AreaPoblada_Train and Agua_Train	1,93
2005	Paramo_Train and Agua_Train	1,94
2005	BosqueNativo_Train and Paramo_Train	1,95
2020	AreaPoblada_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,95
2020	AreaPoblada_Train and Nubes_Train	1,96
2020	BosqueNativo_Train and AreaPoblada_Train	1,96
2015	BosqueNativo_Train and AreaPoblada_Train	1,96
2010	BosqueNativo_Train and Agua_Train	1,97
2005	ZonaAgropecuaria_Train and Agua_Train	1,97
2020	BosqueNativo_Train and Paramo_Train	1,97
2000	BosqueNativo_Train and Paramo_Train	1,98
2015	Paramo_Train and Agua_Train	1,98
2000	BosqueNativo_Train and Agua_Train	1,98
2020	BosqueNativo_Train and Agua_Train	1,98
2000	BosqueNativo_Train and AreaPoblada_Train	1,98
2015	BosqueNativo_Train and Paramo_Train	1,98

2015	BosqueNativo_Train and Agua_Train	1,99
2010	Paramo_Train and Agua_Train	1,99
2010	BosqueNativo_Train and Paramo_Train	1,99
2010	BosqueNativo_Train and AreaPoblada_Train	1,99
2005	BosqueNativo_Train and AreaPoblada_Train	1,99
2005	AreaPoblada_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,99
2010	AreaPoblada_Train and ZonaAgropecuaria_Train	1,99
2015	ZonaAgropecuaria_Train and Agua_Train	1,99
2000	AreaPoblada_Train and ZonaAgropecuaria_Train	2,00
2015	AreaPoblada_Train and Nubes_Train	2,00
2010	ZonaAgropecuaria_Train and Agua_Train	2,00
2000	Paramo_Train and Agua_Train	2,00
2020	Paramo_Train and Agua_Train	2,00
2000	ZonaAgropecuaria_Train and Agua_Train	2,00
2015	Nubes_Train and Agua_Train -	2,00
2020	ZonaAgropecuaria_Train and Agua_Train	2,00
2020	Nubes_Train and Agua_Train	2,00
2015	BosqueNativo_Train and Nubes_Train	2,00
2015	Nubes_Train and Paramo_Train	2,00
2015	ZonaAgropecuaria_Train and Nubes_Train	2,00
2010	AreaPoblada_Train and Nubes_Train	2,00
2020	BosqueNativo_Train and Nubes_Train	2,00
2020	ZonaAgropecuaria_Train and Nubes_Train	2,00
2020	Nubes_Train and Paramo_Train	2,00
2000	AreaPoblada_Train and Nubes_Train	2,00
2000	ZonaAgropecuaria_Train and Nubes_Train	2,00
2000	Nubes_Train and Paramo_Train	2,00
2000	Nubes_Train and Agua_Train	2,00
2000	BosqueNativo_Train and Nubes_Train	2,00
2005	Nubes_Train and Paramo_Train	2,00
2005	AreaPoblada_Train and Nubes_Train	2,00
2005	BosqueNativo_Train and Nubes_Train	2,00
2005	ZonaAgropecuaria_Train and Nubes_Train	2,00
2005	Nubes_Train and Agua_Train	2,00
2010	Nubes_Train and Agua_Train	2,00
2010	Nubes_Train and Paramo_Train	2,00
2010	BosqueNativo_Train and Nubes_Train	2,00
2010	ZonaAgropecuaria_Train and Nubes_Train	2,00

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.1.2. Separación espectral de áreas de verificación

Los menores valores de separación según la Tabla 2-3, principalmente se dio en la categoría “Páramo” que se confunde con el “Zona agropecuaria”, que no se encontraba cultivada al momento que se tomó la imagen. Según el método de Jeffries-Matusita los valores que están debajo a 1,70 corresponden a la falta de datos tomados en el campo que dificulta la reducción del margen de error.

Tabla 2-3. Separabilidad de las áreas de verificación.

SEPARABILIDAD ESPECTRAL AREAS DE ENTRENAMIENTO		
Año	Separación por orden ascendente	Valor
2005	ZonaAgropecuaria_Test and Paramo_Test	1,65
2005	AreaPoblada_Test and Paramo_Test	1,70
2010	AreaPoblada_Test and Agua_Test	1,73
2020	AreaPoblada_Test and Paramo_Test	1,74
2010	AreaPoblada_Test and Paramo_Test	1,77
2000	AreaPoblada_Test and Paramo_Test	1,78
2010	ZonaAgropecuaria_Test and Paramo_Test	1,78
2005	BosqueNativo_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,80
2020	ZonaAgropecuaria_Test and Paramo_Test	1,81
2015	Agua_Test and AresPoblada_Test	1,83
2020	BosqueNativo_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,83
2015	Paramo_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,83
2015	Paramo_Test and AresPoblada_Test	1,85
2005	AreaPoblada_Test and Agua_Test	1,89
2020	AreaPoblada_Test and Agua_Test	1,90
2000	Agua_Test and AreaPoblada_Test	1,90
2015	ZonaAgropecuaria_Test and BosqueNativo_Test	1,91
2005	BosqueNativo_Test and Agua_Test	1,92
2000	ZonaAgropecuaria_Test and Paramo_Test	1,92
2020	AreaPoblada_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,93
2000	BosqueNativo_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,93
2020	BosqueNativo_Test and AreaPoblada_Test	1,95
2015	ZonaAgropecuaria_Test and AresPoblada_Test	1,96
2015	Agua_Test and BosqueNativo_Test	1,97
2005	Paramo_Test and Agua_Test	1,97
2000	BosqueNativo_Test and AreaPoblada_Test	1,97
2005	AreaPoblada_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,98
2010	BosqueNativo_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,98
2015	AresPoblada_Test and BosqueNativo_Test	1,98

2015	Agua_Test and Paramo_Test	1,98
2005	BosqueNativo_Test and Paramo_Test	1,98
2000	AreaPoblada_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,99
2010	BosqueNativo_Test and Agua_Test	1,99
2010	Paramo_Test and Agua_Test	1,99
2015	Paramo_Test and BosqueNativo_Test	1,99
2010	AreaPoblada_Test and ZonaAgropecuaria_Test	1,99
2020	BosqueNativo_Test and Paramo_Test	1,99
2005	ZonaAgropecuaria_Test and Agua_Test	1,99
2010	BosqueNativo_Test and AreaPoblada_Test	1,99
2000	Agua_Test and BosqueNativo_Test	1,99
2015	Agua_Test and ZonaAgropecuaria_Test	2,00
2020	BosqueNativo_Test and Agua_Test	2,00
2010	BosqueNativo_Test and Paramo_Test	2,00
2005	BosqueNativo_Test and AreaPoblada_Test	2,00
2000	AreaPoblada_Test and Nubes_Test	2,00
2000	BosqueNativo_Test and Paramo_Test	2,00
2020	Paramo_Test and Agua_Test	2,00
2000	Agua_Test and Paramo_Test	2,00
2010	ZonaAgropecuaria_Test and Agua_Test	2,00
2000	Agua_Test and ZonaAgropecuaria_Test	2,00
2020	ZonaAgropecuaria_Test and Agua_Test	2,00
2020	AreaPoblada_Test and Nubes_Test	2,00
2005	AreaPoblada_Test and Nubes_Test	2,00
2005	Nubes_Test and Agua_Test	2,00
2000	Agua_Test and Nubes_Test	2,00
2000	BosqueNativo_Test and Nubes_Test	2,00
2000	ZonaAgropecuaria_Test and Nubes_Test	2,00
2000	Nubes_Test and Paramo_Test	2,00
2005	Nubes_Test and Paramo_Test	2,00
2005	BosqueNativo_Test and Nubes_Test	2,00
2005	ZonaAgropecuaria_Test and Nubes_Test	2,00
2010	AreaPoblada_Test and Nubes_Test	2,00
2010	Nubes_Test and Agua_Test	2,00
2010	ZonaAgropecuaria_Test and Nubes_Test	2,00
2010	Nubes_Test and Paramo_Test	2,00
2010	BosqueNativo_Test and Nubes_Test	2,00
2015	Nubes_Test and AreaPoblada_Test	2,00
2015	Nubes_Test and BosqueNativo_Test	2,00
2015	Nubes_Test and ZonaAgropecuaria_Test	2,00
2015	Paramo_Test and Nubes_Test	2,00
2015	Agua_Test and Nubes_Test	2,00
2020	Nubes_Test and Agua_Test	2,00
2020	ZonaAgropecuaria_Test and Nubes_Test	2,00

2020	Nubes_Test and Paramo_Test	2,00
2020	BosqueNativo_Test and Nubes_Test	2,00

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.2. Cobertura y usos de suelo

3.1.2.1. Matriz de transición

En la Tabla 3-3 podemos observar un ejemplo donde se estableció para la cobertura de páramo en el año 2000 (Código 5) a zona agropecuaria del año 2005 (código 300) y las cuales se presentó en matrices de transición. Este cálculo se repitió con las matrices de los demás años que se puede evidenciar en la Tabla 4-3, Tabla 5-3, Tabla 6-3 y Tabla 7-3.

Tabla 3-1. Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2000 y 2005.

Matriz de transición			Año 2005					
			CA	CP	CN	ZA	AP	BN
			600	500	400	300	200	100
Año 2000	CA	6	606	506	406	306	206	106
	CP	5	605	505	405	305	205	105
	CN	4	604	504	404	304	204	104
	ZA	3	603	503	403	303	203	103
	AP	2	602	502	402	302	202	102
	BN	1	601	501	401	301	201	101

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Tabla 4-3. Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2005 y 2010.

Matriz de transición			Año 2010					
			CA	CP	CN	ZA	AP	BN
			6000	5000	4000	3000	2000	1000
Año 2005	CA	600	6600	5600	4600	3600	2600	1600
	CP	500	6500	5500	4500	3500	2500	1500
	CN	400	6400	5400	4400	3400	2400	1400
	ZA	300	6300	5300	4300	3300	2300	1300
	AP	200	6200	5200	4200	3200	2200	1200
	BN	100	6100	5100	4100	3100	2100	1100

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Tabla 5-3. Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2010 y 2015.

Matriz de transición			Año 2015					
			CA	CP	CN	ZA	AP	BN
			606	505	404	303	202	101
Año 2010	CA	6000	6606	6505	6404	6303	6202	6101
	CP	5000	5606	5505	5404	5303	5202	5101
	CN	4000	4606	4505	4404	4303	4202	4101
	ZA	3000	3606	3505	3404	3303	3202	3101
	AP	2000	2606	2505	2404	2303	2202	2101
	BN	1000	1606	1505	1404	1303	1202	1101

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Tabla 6-3. Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2015 y 2020.

Matriz de transición			Año 2020					
			CA	CP	CN	ZA	AP	BN
			6060	5050	4040	3030	2020	1010
Año 2015	CA	606	6666	6566	6466	6366	6266	6166
	CP	505	6565	5555	4545	3535	2525	1515
	CN	404	6464	5454	4444	3434	2424	1414
	ZA	303	6363	5353	4343	3333	2323	1313
	AP	202	6262	5252	4242	3232	2222	1212
	BN	101	6161	5151	4141	3131	2121	1111

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Tabla 7-3. Valores base para el cálculo de la matriz de transición de los años 2000 y 2020.

Matriz de transición			Año 2020					
			CA	CP	CN	ZA	AP	BN
			6060	5050	4040	3030	2020	1010
Año 2000	CA	6	6066	5056	4046	3036	2026	1016
	CP	5	6065	5055	4045	3035	2025	1015
	CN	4	6064	5054	4044	3034	2024	1014
	ZA	3	6063	5053	4043	3033	2023	1013
	AP	2	6062	5052	4042	3032	2022	1012
	BN	1	6061	5051	4041	3031	2021	1011

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Con la ayuda de las matrices se elaboró mapas temáticos en las que se puede diferenciar áreas en los que existió cambio en los periodos estudiados y las áreas que no presentaron ningún cambio.

3.1.2.2. Cobertura y uso de suelo del año 2000

Al realizar el cálculo se obtuvo una matriz de confusión con una precisión de clasificación de 96,58% en la clasificación del año 2000, de las cuales los 113.517 pixeles de 117.541 del total fueron clasificados de manera correcta que se puede apreciar en la Tabla 8-3, de las cuales se obtuvo un índice de Kappa de 0,6715 que según la tabla de índice de Kappa establece que es un valor considerable.

Tabla 8-3. Matriz de confusión de clasificación del año 2000, en pixeles.

Matriz de Confusión 2000							
	Agua Test	Paramo Test	Nubes Test	Zona Agropecuaria Test	Área Poblada Test	Bosque Nativo Test	TOTAL
Agua Train	61	0	0	0	0	0	61
Paramo Train	0	1.059	0	45	0	16	1.120
Nubes Train	0	0	109.302	0	0	0	109.302
Zona Agropecuaria Train	0	48	0	1033	3	4	1.088
Área Poblada Train	1	18	3.862	0	412	0	4.293
Bosque Nativo Train	2	0	0	25	0	1.650	1.677
Pixeles Totales	64	1.125	113.164	1.103	415	1.670	117.541
Pixeles Clasificados	61	1.059	109.302	1.033	412	1.650	113.517
Precisión de Clasificación							96,58%

Realizado por: Pichazaca, 2021

En el mapa de cobertura y uso del suelo del año 2000 se tiene tres categorías en las que se observó que predomina la zona agropecuaria, seguido del bosque nativo y una escasa proporción en el páramo (Ver Figura 1-3).

