



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

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA BOSCOSA Y
PÁRAMOS APLICANDO LA METODOLOGÍA TELEDETECCIÓN
ESPACIAL Y SIG EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO
POMACHACA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

HENRY EFRAIN SIGUENCIA PAUCAR

Riobamba - Ecuador

2022



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

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA BOSCOSA Y
PÁRAMOS APLICANDO LA METODOLOGÍA TELEDETECCIÓN
ESPACIAL Y SIG EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO
POMACHACA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: HENRY EFRAIN SIGUENCIA PAUCAR

DIRECTOR: Ing. HERNÁN ERIBERTO CHAMORRO SEVILLA MSc.

Riobamba - Ecuador

2022

©2022, Henry Efraín Sigüencia Paucar

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

Yo, HENRY EFRAIN SIGUENCIA PAUCAR, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de la misma manera al Honorable Consejo Provincial de Chimborazo.

Riobamba, 07 de febrero de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Henry Efraín Sigüencia Paucar', with a large, stylized flourish at the end.

Henry Efraín Sigüencia Paucar

030242596-2

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

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA BOScosa Y PÁRAMOS APLICANDO LA METODOLOGÍA TELEDETECCIÓN ESPACIAL Y SIG EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO POMACHACA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por el señor: HENRY EFRAIN SIGUENCIA PAUCAR, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribula del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: VILMA FERNANDA NOBOA SILVA	07 - 02 - 2022
Ing. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla MSc DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: HERNAN ERIBERTO CHAMORRO SEVILLA	07 - 02 - 2022
Ing. Norma Ximena Lara Vásconez MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: NORMA XIMENA LARA VASCONEZ	07 - 02 - 2022

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular es dedicado principalmente a Dios, por brindarme sabiduría y esperanza durante toda mi vida, sabiduría que el día de hoy me permite culminar esta carrera universitaria. A mi padre Ángel Siguencia, mi madre Carmen Paucar, mi hermano Israel, mis hermanas Martha y Guadalupe, mi sobrino Esteban que es sin duda alguna una motivación para seguir, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado para lograr cada una de mis metas, por todo el cariño entregado a pesar de nuestras diferencias de opiniones, opiniones que nos hacen crecer como familia. Por todo el esfuerzo y dedicación para enrumbar mi vida, por todo lo que hiciste y serias capaz de hacer si te lo hubiera pedido, a ti que dejaste todo por nosotros, a ti que entregaste todo por nosotros. A ti Carmen Paucar la única persona en el mundo que siempre estará conmigo en las buenas y en las malas. A ti mamá.

Henry

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer el apoyo que muchas personas me han prestado durante todo el proceso y redacción de este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a mi familia por su paciencia y esfuerzo durante todos estos años, gracias a ellos por confiar y creer en mí y en mis expectativas, por llenarme de alegría día tras día, por sus consejos y enseñanzas, por haberme apoyado en las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Al Ing. Hernán Chamorro como director de tesis y a la Ing. Norma Lara como asesora, por haber asumido el duro reto de guiarme en la culminación de la presente investigación y ayudar a formarme como profesional. Al Ing. Luis Peñafiel del departamento de ambiente del Consejo Provincial de Chimborazo, gracias por la ayuda y motivación para seguir aprendiendo cada día y ser un excelente profesional, gracias por todos los conocimientos brindados durante el poco pero valioso tiempo compartido en el Consejo Provincial. A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, con los que compartí fuera y dentro del aula, gracias por todo su apoyo y diversión. Finalmente, a mis maestros aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, y me han sabido dar las pautas para mi formación profesional y personal. Gracias a la vida por este nuevo triunfo.

Henry

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Teledetección espacial.....	4
1.2. Sensores Remotos o Teledetección.....	4
1.3. Sistemas de información geográfica (SIG)	5
1.4. Espectro Electromagnético	6
1.4.1. División del espectro electromagnético	6
1.5. Tipos de onda según propagación.....	6
1.5.1. Onda de superficie.....	7
1.5.2. Onda ionosférica	7
1.5.3. Onda espacial	7
1.5.4. Onda de dispersión troposférica.....	7
1.6. Radiación ultravioleta su origen y fuentes	8
1.7. Índices espectrales y variables sintéticas	8
1.7.1. Resolución espacial y espectral.....	9
1.7.2. Corrección radiométrica y atmosférica.....	9
1.8. Análisis Digital de Imágenes de Satélite.....	9
1.9. Imágenes satelitales	9
1.9.1. Imágenes Landsat.....	9
1.9.2. Imágenes Sentinel.....	10
1.10. Sistema de Posicionamiento global	10
1.11. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo	10
1.12. Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo.....	11
1.13. Cambios de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal.....	11
1.14. Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas	11

1.15.	Marco legal	12
1.16.	Diagnóstico ambiental.....	12
1.17.	Análisis multiespectral.....	12
1.18.	Páramos.....	12
1.18.1.	<i>Importancia de los páramos.....</i>	<i>13</i>
1.19.	Zona Boscosa.....	13
1.20.	Microcuenca	13
1.21.	Características representativas de la microcuenca Atapo-Pomachaca	14
1.21.1.	<i>Clima y precipitación.....</i>	<i>14</i>
1.21.2.	<i>Topografía de la microcuenca</i>	<i>14</i>
1.22.	Cálculo de la tasa cambio	15

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	16
2.1.	Área de estudio.....	16
2.2.	Tipo de Investigación	17
2.2.1.	<i>Descriptiva.....</i>	<i>17</i>
2.3.	Materiales y equipos.....	17
2.3.1.	<i>Materiales de campo.....</i>	<i>17</i>
2.3.2.	<i>Materiales de oficina</i>	<i>17</i>
2.4.	Metodología	18
2.4.1.	<i>Procedimiento para la ejecución del primer objetivo</i>	<i>18</i>
2.4.2.	<i>Procedimiento para la ejecución del segundo objetivo.....</i>	<i>18</i>
2.4.3.	<i>Procedimiento para la ejecución del tercer objetivo.....</i>	<i>20</i>

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
3.1.	Resultados.....	22
3.2.	Diagnóstico socio ambiental de la microcuenca Atapo - Pomachaca.....	22
3.3.	Clasificación de la cobertura boscosa y páramos, índice SAVI, a partir de imágenes satelitales.....	25
3.3.1.	<i>Obtención de información preliminar.....</i>	<i>25</i>
3.3.2.	<i>Resultado del preprocesamiento de imágenes satelitales.....</i>	<i>26</i>
3.3.3.	<i>Procesamiento de imágenes satelitales.....</i>	<i>27</i>
3.3.4.	<i>Clasificación mediante el método de máxima verosimilitud.....</i>	<i>29</i>

3.3.5. <i>Procedimiento para realizar el cálculo del índice SAVI</i>	38
3.4. Resultados de la ejecución del tercer objetivo	44
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Topografía de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca	15
Tabla 1-3:	Cobertura boscosa 2016.....	24
Tabla 2-3:	Cobertura boscosa 2017.....	24
Tabla 3-3:	Cobertura boscosa 2018.....	24
Tabla 4-3:	Cobertura boscosa 2019.....	25
Tabla 5-3:	Cobertura boscosa 2020.....	25
Tabla 6-3:	Matriz de cambio comparación años 2016-2017	48
Tabla 7-3:	Matriz de cambio comparación años 2017-2018	49
Tabla 8-3:	Matriz de cambio comparación años 2018-2019	50
Tabla 9-3:	Matriz de cambio comparación años 2019-2020	51
Tabla 10-3:	Matriz variación 2016-2017.....	51
Tabla 11-3:	Matriz variación 2017-2018.....	52
Tabla 12-3:	Matriz variación 2018-2019.....	52
Tabla 13-3:	Matriz variación 2019-2020.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Microcuenca de río Atapo-Pomachaca	16
Figura 1-3:	Levantamiento de campo (GPS)	22
Figura 2-3:	Observación directa de la realidad en la microcuenca	23
Figura 3-3:	Socializaciones con los habitantes	23
Figura 4-3:	Imágenes Sentinel-2	26
Figura 5-3:	Corrección efecto de dispersión	27
Figura 6-3:	Asignación de puntos de muestreo	28
Figura 7-3:	Clasificación de coberturas y uso de suelo	28
Figura 8-3:	Resultado de método de máxima verosimilitud	30
Figura 9-3:	Zona de estudio	31
Figura 10-3:	División clases de coberturas	31
Figura 11-3:	Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2016	33
Figura 12-3:	Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2017	34
Figura 13-3:	Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2018	35
Figura 14-3:	Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2019	36
Figura 15-3:	Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2020	37
Figura 16-3:	Calculadora ráster	38
Figura 17-3:	Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2016	39
Figura 18-3:	Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2017	40
Figura 19-3:	Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2018	41
Figura 20-3:	Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2019	42
Figura 21-3:	Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2020	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Área sin cobertura vegetal	44
Gráfico 2-3:	Páramos	45
Gráfico 3-3:	Plantación forestal.....	45
Gráfico 4-3:	Tierras agropecuarias	46
Gráfico 5-3:	Resumen de coberturas.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: SEMI - AUTOMATIC CLASSIFICATION PLUGIN

ANEXO B: EVIDENCIAS EN CAMPO (MCRA-P)

ANEXO C: CONVERTOR DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS A UTM

RESUMEN

El presente proyecto de investigación buscó establecer un análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos aplicando la metodología teledetección espacial y SIG en la microcuenca del río Atapo-Pomachaca, provincia de Chimborazo. El proyecto se efectuó con base en determinar las características propias de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca ubicada en la parroquia Palmira provincia de Chimborazo; sus coordenadas geográficas son UTM de la zona 17 M, 755244 E en X y 9767635 S en Y, a una elevación de 2800-4280 msnm. El tipo de investigación se enmarcó sobre un detalle netamente de campo respecto a la aplicación de información de origen satelital SIG. El estudio se basó fundamentalmente en la descripción, observación y creación de un diseño de base de datos con las características más sobresalientes de la cobertura boscosa y páramos para posteriormente ser analizadas y establecer un criterio objetivo del caso. Los resultados denotaron que entre el periodo 2016-2017 el aumento o disminución de las zonas boscosas es un tema no predecible. El análisis diagnóstico socioambiental fue englobado en cinco áreas estratégicas área poblada, área sin cobertura vegetal, páramo y tierras agropecuarias. De igual manera el análisis multitemporal denota incrementos de ciertas zonas boscosas en los periodos (2016-2017 y 2019-2020), el único año que presente una notable disminución fue el periodo (2018-2019) dado que todas sus aproximaciones fueron negativas. Se concluye enteramente que cada aspecto orientado a un incremento o decremento relaciona una gran cantidad de parámetros que hacen de su estudio una situación no predecible. Se recomienda establecer varios y variados análisis para establecer cada uno de los aspectos que influyen directamente en el incremento o disminución de la zona boscosa.

Palabras clave: <FORESTAL>, <SISTEMAS DE INFORMACIÓN>, <ANÁLISIS MULTITEMPORAL>, <TELEDETECCIÓN>, <MICROCUEENCA>, <COBERTURA BOSCOSEA>, <PÁRAMOS>



Firmado electrónicamente por:

**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ**



0627-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present research project pursued to establish a multitemporal analysis of forest cover and moorland by applying spatial remote sensing and GIS methodology in the Atapo- Pomachaca River micro-watershed, province of Chimborazo. The project was carried out based on determining the characteristics of the Atapo-Pomachaca River micro-watershed located in Palmira parish, province of Chimborazo; its geographic coordinates are UTM zone 17 M, 755244 E in X and 9767635 S in Y, at an elevation of 2800-4280 meters above sea level. The type of research was framed on a purely field detail with respect to the application of GIS satellite information. The study was based fundamentally on description, observation and creation of a database design with the most outstanding characteristics of the forest cover and moorlands to be later analyzed and establish an objective criterion for the case. The results represented that between 2016-2017 period the increase or decrease of forested areas is a non-predictable issue. The socio-environmental diagnostic analysis was included in five strategic populated areas without vegetation cover, paramo and agricultural and livestock land. Similarly, the multitemporal analysis represents increase in certain forested areas in (2016-2017 and 2019-2020 periods), the only year that presents a notable decrease was the (2018-2019 period) since all its approximations were negative. It is entirely concluded that each aspect focused on to an increase or decrease relates a large number of parameters that make its study a non-predictable situation. It is recommended to establish several and varied analyses to establish each of the aspects that directly influence the increase or decrease the forest area.

Key words: <FORESTRY>, <INFORMATION SYSTEMS>, <MULTITEMPORAL ANALYSIS>, <TELEDETECTION>, <MICROCOVERAGE>, <FOREST COVER>, <PARAMOS>.



Firmado electrónicamente por:

**ELSA
AMALIA
BASANTES
ARIAS**

INTRODUCCIÓN

En Sudamérica existen extensas áreas que están sufriendo alteraciones en el uso del suelo, alteraciones que son causadas principalmente por el ser humano. Es así que la combinación tanto de los avances tecnológicos como el aumento de precipitación en regiones desérticas permitió una mayor disponibilidad de recursos productivos; originando el avance de la frontera agrícola hacia territorios con vegetación natural, de tal manera que, las alteraciones que se dan no solo afectan la composición de los territorios en cuestión, sino también de regiones cercanas a estos (Botero, 2015, pp. 13-14).

Vinculado al concepto ecológico, el Estado Ecuatoriano es un país diverso, posee una extensión aproximada de 283.560 kilómetros cuadrados, siendo así que, el 19% se encuentra protegido bajo la norma de Áreas Protegidas administradas por la Autoridad Ambiental Nacional. El Ecuador cuenta con innumerables características y responsabilidades de los ecosistemas aplicando instrumentos internacionales sobre la protección del medio ambiente (Moscoso, 2019, pp. 3-4).

La investigación sobre diversos servicios ambientales en Ecuador está orientada al uso de ecosistemas o recreación, en cuanto a la investigación relacionada con el almacenamiento de carbono es escasa. Por ello, a pesar de la facilidad de la tecnología actual, el país carece de información esencial sobre cobertura vegetal y uso del suelo, que es un material básico para la planificación y ejecución de programas y proyectos que apoyan el desarrollo del país en la rama ambiental (Puerta et al., 2018: párr. 1-7).

El patrimonio cultural inmaterial de la microcuenca Atapo-Pomachaca está determinado por sus prácticas productivas ancestrales, su lengua, su vestimenta y sus mestizos comunitarios, que determinan los procesos de organización comunitario. Los ríos Atapo -Pomachaca están formados por un ecosistema de páramo y cuerpos de agua, los cuales son de relevancia para los servicios que se brindan a la población, gracias a sus características biológicas, geográficas, sociales y económicas. La superficie total de la microcuenca tiene una extensión de 13985,19 hectáreas (Bonilla, 2013, pp. 3-7).

Por otro lado, el análisis multitemporal aplicando imágenes satelitales permite reconocer las características de la cobertura boscosa y páramos, con la finalidad de elaborar mapas locales detallados en donde se evidencien los cambios a través del tiempo (Suárez et al., 2020: p. 12).

Importancia

La investigación actual permitió identificar y analizar los cambios actuales en la cobertura forestal y los páramos de la microcuenca Atapo-Pomachaca (MCRA-P); debido a la innegable pérdida de cobertura boscosa. Por ello este estudio explica las razones de estos cambios a través de factores estadísticos y clasificación de imágenes satelitales Sentinel para el periodo 2016-2020, con el objetivo principal de reducir la pérdida y regresión de las coberturas mencionadas, de tal modo que, permite al Gobierno Provincial de Chimborazo (GADPCH) asignar de manera eficiente y eficaz los recursos económicos a esta microcuenca, mejorando las condiciones y calidad de vida tanto de la cobertura vegetal como de los pobladores de las zonas aledañas.

Problema

La microcuenca del río Atapo - Pomachaca está constituida por, páramos, pastos, cultivos, plantaciones forestales exóticas, zonas erosionadas y abandonadas e infraestructura comunitaria; por lo tanto, la flora y fauna nativa sufre un proceso de deterioro y extinción. Por ello la carencia de datos referente a la cobertura boscosa y páramos en la provincia de Chimborazo, provoca inconvenientes al momento de establecer los porcentajes reales de los ecosistemas boscosos y páramos, ecosistemas que son importantes para el abastecimiento de agua; en líneas generales estos factores impiden el correcto manejo de la microcuenca; de la misma manera que participa en el incremento de actividades antrópicas y en la ausencia de proyectos sostenibles.

Justificación

Esta investigación propone identificar los cambios de la cobertura boscosa y páramos producidos en un periodo de 5 años (2016 al 2020), información que se obtendrá a partir de imágenes satelitales SENTINEL 2 para conocer los cambios en dicha microcuenca, información que contribuirá esencialmente para el funcionamiento razonable de los recursos naturales, a través de la conservación, capacitación, protección de la biodiversidad, con la única finalidad de beneficiar a la población actual y futura.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Cuantificar los cambios de la cobertura boscosa y páramos aplicando la metodología “teledetección espacial y SIG” en la microcuenca del río Atapo-Pomachaca, de la provincia de Chimborazo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico socio-ambiental de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca
- Efectuar el análisis multitemporal de los ecosistemas boscosos y páramos de la microcuenca mediante tecnología SIG en el periodo (2016-2020)
- Analizar los resultados obtenidos en la microcuenca del río Atapo - Pomachaca

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA – HO

En el periodo de estudio (2016-2020), no se han presentado cambios en la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca de río Atapo Pomachaca

HIPÓTESIS ALTERNATIVA – HL

En el periodo de estudio (2016-2020), se han presentado cambios en la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del río Atapo Pomachaca

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Teledetección espacial

Generalmente dentro de la teledetección espacial se tratan todos los problemas y procedimientos, tanto metodológicos y técnicos que en palabras anglosajonas están sujetas al concepto de sensores remotos. Es decir, la teledetección puede connotarse como cualquier técnica para obtener información sin tener contacto directo con el área de estudio. Por su parte, de forma limitada, en el campo de las ciencias de la Tierra, la teledetección es interpretada como una técnica con el objetivo de realizar la captura, tratamiento y análisis de imágenes satelitales brindadas por satélites artificiales (Cárcamo et al., 2015: p. 3)

Según Suárez (2017a: pp. 14-15), indica que la teledetección espacial es la tecnología para obtener imágenes de la superficie de la Tierra utilizando sensores instalados en plataformas espaciales. De esta manera, las fotografías aéreas tradicionales, y especialmente las imágenes de satélite modernas, ofrecen la posibilidad de monitorear el medio ambiente, la proporción de recursos naturales, así como la variación espaciotemporal del uso del suelo, entre los que se encuentran: urbanizaciones inundaciones, sequías, incendios. Esto se traduce en menos trabajo de campo y menos disponibilidad de datos que en muchos casos no son accesibles para los humanos.

1.2. Sensores Remotos o Teledetección

Los sensores remotos pueden ser definidos como la ciencia y el arte de obtener información de un objeto, área o fenómeno, a través del análisis de datos adquiridos mediante un dispositivo, el cual no está en contacto directo con el objeto, área ni fenómeno que se está investigando. Dentro de sus capacidades se enmarcan varias técnicas y procesos que permiten obtener una imagen de la superficie terrestre de forma remota captada por sensores situados en satélites o aviones que captan las relaciones espectrales y espaciales de objetos, para posteriormente esta imagen ser tratada (Suárez, 2017b: p. 15).

La teledetección se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, como la agricultura, el medio ambiente, la planificación urbana, la geología, la oceanografía, la minería, el petróleo, el gas, la

vulcanología, la silvicultura y la deforestación, con el propósito de producir fotografías para ciertas aéreas de estudio (Lara et al., 2018a: pp. 3-4). Mientras que (Mora et al., 2020: p. 100), menciona que su funcionamiento radica en la aplicación de varios tipos de energía como la radiación electromagnética, gravedad, magnetismo, geofísico y onda de radio; así como en longitudes de onda larga que abarcan áreas de mayor superficie para poder detectar una señal.

1.3. Sistemas de información geográfica (SIG)

Son herramientas de procesamiento de información las cuales evolucionaron a partir de bases de datos georreferenciadas con el propósito de permitir el avance de funciones de análisis espacial. Estos sistemas utilizan y facilitan la integración de fuentes de información que sirven como complemento a estas bases de datos, servicios de mapas, cartas topográficas, fotos aéreas, imágenes satelitales, censos, etc. Estas herramientas recogen un conjunto de técnicas y tecnologías para manejar la información originaria del espacio geográfico, como también información derivada del mismo; sin tener en cuenta cuál sea la disciplina científica designada a su estudio o explotación (Vázquez , 2016a: p. 23).

Por ello, el término es plural (sistemas), por dos razones, la primera porque sirve como ya se mencionó a diferentes disciplinas y objetivos; aunado a esto acoge a varias herramientas y materiales, ejemplo de esto las computadoras, impresoras; etc. De este modo, lo que reúne a todos estos componentes, es que permiten manejar datos espaciales que informan sobre algún atributo o cualidad (Vázquez , 2016b: p. 24).

Según (Lara et al., 2018b: p.6), sostiene que estas fuentes de información se pueden integrar para aclaraciones y análisis, lo que facilita la toma de decisiones efectiva en respuesta a diversos temas. Por lo tanto, por su esencia, son de suma importancia para el análisis ambiental y la planificación regional. Las áreas de aplicación son, entre otras, el diagnóstico sociodemográfico, la planificación urbana, la evaluación de impacto ambiental, el estudio de adecuación del suelo, la administración catastral, la planificación del transporte, así como la gestión censal.

Estas fuentes de información pueden ser integradas para su aclaración y análisis, dando facilidad para tomar decisiones eficaces para dar respuesta a una variedad de problemas. Es así que por su esencia se tornan indispensables para el análisis del medioambiente y la planificación del territorio. Tal es el caso, que entre los campos de aplicación se encuentran varios: el diagnóstico sociodemográfico, el ordenamiento urbano, las evaluaciones de impacto ambiental, las investigaciones de aptitud de suelo, la administración catastral, la planificación del transporte, como también la gestión de los censos, entre otras (Lara et al., 2018c: p.7).

1.4. Espectro Electromagnético

Según Aparicio (2015, p. 28), afirma que la radiación electromagnética, se le define al flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas. En efecto, esta radiación puede ser de origen natural o artificial. Mismas que se transmiten a través de frecuencias (número de ciclos de la onda por unidad de tiempo) probables a las que se produce radiación electromagnética. A día de hoy estamos rodeados de radiación electromagnética, algunas son naturales, como la luz solar, y muchas son artificiales, como las relacionadas con la comunicación.

1.4.1. División del espectro electromagnético

Es correcto mencionar que las ondas electromagnéticas tienen el mismo comportamiento en el espacio de propagación, el mismo modo de interacción con la materia. Por tanto, se divide convencionalmente en segmentos o bandas de frecuencias. La clasificación más común del espectro electromagnético establece varias categorías de radiación electromagnética. Las más comunes son; ondas sub-radio, ondas radioeléctricas, microondas, rayos T, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioletas, rayos X, rayos gamma y, por último, rayos cósmicos (Roncel, 2018a: pp. 14-17).

Mientras tanto, debido a su comportamiento en muchos de los primeros experimentos con luz visible, su representación como onda, es decir, su proceso ondulatorio, ha sido la más aceptada. Entonces, cuando la luz visible u otra radiación electromagnética golpea una superficie de metal pulido, se produce una reflexión. Depende del ángulo de incidencia. Cuando la luz visible incide en la superficie de un material transparente como el agua o el vidrio, se produce la refracción, es decir, la luz cambia de dirección en el material en función del valor del índice de refracción del material (Álvarez, 2018a: p.12).

1.5. Tipos de onda según propagación

Los modos de propagación de una onda electromagnética dependen de su frecuencia y de las características eléctricas del terreno subyacente y de la atmósfera; así las frecuencias inferiores a 30 Mhz corresponden a la onda superficie, las frecuencias comprendidas entre 3 y 30 Mhz son denominadas como ondas iosféricas.

Como señala Álvarez (2018b: pp. 28-32), para comprender totalmente esta información, a continuación, se enlistan las connotaciones principales.

1.5.1. Onda de superficie

Las ondas de superficie se enlistan como aquellas en las que se presenta una frecuencia inferior a 30 MHz, con largos alcances y gran estabilidad de las señales. Además, es menester mencionar que las características del suelo influyen de forma notable en la propagación de esta tipología de ondas, dado que según la composición del suelo se ve afectada notablemente la prospección de la energía electromagnética del suelo.

1.5.2. Onda ionosférica

Igualmente, en lo respecta a las ondas ionosféricas menciona que las frecuencias obtenidas oscilan entre 3 y 30 MHz. La propagación se produce por reflexión de las ondas en la ionosfera (capa ionizada de la atmósfera). Estas ondas poseen grandes alcances, es decir su propagación puede ser reconocida en grandes distancia, pero cierto grado de inestabilidad. Está claro que para obtener una ventaja se debe perder ciertos parámetros, situación que se ve totalmente reflejada en esta tipología.

1.5.3. Onda espacial

Así mismo afirma que estas ondas presentan frecuencias superiores a 30 MHz. La propagación se realiza a través de las capas bajas de la atmósfera terrestre (troposfera) y eventualmente puede tomar parte el suelo. Su longitud de onda es estable; su campo de visión se ve claramente limitado y en algunos casos puede ser afectada por desvanecimientos de señal. Se distinguen tres submodos: onda directa, que enlaza transmisor con receptor. Onda reflejada, que conecta el transmisor y el receptor (reflexión en el terreno subyacente). Ondas de multiproyecto, que alcanzan el receptor tras sufrir reflexiones en capas frontera de estratos troposféricos

1.5.4. Onda de dispersión troposférica

La propagación de este tipo de onda se basa en reflexiones ocasionadas por discontinuidades debidas a variaciones turbulentas de las constantes físicas de la troposfera (concretamente del índice de refracción, provocando una reflexión dispersiva). Las pérdidas al momento de la propagación son muy elevadas y sobre todo están sujetas a desvanecimientos profundos en amplios grados y alcances (Roncel , 2018b: p19).

1.6. Radiación ultravioleta su origen y fuentes

Específicamente la radiación ultravioleta (UV) (más allá del violeta), la luz visible (Vis) y el infrarrojo (IR) son los componentes de la región óptica del espectro electromagnético. De este modo el UV tiene longitud de onda menor que la región visible, pero mayor que los rayos X suaves. El UV se subdivide en UV cercano (370- 200 nm de longitud de onda) y UV extremo o del vacío (200- 10 nm) (International Review of Ophthalmic, 2015a: pp. 11-12).

Al considerar los efectos de la radiación UV en la salud humana y el medio ambiente, el UV frecuentemente se subdivide en UVA (380-315 nm), también llamado de Onda Larga, UVB (315-280 nm), también llamado Onda Media y UVC (< 280 nm), también llamado de Onda Corta. Algunos animales, incluyendo pájaros, reptiles e insectos como las abejas, pueden ver en el UV cercano. Muchas frutas, flores y semillas, plumaje de aves sobresalen en la región UV. En síntesis, el espectro visible es una porción pequeña del espectro electromagnético. Además, cualquier energía producida en esta estrecha banda producirá la sensación de visión cuando estimula el ojo humano normal (International Review of Ophthalmic, 2015b: p.16).

1.7. Índices espectrales y variables sintéticas

En general, el proceso de realizar una aplicación particular de detección espectral implica "traducir" el cálculo de la radiación reflejada o emitida por un satélite en una variable o índice de importancia biofísica. Aunque los cálculos específicos varían según la calidad espectral en la que se está trabajando, existen varios aspectos generales de la traducción. Así, cuando se trata de radiación reflejada (visible e infrarrojo cercano y medio), el cálculo de la reflectancia, es decir, el cociente entre la cantidad registrada por el sensor (expresada en unidades de luminancia) y la radiación incidente en la superficie, se incluye primero (Roncel , 2018c: p.16).

De acuerdo con Roncel (2018d: p.19), en el caso de la energía emitida en la parte térmica del infrarrojo, la inversa de la ley de Stefan Boltzmann (que establece que la radiación emitida por un cuerpo es proporcional a la potencia de cuatro de su temperatura) puede "estimar la temperatura superficial del control remoto ". A partir de los datos recibidos por el sensor proporcionando así de los resultados esperados.

1.7.1. Resolución espacial y espectral

La resolución espacial hace referencia al tamaño de un píxel que se guarda en una imagen rasterizada; los píxeles se corresponden con áreas cuadradas cuyo tamaño varía de 1 a 1000 metros. Por su parte, la resolución espectral se connota como la amplitud de la longitud de onda de las diferentes frecuencias grabadas normalmente, se relaciona con el número de frecuencias que graba la plataforma (Earth Observing System , 2019, párr. 2-5).

1.7.2. Corrección radiométrica y atmosférica

Respecto a la terminología radiométrica; esta nos brinda una escala de valores por píxel. Por ejemplo, la escala monocromática de 0 a 255 se convertirá a valores de radiación actuales. La corrección radiométrica intenta corregir problemas mecánicos con el sensor que generan valores erróneos en píxeles específicos y ubica los píxeles en el espacio geográfico corrigiendo las distorsiones. La corrección atmosférica, por su parte, intenta evaluar y eliminar las distorsiones que la atmósfera introduce en los valores de radiancia que llegan al sensor desde la superficie terrestre (Paz, 2017, pp. 2-3).

1.8. Análisis Digital de Imágenes de Satélite

De acuerdo con Castanón et al., (2015, pp. 14-15), mencionan que la clasificación digital de imágenes de satélite es un proceso de asignación de órbitas a píxeles. Este proceso suele ir acompañado de una comparación de píxeles basada en la identificación de regiones conocidas, para que se puedan agrupar en cuadrados. Dado que cada píxel representa un valor estadístico para cada banda y cada imagen contiene una gran cantidad de píxeles, el uso de computadoras facilita la manipulación y los cálculos, lo que reduce los errores y aumenta la precisión.

1.9. Imágenes satelitales

1.9.1. Imágenes Landsat

Las imágenes del Landsat 8 están compuestas por 10 bandas de trabajo + 1 banda pancromática con resoluciones de 15, 30 y 100 metros. Aunque su resolución máxima es de 30 μm , la banda pancromática permite igualar todas las bandas con una resolución de 15 μm , gracias a la técnica de pansharpening, un método especial de remuestreo de sus bandas a un tamaño homogéneo de 15 μm menos. No utilizar esta técnica de refinamiento pancromático, el conjunto de bandas

requerirá que trabaje con una resolución de 30 m para todas las bandas y 100 m para la banda térmica (TIR del inglés *Thermal Infra Red*) (Pansharpening en Landsat, 2020a: párr. 1-4).

1.9.2. Imágenes Sentinel

Las imágenes de Sentinel 2 contienen 13 bandas que van desde el visible al infrarrojo de onda corta (SWIR del inglés *Short-wave infrared*). Aunque Sentinel 2A y Sentinel 2B comparten un mapeo común, el ancho espectral del mapeo es ligeramente diferente entre los dos. Las bandas operan en el espectro visible, borde rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta para procesar diferentes bandas de trabajo que puede utilizar en su análisis (Pansharpening en Landsat, 2020b: párr. 1-4).

1.10. Sistema de Posicionamiento global

Global Position System (GPS) se basa en la tecnología y el funcionamiento de 27 satélites que orbitan la Tierra y envían continuamente señales a la superficie, que son recibidas y decodificadas por un receptor o localizador GPS; como sistema informático, fue diseñado y desarrollado específicamente para tareas militares durante la Guerra Fría en la década de 1960. Su construcción se inspiró en gran medida en la tecnología utilizada por la Unión Soviética cuando se lanzó el primer satélite artificial de nuestra historia, el Sputnik 1, en 1957 (Othman et al., 2021a: p. 2-4).

El GPS es un sistema de navegación basado en tecnología de comunicación móvil y satelital, compuesto por varios satélites colocados en órbita a una altitud de más de 20.000 km, y entregado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos a 6 aviones orbitales. Los planos orbitales están separados entre sí por unos 60 ° de longitud y tienen una inclinación de unos 55 ° con respecto al plano ecuatorial de la Tierra. Por lo tanto, siempre hay al menos cuatro satélites visibles sobre el horizonte en cualquier punto del planeta, independientemente de la altitud del observador (Othman et al., 2021b: p.5).

1.11. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

De acuerdo con Rodríguez (2017, p. 20), el índice *Soild Adjusted Vegetation Index (SAVI)*, es un parámetro que nos permite dar seguimiento a la cobertura vegetal, reduciendo los efectos de la luz del suelo mediante el uso de un factor de corrección de la luz del suelo. Esto se usa más comúnmente en áreas áridas con poca vegetación. El índice de vegetación ajustado al suelo puede ser obtenido por medio de un fuerte contraste entre la banda roja y la banda (*Near Infra-red*) NIR

cuando la vegetación se está desarrollando. Este índice se utiliza para diferenciar la vegetación vigorosa y saludable de otros tipos de cobertura.

1.12. Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo

Según Hoyos et al., (2015, pp. 22-24), el procedimiento para el análisis digital o comparación de dos o más imágenes satelitales de un mismo lugar en diferentes fechas, con similitud en cuanto a sus características y propiedades se denomina análisis multitemporal. De la misma manera Rodríguez (2017, p.21) indica que las imágenes procesadas mediante esta técnica (análisis multi-tiempo) permiten identificar y evaluar cambios en las características de la cobertura vegetal, dando indicaciones claras sobre los cambios de uso del suelo y su dinámica. Además, reconociendo la importancia de obtener datos sobre cambios en la superficie terrestre del país.