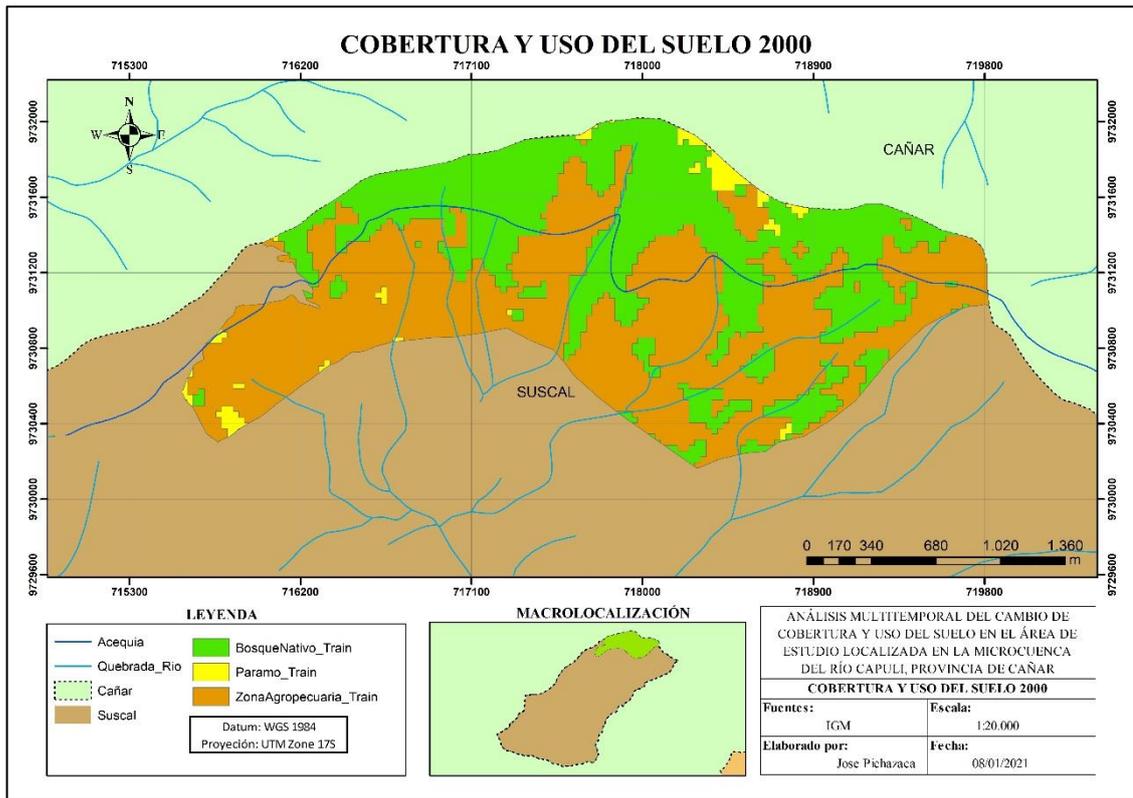


Figura 1-3. Cobertura y uso del suelo 2000.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Las extensiones en la cobertura y uso del suelo del cerro Huayrapalte para el año 2000 son las siguientes: La cobertura de bosque nativo (173,33 hectáreas) representa el 41% del área estudiada; el páramo (8,92 hectáreas) representa el 2%; zona agropecuaria (245,54 hectáreas) representa el 57%; mientras que las nubes, el área poblada y el agua no representan ningún porcentaje (Ver Figura 2-3).

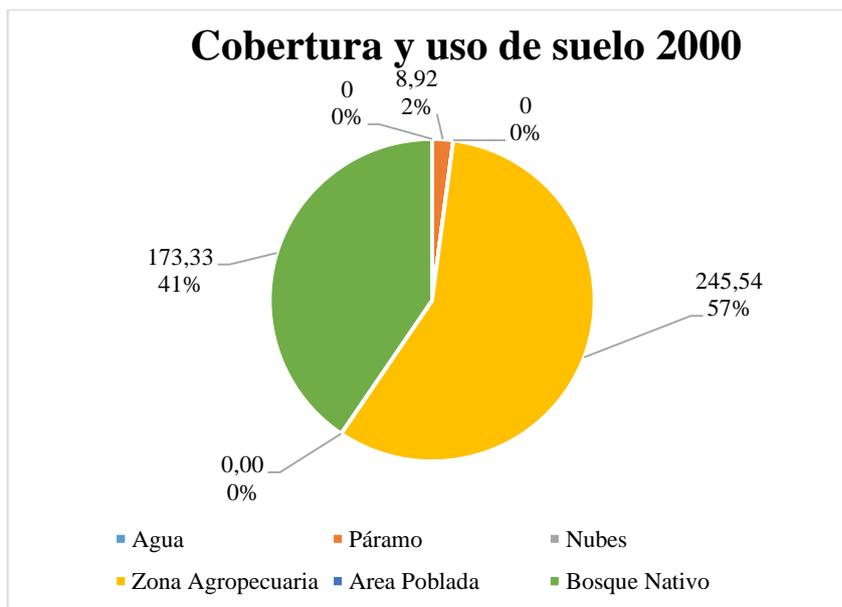


Figura 2-3. Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2000.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.2.3. Cobertura y uso de suelo del año 2005

Al realizar el cálculo se obtuvo una matriz de confusión con una precisión de clasificación de 95,02% en la clasificación del año 2005, de las cuales los 90.991 píxeles de 95.758 del total fueron clasificados de manera correcta que se puede ver en la Tabla 9-3, de las cuales se obtuvo en índice de Kappa de 0,6549 que según la tabla de índice de Kappa establece que es un valor considerable.

Tabla 9-3. Matriz de confusión de clasificación del año 2005, en píxeles.

Matriz de Confusión 2005							
	Agua Test	Páramo Test	Nubes Test	Zona Agropecuaria Test	Área Poblada Test	Bosque Nativo Test	TOTAL
Agua Train	53	0	0	0	0	17	70
Páramo Train	0	1.014	8	114	39	4	1.179
Nubes Train	0	0	86.475	0	0	0	86.475
Zona Agropecuaria Train	0	141	0	1.364	1	57	1.563
Área Poblada Train	9	28	4151	2	375	0	4.565
Bosque Nativo Train	2	9	0	185	0	1.710	1.906
Píxeles Totales	64	1.192	90.634	1.665	415	1.788	95.758
Píxeles Clasificados	53	1.014	86.475	1.364	375	1.710	90.991
Precisión de Clasificación							95,02%

Realizado por: Pichazaca, 2021.

En el mapa de cobertura y uso del suelo del año 200 se tiene tres categorías en las que se observó que predomina el bosque nativo, seguido de la zona agropecuaria y una escasa proporción en el páramo (Ver Figura 3-3).

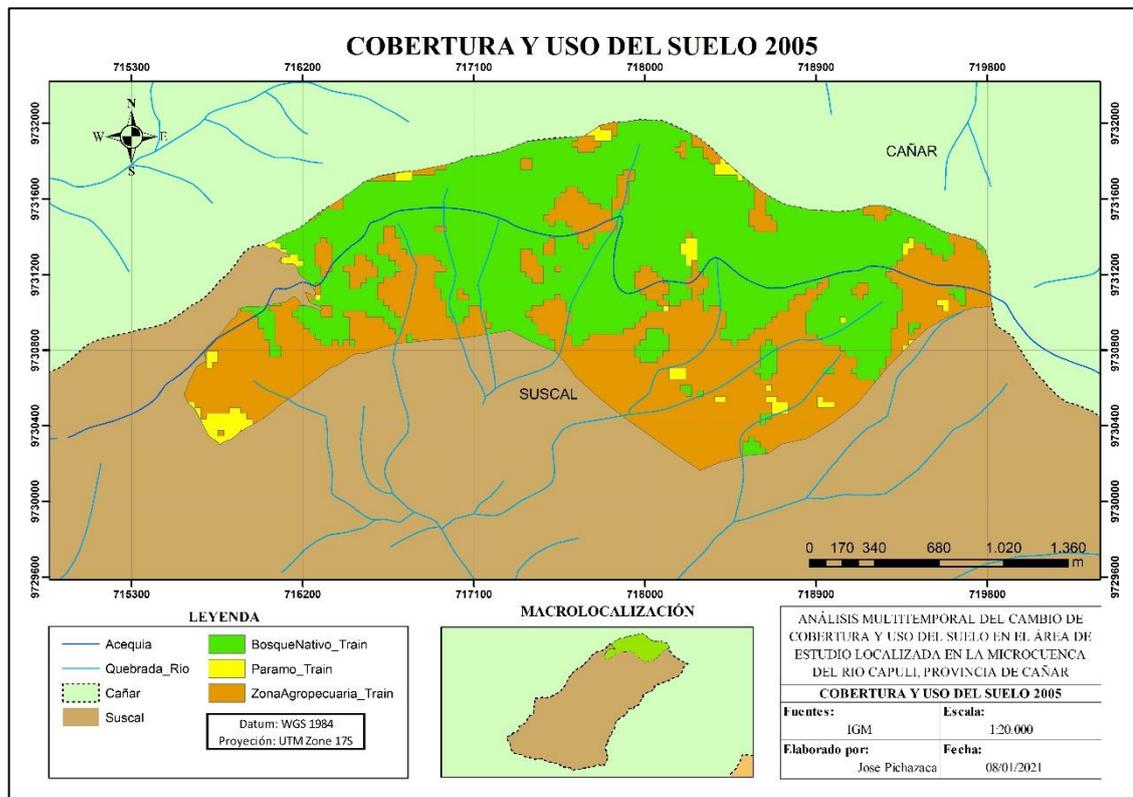


Figura 3-1. Cobertura y uso del suelo 2005.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Las extensiones en la cobertura y uso del suelo del cerro Huayrapalte para el año 2005 son las siguientes: la cobertura de bosque nativo (236,84 hectáreas) representa el 55% del área estudiada; el páramo (10,19 hectáreas) representa el 3%; zona agropecuaria (180,78 hectáreas) representa el 42%; el área poblada (0 hectáreas) representa el 0%; mientras que las nubes y el agua no representan ningún porcentaje (Ver Figura 4-3).

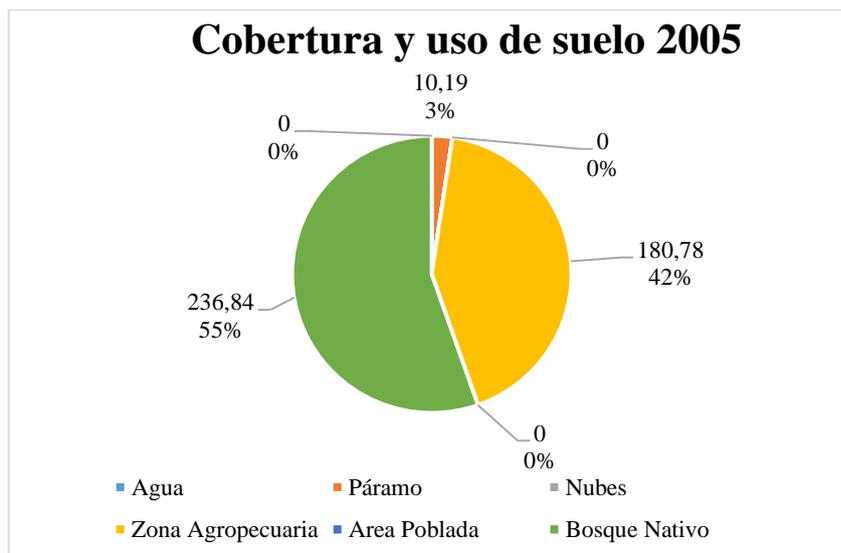


Figura 4-3. Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2005.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.2.4. Cobertura y uso del suelo del año 2010

Al realizar el cálculo se obtuvo una matriz de confusión con una precisión de clasificación de 98,91% en la clasificación del año 2010, de las cuales los 91.260 píxeles de 92.267 del total fueron clasificados de manera correcta que se puede ver en la Tabla 3-10, de las cuales se obtuvo en índice de Kappa de 0,8841 que según la tabla de índice de Kappa establece que es un valor casi perfecto

Tabla 10-3. Matriz de confusión de clasificación del año 2010, en píxeles.

Matriz de Confusión 2010							
	Agua Test	Páramo Test	Nubes Test	Zona Agropecuaria Test	Área Poblada Test	Bosque Nativo Test	TOTAL
Agua Train	39	0	491	0	23	52	605
Páramo Train	0	1.006	0	81	37	0	1.124
Nubes Train	0	0	87.475	0	0	0	87.475
Zona Agropecuaria Train	0	68	0	1.250	1	18	1.337
Área Poblada Train	12	56	136	1	354	1	560
Bosque Nativo Train	0	0	2	28	0	1.136	1.166
Píxeles Totales	51	1.130	88.104	1.360	415	1.207	92.267
Píxeles Clasificados	39	1.006	87.475	1.250	354	1.136	91.260
Precisión de Clasificación							98,91%

Realizado por: Pichazaca, 2021.

En el mapa de cobertura y uso del suelo del año 2010 se tiene cuatro categorías en las que se observó que predomina la zona agropecuaria, seguido del bosque nativo, mientras en el páramo y la zona poblada se tiene una escasa proporción (Ver Figura 5-3).

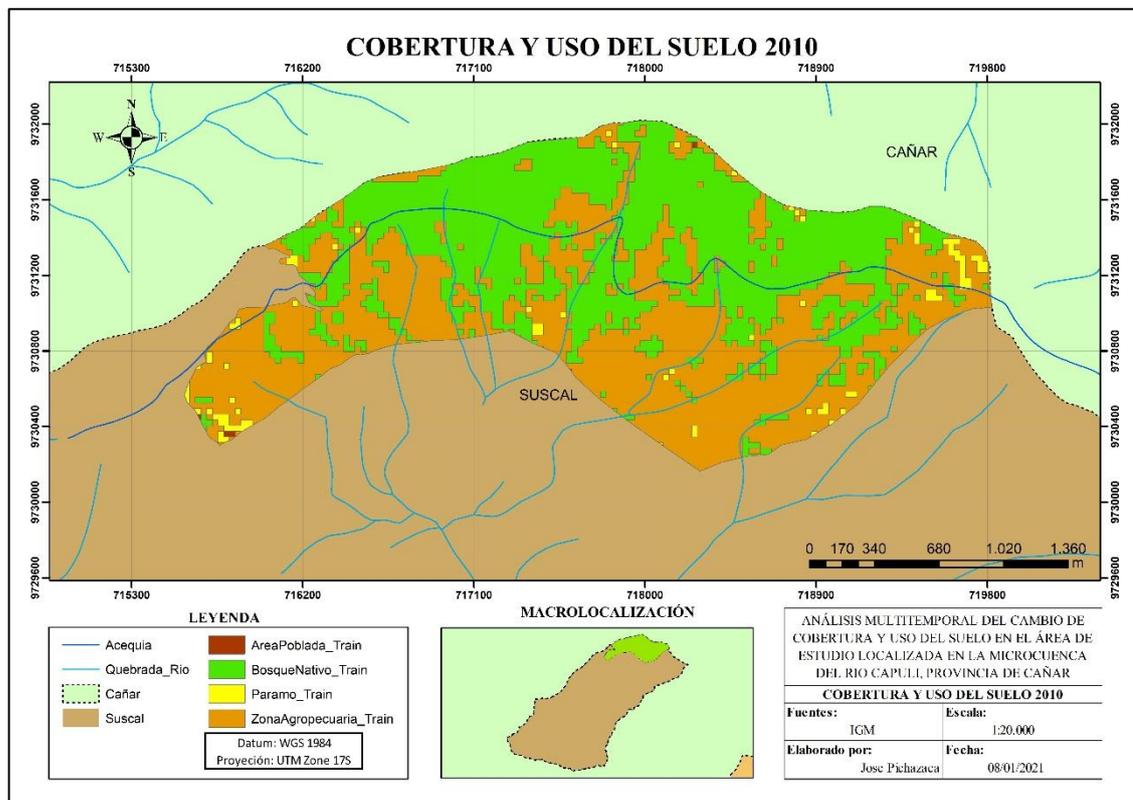


Figura 5-3. Cobertura y uso del suelo 2010.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Las extensiones en la cobertura y uso del suelo del cerro Huayrapalte para el año 2010 son las siguientes: la cobertura de bosque nativo (200,12 hectáreas) representa el 47% del área estudiada; el páramo (8,10 hectáreas) representa el 2%; zona agropecuaria (219,27 hectáreas) representa el 51%; el área poblada (0,32 hectáreas) representa el 0%; mientras que las nubes y el agua no representan ningún porcentaje (Ver Figura 6-3).