1.13. Cambios de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal

Aunque el uso de la tierra y la cobertura están relacionados, no son lo mismo. El uso de la tierra, la capa superior exhibe un cambio continuo de material geológico a lo largo del tiempo a través de varios procesos físicos, químicos o biológicos, experimenta un declive continuo debido a la ocupación de la capa superior del suelo. En los últimos años, los suelos han cambiado ya que se ven directamente afectados por las actividades humanas debido a las necesidades de la agricultura y la expansión de la población (FAO, 2015, p.10).

Vargas (2017, p. 19), señala que el deterioro de la cobertura vegetal está relacionado directamente con los incendios, tala, pastoreo y la adecuación del terreno durante la implementación de procesos agrícolas, causando fragmentación en los ecosistemas y la afectación de las especies faunísticas y florísticas, fenómenos que se presentan por el aumento descontrolado de la población. Los cambios constantes de la cobertura vegetal afectan a muchos procesos ecológicos y biofísicos, como la estructura trófica, la composición de las especies, su dispersión, los patrones climáticos y la estabilidad hídrica, amenazando directamente a la diversidad biológica.

1.14. Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas

Es un instrumento de planificación que le permite al orientar acciones y ayudar a la toma de decisiones que favorezcan el desarrollo integral de la microcuenca, con base en la gestión de recursos naturales y la conservación del ambiente para el bienestar socioeconómico de la población; logrando de esta manera el desarrollo integral de la población (MAATE, 2020, párr. 8-9).

1.15. Marco legal

Para el marco legal se citan las normas jurídicas que se relacionan a la investigación en la microcuenca, como son la Constitución de la República vigente en la actualidad, Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), Código Orgánico Ambiental (COA), Ley Orgánica de Recursos Hídricos, uso y aprovechamiento del agua, Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, entre otros (MAATE, 2020, párr. 2).

1.16. Diagnóstico ambiental

Los diagnósticos ambientales son caracterizaciones específicas del ambiente físico, químico o biológico, con el objetivo de establecer el estado actual de un sistema afectado en relación a estándares nacionales o internacionales. A diferencia de los estudios básicos, tiene como objetivo mostrar el grado de cambio ambiental causado por algún evento (antropogénico o natural). Algunos proyectos que involucran recursos naturales y ecosistemas requieren diagnóstico (ADU, 2018, párr. 1-2).

1.17. Análisis multiespectral

El análisis espectral permite el uso de la respuesta de píxeles en diferentes longitudes de onda para obtener información sobre el material en cada píxel. En el procesamiento de imágenes espectrales, las características mayormente identificables son las siguientes; clasificación supervisada y no supervisada; basado en algoritmos avanzados, identificación de firmas espectrales usando bibliotecas espectrales robustas; detección e identificación de objetivos, análisis y mapeo de contenidos de interés y por último el cálculo de cobertura forestal mediante herramientas de análisis de vegetación (Berdugo et al., 2016, p. 37).

1.18. Páramos

Los páramos son delicados ecosistemas neotropicales de alta montaña. En Ecuador, su altitud promedio es de 3300 msnm y cubren el 7% de su área; brindan servicios ecosistémicos tales como: recursos hídricos de calidad y principalmente sumideros de carbono. Sus suelos con baja densidad aparente y estructura abierta y porosa permiten la retención de agua y alta conductividad hidráulica, donde prosperan plantas endémicas y una variedad de organismos (Morocho et al., 2019a: p.1).

Estos ecosistemas también tienen trascendencia social y cultural, al ser hogar de poblaciones marginadas, sin embargo, generan recursos económicos con diversa producción de alimentos agrícolas y manejo del turismo y recreación; Desafortunadamente, se ven afectados por el cambio de uso de la tierra, la introducción de plantas exóticas, los incendios, el cambio climático y la actividad minera en algunas áreas (Morocho et al., 2019b: p.3).

1.18.1. Importancia de los páramos

Por sus características físicas, los suelos de páramo tienen muchas propiedades en común con las turberas. Estos suelos tienen características especiales, como baja densidad aparente, y están fuertemente relacionados con el contenido de carbono orgánico. Debido a su estructura los suelos de páramo tienen una conductividad hidráulica y una capacidad de retención de agua muy altas (-1500 kPa). Esta retención de agua indica un predominio de microporos en el suelo y la presencia de una gran reserva de agua inactiva lo que genera una serie de beneficios para los habitantes de las aproximaciones y por supuesto a la vegetación circundante (Morocho et al., 2019c: p. 4).

1.19. Zona Boscosa

Un bosque es un ecosistema donde la vegetación predominante está formada por árboles. Estas comunidades cubren grandes áreas de la Tierra y son hábitats de animales, moduladores del flujo hidrológico y protectores del suelo, uno de los aspectos más importantes de la biosfera terrestre, los bosques maduros son prácticamente neutrales en carbono, y solo los bosques perturbados y los bosques jóvenes actúan como consumidores de dióxido de carbono. Sin embargo, los bosques maduros juegan un papel importante en el ciclo global del carbono como reservorios estables y su desaparición aumenta el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera (FAO, 2020, párr. 1-2).

1.20. Microcuenca

Estas son unidades geográficas basadas principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Puede ser comprendido como un proceso relacionado con los recursos hídricos como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc. Suelen analizarse en unidades geográficas, dependiendo de los detalles de la topografía disponible, se pueden establecer tamaños mínimos de microcuencas. Este proceso es facilitado por paquetes de software informático que trabajan con información generada por modelos digitales de elevación y que, limitan las microcuencas según las normas superficiales y las variaciones mínimas de elevación (Gonzaga , 2019, pp. 2-3).

1.21. Características representativas de la microcuenca Atapo-Pomachaca

1.21.1. Clima y precipitación

Como señala Zurita (2016, p. 23), las siguientes características surgen de los diversos factores ambientales y topográficos de la microcuenca:

- **Clima:** incluye dos estaciones invierno y verano. Los inviernos son fríos y húmedos ocurren de octubre a mayo, mientras que los veranos son de junio a septiembre; esto son calurosos, secos y con fuertes vientos. Las fases climáticas corresponden a la región interandina que comprende; páramo se caracteriza por una fase fría a una altitud de 3200 a 2700 m sobre el nivel del mar con una temperatura de 1 a 10 ° C; Fase mesotérmica ecológica y fase seca ecológica de alta montaña.
- **Temperatura:** La temperatura varía entre 9-12 ° C en la parroquia y 4-10 ° C en los páramos y en las partes bajas de la microcuenca.
- **Precipitaciones:** La microcuenca del río Atapo-Pomachaca recibe de 500 a 1000 mm de lluvia al año.
- **Humedad relativa:** 96,8%, en los tramos superiores de la microcuenca.

1.21.2. Topografía de la microcuenca

De acuerdo con Caguana (2015, p. 17), el 50% de las microcuencas son mayormente pronunciadas en comparación con los territorios bajos en los cuales se encuentran la mayor parte de los asentamientos dando un relieve totalmente irregular a la parroquia. A continuación de muestra una tabla con mayor complejidad que presenta el tipo de pendiente, su porcentaje representativo, así como la superficie que cubre: (ver Tabla 1-1.).

Tabla 1-1: Topografía de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca

Tipo de pendiente	%	Superficie (has)
Suave regular	< 12	1442,92
Regular o irregular	12 a 25	3594,52
Fuertes	25 a 50	4680,82
Muy fuertes	> 50	4566,62

Fuente: (Caguana , 2015)

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

1.22. Cálculo de la tasa cambio

El cálculo de la tasa de cambio permite determinar el ritmo al cual un cambio y/o transformación está siendo efectuada. Con base en esta idea, determinar este índice nos proporcionó como se está produciendo un cambio respecto a un periodo de tiempo. La fórmula para determinar este parámetro se enlista a continuación. Además, es importante detallar que para este cálculo la cantidad de superficie de las zonas de análisis debe conocerse totalmente (González , 2017, pp. 14-15).

$$\delta_n = \sqrt[n]{\frac{S_2}{S_1}} - 1$$

Donde:

δ_n = *tasa de cambio*

S_2 = *Superficie en la fecha 1*

S_1 = *Superficie en la fecha 2*

n = *Número de años entre las dos fechas*

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de estudio

La microcuenca del río Atapo-Pomachaca ubicada en la parroquia Palmira provincia de Chimborazo; sus coordenadas geográficas son UTM de la zona 17 M, 755244 E en X y 9767635 S en Y, a una elevación de 2800-4280 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Palmira, 2015). (ver Figura 1-2).

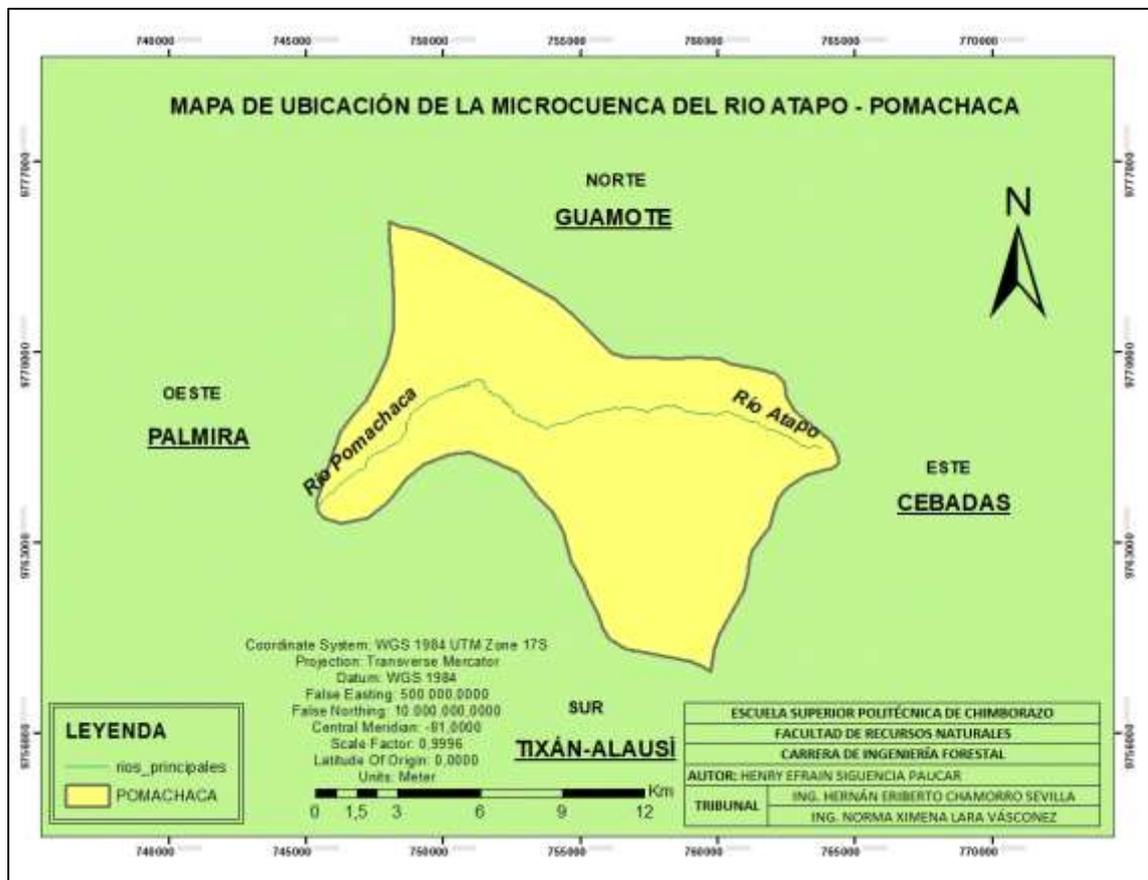


Figura 1-2. Microcuenca de río Atapo-Pomachaca

Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

2.2. Tipo de Investigación

El procedimiento a efectuarse se enmarca como un diseño bibliográfico netamente de campo con el propósito de determinar características propias de una zona dispuesta a ser analizada. Con el propósito de tan pronunciado levantamiento de información se partió de las siguientes tipologías de investigación.

2.2.1. Descriptiva

Esta investigación se basa fundamentalmente en la descripción, observación y creación de un diseño de base de datos con las características más sobresalientes de la cobertura boscosa y páramos para posteriormente ser analizadas y establecer un criterio objetivo del caso.

2.3. Materiales y equipos

Los materiales empleados para el desarrollo de todo el proceso de investigación se enlistan a continuación:

2.3.1. Materiales de campo

- Lápiz
- Libreta de campo
- Esferos gráficos
- Borrador
- GPS
- Cámara fotográfica
- Botas
- Poncho de agua
- Binocular

2.3.2. Materiales de oficina

- Computadora
- Software ArcGis 10.3
- Impresora
- Hojas de papel bond
- Libreta

- Lápiz
- Calculadora

2.4. Metodología

2.4.1. Procedimiento para la ejecución del primer objetivo

Para elaborar el diagnóstico socio ambiental de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca de la zona se realizó el levantamiento de información geo-espacial de la zona de estudio para comprobar la situación actual de la cobertura boscosa y páramos; realizando visitas a distintos puntos especialmente a las zonas más altas de la microcuenca, se utilizó un GPS, de la misma manera una cámara fotográfica para obtener evidencia del trabajo realizado, es así como se obtuvo los datos de latitud y longitud, verificando la veracidad de los datos proporcionados por el GADPCH, y los datos obtenidos en los estudios anteriores realizados en esta zona referentes al tema ambiental.

Seguidamente, se realizó la revisión de información secundaria de los diferentes PDOT'S, bibliografía disponible en la red, así como el plan de manejo de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca disponible en el GADPCH, del cual se obtuvo las coberturas principales de la microcuenca, siendo estas el área poblada, área sin cobertura vegetal, páramo, plantación forestal y tierras agropecuarias; cabe recalcar que esta revisión bibliográfica evidenció la falta de información actualizada de la microcuenca.

Finalmente, se realizó una visita de campo a la zona que permitió destacar las vivencias de los diferentes pobladores de la microcuenca para de esta manera emitir un diagnóstico eficaz en cuanto a la realidad actual; es así como estos datos permitieron elaborar tablas con porcentajes de cada una de las coberturas que demuestran los cambios existentes en estos últimos años. Existen variaciones en las distintas áreas de la microcuenca que son positivas o negativas excepto en el área poblada la misma que posee un área constante en el periodo de estudio.

2.4.2. Procedimiento para la ejecución del segundo objetivo

En primer lugar, para cumplir el segundo objetivo, se realizó el análisis multispectral de los ecosistemas boscosos y páramos, utilizando la tecnología SIG durante el periodo 2016-2020, en la cual se delimitó la microcuenca teniendo como mapa base las imágenes satelitales obtenidas de la plataforma ESA del inglés *European Space Agency*. Posteriormente se realizó la conversión de formato ráster a vectorial con la ayuda del software ENVI, específicamente utilizando la herramienta *Extract*.

Cabe destacar que las imágenes satelitales actuales obtenidas para la zona estudio, no requieren de un preprocesamiento debido a que ya no requieren de una corrección geométrica, aunque si es necesaria una corrección atmosférica, en la cual se utilizó el software QGIS 3.16 con el *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*.

En segundo lugar, el procesamiento de imágenes satelitales se realizó mediante clasificación supervisada de imágenes satelitales con la aplicación del método de máxima verosimilitud, el cual etiqueta los píxeles con los parámetros de clasificación previamente definidos; para determinar las categorías existentes en el área se tomaron 200 puntos utilizando la metodología de Chuvieco de 1995, mismo que recomienda como mínimo 100 puntos de muestreo por categoría, generando las capas vectoriales de muestreo

En tercer lugar, se realizó la clasificación por medio del método de máxima verosimilitud mediante el cual obtuvo la clasificación de las coberturas y usos de suelo en formato ráster, como también se obtuvo las huellas espectrales o firmas generando un archivo ráster. Partiendo desde la obtención de la huellas espectrales o firmas que se detalla anteriormente, utilizando las herramientas de geoprocésamiento se pudo claramente delimitar el área de estudio.

En cuarto lugar, el proceso se enfocó en la delimitación de las áreas en función a los requerimientos de la investigación, ya que una vez validada la clasificación se procedió a convertir en archivo vectorial y se realizó el corte de capas en función al área estudiada, proceso que se repite para todos los años del periodo de estudio. Este procedimiento se realizó utilizando la herramienta de geoprocésamiento del ArcMap que extrae entidades de entrada que se superponen a las entidades del *clip*, de este modo es divisible que una vez delimitada la zona a tratar los relieves o aspectos de estudio se hacen evidentes.

En quinto lugar, se realizó el recorte de áreas de estudio mismas que se enlistan a continuación bajo la etiqueta de área poblada, área sin cobertura vegetal, bosque nativo, natural, páramo, plantación forestal, tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea.

En sexto lugar, se efectuó el análisis visual de la cobertura boscosa y páramos, comparando la situación de estos ecosistemas en relación al periodo 2016-2020. Delimitación de las áreas de cobertura boscosa y páramos; análisis multitemporal de la pérdida de cobertura boscosa y páramos de los periodos: (2016- 2017), (2017-2018), (2018-2019) y (2019-2020); esto permite una vista favorable en geo- información.

Finalmente, se estableció el índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI del inglés *Soild Adjusted Vegetation Index*), para lograr calcular este factor fue necesario relacionar la información de las bandas de vegetación dado que por medio de estas se permite establecer de una manera fácil la dinámica anual de la cobertura. Cada una de las ecuaciones fueron colocadas posteriormente en la calculadora Raster, la fórmula para el cálculo de este parámetro tan importante se muestra a continuación:

$$SAVI = ((NIR - R)/(NIR + R + L)) * (1 + L)$$

$$SAVI(Landsat 8) = ((B5 - B4) / (B5 + B4 + 0.5)) * (1.5)$$

$$SAVI(Landsat 4 - 7) = ((B4 - B3) / (B4 + B3 + 0.5)) * (1.5)$$

$$SAVI(Sentinel 2) = (B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.428) * (1.428)$$

2.4.3. Procedimiento para la ejecución del tercer objetivo

Para cumplir con el tercer objetivo, se procedió a sistematizar los datos obtenidos de la microcuenca, mediante estadística descriptiva para cada variable, referida a la distribución de las categorías obtenidas para cada uno de los datos representados de forma gráfica. Las mismas que ayudan a un análisis correcto, de tal modo que el área poblada evidencia no sufrir cambios por ende posee un valor constante de 4,23 has durante el periodo de estudio. Por otra parte, en el área sin cobertura vegetal existen cambios, es así que en el año 2016 se identifica un área de 2168,18 has; en el año 2017 tiene un área 1556,62 has; en el año 2018 tiene un área de 1187,49 has; en el año 2019 se estima 2050,76 has; finalmente en el año 2020 posee un área de 1378,86 has.

De la misma forma los datos pertenecientes a las coberturas restantes también sufrieron cambios, tal es el caso de los páramos, que poseen un área de 4332,44 has en el año 2016; 4025,87 has en el año 2017; 4465,74 has en el año 2018; 3955,45 has en el año 2019; 4176,33 has en el año 2020. Así mismo, las plantaciones forestales y tierras agropecuarias sufren variaciones en cuanto a sus áreas, debido a que el pico más alto en cuanto a las plantaciones es de 463,5 has en el año 2020, y en cuanto al punto más alto de tierras agropecuarias se dio en el año 2017 con 7988,4 has, seguido del año 2020 con 7962,28 has.

Por otro lado, se interpretaron los datos mediante un análisis completo de tablas y gráficas comparativas; además se realizó el cálculo de la tasa de cambio, utilizando el método que propone González en el año 2015, el cuál menciona que para realizar este cálculo se debe conocer la cantidad de superficie de las zonas que se va a analizar, teniendo como resultado un área total de estudio de 13985,19 ha; al mismo tiempo se realizó una descripción de contextos, eventos y

situaciones, tomando en consideración los datos obtenidos, la información existente y las experiencias de los habitantes de la microcuenca.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados

Como resultado de la metodología utilizada en esta investigación se establecieron los pasos y/o procedimientos a cumplir con en el desarrollo de todo este trabajo científico. Dicho eso y a manera se resultados a continuación se muestran explícitamente cada uno de los aspectos conseguidos durante el cumplimiento de los objetivos. Es importante señalar que cada uno de estos fue desarrollado en el software ArcMap de ESRI.

3.2. Diagnóstico socio ambiental de la microcuenca Atapo - Pomachaca

Primero, para elaborar el diagnóstico socio ambiental se realizó el levantamiento de información geoespacial de la microcuenca, dando como resultado las coordenadas geográficas (UTM) de la zona 17 M, 755244 E en X y 9767635 S en Y, a una elevación de 2800-4280 msnm, datos que fueron tomados en varios puntos de la microcuenca, y que fueron ratificados con los existentes en los estudios realizados por el GADPCH. (Ver Figura 1-3 y Figura 2-3).



Figura 1-3. Levantamiento de campo (GPS)

Realizado por: Siguenca Henry. 2022



Figura 2-3. Observación directa de la realidad en la microcuenca

Realizado por: Siguencia Henry. 2022

Segundo, las salidas de campo evidencian una socialización con los habitantes presentes en la zona baja de la microcuenca, charlas y conversaciones que evidenciaron la realidad de los habitantes, la realidad de los ecosistemas y las principales causas de la pérdida de la cobertura boscosa y los páramos; siendo así se efectuó el diagnóstico con los datos de las coberturas y las experiencias de los nativos de la zona. (Ver Figura 3-3)



Figura 3-3: Socializaciones con los habitantes

Realizado por: Siguencia Henry. 2022

Como resultado de la socialización se llega a la conclusión que la causa principal de estas pérdidas de cobertura vegetal se presenta por el avance de la frontera agrícola y la excesiva demanda de productos por el incremento de la población. De la misma manera los habitantes de la zona manifiestan que los cambios constantes referentes a la cobertura boscosa se dieron fundamentalmente gracias a los programas y proyectos ambientales, mismos que han aportado de manera eficiente en muchos de los casos.

Para concluir, con el diagnóstico socio ambiental de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca se determinan tablas, las mismas que indican las coberturas sobresalientes con su respectiva área durante el periodo de estudio (2016-2020). Resultados que se exponen a continuación en las tablas 1-3; 2-3; 3-3; 4-3; 5-3.

Tabla 1-3: Cobertura boscosa 2016

Cobertura 2016	Área (ha)
Área Poblada	4,23
Área sin Cobertura Vegetal	2168,18
Páramo	4332,44
Plantación Forestal	381,97
Tierras Agropecuarias	7098,37
	13985,19

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

Tabla 2-3: Cobertura boscosa 2017

Cobertura 2017	Área (ha)
Área Poblada	4,23
Área sin Cobertura Vegetal	1556,62
Páramo	4025,87
Plantación Forestal	410,07
Tierras Agropecuarias	7988,4
	13985,19

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

Tabla 3-3: Cobertura boscosa 2018

Cobertura 2018	Área (ha)
Área Poblada	4,23
Área sin Cobertura Vegetal	1187,49
Páramo	4465,74
Plantación Forestal	383,32
Tierras Agropecuarias	7944,41
	13985,19

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

Tabla 4-3: Cobertura boscosa 2019

Cobertura 2019	Área (ha)
Área Poblada	4,23
Área sin Cobertura Vegetal	2050,76
Páramo	3955,45
Plantación Forestal	326,14
Tierras Agropecuarias	7648,62
	13985,20

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

Tabla 5-3: Cobertura boscosa 2020

Cobertura 2020	Área (ha)
Área Poblada	4,23
Área sin Cobertura Vegetal	1378,86
Páramo	4176,33
Plantación Forestal	463,5
Tierras Agropecuarias	7962,28

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

En las tablas descritas; 1- 5 con anterioridad se establecen los valores numéricos de cada año de análisis con base en los parámetros de área poblada, área sin cobertura vegetal, páramo, plantación forestal y tierras agropecuarias.

3.3. Clasificación de la cobertura boscosa y páramos, índice SAVI, a partir de imágenes satelitales

3.3.1. Obtención de información preliminar

Como muestra la Figura 4–3, las imágenes Sentinel-2 se obtuvieron desde la plataforma *European Space Agency* (ESA) Copernicus de las fechas correspondientes a cada uno de los periodos a ser analizados, teniendo en cuenta que las imágenes sean de la época seca y tengan la mejor visibilidad posible para de esta manera conseguir información efectiva y con la que se pueda trabajar. Esta información se utilizó como referencia de la ubicación de la microcuenca para luego ser verificada con las imágenes de satélite.

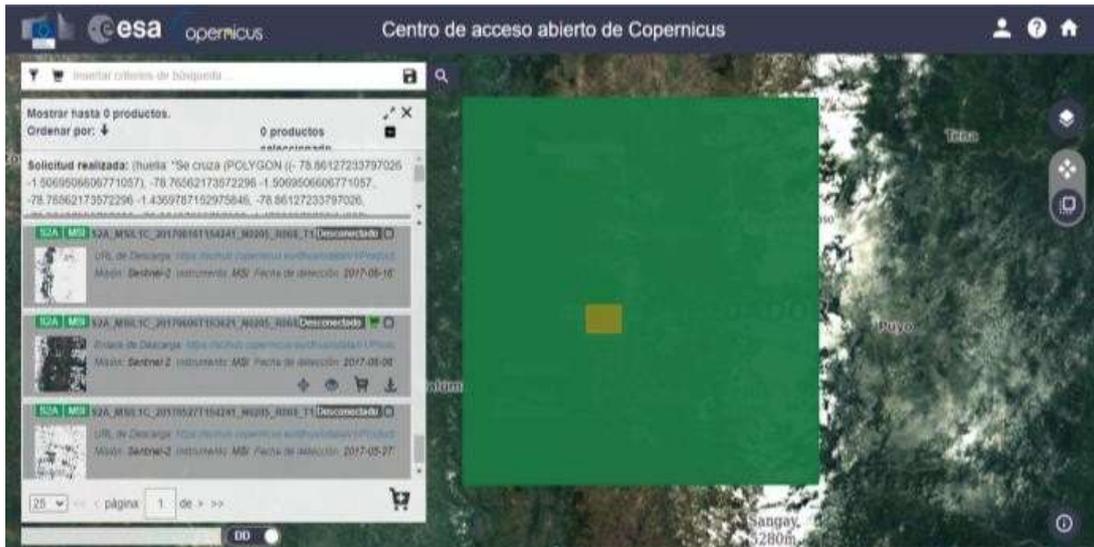


Figura 4-3. Imágenes Sentinel-2
Fuente: (Plataforma European Space Agency, 2021)

3.3.2. Resultado del preprocesamiento de imágenes satelitales

Las imágenes seleccionadas para el estudio proporcionadas por ESA Copernicus Level 1C incluyen datos corregidos de precisión por esta razón no fue necesaria una corrección geométrica ya que las imágenes se encuentran georreferenciadas al área de estudio. De tal modo se utilizó el software QGIS 3.16 con el *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), mediante este complemento se realizó la corrección atmosférica por el método Chávez. Se procedió a corregir el efecto de dispersión de energía electromagnética en las partículas de agua suspendidas en la atmósfera. (Ver Figura 5 - 3)



Figura 5-3. Corrección efecto de dispersión
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

3.3.3. Procesamiento de imágenes satelitales

Mediante procesos cartográficos entre las capas de cobertura, uso de tierras y mantos de áreas protegidas ambas proporcionadas por el MAE se identificó 9 categorías. Posteriormente se generó capas vectoriales de puntos de muestreo.

Para las áreas de menor extensión se estableció 100 puntos y en el caso de áreas de mayor extensión se establecieron entre 200 y 300, esto previos ensayos hasta obtener una clasificación que se ajuste a las necesidades del estudio. A cada categoría se le asignó valores de clase que van del 1 al 9 y se distribuyó de forma aleatoria en la imagen satelital tomando en consideración los píxeles que presenten similitud y correspondan a una misma clase tal como menciona. (Ver Figura 6-3)

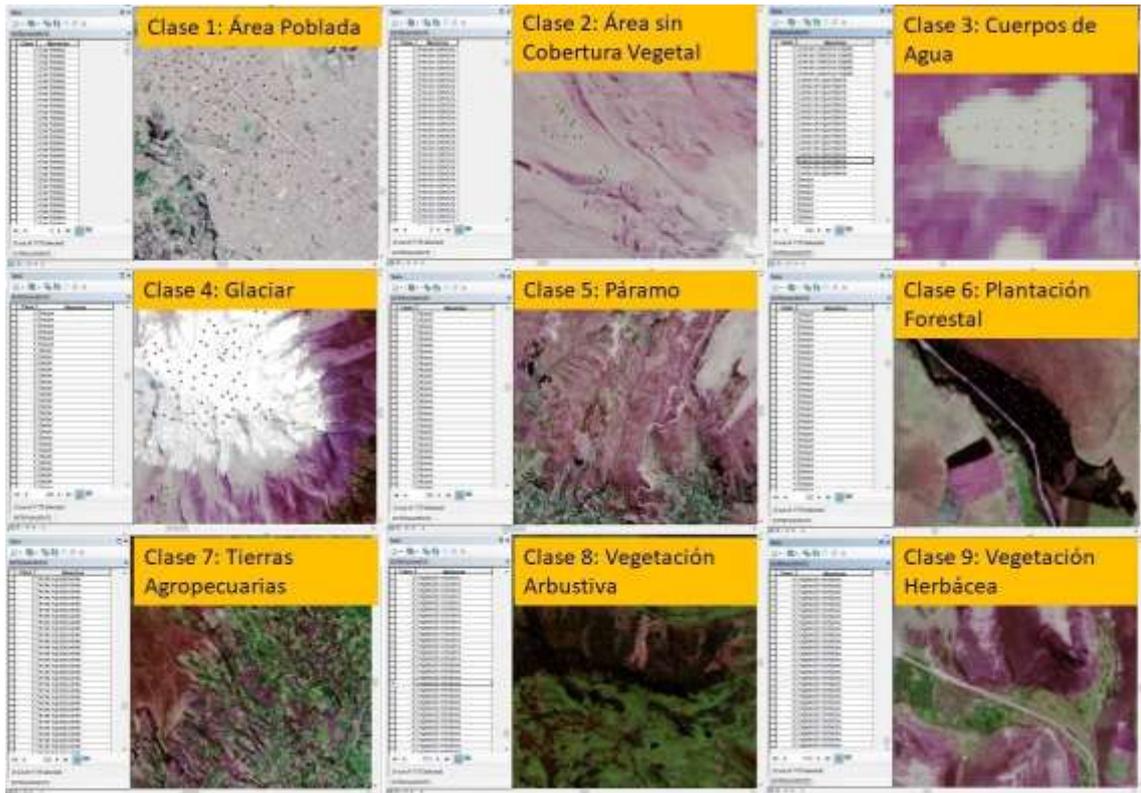


Figura 6-3. Asignación de puntos de muestreo
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

Seguidamente por medio de la herramienta *Create signatures* del software ArcGIS se procedió a extraer las firmas espectrales, luego con la herramienta *Maximum Likelihood Classification* (Clasificación de máxima verosimilitud) se obtuvo la clasificación de las coberturas y usos de suelo en formato ráster. Validada la clasificación se procedió a convertir a archivo vectorial y se realizó el corte de capas en función al área de estudio. Este proceso se repite para todos los años del periodo de estudio. (Ver Figura 7-3)

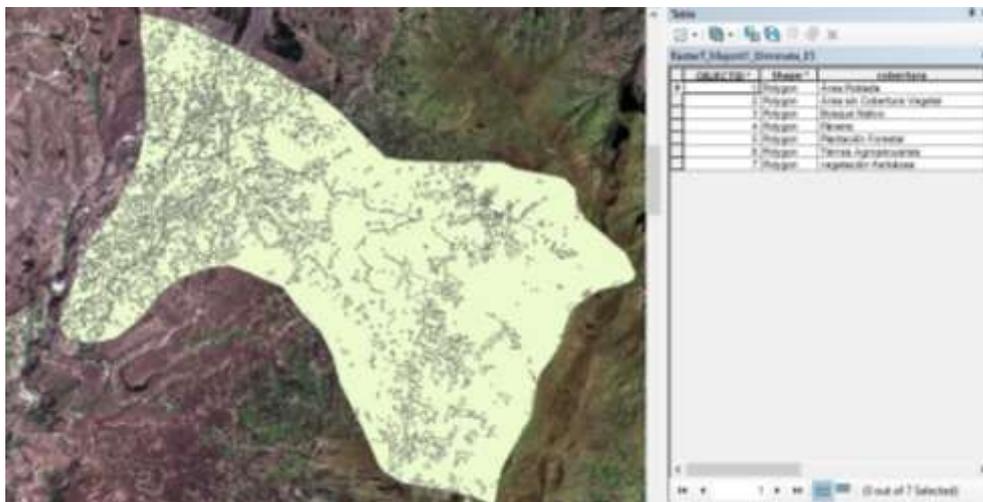


Figura 7-3 Clasificación de coberturas y uso de suelo
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

3.3.4. Clasificación mediante el método de máxima verosimilitud

Es importante recalcar que todo el proceso para la adecuación y delimitación de la zona de estudio en trascendental precisar el sistema de coordenadas proyectadas. De esta manera podemos definir las unidades de trabajo, para este caso particular la unidad de trabajo fue hectáreas. En consecuencia, se procedió agregar las capas de trabajo hasta delimitar el objetivo del presente trabajo de investigación, así como los parámetros que se desea abordar en el estudio planteado.