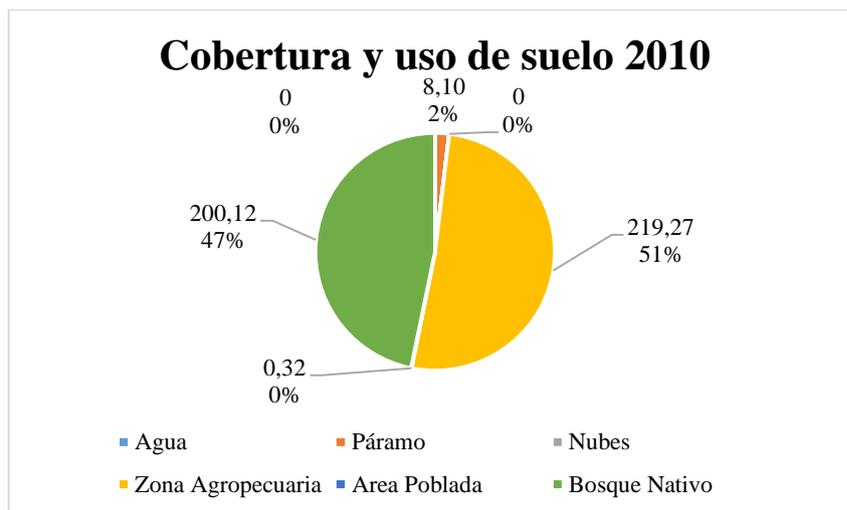


Figura 6-3. Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2010.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.2.5. Cobertura y uso del suelo del año 2015

Al realizar el cálculo se obtuvo una matriz de confusión con una precisión de clasificación de 99,84% en la clasificación del año 2015, de las cuales los 513.834 píxeles de 514.650 del total fueron clasificados de manera correcta que se puede ver en la Tabla 11-3, de las cuales se obtuvo un índice de Kappa de 0,9073 que según la tabla de índice de Kappa establece que es un valor casi perfecto.

Tabla 11-3. Matriz de confusión de clasificación del año 2015, en píxeles.

Matriz de Confusión 2015							
	Agua Test	Páramo Test	Nubes Test	Zona Agropecuaria Test	Área Poblada Test	Bosque Nativo Test	TOTAL
Agua Train	100	0	7	0	2	4	113
Páramo Train	0	564	0	28	9	1	602
Nubes Train	0	0	509.930	0	2	0	509.932
Zona Agropecuaria Train	1	39	0	1.281	10	35	1.366
Área Poblada Train	5	14	584	18	361	5	987
Bosque Nativo Train	0	14	0	38	0	1.598	1.650
Píxeles Totales	106	631	510.521	1.365	384	1.643	514.650
Píxeles Clasificados	100	564	509.930	1.281	361	1.598	513.834
Precisión de Clasificación							99,84%

Realizado por: Pichazaca, 2021.

En el mapa de cobertura y uso del suelo del año 2015 se tiene cuatro categorías en las que se observó que predomina el bosque nativo, seguido de la zona agropecuaria, mientras que las que menos predominan son el páramo y la zona poblada (Ver Figura 7-3).

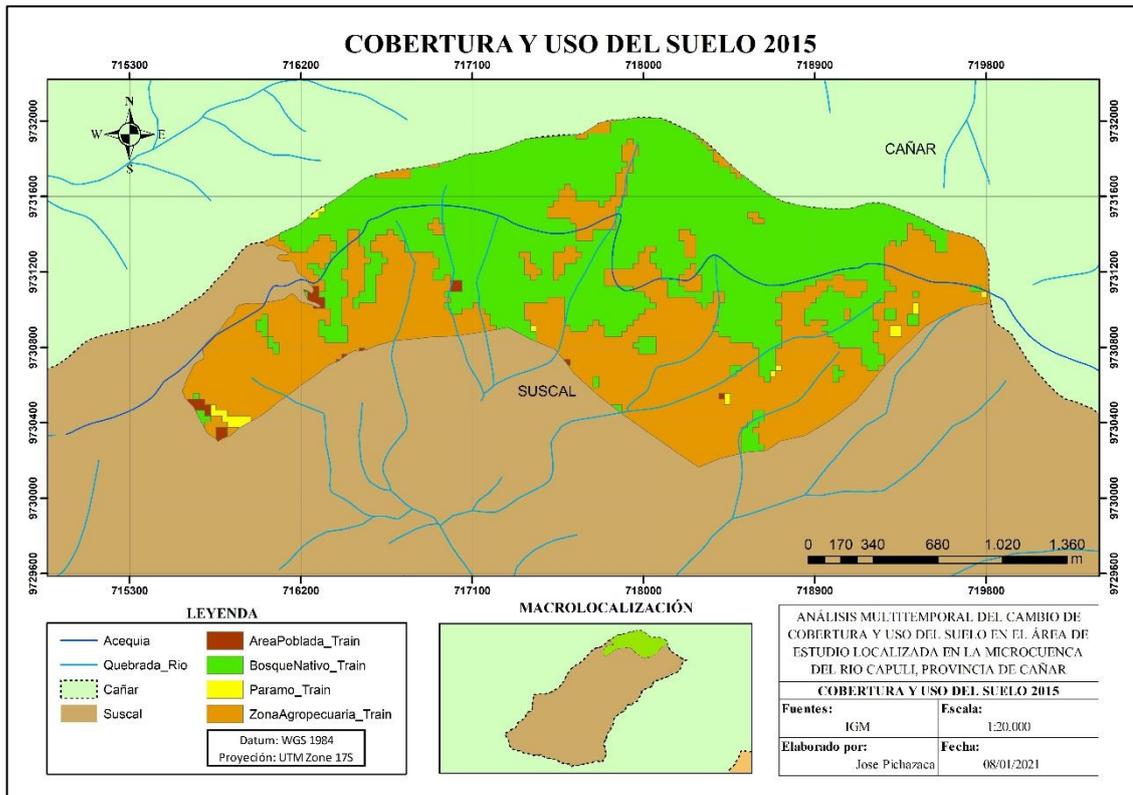


Figura 7-3. Cobertura y uso del suelo 2015.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Las extensiones en la cobertura y uso del suelo del cerro Huayrapalte para el año 2015 son las siguientes: La cobertura de bosque nativo (221,45 hectáreas) representa el 52% del área estudiada; el páramo (2,39 hectáreas) representa el 1%; zona agropecuaria (201,73 hectáreas) representa el 47%; el área poblada (2,23 hectáreas) representa el 0%; mientras que las nubes y el agua no representan ningún porcentaje (Ver Figura 8-3).

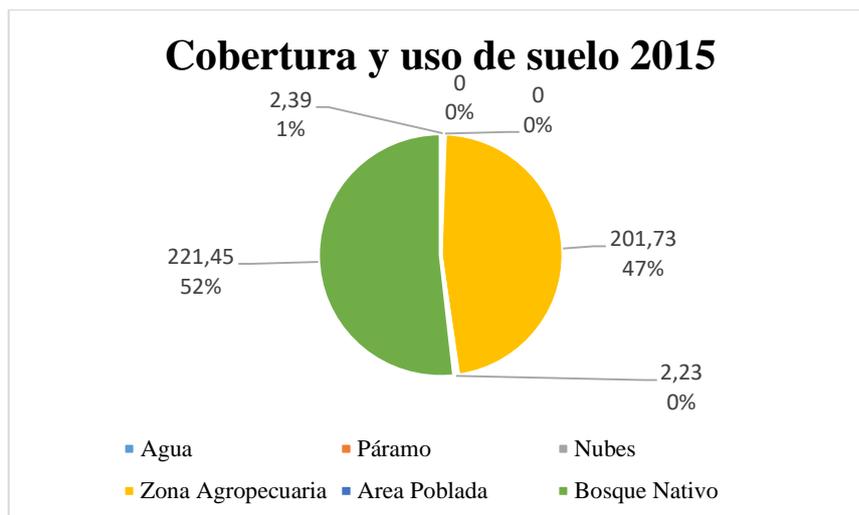


Figura 8-3. Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2015.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.2.6. Cobertura y uso del suelo del año 2020

Al realizar el cálculo se obtuvo una matriz de confusión con una precisión de clasificación de 99,79% en la clasificación del año 2020, de las cuales los 425.138 píxeles de 426.024 del total fueron clasificados de manera correcta que se puede observar en la Tabla 12-3, de las cuales se obtuvo un índice de Kappa de 0,9376 que según la tabla de índice de Kappa establece que es un valor casi perfecto.

Tabla 12-3. Matriz de confusión de clasificación del año 2020, en píxeles.

Matriz de Confusión 2020							
	Bosque Nativo Test	Área Poblada Test	Zona Agropecuaria Test	Nubes Test	Páramo Test	Agua Test	TOTAL
Bosque Nativo Train	1.870	0	151	58	3	0	2.082
Área Poblada Train	13	344	10	133	55	8	563
Zona Agropecuaria Train	41	7	3.492	127	41	0	3.708
Nubes Train	0	5	0	418.667	0	0	418.672
Páramo Train	4	18	148	31	722	0	923
Agua Train	33	0	0	0	0	43	76
Píxeles Totales	1.961	374	3.801	41.906	821	51	426.024
Píxeles Clasificados	1.870	344	3.492	418.667	722	43	425.138
Precisión de Clasificación							99,79%

Realizado por: Pichazaca, 2021.

En el mapa de cobertura y uso del suelo del año 2020 se tiene tres categorías en las que se observó que predomina la zona agropecuaria, seguido del bosque nativo y una mínima proporción en el páramo (Ver Figura 9-3).

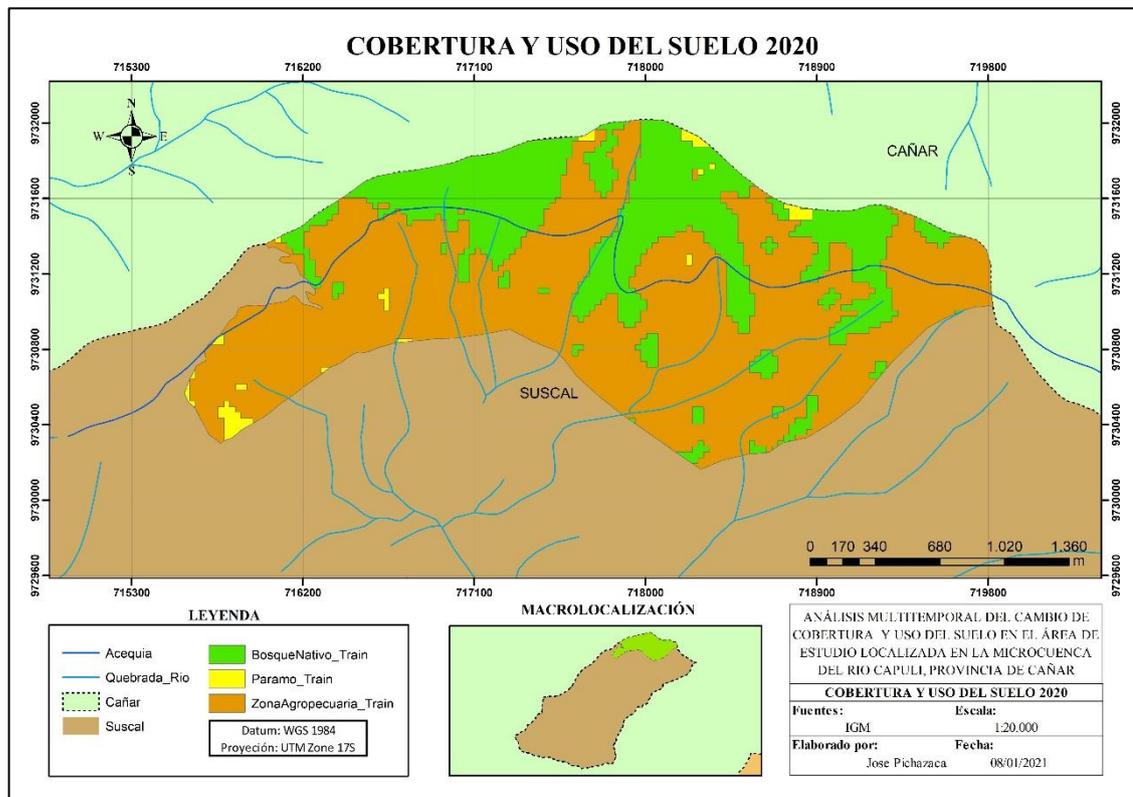


Figura 9-3. Cobertura y uso del suelo 2020.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Las extensiones en la cobertura y uso del suelo del cerro Huayrapalte para el año 2020 son las siguientes: La cobertura de bosque nativo (127,48 ha) representa el 30% del área estudiada; el páramo (5,71 ha) representa el 1%; zona agropecuaria (294,61 ha) representa el 69%; mientras que el área poblada, las nubes y el agua no representan ningún porcentaje (Ver Figura 10-3).

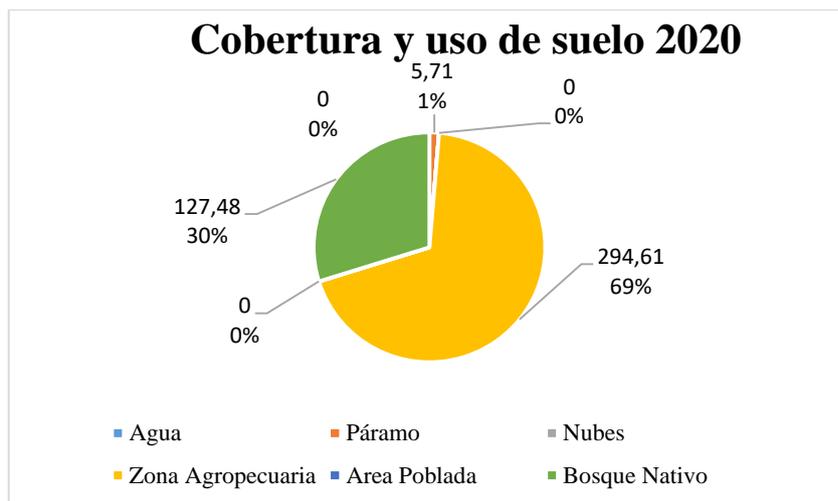


Figura 10-3. Porcentaje de cobertura y uso de suelo del año 2020.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

El páramo presento su más bajo porcentaje (1%) en el año 2015 y 2020, mientras que en el 2010 se mantuvo en un 2%. La zona agropecuaria estuvo entre 42 y 69%, con mayor cobertura en el año 2020, Bosque nativo 30 y 55% con una mayor cobertura en el año 2005 y el área poblada no presento cambios manteniéndose en un 0%, que se puede observar de manera gráfica en la Figura 11-3.