Con base en cada una de las herramientas de geoprocésamiento se pudo claramente delimitar el área de estudio. Partiendo desde la obtención de la huellas espectrales o firmas. Para dar continuidad fue necesario ejecutar la clasificación por medio de método de máxima verosimilitud. Este método se caracteriza por emplear los vectores de valor medio de la clase y las matrices de covarianza de un archivo de firma. Dando lugar a la creación de un archivo reaster.

La aplicación del método de máxima verosimilitud nos proporciona los siguientes resultados. Es menester acotar que después de los resultados la aplicación de un filtrado es una situación importante dado que de esta manera se obtiene un Reaster de mejor calidad. Como último paso en lista se efectuó la eliminación de polígonos que interferían con la asimilación de la información. (Ver Figura 8-3)

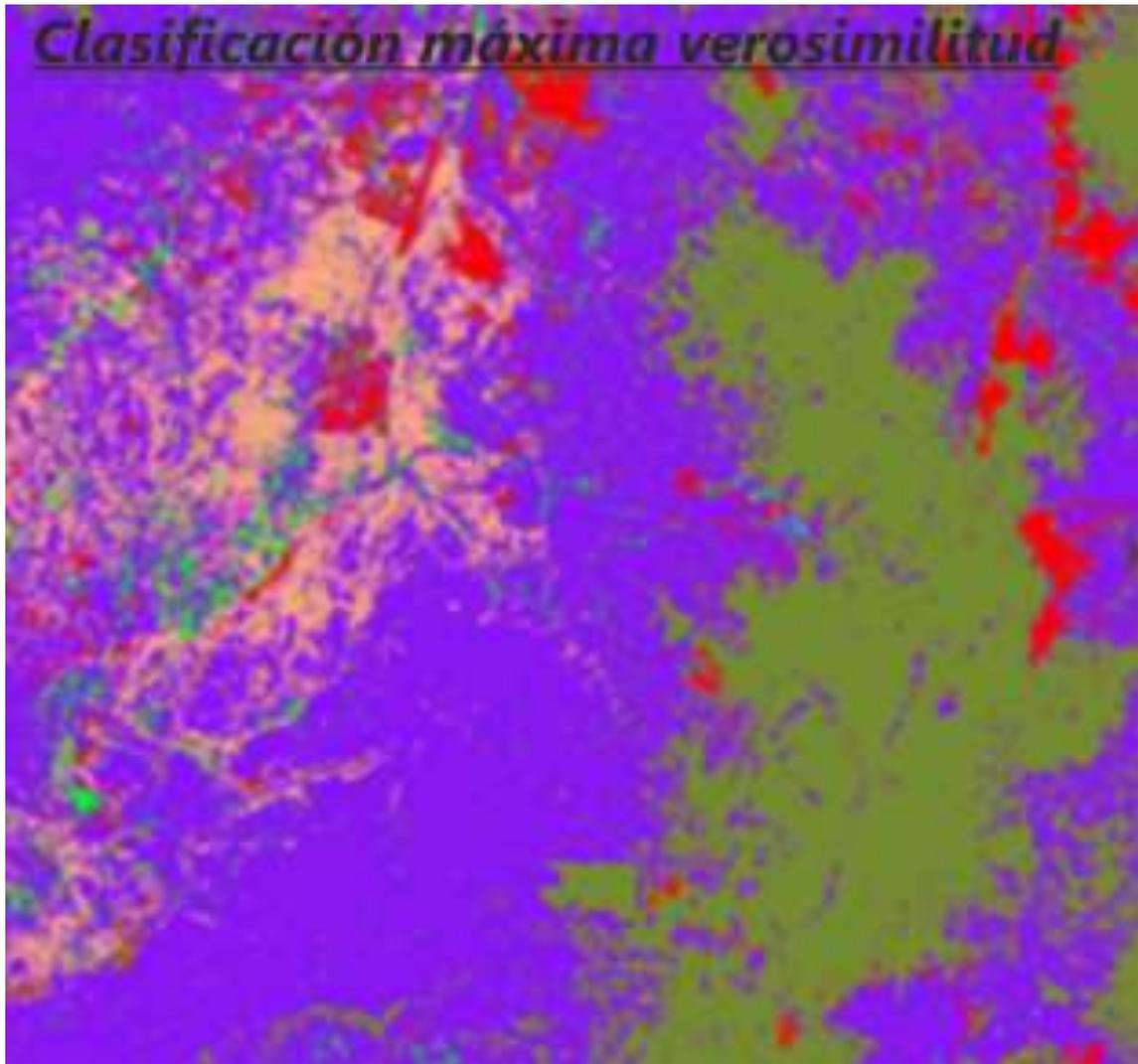


Figura 8-3. Resultado de método de máxima verosimilitud
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

Realizada la depuración fue necesario renombrar las clases, así como la disolución de clases con el propósito de establecer las asignaciones con las cuales se desea trabajar. Es necesario obtener información referente a la densidad relativa a las áreas boscosas con base en cartografía y uno del suelo tomado a partir de los datos del MAE. Una vez alcanzados los pasos anteriormente descritos se procede a la creación de la capa de muestreo, denotando cada aspecto bajo una coloración específica. (Ver Figura 9-3)



Figura 9-3. Zona de estudio
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

Como se muestra en la figura 10-3, se determinó los ecosistemas importantes de la microcuenca. La división se hace con base en Cod1: se le asigna valores de 1 al 5; Cod: se le asigna valores de 10 en 10 hasta el 50. Para posterior realización de la matriz cruzada. Así como el entrecruzamiento de los periodos (2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020). Y por último se hace el filtrado de atributos.

coberturas_2017				
	cob 2017	Area	cod2017 1	cod207 2
	Área Poblada	513,94	1	10
	Área sin Cob	1563,49	2	20
	Páramo	4044,99	3	30
	Plantación Fo	395,2	4	40
	Tierras Agrop	7467,57	5	50

Figura 10-3. División clases de coberturas
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

En consecuencia, las figuras descritas desde este punto representan los esquemas de colores de una manera propia, debido a que cada una representa un año distinto del periodo de estudio, es

decir cada una de ellas se muestra de manera única y estructurada ya que poseen valores sean positivos o negativos distintos.

Para empezar, se indican las particularidades respecto al análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos del año 2016. Área Poblada 4,23 hectáreas (has); área sin cobertura vegetal 2168,18 has; páramo 4332,44 has; plantación forestal 381,97 has; y tierras agropecuarias 7098,37 has. Dando un total de 13985,19 has. (Ver Figura 11-3)

A continuación, se detallan cada una de las particularidades respecto al análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos del año 2017. Área Poblada 4,23 hectáreas (has); área sin cobertura vegetal 1556,62 has; páramo 4025,87 has; plantación forestal 410,07 has; y tierras agropecuarias 7988,4 has. Dando un total de 13985,19 has. (Ver Figura 12-3)

Seguidamente, se puntualizan cada una de las particularidades respecto al análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos del año 2018. Área Poblada 4,23 hectáreas (has); área sin cobertura vegetal 1187,49 has; páramo 4465,74 has; plantación forestal 383,32 has; y tierras agropecuarias 7944,41 has. Dando un total de 13985,19 has. (Ver Figura 13-3)

Así mismo, se señalan cada una de las particularidades respecto al análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos del año 2019. Área Poblada 4,23 hectáreas (has); área sin cobertura vegetal 2050,76 has; páramo 3955,45 has; plantación forestal 326,14 has; y tierras agropecuarias 7648,62 has. Dando un total de 13985,19 has. (Ver Figura 14-3)

Por último, se determinan cada una de las particularidades respecto al análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos del año 2020. Área Poblada 4,23 hectáreas (has); área sin cobertura vegetal 1378,86 has; páramo 4176,33 has; plantación forestal 463,5 has; y tierras agropecuarias 7962,28 has. Dando un total de 13985,19 has. (Ver Figura 15-3)

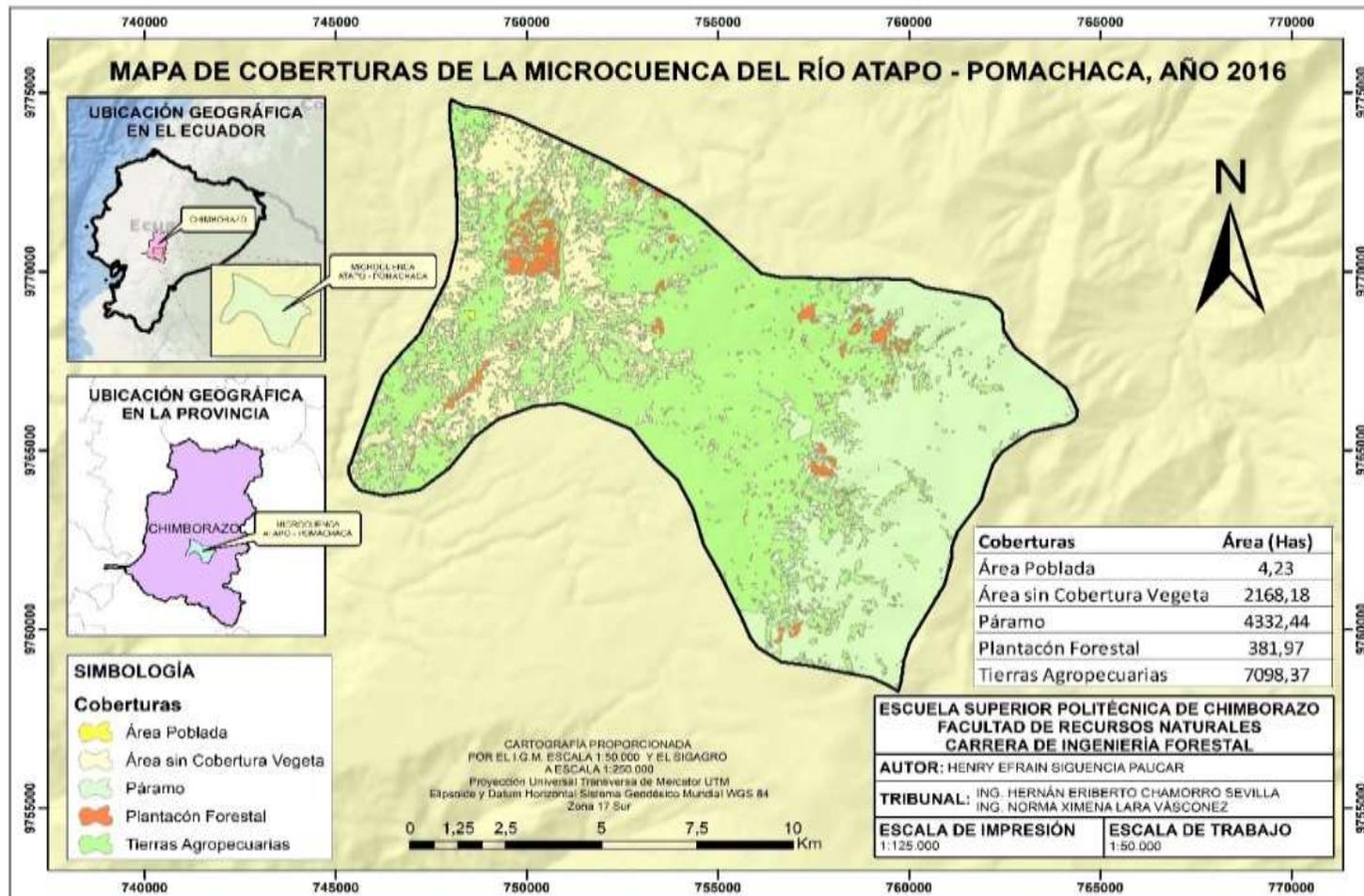


Figura 11-3. Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2016
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

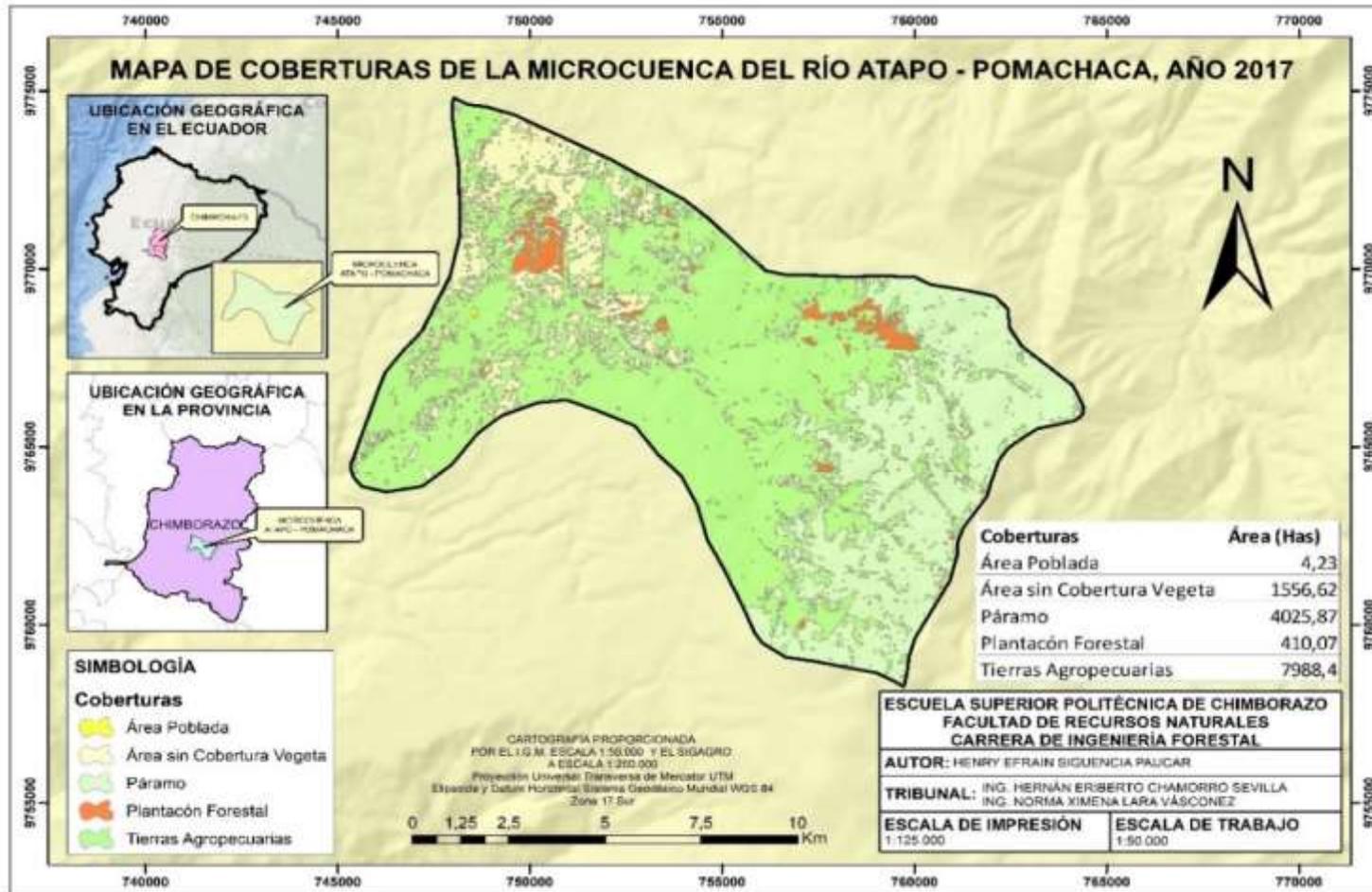


Figura 12-3. Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2017
Realizado por: Siguenca Henry, 2022