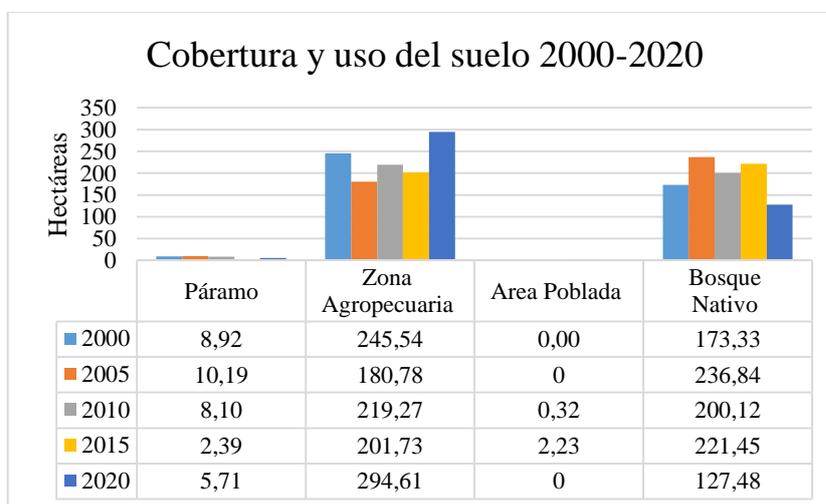


Figura 11-3. Cobertura y usos de suelo en el periodo de estudio.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Los cambios existentes entre los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 puede verse una variabilidad debido a los elementos que fueron tomados en consideración como bosque nativo, zona agropecuaria y área poblada.

3.1.3. Gradiente de cambio

Según los resultados de la tasa de cambio obtenidas se muestra un incremento en los porcentajes que son positivos y decremento en los porcentajes que son negativos (Ver Figura 12-3) y (Ver Tabla 5-3). De los cuales el mayor porcentaje de incremento (100%) se dio en el área poblada entre los años 2015 y 2020, seguido del páramo con 22% entre los años 2010 y 2015.

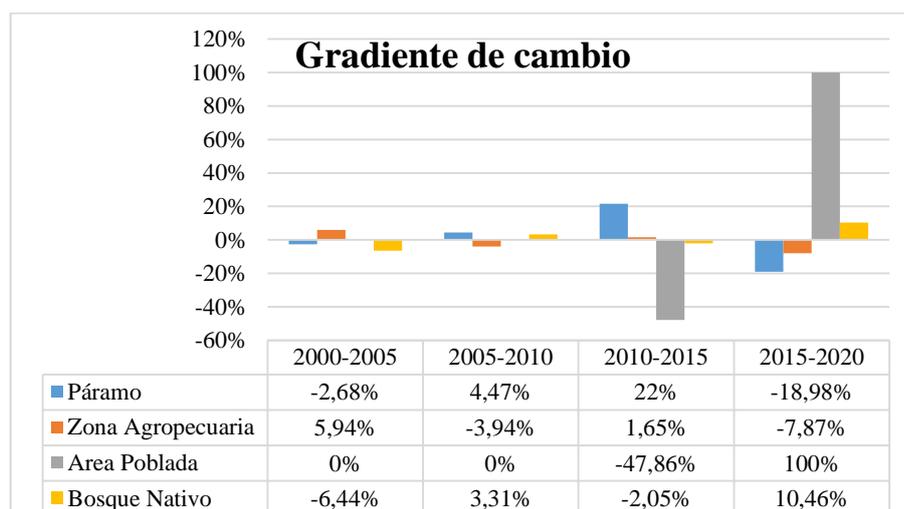


Figura 12-3. Tasas anuales de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en porcentaje.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Mientras el decremento que más representa es el área poblada que tuvo una tasa de -47,86% con los datos trabajados de los años 2010 y 2015; seguido tenemos -18,98% en el páramo entre los años 2000 y 2005.

Tabla 13-2. Datos calculados a partir de la clasificación de imágenes en los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

Uso de Suelo	2000-2005			2005-2010			2010-2015			2015-2020			2000-2020		
	Área de cambio (ha)	%	Tasa de cambio	Área de cambio (ha)	%	Tasa de cambio	Área de cambio (ha)	%	Tasa de cambio	Área de cambio (ha)	%	Tasa de cambio	Área de cambio (ha)	%	Tasa de cambio
Páramo	-1,26	-0,30	-2,68%	2,08	0,49	4,47%	6	1	22%	-3,31	-0,77	-18,98%	3,21	0,75	2,21%
Zona Agropecuaria	64,77	15,14	5,94%	-38,49	-9,00	-3,94%	17,54	4,10	1,65%	-92,88	-21,71	-7,87%	-49,07	-11,47	-0,92%
Área Poblada	0	0	0%	-0,32	-0,07	0%	-1,92	-0,45	-47,86%	2,23	0,52	100%	0	0	0%
Bosque Nativo	-63,50	-15	-6,44%	36,72	8,58	3,31%	-21,33	-4,99	-2,05%	93,97	21,96	10,46%	45,85	10,72	1,52%

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.1.4. Análisis multitemporal de coberturas

3.1.4.1. Análisis de cambios

En la cobertura por bosque nativo existe un aumento del 21,73% desde el año 2000 hasta el 2015 y un declive de 42,43% para el año 2020. Mientras que la zona agropecuaria disminuye en un 26,38% desde el año 2000 al año 2005, se produce un aumento del 17,55% para el año 2010, vuelve a bajar un 8% para el 2015 y existe un incremento del 31,53% para el 2020 (Ver Figura 13-3).

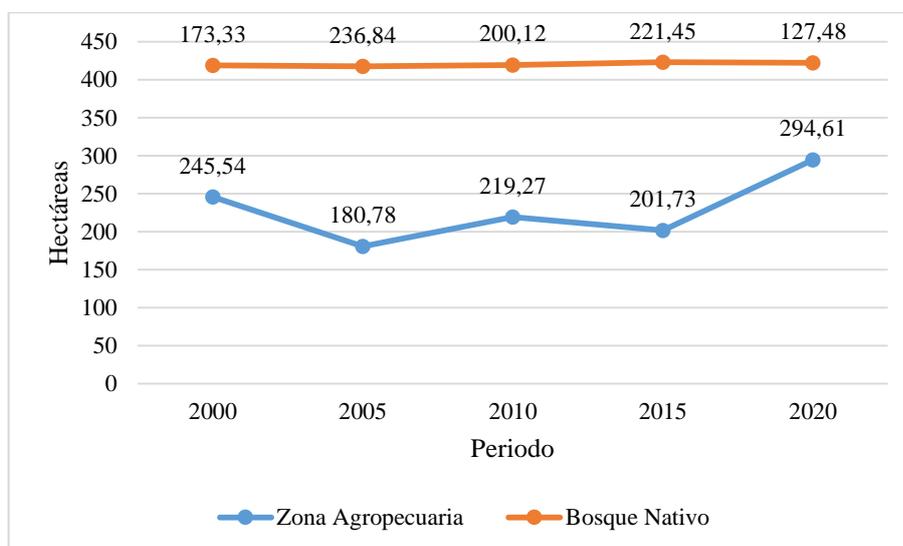


Figura 13-2. Cambios de uso de suelo en Zona agropecuaria y Bosque nativo.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

El cambio de la zona agropecuaria y bosque nativo se diferencia con el comportamiento del páramo que presenta un aumento del 12,39% desde el año 2000 al 2005, mientras que desde el 2005 al 2015 presentó un declive del 76,49%, un incremento del 58,06% desde 2015 hasta llegar al 2020 y el área poblada aumentó en un 100% desde el año 2000 para el año 2015, presenta una disminución del 100% desde 2020 (Ver Figura 14-3).

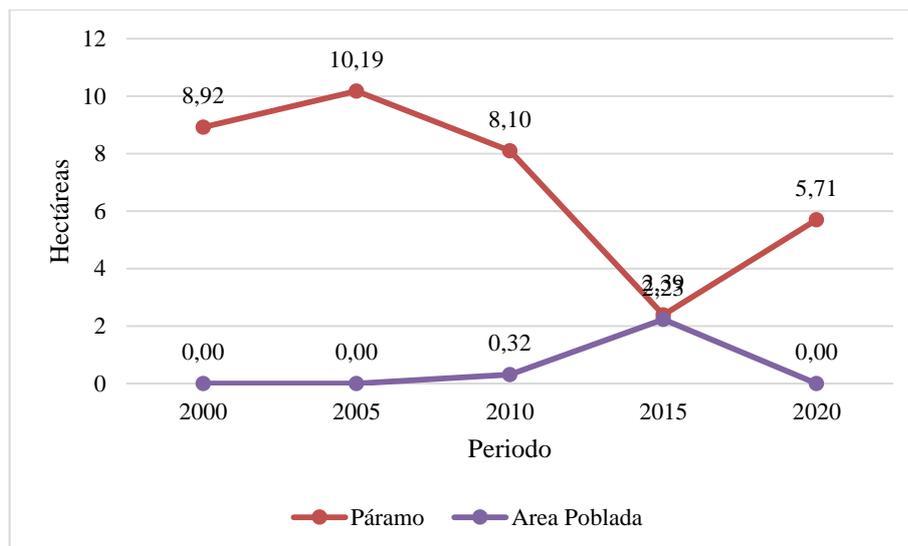


Figura 14-3. Cambio de uso de suelo en Páramo y Área poblada.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

El porcentaje de las áreas de cambio calculadas (Ver Figura 15-3), que están ordenadas de mayor a menor en los años 2000 y 2005 fueron de: 15,14% de zona agropecuaria, el área poblada no tuvo cambios y -0,30% páramo presentó un decremento; con -14,84% de bosque nativo que se evidenció como decremento.

En los años 2005 y 2010 los cambios fueron: en incremento 8,58% bosque nativo, con el 0,49% el páramo presenta un incremento y en decremento -0,07% área poblada y -9% la zona agropecuaria.

Para los años 2010 y 2015 los cambios fueron: 4,10% de la zona agropecuaria, 1% páramo como incremento; y -0,45% área poblada; -4,99% bosque nativo como decremento.

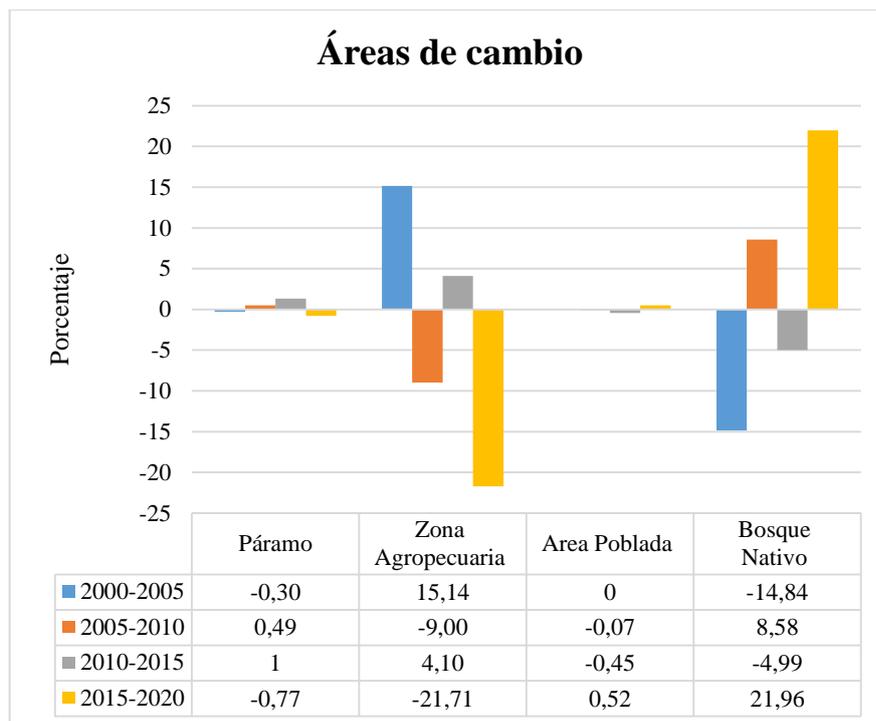


Figura 15-3. Áreas de cambio en los años de estudio.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Finalmente, para los años 2015 y 2020 los cambios fueron: En incremento 21,96% el bosque nativo y 0,52% área poblada; en decremento -0,77 el páramo y -21,71% Zona agropecuaria.

3.1.4.2. Transición uso del suelo

Para la cobertura y uso de suelo las transiciones se realizaron en los años: 2000 y 2005; 2005 y 2010; 2010 y 2015; 2015 y 2020; y con 2000 y 2020.

Transición de uso de suelo 2000-2005

La matriz de transición de la cobertura vegetal y uso de suelo de los años 2000 y 2005, con un área de estudio de 427,80 hectáreas, indica que 263,38 hectáreas mantuvieron la cobertura que presentaba al inicio, al contrario, con el restante que si presentó cambios (Ver Tabla 14-3).

Los cambios más visibles son las 85,33 hectáreas de Zona agropecuaria que se convirtió en Bosque nativo; 22,10 hectáreas de bosque nativo se volvieron en zona agropecuaria; 5,26 hectáreas de zona agropecuaria se convirtieron en páramo.

Tabla 14-3. Matriz de transición 2000-2005 en hectáreas.

Transición 2000/2005			2005			
			Páramo	Zona agropecuaria	Área poblada	Bosque nativo
			500	300	200	100
2000	Páramo	5	2,35	3,72	0	2,86
	Zona agropecuaria	3	5,26	154,96	0	85,33
	Área poblada	2	0	0	0	0
	Bosque nativo	1	2,58	22,10	0	148,65

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Transición de uso de suelo 2005-2010

La matriz de transición de la cobertura vegetal y uso de suelo de los años 2005 y 2010, con un área de estudio de 427,80 hectáreas, indica que 352,24 hectáreas mantuvieron la cobertura que presentaba al inicio, al contrario, con el restante que si presentó cambios (Ver Tabla 15-3).

Los cambios más visibles son las 12,79 hectáreas de Zona agropecuaria que se convirtió en Bosque nativo; 4,46 hectáreas de zona agropecuaria se convirtieron en páramo; 7,15 hectáreas de páramo se convirtieron en zona agropecuaria; 48,68 hectáreas de bosque nativo se transformaron en zona agropecuaria.

Tabla 15-3. Matriz de transición 2005-2010 en hectáreas.