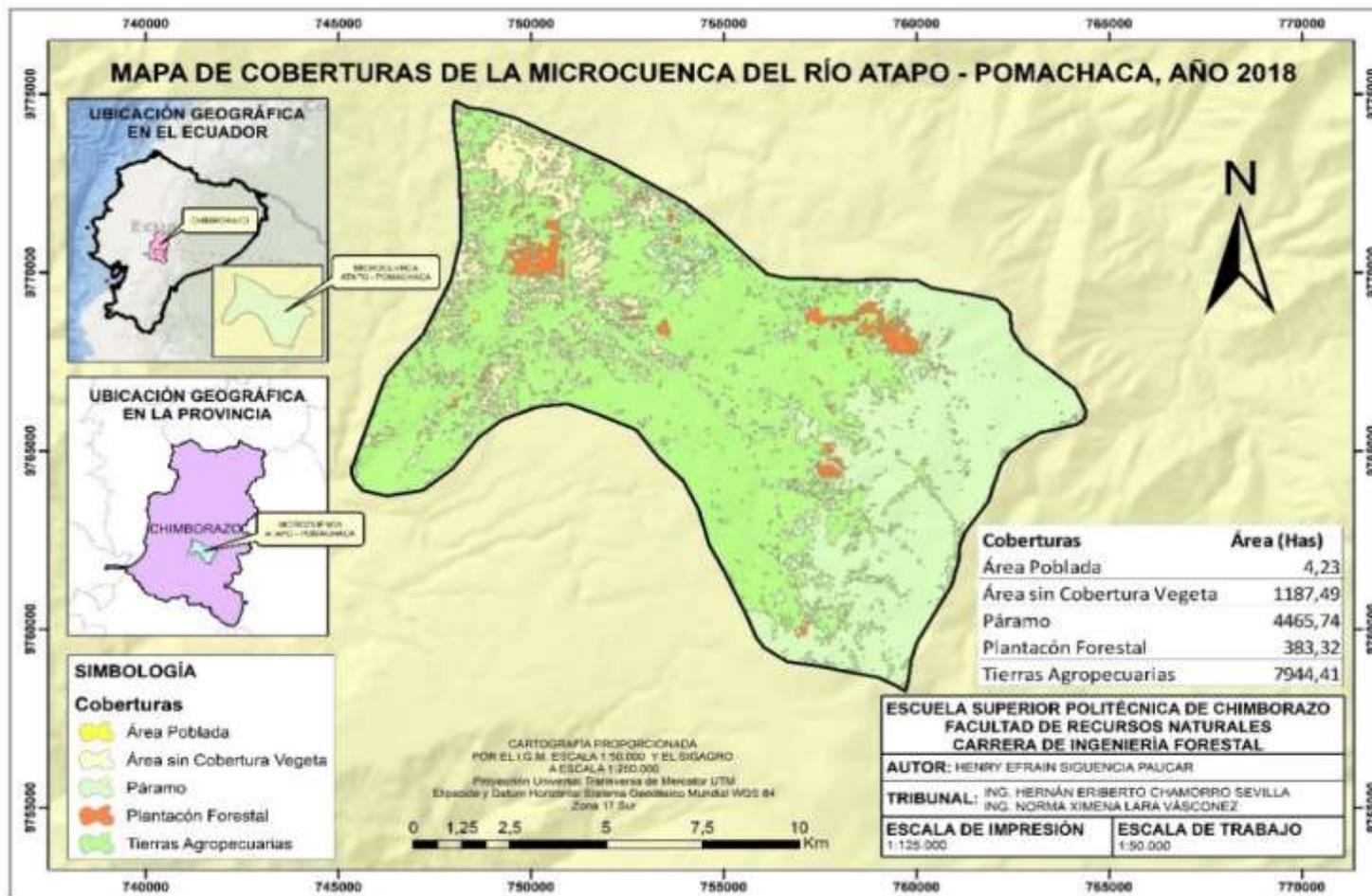


Figura 13-3. Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2018
Realizado por: Siguencia Henry, 2022

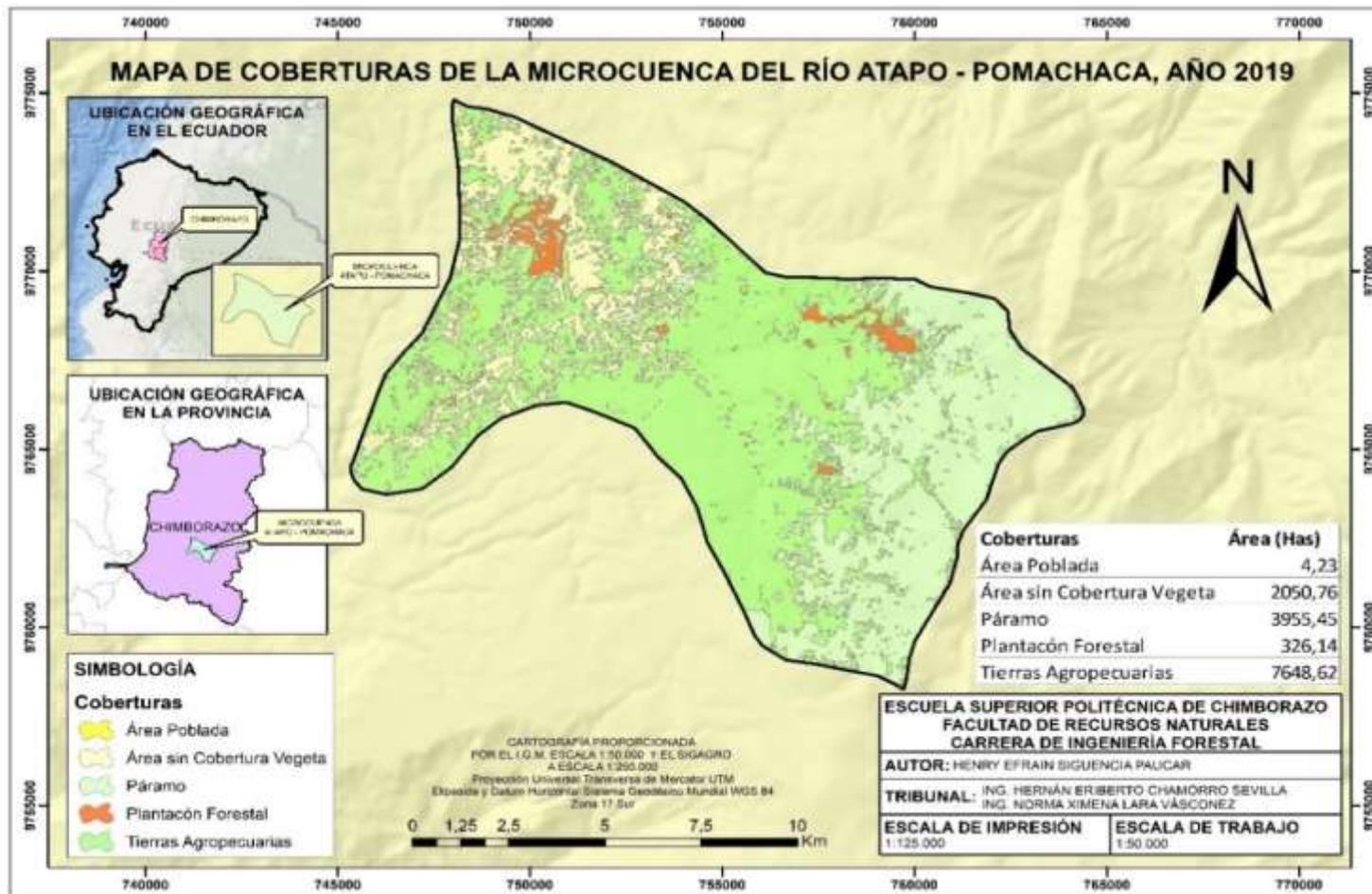


Figura 14-3. Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2019
Realizado por: Siguenca Henry, 2022

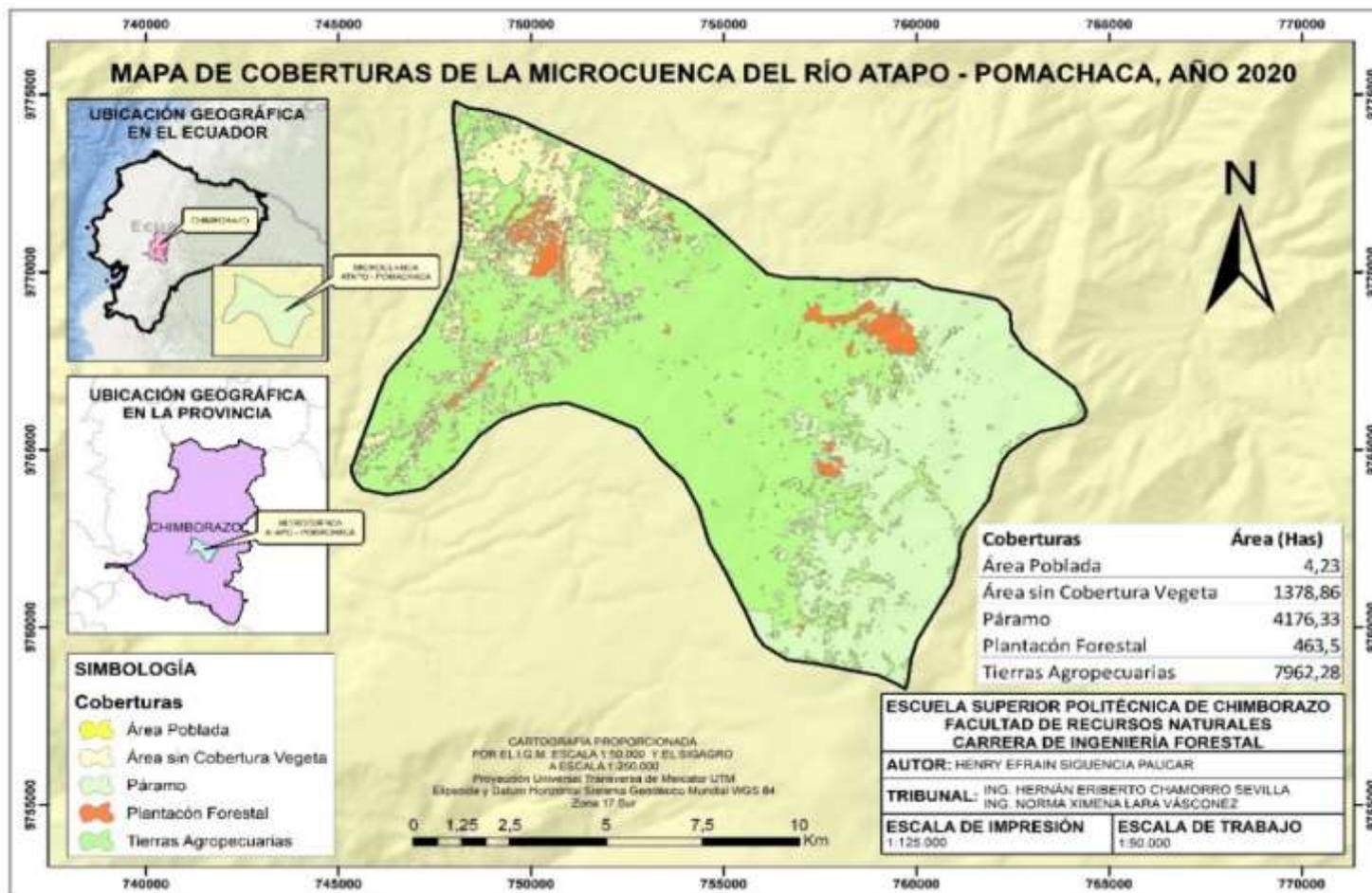


Figura 15-3. Mapa de la cobertura boscosa y páramos de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2020
 Realizado por: Siguencia Henry, 2022

3.3.5. Procedimiento para realizar el cálculo del índice SAVI

De manera complementaria al estudio se realizó el cálculo del índice SAVI, mismo que sirve para el análisis de zonas de baja densidad o cobertura vegetal (ayudando a identificar las mismas). Como resultado del cálculo del índice SAVI, se utilizó la calculadora ráster, en la que se ingresó la fórmula, generando un archivo ráster de resultado, que se graba en la base de datos ya creada. (Ver Figura 16-3)

De este modo se enlistan los mapas los cuáles identifican estas zonas en los años correspondientes al estudio. (Ver Figuras 17-3; 18-3; 19-3; 20-3; 21-3)

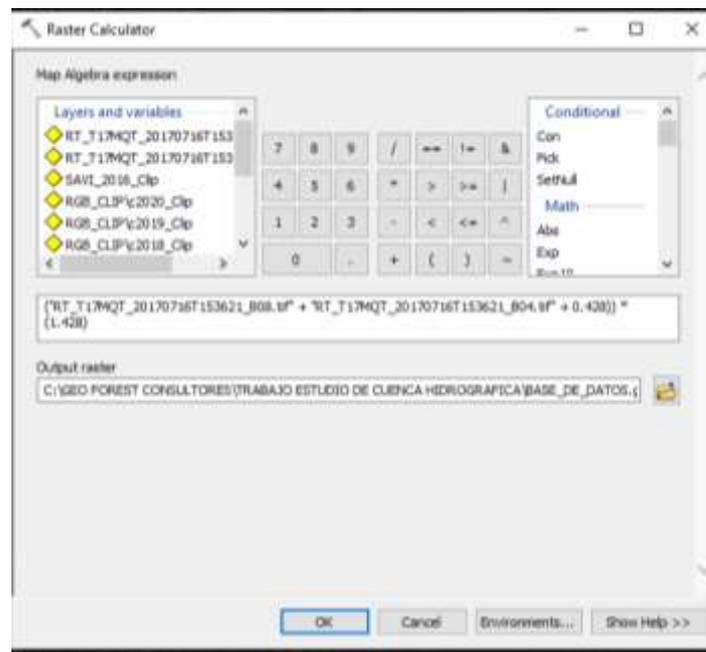


Figura 16-3. Calculadora ráster
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

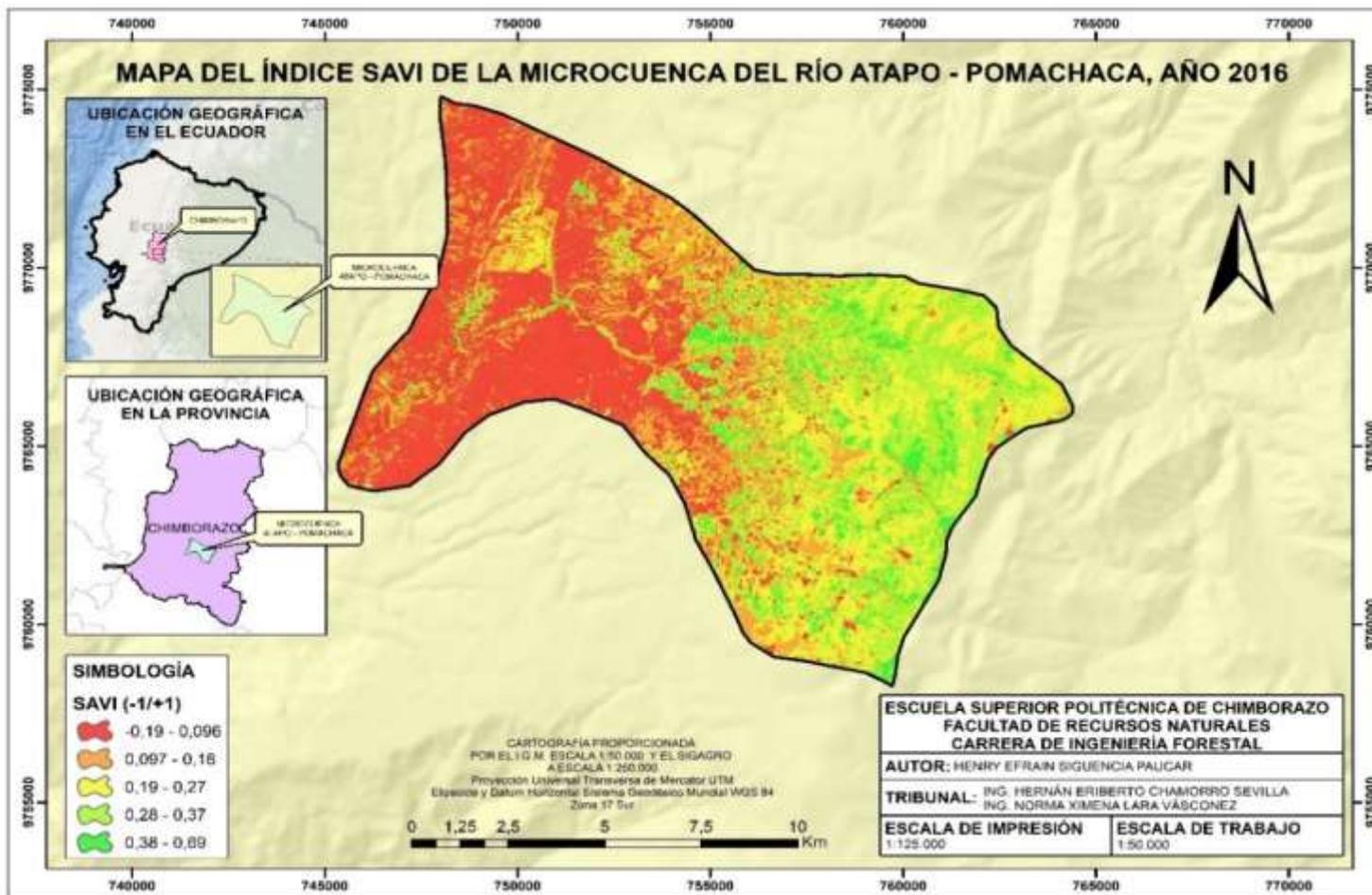


Figura 17-3. Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2016
Realizado por: Siguenca Henry, 2022

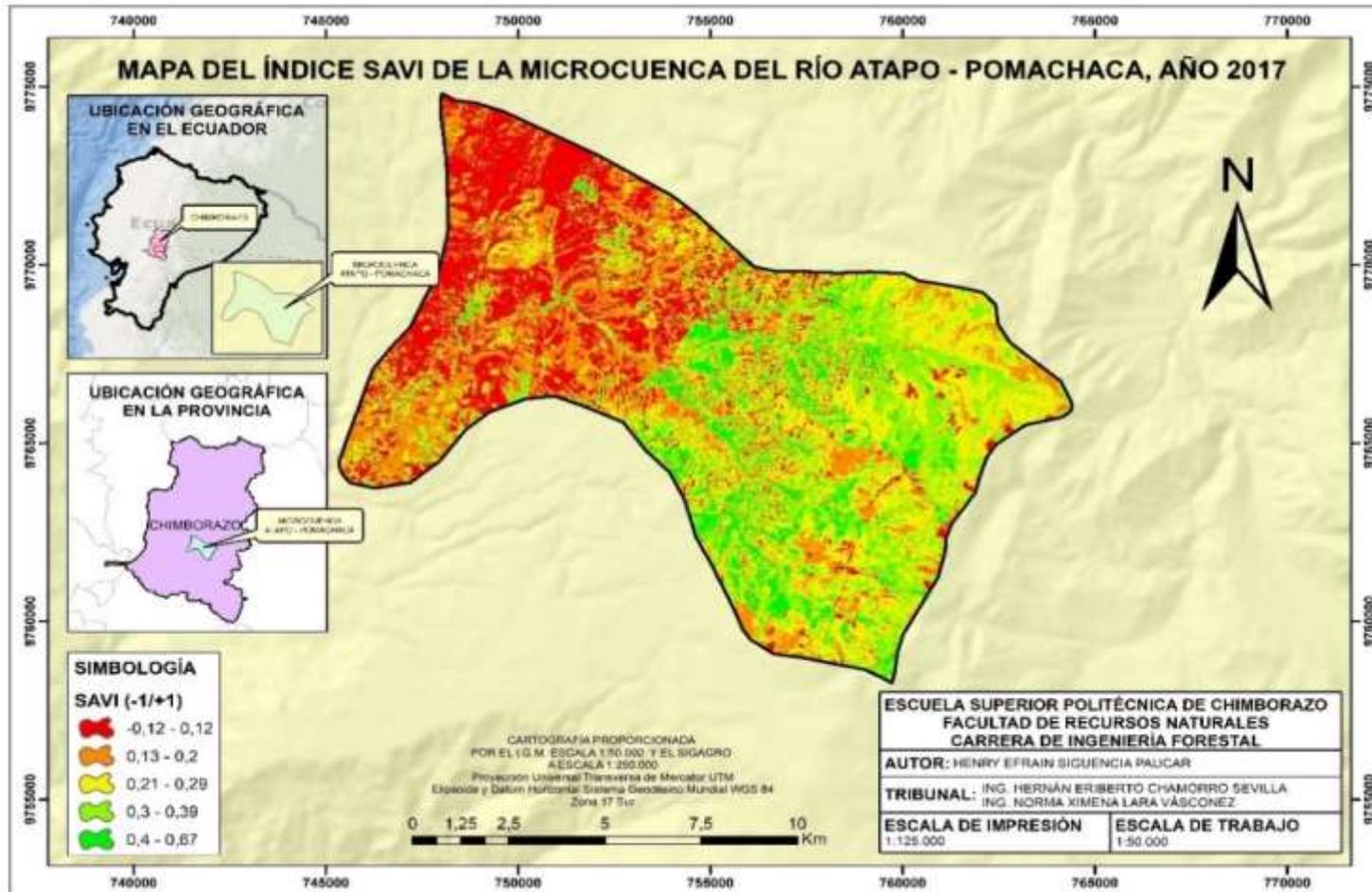


Figura 18-3. Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2017
Realizado por: Sigüencia Henry, 2022

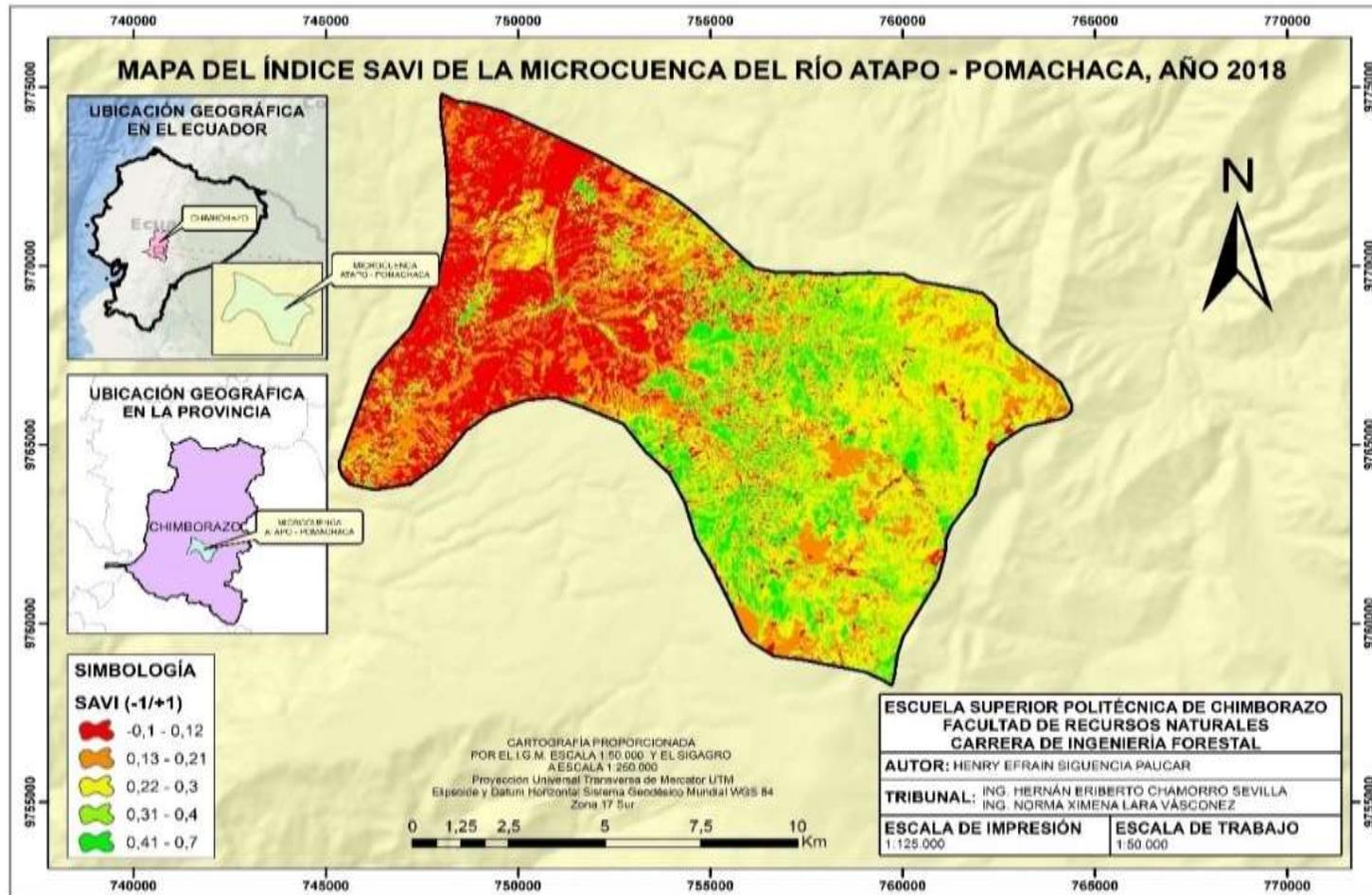


Figura 19-3. Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2018
 Realizado por: Siguenca Henry, 2022

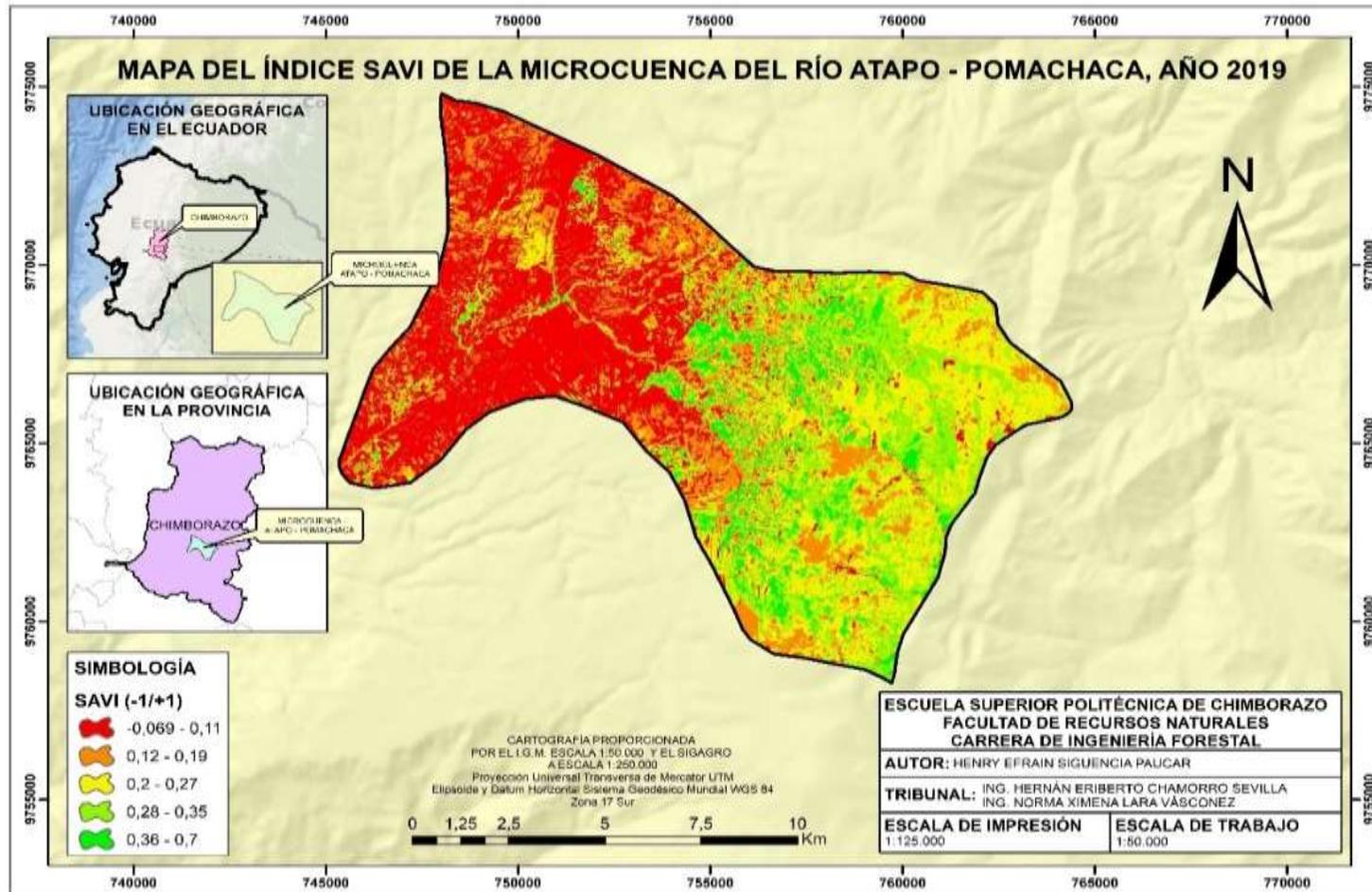


Figura 20-3. Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2019
 Realizado por: Siguenca Henry, 2022

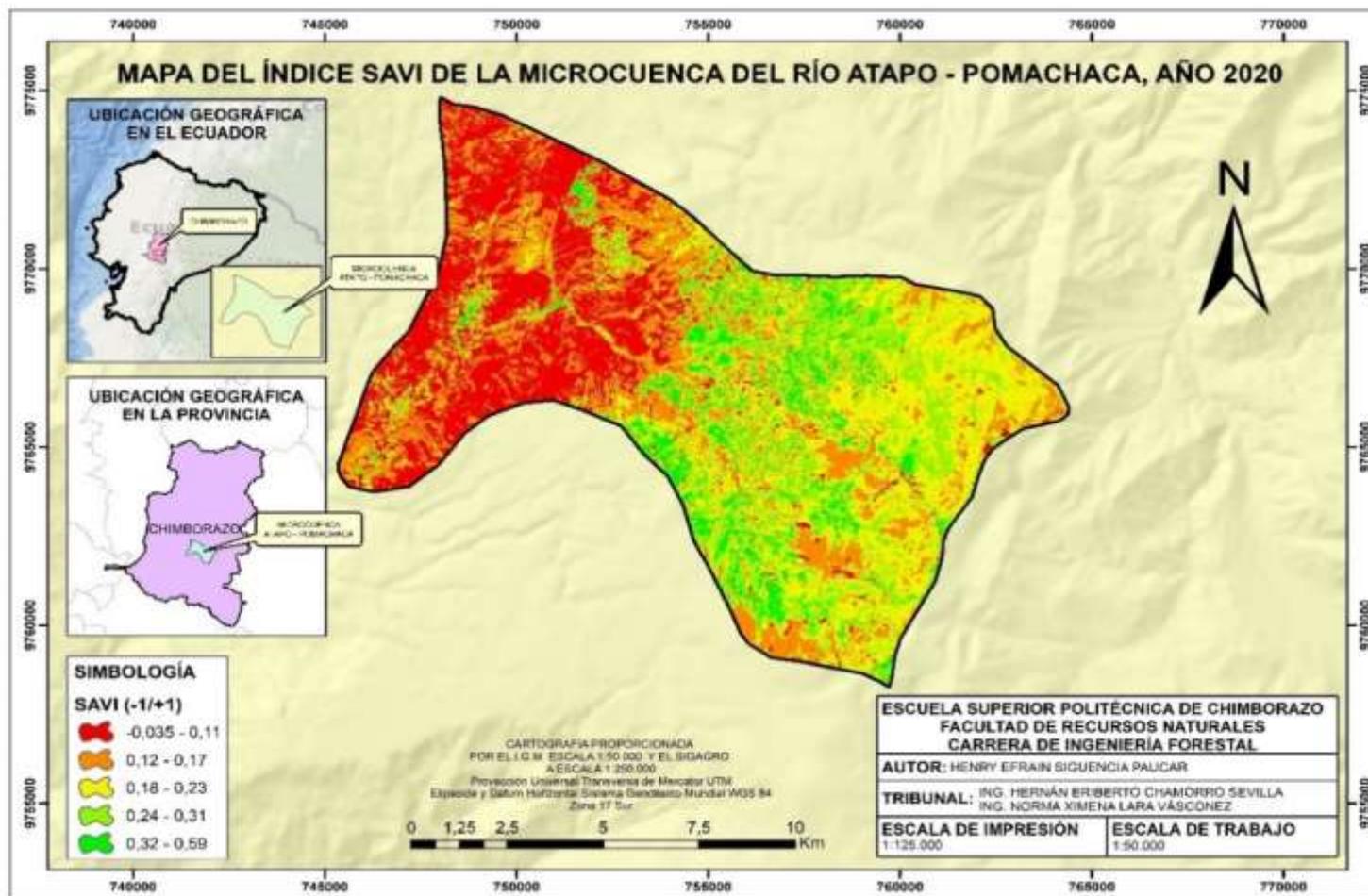


Figura 21-3. Índice SAVI de la microcuenca del Río Atapo-Pomachaca año 2020
Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022

3.4. Resultados de la ejecución del tercer objetivo

Con el propósito que su asimilación sea más efectiva es necesario realizar una comparación de figuras entre cada año respecto a un factor seleccionado, esta comparación se realizó en el tercer objetivo mismo que se fijó para analizar cada uno de los datos obtenidos. Cabe recalcar que el área poblada no muestra mayor cambio respecto a los años analizados, por ende, no gozará de una representación.