Transición 2005/2010			2010			
			Páramo	Zona agropecuaria	Área poblada	Bosque nativo
			5000	3000	2000	1000
2005	Páramo	500	2,15	7,15	0,22	0,66
	Zona agropecuaria	300	4,46	163,43	0,10	12,79
	Área poblada	200	0	0	0	0
	Bosque nativo	100	1,49	48,68	0	186,66

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Transición de uso de suelo 2010-2015

La matriz de transición de la cobertura vegetal y uso de suelo de los años 2010 y 2015, con un área de estudio de 427,80 hectáreas, indica que 361,67 hectáreas mantuvieron la cobertura que presentaba al inicio, al contrario, con el restante que si presentó cambios (Ver Tabla 16-3).

Los cambios más visibles son las 17,38 hectáreas de bosque nativo que se convirtió en zona agropecuaria; 5,95 hectáreas de páramo se convirtieron en zona agropecuaria; 38,21 hectáreas de zona agropecuaria se transformaron en bosque nativo.

Tabla 16-3. Matriz de transición 2010-2015 en hectáreas.

Transición 2010/2015			2015			
			Páramo	Zona agropecuaria	Área poblada	Bosque nativo
			505	303	202	101
2010	Páramo	5000	0,95	5,95	0,43	0,77
	Zona agropecuaria	3000	1,45	178,30	1,31	38,21
	Área poblada	2000	0	0,10	0,09	0,13
	Bosque nativo	1000	0	17,38	0,40	182,33

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Transición de uso de suelo 2015-2020

La matriz de transición de la cobertura vegetal y uso de suelo de los años 2015 y 2020, con un área de estudio de 427,80 hectáreas, indica que 306,33 hectáreas mantuvieron la cobertura que presentaba al inicio, al contrario, con el restante que si presentó cambios (Ver Tabla 17-3).

Los cambios más visibles son las 102,9 hectáreas de bosque nativo que se convirtió en zona agropecuaria; 10,41 hectáreas de zona agropecuaria se convirtieron en bosque nativo; 1,26 hectáreas de páramo se transformaron en zona agropecuaria.

Tabla 17-3. Matriz de transición 2015-2020 en hectáreas.

Transición 2015/2020			2020			
			Páramo	Zona agropecuaria	Área poblada	Bosque nativo
			5050	3030	2020	1010
2015	Páramo	505	0,91	1,26	0	0,22
	Zona agropecuaria	303	2,74	188,58	0	10,41
	Área poblada	202	0,23	1,99	0	0,01
	Bosque nativo	101	1,82	102,79	0	116,84

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Transición de uso de suelo 2000-2020

La matriz de transición de la cobertura vegetal y uso de suelo de los años 2000 y 2020, con un área de estudio de 427,80 hectáreas, indica que 377,34 hectáreas mantuvieron la cobertura que presentaba al inicio, al contrario, con el restante que si presentó cambios (Ver Tabla 18-3).

Los cambios más visibles son las 21,74 hectáreas de zona agropecuaria que se convirtió en bosque nativo; 11,42 hectáreas de páramo se convirtieron en bosque nativo; 15,14 hectáreas de páramo se transformaron en zona agropecuaria.

Tabla 18-3. Matriz de transición 2000-2020 en hectáreas.

Transición 2000/2020			2020			
			Páramo 5050	Zona agropecuaria 3030	Área poblada 2020	Bosque nativo 1010
2000	Páramo	5	4,52	1,31	0	3,09
	Zona agropecuaria	3	0,75	243,98	0	0,81
	Área poblada	2	0	0	0	0
	Bosque nativo	1	0,44	49,32	0	123,58

Realizado por: Pichazaca, 2021.

Las coberturas que han presentado un mayor cambio en la transición de cobertura vegetal y usos del suelo con relación a la cobertura que se conservaron en la misma categoría (Ver Figura 16-3).

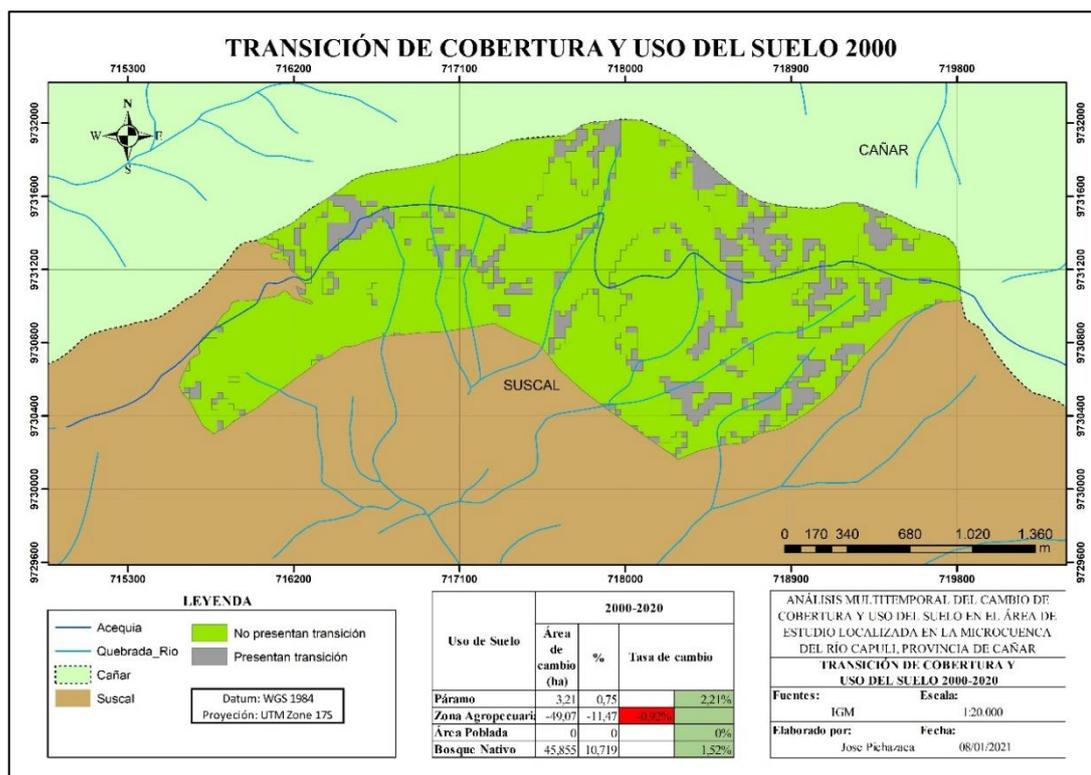


Figura 16-3. Áreas de transición en los años de estudio.

Realizado por: Pichazaca, 2021.

3.2. Discusión

La cobertura vegetal de bosque nativo desde el año inicial y final de estudio tuvo un descenso de un 41% en el año 2000 a un 30% en el 2020 de la cobertura total, esto se debe al aumento de la zona agropecuaria en su mayoría. La zona de páramo al 2020 cubre el 1%, mientras que el área poblada tiene una reducción hasta llegar al 0%.

El uso del suelo representado como zona agropecuaria presento un aumento en los años de estudio, teniendo el pico más alto de variación en el año 2020, que está representado por un 69%, que evidencia con un estudio realizado por (Villalta & Yumbay, 2020) que este alto porcentaje se debe a la reforma agraria, por la implementación de proyectos por parte del estado, interviniendo en la extensión agrícola y forestal impulsando proyectos de plantación forestal, créditos agrícolas uno de esos proyectos fue el Cuenca Alta del río Cañar que se llevó a cabo durante los años de 1991-2000, la cual fue el abastecimiento de agua para riego en 3 cantones en la que incluye el cantón Suscal, este proyecto dando lugar por los problemas de falta de agua de riego que fueron detectados por el CREA entre los años de 1988 y 1992, a más de ser proyectos positivos para la población trajo efectos negativos en el ecosistema ya que la agricultura produjo la deforestación y con esto el cambio de cobertura y uso del suelo.

Los cambios presentados en el año 2005 al 2010 demuestran que en la zona de páramo existió un descenso del 3% al 2% y en la zona agropecuaria existiendo un aumento de 42% al 51% de la cobertura total. Este descenso coincide con el estudio realizado por (Coronel & Vélez, 2011) donde desde el año 2005 al 2009 en todo el territorio provincial del Cañar en la que se realizó un mapeo a una escala de 1.250.000, señala que existe un descenso de la zona páramo de un 11% y aumento en la zona agropecuaria de un 23% en todo el territorio que abarca 221.594 hectáreas. En los mapas realizados por este mismo autor se evidencia que no existe una clara clasificación de la cobertura y uso del suelo existente en el cantón Suscal por ser un estudio a nivel provincial. Según (Salgado, et al., 2007) en un estudio hecho en la provincia de Cañar con imágenes satelitales Landsat 7 en un ecosistema similar a la zona de estudio en el año 2007 este descenso en la zona páramo se debió a las quemas periódicas y pastoreo en diferentes grados de intensidad. Al mismo tiempo este incremento en la cobertura en la zona agropecuaria según (INEC, 2012) se debe al incremento del número de cabezas de ganado a nivel provincial desde el año 2007 de 139.795 al año 2010 de 149.624 lo que incrementa la necesidad de la zona agropecuaria en la que incluye el pasto como alimento del ganado para la producción de leche.

A pesar de que existió una baja en la zona agropecuaria del 51% del 2010 a un 47% en el 2015 de la cobertura total de 420,80 hectáreas, para este mismo año la zona de bosque nativo representa el 52% y la zona de páramo el 1%. Estos datos coinciden con el levantamiento hecho para el año 2015 por (MAG, 2015) a una escala de 1:25.000 con ortofotos proporcionadas por SIGTIERRAS que fue realizado en todo el territorio del cantón Suscal, que de un total de 5.045 hectáreas se obtuvo 77,89% de zona agropecuaria siendo la que más abarca en todo el territorio y como zona de bosque nativo se obtuvo el 19.29% como la segunda cobertura de todo el territorio. Este cambio según el mismo autor se debe a que antes de la reforma agraria la mayor parte de las tierras de este cantón formaban parte de grandes haciendas ganaderas, que luego fueron a manos de medianos y pequeños productores agropecuarios, de los cuales unos mantuvieron la especialidad productiva, mientras otros se dedicaron a la producción de cultivos de ciclo corto como el maíz, para, melloco, haba, entre otros.

Mientras que entre el año 2015 y 2020 existió una alta disminución en la cobertura de zona de bosque nativo que fue del 52% al 30% y la zona agropecuaria presentó un aumento desde 47% al 69% de toda la zona de estudio lo que implica que la principal desaparición del bosque nativo es el incremento de la zona agropecuaria. Este cambio concuerda con el estudio hecho por (Ministerio del Ambiente, 2017) en el que muestra en un mapa del Ecuador continental a una escala 1:100.000 en el año 2017 que menciona que en el periodo de los años 2014-2016 se evidencia un incremento de la pérdida de bosque nativo a nivel de provincia en comparación con el periodo de los años 2000-2008 que pasa de 875 hectáreas/año a 1457 hectáreas/año. Según el mismo autor menciona que esta pérdida de vegetación se dio en zonas donde no se encuentra bajo ninguna categoría de conservación, demostrando que es necesario contar con un sistema nacional de áreas protegidas y la principal causa de este cambio en la cobertura y uso del suelo se produjo por la expansión de la frontera agrícola.

CONCLUSIONES

La identificación de la cobertura y uso del suelo de los años 2000 y 2020 revelaron una pérdida principalmente del bosque nativo, páramo, al mismo tiempo disminuyó el área poblada; al contrario, la zona agropecuaria presentó un incremento. En el caso de la zona agropecuaria existió un incremento por el aumento de la frontera agrícola que dio consecuencia a la deforestación y la falta de protección del bosque nativo existente en el cerro Huayrapalte, este incremento se dio en los últimos cinco años de estudio. El descenso tanto en el bosque nativo y el páramo se dio también por el sobrepastoreo por el constante incremento de la ganadería en la zona de estudio, otro motivo fue por los incendios forestales existentes en los últimos años, las zonas pobladas desaparecieron ya que las casas que se detectó no eran casas permanentes sino que servían como bodegas para la producción de los sembríos.

Las tasas de cambio de uso de suelo en la zona de estudio que cubre las 420,80 hectáreas indican una tasa de crecimiento anual de 2,21% en el páramo, un 1,52% en el bosque nativo y un 0% en el área poblada, mientras que la tasa de disminución anual más baja en las coberturas fue la zona agropecuaria con -0,92%. En base a lo detallado en los párrafos anteriores se acepta la hipótesis alternante planteada que menciona que se observa cambios en la cobertura y usos del suelo en el cerro Huayrapalte que afectan al ecosistema.

RECOMENDACIONES

Implementar tecnologías alternativas como imágenes de alta resolución a través del uso de drones o vehículos aéreos no tripulados para un constante monitoreo de los cambios que presenta la cobertura vegetal y el uso de suelo en el cerro Huayrapalte que se encuentra dentro de la microcuenca del río Capulí, que aportaran en el cálculo de pérdida y/o regeneración de las coberturas, que ayudara a la toma de decisiones del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Suscal.

Realizar un estudio para diagnosticar la situación actual del manejo de residuos generados por la actividad turística y sus consecuencias negativas en los ecosistemas naturales.

Ampliar la investigación con un estudio de pérdida de vegetación y el efecto que produce en la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia en la microcuenca del río Capulí.

GLOSARIO

Acuífero. Formación geológica que almacena y permite la circulación del agua subterránea. El material ha de ser poroso y permeable, como arenas, gravas (Rebollo, 2008, p. 3).

Frontera agrícola. Es un sistema de relaciones entre una forma específica de producción, la población que la realiza y un ámbito físico determinado, es decir el espacio que es transformado a lo largo del tiempo por la población y una forma específica de producción (Velez, 2010, p. 11).

Infiltración. Es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra, y queda retenida por él, o alcanza un nivel acuífero, incrementando el volumen anteriormente acumulado (Duque, 2009, p. 10).

Mapa temático. Está diseñado para mostrar características o conceptos particulares, y no generales como ocurre en los mapas topográficos. Los mapas temáticos transmiten –comunican– a partir de representaciones gráficas de algún fenómeno del que conocemos alguna información que lo describe (Carles, 2015, pp. 177-201).

Recarga hídrica. En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero, agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia y de las aguas superficiales, hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistemas de acuíferos en consideración (Custodio, 1998, pp. 13-29).

Páramo. Es un ecosistema de pajonales, principalmente abierto, localizado en la franja comprendida entre el bosque montano y el límite superior de la nieve perpetua; este ecosistema presenta una gran biodiversidad y endemismo, pero desde el punto de vista ecológico es un ambiente frágil (Guangasi, 2016, p. 8).

Píxeles. Un píxel o pixel, *plural píxeles* (acrónimo del inglés *picture element*, "elemento de imagen") es la unidad más pequeña de color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico. Un píxel no tiene una medida concreta, no se puede decir si mide 1 mm o 1 cm. o 1 m., simplemente es la medida de división de una retícula en celdillas y depende totalmente del dispositivo que estemos empleando (Destruels, 2007, p. 2).

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, H., Mora, R., & Vargas, C. *Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo flassh del software ENVI.* *Revista Geográfica de América Central [en línea].* 2014. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744544002.pdf>

Aldas, J. *Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida (Trabajo de titulación)(Magister).* Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. 2013. [Consulta: 01 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1726/1/106528.pdf>

Alonso, F. *Sistemas de Información Geográfica.* 2006. [Consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Arango, M., Branch, J., & Botero, V. *Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "Landsat - ETM+"* (Vol. 58). Medellín. 2005. [Consulta: 26 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v58n1/a04v58n1.pdf>

ArcGis Recurses. *Que es ArcGis.* 2019. [Consulta: 25 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Barrera, D. *Evaluación multitemporal de cambio de uso del suelo en la Isla Santa Cruz, Galápagos (Trabajo de titulación)(Grado).* Universidad estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 2019. [Consulta: 03 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/489/T.AMB.B.UEA.3174?sequence=1&isAllowed=y>

Bastidas, E., & Naranjo, L. *Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal y su efecto en los caudales máximos para la cuenca del río Guguí en el municipio de Barbacoas, Nariño (Trabajo de titulación)(Grado).* Universidad católica de Colombia.

Bogotá, Colombia. 2020. [Consulta: 03 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25549/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20BASTIDAS%20-%20NARANJO.pdf>

Bravo, N. *Teoría - Teledetección espacial Landsat, Sentinel 2, Aster LIT y Modis*. Perú. 2017. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://sites.google.com/view/geomatica-ambiental-srl/>

Camacho, M. *"Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible"*. ANALES [en línea] (Vol. 1). 2013. Disponible en: <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/download/1241/1227/4713>

Carles, J. *El lenguaje cartográfico en los mapas temáticos* (Vol. 278). 2015. [Consulta: 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71052916.pdf>

Carrillo, C. *Análisis e interpretación de imágenes radar para la identificación y prevención de desastres naturales por inundación (Trabajo de titulación) (Grado)*. Universidad De Las Fuerzas Armadas. Sangolquí. 2019. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://192.188.58.70/bitstream/21000/21010/1/T-ESPE-039747.pdf>

Choez, I. *Análisis de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el área de influencia del canal azúcar-río verde mediante teledetección (Trabajo de titulación) (Grado)*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil. 2018. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35083>

Chuvienco, E. *Fundamentos de teledetección espacial* (2da ed.). España. 1995. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://cursosihlla.bdh.org.ar/Sist.%20Cart.%20y%20Teledet./Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>

Contreras, S. *Análisis de la evolución de la gestión, uso y cobertura vegetal del suelo del bosque protector Aguarongo y sectores colindantes, área de estudio: San Juan y*

Jadan (Trabajo de titulación) (Grado). Universidad Politécnica Salesiana. 2016. [Consulta: 10 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11983/1/UPS-CT005749.pdf>

Coronel, Á., & Vélez, I. *Aportes al ordenamiento territorial para la provincia del Cañar, periodo 2010-2016 (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Humanas. Quito, Ecuador. 2011. [Consulta: 08 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7101/6.H07.001367.pdf?sequence=4&isAllowed=y>*

CORPEL. *Planificación estratégica bosques nativos en el Ecuador. Quito, Ecuador. 2007. [Consulta: 27 de Noviembre de 2020]. Disponible en: https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_BN.pdf*

Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. *La conservación de suelos: un asunto de interés público. Mexico. 2007. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf>*

Cristobal, Pons, & Serra. *Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa. Caceres, España. 2004. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.aet.org.es/congresos/x/cac45.pdf>*

Custodio, E. *Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evolución y la incertidumbre (Vol. 109). 1998. [Consulta: 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=135447>*

Damian, D., Marquez, C., Garcia, V., Rodriguez, M., & Recalde, C. *Transiciones sistemáticas en el uso y la cobertura del suelo en una microcuenca alto andina, Ecuador 1991-2011. Espacios, 39, 8. 2018. [Consulta: 09 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p08.pdf>*

Destruels, V. *Informacion digital. 2007. [Consulta: 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: http://aulainformatica.eu/datos/dise%C3%B1o_grafico/gimp/capitulo2/Teoria2.pdf*

Duque, L. *Determinación experimental del número de la curva en cinco coberturas representativas de la provincia de Loja (Trabajo de titulación) (Grado).* Universidad Tecnica Particular de Loja. Loja, Ecuador. 2009. [Consulta: 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1423/3/Tesis%20Luis.pdf>

Encina, A., & Ibarra, J. *La degradacion del suelo y sus efetos sobre la poblacion.* 2003. [Consulta: 10 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5654360.pdf>

Esri Inc. ArcGIS Desktop 10.5. 2021. [Consulta: 07 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.esri.com/>

FAO. *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest.* Roma, Italia. 1996. [Consulta: 09 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w0015e/W0015E00.htm#TOC>

FAO. *Ordenamiento Territorial en el Municipio.* Santiago, Chile. 2014. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3755s.pdf>

FAO. *El estado de los bosques en el mundo 2020.* 2020. [Consulta: 10 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca8642es/CA8642ES.pdf>

Fernandez, A. *Evaluacion multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuen caja del rio chambo.* Riobamba, Ecuador. 2019. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11161/1/236T0445.pdf>

Flores, A. *Analisis multitemporal de cambio de uso del suelo y cobertura vegetal e influencia del programa socio bosque, en la parroquia Nono, periodo 1990-2016 (Trabajo de titulación) (Grado).* Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Facultad De Ciencias Humana. Quito. 2018. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15890/AN%c3%81LISIS%20MULTEMPORAL%20DE%20CAMBIO%20DE%20USO%20DEL%20SUELO%20Y%](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15890/AN%c3%81LISIS%20MULTEMPORAL%20DE%20CAMBIO%20DE%20USO%20DEL%20SUELO%20Y%20)

20COBERTURA%20VEGETAL%20E%20INFLUENCIA%20DEL%20PROGRAMA
%20S.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GAD Suscal. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2014 - 2019.* Suscal, Cañar, Ecuador. 2015. [Consulta: 09 de Febrero de 2021]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0360001200001_BORRADOR%20DIAGNOSTICO%20PDyOT2015%20ULTIMO_20-02-2015_17-18-52.pdf

Galicia, L. *El cambio de uso de suelo: consecuencias en el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua.* 2014. [Consulta: 26 de Noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263845334_El_cambio_de_uso_de_suelo_con_secuencias_en_el_ciclo_hidrologico_y_la_disponibilidad_de_agua

Gonzales, G. *Análisis multitemporal de la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000-2016 (Trabajo de titulación).* (Grado) Universidad nacional Federico Villarreal. Lima, Peru. 2018. [Consulta: 04 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2277/GONZALES%20ALARCON%20GILMER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzalez, L. *Analisis multitempora de los cambios de la cobertura de la tierra e incidencia del cultivo de palma en el territorio del municipio de Villanueva Casanare.* 2013. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13495/GonzalezBorreroLuisHernan2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, W. *Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá (Trabajo de titulación)* (Magister). Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 2011. [Consulta: 20 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7318e/A7318e.pdf>

GSPERU. *Informacion tecnica - ENVI Aplicaciones.* Lima, Peru. 2020. [Consulta: 04 de Marzo de 2021]. Disponible en: http://www.gsp Peru.com/pdf/res_envi_aplicac.pdf

Guangasi, R. *Caracterizacion ecologica de la hacienda el sinchi en el sector el Arenal Parroquia Guanujo Canton Guaranda Provincia de Bolivar.* Riobamba, Ecuador. 2016. [Consulta: 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/4879/1/33T0149.pdf>

Harris Inc. ENVI 5.3. 2021. [Consulta: 07 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.l3harrisgeospatial.com/>

Heredia, V. *Estudio del estado actual de las fuentes abastecedoras de agua de consumo humano de las principales poblaciones del canton Suscal - Provincia del Cañar (Trabajo de titulación) (Grado).* Universidad Técnica Particular De Loja. Cañar. 2016. [Consulta: 10 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/16335>

Herrero, & Fernandez. *El satellite landsat.* 2001. [Consulta: 10 de Noviembre de 2020]

Hofstede, R., Calles, J., Lopez, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., . . . Cerra, M. *Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo.* Quito, Ecuador. 2014. [Consulta: 27 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2014-025.pdf>

Hudson, W., & Ramm, C. *Correct Formula of the Kappa Coefficient of Agreement. hotogrammetric Engineering and Remote Sensing (Vol. 53).* 1987. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]

INEC. *Encuesta de superficie y produccion agropecuaria continua 2012.* Ecuador. 2012. [Consulta: 08 de Marzo de 2021]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2012/InformeEjecutivo.pdf

Jiménez, J., Sobrino, J., & Sória, G. *Introducción al procedimiento digital de imágenes de satélite*. Valencia. 2011. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en: https://www.uv.es/ucg/CURSO_TD4.pdf

López, I. *Introducción al RADAR*. 2011. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~iloes/proyectos/telematica/RADAR.pdf>

Luna, L. *Metodología para el cálculo de radiación solar a través de fotografías satelitales visibles e infrarrojas, caso práctico en la región sur del Ecuador (Trabajo de titulación) (Grado)*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 2014. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11952/1/Luna%20Jaramillo%2CLuis%20Gustavo.pdf>

MAG. *Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 2. Cantón Suscal/bloque 2.4*. Suscal, Ecuador. 2015. [Consulta: 07 de Marzo de 2021]. Disponible en: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_SUSCAL_20150415.pdf

Mas, J., & Flamenco, A. *Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México (Vol. 5(1))*. Mexico. 2011. [Consulta: 02 de Marzo de 2021]. Disponible en: http://www.geotropico.org/NS_5_1_Mas-Flamenco.pdf

Medina, M. *Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal y uso de la tierra en el cantón Gualaquiza, 1987-2015 (Trabajo de titulación) (Grado)*. Universidad Central Del Ecuador, Facultad De Ciencias Agrícolas. Quito. 2015. [Consulta: 20 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7166/1/T-UCE-0004-33.pdf>

Ministerio del Ambiente. *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*. Quito, Ecuador. 2012. [Consulta: 22 de Octubre de 2020]. Disponible en: www.ambiente.com.ec

Ministerio del Ambiente. *Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013 - 2014, escala 1:100.000.* Quito, Ecuador. 2015. [Consulta: 10 de Noviembre de 2020]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf

Ministerio del Ambiente. *Proyecto Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental.* Quito, Ecuador. 2015a. [Consulta: 20 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/>

Ministerio del Ambiente. *Gestión integrada para la lucha contra la desertificación, degradación de la tierra y adaptación al cambio climático.* Quito, Ecuador. 2015b. [Consulta: 20 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/GIDDACC.pdf>

Ministerio del Ambiente. *Deforestación del Ecuador continental periodo 2014-2016.* Quito, Ecuador. 2017. [Consulta: 08 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://reddecuador.ambiente.gob.ec/redd/wp-content/uploads/2019/12/Anexo-5.-Informe-de-Deforestaci%C3%B3n-Ecuador-Continental-periodo-2014-2016.pdf>

Monterroso, M. *Clasificación de imágenes satelitales.* 2015. [Consulta: 26 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://arcgeek.com/descargas/ClasImMF.pdf>

Morocho, M. *Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000 (Trabajo de titulación) (Maestría).* Universidad De Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuenca, Ecuador. 2013. [Consulta: 20 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19992/1/tesis.pdf.pdf>

Mosquera, N. *Estudio multitemporal para determinar el cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal en áreas de protección ecológica del distrito metropolitano de Quito período 2001-2015 (Trabajo de titulación) (Grado).* Universidad de las Fuerzas

Armadas. Sangolquí, Ecuador. 2017. [Consulta: 20 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13385>

Muñoz, D., Rodríguez, M., & Romero, M. *Análisis multitemporal de cambio de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las minas, corrigimiento de la laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño*. 2009. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/54>

Niño, Y. *Análisis multitemporal mediante imágenes de sensores remotos para la determinación de los cambios de uso de suelo en el municipio de San Francisco de Sales, Cundinamarca (Colombia) entre los años 90s y 2018 (Trabajo de titulación) (Maestría)*. La Plata, Colombia. 2020. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/111198/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ocaña, J. *Técnicas de reconocimiento de patrones en imágenes hiperespectrales (Trabajo de titulación) (Maestría)*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (165 ed.). Ensenada, México. 2017. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1809>

Palacio, A. *Análisis de percepción en la gestión de espacios naturales y el uso de sistemas de información geográfica de participación pública (Trabajo de titulación)*. (Doctoral) Universidad Rovira i Virgili. España. 2017. [Consulta: 03 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=171536>

Paz, F. *Correcciones atmosféricas relativas de imágenes de satélite: patrones invariantes y modelos atmosféricos*. México. 2018. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n1/2395-8030-tl-36-01-1.pdf>

Peraza, M. *Evaluación de la zona de regarga hídrica y bosques ribereños en la Subcuenca del Río Cumes, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras*. Honduras. Honduras. 2009. [Consulta: 27 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11036/328>

Pineda, N., Bosque, J., Gómez, M., & Franco, R. *Análisis de los factores inductores de los cambios ocurridos en la superficie forestal del estado de México en el período 1993-2000*. 2011. [Consulta: 02 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3722095>

Pinos, N. *Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca* (Vol. 5). Cuenca, Ecuador. 2016. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/download/1019/887/>

PNUD Chile. *Manejo sustentable del bosque nativo*. (N. González, Ed.) Chile. 2016. [Consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.undp.org/content/dam/chile/docs/medambiente/undp_cl_medioambiente_Manejo-bosque-nativo.pdf

Pontius, R., Shusas, E., & McEachern, M. *Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2004. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: https://www2.clarku.edu/~rpontius/pontius_et_al_2004_aee.pdf

Pucha, F., Fries, A., Canovas, F., Oñate, F., Gonzalez, V., & Pucha, D. *Fundamentos de SIG*. 2017. [Consulta: 25 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://franzpc.com/wp-content/uploads/2018/05/Manual-de-ArcGIS-10.pdf>

Rebollo, L. *Clasificación hidrológica de las formaciones rocosas*. 2008. [Consulta: 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-67044/TAB42351/T3-Clasificaci%F3n%20hidrogeol%F3gica.pdf

Richards, J. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Berlin. 1993. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]

Richards, J. *Remote Sensing Digital Image Analysis* (4 ed.). 2006. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/200004874_Remote_Sensing_Digital_Image_Analysis_An_Introduction

Rodriguez, J. *Introducción a los sistemas de información geográfica*. 2007. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica.pdf>

Rosero, M. *Análisis Multitemporal del Uso del Suelo y Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Tahuando y Proyección de Cambios al Año 2031, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. Ibarra, Ecuador. 2017. [Consulta: 28 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7745>

Sahagun, F., & Reyes, H. *Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México* (12 ed.). 2018. [Consulta: 26 de Noviembre de 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000100006&lng=pt&nrm=iso#:~:text=Los%20cambios%20en%20el%20uso,cambio%20climatico%20a%20nivel%20regional.

Salamanca, J., & Pérez, J. *LIDAR, una tecnología de última generación, para planeación y desarrollo urbano. Ingeniería [en línea]* (Vol. 13). 2008. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4988/498850166010.pdf>

Salgado, S., Betancourt, F., & Cuesta, F. *Caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca alta del río Mazar, Provincia Cañar – Ecuador [en línea]*. (Vol. 2). Quito, Ecuador. 2007. [Consulta: 08 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/59>

Sanchez, P. *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. Cuenca, Ecuador. 2012. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>

Sánchez, P. *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales (Trabajo de titulación) (Grado)*. Universidad de Cuenca, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador. 2012. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>

SIB. *Protocolo para el preprocesamiento de imágenes satelitales Landsat para aplicaciones de la Administración de Parques Nacionales*. 2005. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en: https://sib.gob.ar/archivos/Protocolo_Landsat.pdf

SIGSA. *ENVI*. 2018. [Consulta: 25 de Noviembre de 2020], Disponible en: <https://www.sigsa.info/productos/envi>

Sosa, J., & Martínez, F. *Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicación*. Mexico. 2008. [Consulta: 14 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/614/61412184005.pdf>

UEGPS. *Manual técnico metodología para clasificación de coberturas a partir del procesamiento de imágenes satelitales* (1 ed.). Lima, Peru. 2018. [Consulta: 25 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Manual-de-procesamiento-de-imagenes-satelite-ENVI.pdf>

UNESCO. *Servicios de los ecosistemas y bienestar humano*. 2010. [Consulta: 13 de Marzo de 2021]. Disponible en: http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas_bienestar.pdf

USGS. *Misiones Landsat*. 2018. [Consulta: 25 de Noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

USGS. *Earth Explorer*. 2021a. [Consulta: 07 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS. *Landsat 7 Instrument. Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*. 2021b. [Consulta: 26 de Febrero de 2021]. Disponible en: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

Vásconez, P., & Hofstede, R. *Los páramos ecuatorianos*. (M. Moraes, & L. Kvist, Edits.) Quito, Ecuador. 2006. [Consulta: 27 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf>

Vega, J., & Pilar, M. *Teledetección y medio ambiente. Red nacional de teledetección ambiental*. 2010. [Consulta: 15 de Marzo de 2021]. Disponible en: http://www.aet.org.es/files/guia_teledeteccion_medio_ambiente.pdf

Velendia, O., & Rojas, J. *Análisi multitemporal de la cobertura del bosque húmedo tropical en la amazonia colombiana 2009-2018 (San Vicente del Caguán - Cartagena del Chairá, Caquetá) (Trabajo de titulación) (Grado)*. Universidad distrital Francisco José De Caldas. Bogotá. 2019. [Consulta: 16 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22233/VelandiaNovoaOscarIv%C3%A1n2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Velez, C. *Aproximación a la dinámica espacial de la frontera agrícola en el Ecuador*. Quito, Ecuador. 2010. [Consulta: 24 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10267/TESIS-%20PUCE-%20V%C3%A9lez%20Proa%20Carla.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=De%20hecho%20la%20frontera%20agr%C3%ADcola,una%20forma%20espec%C3%ADfica%20de%20producci%C3%B3n>

Villalta, D. *Determinacion 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 rios Guallicanga y San Antonio del canton Cañar y el Tambo, 1990-2018*. Cuenca, Ecuador. 2020. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18656>

Villalta, D., & Yumbay, P. *Determinacion 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 Rios Guallicanga y San Antonio del Canton Cañar y El Tambo, 1990-2018.* Cuenca, Ecuador. 2020. [Consulta: 19 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18656>

Villegas, J. *Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el departamento de antioquia.* Colombia. 2004. [Consulta: 26 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://ref.scielo.org/cffcp>

Yébenes, Á., & Giner, Á. *Clasificación digital de imágenes por satélite.* 2015. [Consulta: 26 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://mural.uv.es/gislo/telemedida.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Tabla de puntos GPS para delimitación del área de estudio en sistema de coordenadas WGS84 17S.

ID	X	Y	ELEVACIÓN
1	-79,023207	-2,431169	3088,339111
2	-79,023225	-2,43087	3089,914795
3	-79,023225	-2,43069	3094,050537
4	-79,023225	-2,430503	3097,699951
5	-79,023225	-2,430345	3100,349854
6	-79,023226	-2,43022	3101,608887
7	-79,023226	-2,430009	3105,053711
8	-79,023265	-2,429869	3105,910156
9	-79,023282	-2,429811	3107,759766
10	-79,023301	-2,429741	3108,986816
11	-79,023318	-2,429683	3110,660156
12	-79,023208	-2,431937	3111,969727
13	-79,02317	-2,431558	3112,490723
14	-79,02334	-2,429604	3113,178955
15	-79,024962	-2,43207	3114,0354
16	-79,023354	-2,429556	3115,918945
17	-79,023369	-2,429503	3117,17334
18	-79,023383	-2,429452	3118,221191
19	-79,023529	-2,432002	3118,832764
20	-79,024032	-2,43201	3120,573975
21	-79,024704	-2,432108	3120,285156
22	-79,023401	-2,429388	3120,438477
23	-79,023401	-2,429388	3120,918945
24	-79,025101	-2,432344	3122,246826
25	-79,02589	-2,432782	3123,38623
26	-79,023416	-2,429336	3124,487793
27	-79,023436	-2,429263	3125,020264
28	-79,023478	-2,429221	3126,021973
29	-79,023524	-2,429175	3127,267334
30	-79,023562	-2,429136	3128,328125
31	-79,023591	-2,429108	3129,295654
32	-79,023629	-2,429069	3129,061523
33	-79,023664	-2,429034	3128,912109
34	-79,023712	-2,428986	3132,024658
35	-79,023751	-2,428947	3133,649902
36	-79,023788	-2,42891	3135,389404
37	-79,023818	-2,42888	3136,724854

38	-79,023856	-2,428843	3137,566162
39	-79,023921	-2,428822	3138,4729
40	-79,023967	-2,428807	3139,22168
41	-79,024012	-2,428792	3140,761963
42	-79,024057	-2,428778	3142,812256
43	-79,024095	-2,428766	3143,977539
44	-79,024136	-2,428752	3144,850586
45	-79,024184	-2,428737	3145,681641
46	-79,024223	-2,428724	3146,191895
47	-79,024259	-2,428713	3147,40332
48	-79,024303	-2,428698	3148,51709
49	-79,024343	-2,428686	3148,609619
50	-79,024389	-2,428671	3148,516357
51	-79,024436	-2,428659	3149,586182
52	-79,024462	-2,428652	3152,203369
53	-79,024485	-2,428646	3156,149902
54	-79,024511	-2,42864	3157,614014
55	-79,024539	-2,428632	3158,408691
56	-79,024568	-2,428625	3162,375
57	-79,024657	-2,428602	3163,911621
58	-79,024623	-2,428611	3163,73584
59	-79,024596	-2,428618	3164,331543
60	-79,024657	-2,428602	3166,956055
61	-79,024684	-2,428595	3167,678223
62	-79,024713	-2,428588	3168,649902
63	-79,024738	-2,428581	3168,978271
64	-79,024768	-2,428574	3169,384033
65	-79,024796	-2,428566	3169,35083
66	-79,024822	-2,42856	3168,289307
67	-79,024852	-2,428552	3167,989014
68	-79,024878	-2,428542	3168,196045
69	-79,024884	-2,428546	3168,276367
70	-79,024916	-2,428536	3167,312256
71	-79,024916	-2,428536	3167,439209
72	-79,024949	-2,428527	3167,851562
73	-79,024981	-2,428519	3168,130371
74	-79,024995	-2,428515	3168,834473
75	-79,02501	-2,428511	3168,953369
76	-79,025027	-2,428507	3169,27002
77	-79,025044	-2,428503	3169,342285
78	-79,02506	-2,428499	3169,589111
79	-79,025079	-2,428494	3169,728516
80	-79,025097	-2,428489	3169,829346

81	-79,025112	-2,428485	3170,020752
82	-79,025133	-2,42848	3170,590332
83	-79,025147	-2,428476	3170,763184
84	-79,025164	-2,428472	3170,702393
85	-79,02518	-2,428468	3170,784668
86	-79,025195	-2,428464	3170,797607
87	-79,025215	-2,428459	3170,744629
88	-79,025229	-2,428455	3169,708496
89	-79,025268	-2,428444	3167,751953
90	-79,025293	-2,428437	3166,757324
91	-79,025324	-2,428428	3165,95752
92	-79,025357	-2,428419	3163,468994
93	-79,025442	-2,428395	3161,398682
94	-79,02554	-2,428339	3151,148438
95	-79,025607	-2,4283	3143,672119
96	-79,025679	-2,428258	3143,293701
97	-79,025736	-2,428226	3143,351562
98	-79,025786	-2,428197	3142,871338
99	-79,026159	-2,42801	3142,574219
100	-79,026221	-2,427974	3142,094727
101	-79,02628	-2,427941	3141,858398
102	-79,026328	-2,427919	3141,516113
103	-79,026366	-2,427895	3140,140869
104	-79,026549	-2,427822	3137,705811
105	-79,026733	-2,427739	3137,355957
106	-79,026916	-2,427664	3135,540039
107	-79,026928	-2,427658	3134,632324
108	-79,027099	-2,427591	3130,295654
109	-79,027311	-2,427508	3128,479004
110	-79,027409	-2,427475	3127,888916
111	-79,027436	-2,427456	3127,629395
112	-79,02746	-2,427441	3127,48877
113	-79,027646	-2,427372	3127,29834
114	-79,027793	-2,427315	3127,920898
115	-79,027829	-2,427295	3128,224609
116	-79,027843	-2,427287	3128,375977
117	-79,02792	-2,42726	3128,17334
118	-79,028063	-2,427224	3128,167969
119	-79,028301	-2,427165	3127,846436
120	-79,028529	-2,427165	3128,580566
121	-79,028763	-2,427166	3129,10083
122	-79,02891	-2,427166	3129,544189
123	-79,029042	-2,427215	3130,288574

124	-79,029238	-2,427288	3131,042969
125	-79,029404	-2,427335	3132,363525
126	-79,029616	-2,427389	3133,560059
127	-79,029718	-2,427416	3134,685791
128	-79,029876	-2,427423	3134,637451
129	-79,030068	-2,427433	3134,87793
130	-79,030461	-2,427452	3135,217773
131	-79,030705	-2,427438	3136,608643
132	-79,030904	-2,427417	3136,771729
133	-79,031652	-2,427367	3136,93335
134	-79,031256	-2,427389	3138,39624
135	-79,031869	-2,427337	3149,003906
136	-79,032177	-2,427272	3165,390137
137	-79,03236	-2,42724	3198,281494
138	-79,032404	-2,427216	3209,766113
139	-79,032557	-2,427189	3210,13501
140	-79,032737	-2,42715	3210,471191
141	-79,032896	-2,427114	3210,674316
142	-79,033003	-2,427066	3210,713867
143	-79,033212	-2,426972	3210,74707
144	-79,028411	-2,427165	3210,118164
145	-79,028663	-2,427165	3207,054932
146	-79,029521	-2,427365	3206,43457
147	-79,029143	-2,427253	3205,614746
148	-79,028192	-2,427192	3204,800781
149	-79,030263	-2,427442	3204,790039
150	-79,027202	-2,427551	3204,953857
151	-79,031088	-2,427399	3204,800049
152	-79,031417	-2,42738	3204,364502
153	-79,031546	-2,427373	3204,925049
154	-79,030802	-2,427428	3243,613037
155	-79,031754	-2,427361	3244,253174
156	-79,030536	-2,427455	3245,261719
157	-79,032063	-2,427296	3247,453125
158	-79,033318	-2,426917	3284,756592
159	-79,033745	-2,426655	3284,161133
160	-79,033908	-2,426554	3283,589355
161	-79,03403	-2,426473	3283,202148
162	-79,034132	-2,426393	3283,337402
163	-79,034234	-2,426313	3283,313965
164	-79,034486	-2,426117	3283,320801
165	-79,034373	-2,426205	3283,504639
166	-79,034631	-2,426002	3287,906006

167	-79,034773	-2,425892	3291,228516
168	-79,034943	-2,425758	3307,200928
169	-79,035093	-2,425624	3308,853516
170	-79,035633	-2,42514	3309,250488
171	-79,035288	-2,42545	3318,448242
172	-79,035978	-2,424816	3323,181152
173	-79,036642	-2,424206	3330,159424
174	-79,039906	-2,423087	3244,710205
175	-79,039994	-2,4231	3245,526123
176	-79,040109	-2,423117	3245,866455
177	-79,040222	-2,423134	3246,167969
178	-79,040371	-2,423156	3246,295166
179	-79,040551	-2,423183	3246,720459
180	-79,040728	-2,42319	3246,896973
181	-79,040885	-2,423196	3248,693604
182	-79,041011	-2,423201	3250,949951
183	-79,041096	-2,42321	3251,155518
184	-79,041139	-2,423221	3251,435791
185	-79,041185	-2,423232	3251,699951
186	-79,041228	-2,423243	3252,036865
187	-79,043103	-2,423914	3280,156494
188	-79,045648	-2,424345	3279,657715
189	-79,046074	-2,424513	3274,994873
190	-79,046421	-2,424645	3268,769287
191	-79,046739	-2,424708	3265,220947
192	-79,047171	-2,424798	3263,606934
193	-79,047481	-2,424821	3257,078125
194	-79,047697	-2,424836	3256,39624
195	-79,047945	-2,424901	3254,752197
196	-79,04813	-2,424974	3252,71167
197	-79,048383	-2,425078	3250,708984
198	-79,048742	-2,425191	3249,657227
199	-79,050483	-2,425538	3218,582031
200	-79,050918	-2,425578	3214,887451
201	-79,0511	-2,425595	3212,874756
202	-79,051408	-2,425652	3208,431152
203	-79,05502	-2,427605	3133,459961
204	-79,055106	-2,427669	3133,466064
205	-79,05529	-2,427825	3128,695801
206	-79,055367	-2,427892	3128,100342
207	-79,055433	-2,427957	3127,149902
208	-79,055482	-2,427997	3125,969482
209	-79,055525	-2,428025	3125,682129

210	-79,055562	-2,428055	3125,131348
211	-79,055629	-2,428111	3122,120117
212	-79,055672	-2,428147	3120,198486
213	-79,055721	-2,428188	3117,071777
214	-79,055899	-2,428307	3106,070557
215	-79,055981	-2,428343	3105,613281
216	-79,05604	-2,428369	3105,155273
217	-79,056135	-2,42841	3103,833252
218	-79,056204	-2,42844	3102,85498
219	-79,056344	-2,428502	3101,786621
220	-79,056398	-2,428524	3100,346191
221	-79,056454	-2,428547	3096,824951
222	-79,056511	-2,428571	3092,746826
223	-79,056619	-2,428616	3091,925049
224	-79,056702	-2,428668	3088,518311
225	-79,056822	-2,428743	3086,31958
226	-79,057228	-2,428948	3039,924805
227	-79,057367	-2,42901	3039,335205
228	-79,05751	-2,429074	3033,775391
229	-79,057292	-2,429266	3033,362061
230	-79,05713	-2,42921	3031,869629
231	-79,057062	-2,429217	3030,619141
232	-79,05699	-2,42924	3029,608887
233	-79,056924	-2,429272	3028,31665
234	-79,056777	-2,429351	3023,764648
235	-79,056656	-2,429429	3021,619873
236	-79,056532	-2,429465	3020,266357
237	-79,056373	-2,429524	3017,81665
238	-79,05632	-2,429562	3016,848877
239	-79,056303	-2,429618	3017,08374
240	-79,056322	-2,429665	3016,509277
241	-79,056371	-2,429687	3014,879883
242	-79,056501	-2,42967	3011,352539
243	-79,056713	-2,42969	3002,971924
244	-79,056743	-2,429692	3003,964111
245	-79,056788	-2,429757	3005,887207
246	-79,056812	-2,429831	3007,234131
247	-79,056777	-2,429904	3007,968506
248	-79,056686	-2,429953	3008,078369
249	-79,056635	-2,429961	3007,728027
250	-79,056548	-2,429968	3007,135986
251	-79,056466	-2,429979	3005,804443
252	-79,05636	-2,429979	3002,86084

253	-79,056136	-2,429997	2994,88916
254	-79,05608	-2,430019	2993,646484
255	-79,056014	-2,430078	2994,221191
256	-79,055987	-2,430141	2994,075439
257	-79,055842	-2,430525	2993,627197
258	-79,055358	-2,430894	2989,203369
259	-79,05535	-2,431021	2988,963867
260	-79,05515	-2,431237	2984,963379
261	-79,055117	-2,431315	2984,14502
262	-79,055102	-2,43137	2983,828369
263	-79,055099	-2,431416	2983,850098
264	-79,055188	-2,431525	2981,548096
265	-79,055241	-2,431509	2980,681641
266	-79,055295	-2,43145	2979,54126
267	-79,055589	-2,431323	2970,349854
268	-79,055451	-2,431693	2962,094482
269	-79,055434	-2,431738	2962,02124
270	-79,055422	-2,431767	2961,810791
271	-79,0554	-2,431802	2961,157471
272	-79,055308	-2,431869	2959,287354
273	-79,055214	-2,431911	2957,421143
274	-79,055192	-2,43192	2957,372803
275	-79,055117	-2,431948	2957,074463
276	-79,055102	-2,431951	2956,953125
277	-79,055088	-2,431952	2956,814941
278	-79,055073	-2,431953	2956,76709
279	-79,055063	-2,431954	2956,625244
280	-79,05505	-2,431956	2956,467041
281	-79,055037	-2,431961	2956,410156
282	-79,055023	-2,431967	2956,427734
283	-79,055008	-2,431974	2956,566162
284	-79,054995	-2,43198	2956,476074
285	-79,054981	-2,431987	2956,322998
286	-79,054969	-2,431994	2956,116699
287	-79,054958	-2,432	2956,01123
288	-79,054947	-2,432007	2955,703613
289	-79,054931	-2,432015	2955,546875
290	-79,054781	-2,432117	2954,950195
291	-79,054779	-2,43214	2954,874268
292	-79,054785	-2,432165	2954,4375
293	-79,054812	-2,432186	2954,228271
294	-79,054839	-2,432202	2954,053223
295	-79,054864	-2,432202	2953,920654

296	-79,054883	-2,432198	2953,678223
297	-79,054896	-2,432195	2953,523682
298	-79,054908	-2,432193	2953,390625
299	-79,054984	-2,432153	2952,753662
300	-79,055002	-2,432143	2952,588867
301	-79,055023	-2,432136	2952,468506
302	-79,055037	-2,432134	2952,317139
303	-79,055063	-2,432128	2952,050293
304	-79,055083	-2,432125	2952,012695
305	-79,055131	-2,432086	2950,769287
306	-79,055148	-2,432079	2950,503906
307	-79,055679	-2,431948	2943,286865
308	-79,055727	-2,431936	2943,208008
309	-79,055978	-2,431652	2940,724121
310	-79,056005	-2,43162	2940,814453
311	-79,056024	-2,431603	2940,803955
312	-79,05606	-2,431578	2941,192383
313	-79,056095	-2,431563	2941,776123
314	-79,056134	-2,431558	2942,086914
315	-79,056152	-2,43156	2942,19043
316	-79,056168	-2,431564	2942,339844
317	-79,056185	-2,431568	2942,504883
318	-79,056203	-2,431579	2942,594971
319	-79,05622	-2,431592	2942,632324
320	-79,056239	-2,431608	2942,627686
321	-79,056492	-2,431806	2937,977783
322	-79,05721	-2,431936	2931,818604
323	-79,057248	-2,431933	2931,986572
324	-79,057263	-2,431938	2932,119141
325	-79,057283	-2,431943	2932,114502
326	-79,057324	-2,431954	2932,101562
327	-79,057346	-2,431958	2932,324219
328	-79,057376	-2,431972	2932,674316
329	-79,057395	-2,431976	2932,918701
330	-79,057411	-2,431982	2932,953613
331	-79,057437	-2,431987	2933,019287
332	-79,057453	-2,431996	2933,318848
333	-79,057526	-2,432018	2932,333496
334	-79,057552	-2,432017	2931,994385
335	-79,057572	-2,432021	2931,707764
336	-79,0576	-2,432012	2931,243408
337	-79,057652	-2,432006	2930,37793
338	-79,0577	-2,43201	2930,107422

339	-79,057824	-2,432027	2929,018799
340	-79,057908	-2,432036	2928,56665
341	-79,059138	-2,432748	2904,191406
342	-79,059157	-2,432762	2903,843262
343	-79,059176	-2,432783	2903,334473
344	-79,059186	-2,432799	2903,225342
345	-79,059197	-2,432818	2903,345215
346	-79,059206	-2,432838	2903,602783
347	-79,059218	-2,432854	2903,686279
348	-79,059329	-2,433002	2902,911865
349	-79,059362	-2,433042	2902,722412
350	-79,059374	-2,43306	2902,955811
351	-79,059385	-2,43308	2903,123535
352	-79,059395	-2,433094	2903,074219
353	-79,059418	-2,433132	2902,97583
354	-79,059437	-2,433162	2902,908691
355	-79,059456	-2,433189	2902,567383
356	-79,059469	-2,433211	2902,611328
357	-79,059478	-2,433226	2902,542725
358	-79,059495	-2,43325	2901,60083
359	-79,060009	-2,433764	2890,553955
360	-79,060034	-2,43378	2890,572754
361	-79,060072	-2,433804	2891,137207
362	-79,060089	-2,433819	2891,72583
363	-79,060106	-2,433831	2892,653564
364	-79,060123	-2,433846	2894,038574
365	-79,060136	-2,433857	2895,245361
366	-79,060154	-2,433878	2896,624023
367	-79,060164	-2,433893	2897,715088
368	-79,060224	-2,433989	2899,286377
369	-79,060237	-2,434005	2899,68457
370	-79,060248	-2,434026	2900,26123
371	-79,060261	-2,434043	2900,273926
372	-79,060267	-2,434057	2900,442383
373	-79,060271	-2,434071	2900,593262
374	-79,060276	-2,434087	2900,921143
375	-79,060286	-2,434113	2901,499512
376	-79,060307	-2,434185	2901,743896
377	-79,060331	-2,434255	2901,526611
378	-79,060331	-2,434302	2900,876465
379	-79,060329	-2,434364	2898,547852
380	-79,060324	-2,434399	2897,661621
381	-79,060317	-2,434418	2897,651855

382	-79,060277	-2,434521	2895,830811
383	-79,060272	-2,434539	2895,587402
384	-79,060271	-2,434554	2895,740479
385	-79,060271	-2,434591	2896,010986
386	-79,060272	-2,43461	2895,955566
387	-79,060274	-2,434626	2895,631348
388	-79,060279	-2,434641	2895,216309
389	-79,060285	-2,434656	2895,274902
390	-79,060294	-2,434669	2895,25708
391	-79,060305	-2,434681	2895,352783
392	-79,060334	-2,434703	2895,196289
393	-79,060352	-2,43471	2894,896484
394	-79,060386	-2,434725	2894,774902
395	-79,0604	-2,434732	2894,701416
396	-79,060412	-2,434738	2894,551025
397	-79,060426	-2,434743	2894,398682
398	-79,060441	-2,434748	2894,120605
399	-79,060455	-2,434752	2893,735352
400	-79,060494	-2,434771	2893,057861
401	-79,060522	-2,434785	2892,297607
402	-79,060668	-2,434891	2887,974609
403	-79,060731	-2,434936	2885,983887
404	-79,06098	-2,435435	2871,205566
405	-79,061004	-2,435476	2871,141602
406	-79,06102	-2,435506	2871,027588
407	-79,061038	-2,435541	2870,866455
408	-79,061052	-2,43557	2870,730225
409	-79,061065	-2,435601	2870,546143
410	-79,061073	-2,435618	2870,367432
411	-79,061084	-2,435651	2870,221924
412	-79,061105	-2,43571	2870,487305
413	-79,061124	-2,435759	2870,404297
414	-79,061145	-2,435814	2869,970459
415	-79,061161	-2,435858	2869,688721
416	-79,061185	-2,435913	2869,264648
417	-79,061187	-2,435966	2868,831543
418	-79,061193	-2,435994	2868,658447
419	-79,06121	-2,436029	2868,739014
420	-79,061223	-2,436054	2868,779541
421	-79,061253	-2,436107	2868,417725
422	-79,061291	-2,436185	2867,736572
423	-79,061298	-2,436221	2867,579834
424	-79,061294	-2,436252	2867,509033

425	-79,061284	-2,436286	2867,05249
426	-79,061211	-2,436394	2863,289307
427	-79,061209	-2,436418	2861,865723
428	-79,061205	-2,436437	2861,407227
429	-79,061201	-2,436454	2860,579834
430	-79,061191	-2,436482	2860,175537
431	-79,06118	-2,436505	2859,822266
432	-79,061161	-2,436546	2859,219482
433	-79,061123	-2,436612	2859,126953
434	-79,061099	-2,436649	2859,364502
435	-79,061073	-2,436682	2859,452148
436	-79,061041	-2,436723	2859,531006
437	-79,060939	-2,436796	2860,451172
438	-79,060911	-2,436834	2861,135742
439	-79,060893	-2,436852	2861,878418
440	-79,060879	-2,436863	2862,7771
441	-79,060851	-2,436888	2863,310059
442	-79,06082	-2,436915	2863,990723
443	-79,060809	-2,436928	2864,253418
444	-79,060792	-2,436943	2864,829102
445	-79,060781	-2,436954	2865,02002
446	-79,060133	-2,438207	2849,690186
447	-79,060107	-2,438235	2850,171631
448	-79,060093	-2,438244	2850,203369
449	-79,059748	-2,438482	2846,350342
450	-79,059733	-2,438503	2846,360596
451	-79,05972	-2,438512	2846,289062
452	-79,059707	-2,438524	2846,257568
453	-79,059696	-2,438533	2846,062256
454	-79,059678	-2,438545	2846,072998
455	-79,059661	-2,438562	2846,094727
456	-79,059645	-2,43858	2845,95166
457	-79,059634	-2,438594	2845,807861
458	-79,059615	-2,438614	2845,172119
459	-79,059603	-2,438631	2844,945068
460	-79,0594	-2,438496	2839,029541
461	-79,059251	-2,438437	2838,835205
462	-79,059066	-2,438371	2818,689941
463	-79,058816	-2,438178	2818,752686
464	-79,058677	-2,438044	2819,01416
465	-79,058511	-2,437936	2819,669189
466	-79,058295	-2,437809	2820,246338
467	-79,057917	-2,437579	2820,385498

468	-79,057581	-2,437396	2821,112061
469	-79,057215	-2,437124	2820,732178
470	-79,056858	-2,436798	2820,916992
471	-79,056279	-2,436396	2821,153809
472	-79,055938	-2,436136	2811,212891
473	-79,055637	-2,435888	2811,842041
474	-79,055252	-2,435633	2812,069092
475	-79,054817	-2,435308	2812,166748
476	-79,054565	-2,435088	2813,812988
477	-79,054344	-2,434939	2814,770752
478	-79,053909	-2,434763	2816,513184
479	-79,053352	-2,434349	2816,846924
480	-79,053558	-2,434618	2818,763916
481	-79,052945	-2,434297	2821,846924
482	-79,052581	-2,434221	2823,478271
483	-79,052153	-2,434026	2822,294434
484	-79,051785	-2,433925	2821,244385
485	-79,051299	-2,433788	2820,819336
486	-79,050186	-2,433687	2820,118896
487	-79,049574	-2,433616	2819,330322
488	-79,048416	-2,433563	2820,425293
489	-79,046975	-2,433348	2820,866455
490	-79,045922	-2,433135	2820,384033
491	-79,044802	-2,433739	2819,142822
492	-79,033057	-2,438579	2756,387695
493	-79,033679	-2,439026	2752,364258
494	-79,034635	-2,439108	2750,464844
495	-79,035876	-2,439402	2747,482666
496	-79,036904	-2,439843	2746,031006
497	-79,037904	-2,439152	2744,547852
498	-79,039022	-2,438231	2743,244629
499	-79,040247	-2,437501	2741,248291
500	-79,041633	-2,436418	2740,373291
501	-79,042941	-2,435215	2740,270996
502	-79,043452	-2,434382	2741,159424
503	-79,031873	-2,438305	2741,53418
504	-79,030647	-2,43755	2744,719971
505	-79,029453	-2,436613	2740,040771
506	-79,026503	-2,433285	2751,385498
507	-79,027958	-2,434727	2750,169189
508	-79,027946	-2,434723	2750,168945

Realizado por: (Pichazaca, 2021)

Anexo B. Levantamiento de puntos GPS para delimitación de la zona de estudio.



Anexo C. Zona de páramo en el área de estudio.



Anexo D. Zona agropecuaria en el área de estudio.



Anexo E. Zona de bosque nativo en el área de estudio.





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Jose Luis Pichazaca Camas</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Recursos Naturales</i>
Carrera: Ingeniería Forestal
Título A Optar: Ingeniero Forestal
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente
por: LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
DN: cn=LUIS
ALBERTO CAMINOS
VARGAS c=EC
PR:ORAMBA
Motivo: Soy el autor
de este documento
Ubicación:
Fecha: 2021.11.10
17:23:05-03



1894-DBRA-UTP-2021