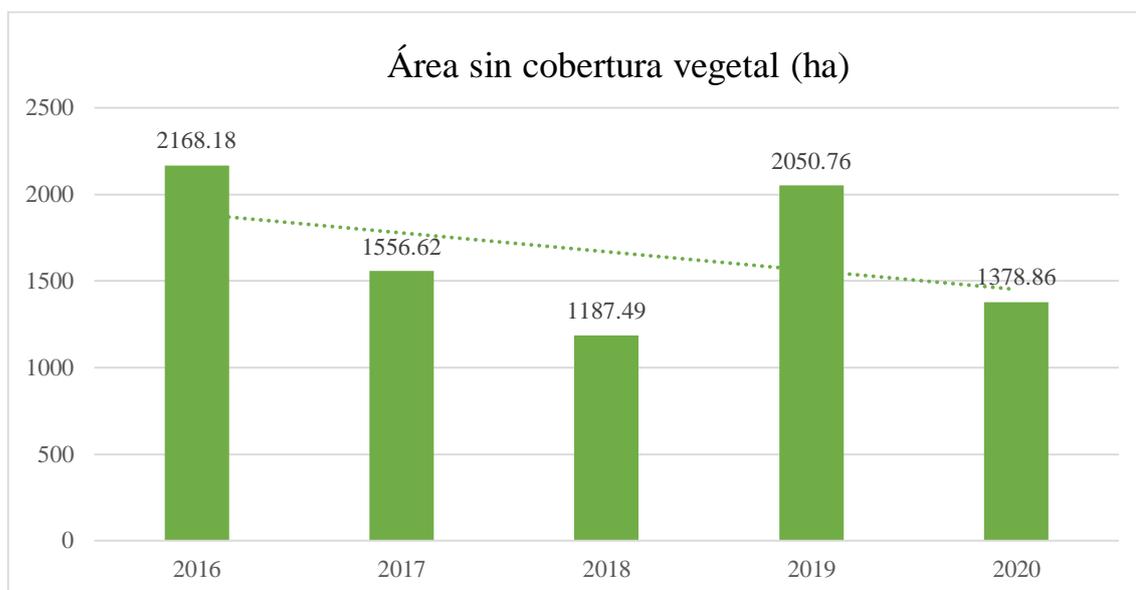


Gráfico 1-3. Área sin cobertura vegetal

Realizado por: Henry E., Siguencia P. 2022.

Como se observa en la Figura 22-3, es fácil comprender la línea de tendencia, debido a que el área de cobertura vegetal se ha visto reducida notablemente en referencia al año en el que se inicia el estudio (2016). Para el caso del año 2019, se muestra un incremento considerable respecto a los años 2017 y 2018; este incremento de cobertura vegetal se dio debido a la falta de proyectos y programas tanto de las autoridades locales como nacionales. El año con mayor presencia de cobertura vegetal fue el 2016.

En cuanto a los páramos, en el año 2018 se manifiesta una mayor pronunciación de páramos con un valor casi similar al evidenciado en el 2016 esto debido a que años anteriores al mencionado, se beneficiaron de los diferentes programas de conservación existentes en el gobierno anterior según manifestaron los habitantes los cuales se sintieron beneficiados. En lo que respecta a los años 2017 y 2019 estos muestran una cantidad totalmente reducida en relación a los demás años analizados, esto principalmente por el avance de la frontera agrícola. (Ver Figura 23-3)

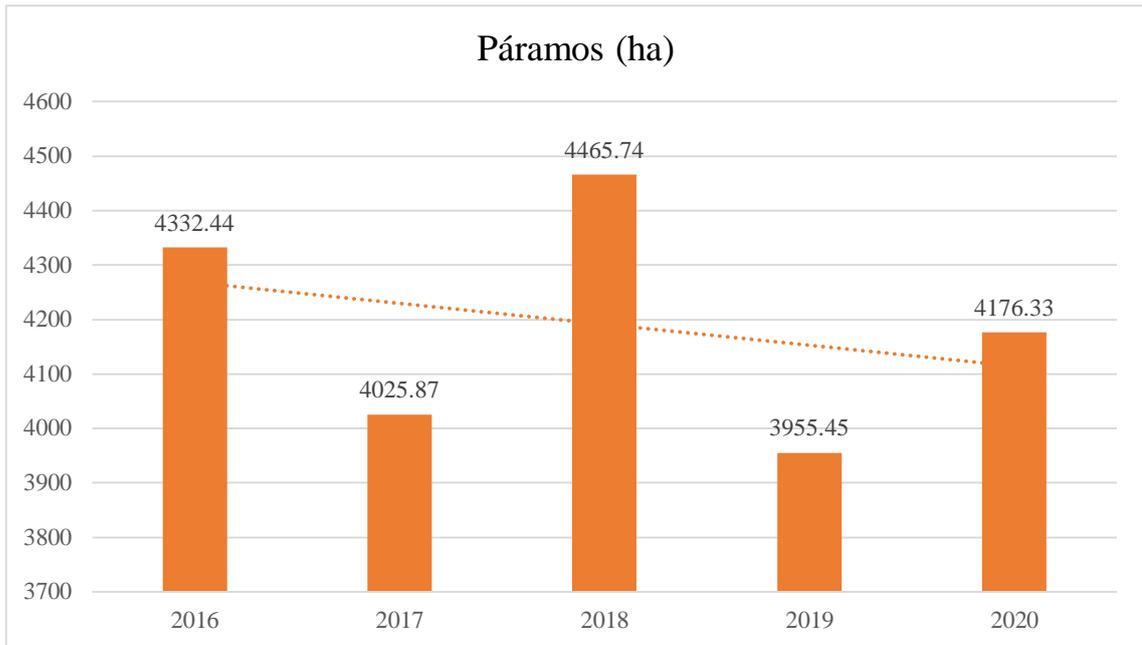


Gráfico 2-3. Páramos

Realizado por: Henry E., Sigüencia P. 2022.

La plantación forestal se encuentra en un punto fuerte dado que durante todos los años esta se mantuvo casi constante a excepción del año 2019. Este en particular mostró un decremento considerable respecto a los anteriores. El año que presentó mayor evidencia fue el 2020. Este incremento se dio también a la presencia de programas anteriores como fue el caso de Socio Bosque. (Ver Figura 24-3)

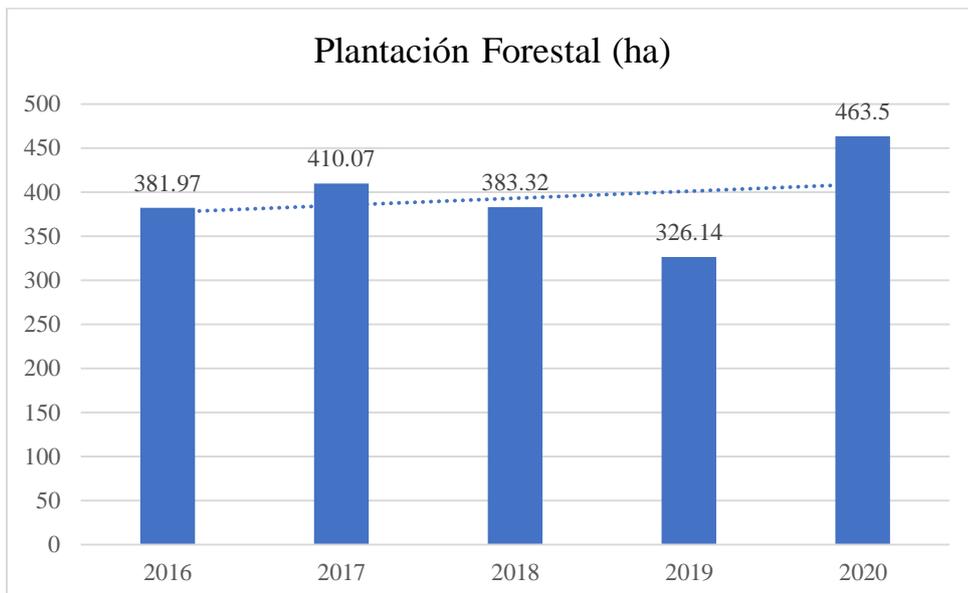


Gráfico 3-3. Plantación forestal

Realizado por: Henry E., Sigüencia P. 2022.

Como muestra la Figura 25-3, las tierras agropecuarias se mantuvieron en su punto más bajo en el año 2016, los años 2017, 2018 y 2020 se mantuvieron casi uniformes. Se puede aludir que en contraste con los anteriores parámetros estos son más estables en función del tiempo, poniendo énfasis en esta variable ya que, es la que interviene en el cambio de los diferentes ecosistemas, debido a que el avance de la frontera agrícola causa tanto, la pérdida de cobertura boscosa, pérdida de los páramos, causa desertificación, de la manera que también influye en la escasez de los recursos hídricos, carencias que no solo la microcuenca tratada sufre, sino la provincia de Chimborazo en general.

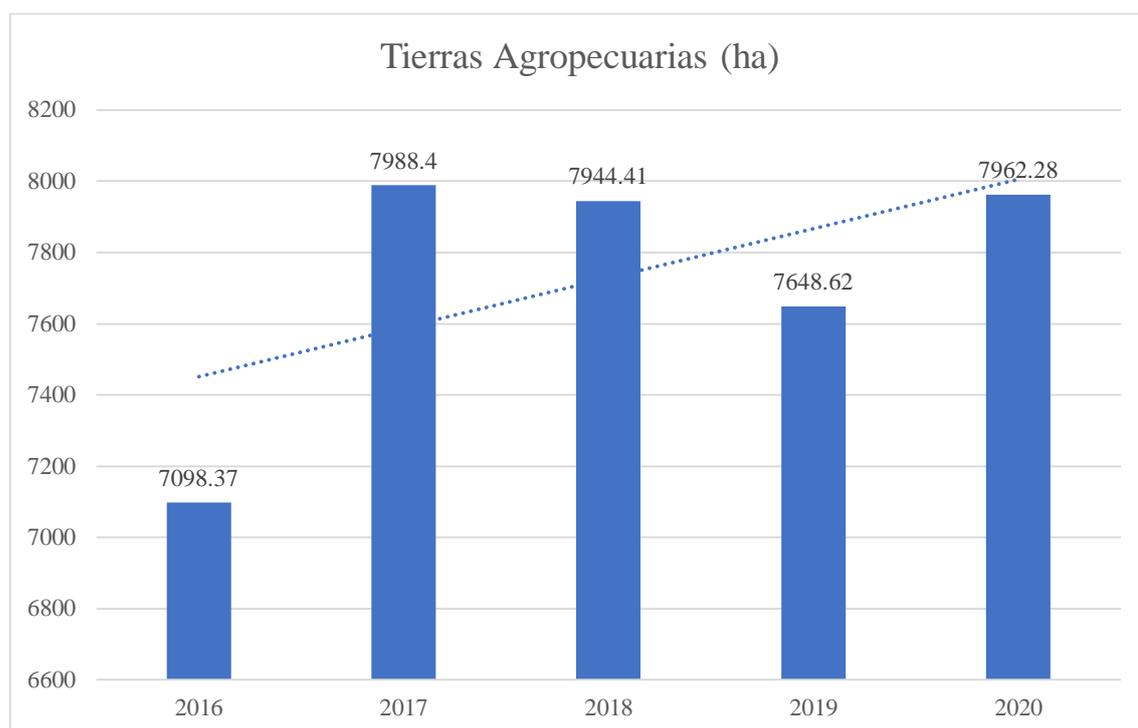


Gráfico 4-3. Tierras agropecuarias

Realizado por: Henry E., Siguencia P. 2022.

Continuando con el desarrollo del trabajo de investigación es tiempo de asimilar la información concerniente al análisis multitemporal de los ecosistemas boscosos en el periodo 2016 hasta el 2020. Las capas vectoriales de puntos de muestreo son procesados desde un modelo vectorial orientado al modelo ráster; de esta manera los datos son más fáciles de analizar para su posterior asimilación.

Luego de realizar las evaluaciones para los diferentes años, se calcularon tablas concernientes a cada año de análisis, el estudio fue realizado con base en las áreas de capacitación y áreas de verificación; a través de estas tablas obtenemos: precisión de clasificación e índice savi, con lo cual confirmamos la clasificación y calculamos la cobertura anual para el desarrollo del mapa

objetivo del área cubierta por el estudio sobre un área de 13985,19 hectáreas (valor total dispuesto para el análisis). A continuación se detalla de manera visual cada uno de los puntos acotados.

Desde este punto en adelante es necesario mencionar que se aplicaran las mismas comparaciones para los años subsiguientes; 2017-2018; 2018-2019;2019-2020 respectivamente.

Observando la Tabla 6-3, la categoría área poblada no se evidencia cambios en ninguno de los períodos. Para el año 2016 de 2168,18 has de área sin cobertura vegetal, se muestran cambios respecto al año 2017; sufrió un cambio hacia el páramo de 68,54 has; 10,85 has fue ocupado por plantaciones forestales y finalmente reportándose un valor alto de cambio con 952,94 has es decir que se convirtió en uso agrícola. Es importante señalar que 1135, 84 has no han sufrido cambios.

Lo mismo ocurre con los Páramos se reportó un total de 4332,44 has para el año 2016. Se observa cambios para el año 2017 reportándose 6,37 has de cambio a área sin cobertura vegetal; 41,55 has a plantaciones forestales; 670 a tierras agrícola. No se evidencia un cambio 3614, 52 has para este periodo. Para el caso de las plantaciones forestales se reporta un total de 381,97 has, de estas se observa cambios de 10,75 has a área sin cobertura vegetal; 29,09 has a páramo; 111,31 has fue ocupado por uso agrícola. Alrededor de 230,82 has no muestras cambios.

Finalmente, en tierras agrícolas o agropecuarias se identificó 7098, 37 has para el año 2016, de esto para el año 2017 se evidencia cambios con 403,66 has que paso a formar parte de áreas sin cobertura vegetal; 313,71 a páramo; 126,85 a plantaciones forestales y finalmente no sufrió cambios un total de 6254,15 has.

Tabla 6-3: Matriz de cambio comparación años 2016-2017

		2017								
Cobertura/código		Área Poblada	Área sin Cobertura Vegetal	Páramo	Plantación Forestal	Tierras Agropecuarias	Total	Pérdida		
		10	20	30	40	50				
2016	Área Poblada	1	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	0,00	
	Área sin Cobertura Vegetal	2	0,00	1135,84	68,54	10,85	952,94	2168,18	1032,34	
	Páramo	3	0,00	6,37	3614,52	41,55	670,00	4332,44	717,92	
	Plantación Forestal	4	0,00	10,75	29,09	230,82	111,31	381,97	151,15	
	Tierras Agropecuarias	5	0,00	403,66	313,71	126,85	6254,15	7098,37	844,22	
	Total			4,23	1556,62	4025,87	410,07	7988,40	13985,19	2745,63
	Ganancia			0,00	420,78	411,35	179,26	1734,25	2745,63	5491,27

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

La tabla 7-3 evidencia que, para el año 2017 de 1556,62 has de área sin cobertura vegetal, se muestran cambios respecto al año 2018; sufrió un cambio hacia el páramo de 49,09 has; 9,04 has fue ocupado por plantaciones forestales y finalmente reportándose un valor de 604,22 has para el uso agrícola. Es importante señalar que 894,27 has no han sufrido cambios.

Lo mismo ocurre con los Páramos se reportó un total de 4025,87 has para el año 2017. Se observa cambios para el año 2018 reportándose 5,69 has de cambio a área sin cobertura vegetal; 22,00 has a plantaciones forestales; 239,43 a tierras agrícolas. No se evidencia un cambio 3758,74 has para este periodo.

Para el caso de las plantaciones forestales se reporta un total de 381,97 has, de estas se observa cambios de 1,18 has a área sin cobertura vegetal; 27,86 has a páramo; 96,13 has fue ocupado por uso agrícola. Alrededor de 284,91 has no muestran cambios. Finalmente, en tierras agrícolas o agropecuarias se identificó 7988,4 has para el año 2017, de esto para el año 2018 se evidencia cambios con 286,35 has que paso a formar parte de áreas sin cobertura vegetal; 630,05 a páramo; 67,37 a plantaciones forestales y finalmente no sufrió cambios un total de 7004,63 has.

Tabla 7-3: Matriz de cambio comparación años 2017-2018

Cobertura/código		2018					Total	Pérdida		
		Área Poblada 10	Área sin Cobertura Vegetal 20	Páramo 30	Plantación Forestal 40	Tierras Agropecuarias 50				
2017	Área Poblada	1	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	0,00	
	Área sin Cobertura Vegetal	2	0,00	894,27	49,09	9,04	604,22	1556,62	662,36	
	Páramo	3	0,00	5,69	3758,74	22,00	239,43	4025,87	267,13	
	Plantación Forestal	4	0,00	1,18	27,86	284,91	96,13	410,07	125,16	
	Tierras Agropecuarias	5	0,00	286,35	630,05	67,37	7004,63	7988,398	983,77	
	Total			4,23	1187,49	4465,74	383,32	7944,41	13985,19	2038,41
	Ganancia			0,00	293,22	707,00	98,41	939,78	2038,41	4076,82

Realizado por: Siguencia, Henry, 2022.

Como muestra la Tabla 8-3, en el año 2018 de 1187,49 has de área sin cobertura vegetal, se muestran cambios respecto al año 2019; sufrió un cambio hacia el páramo de 1,32 has; 0,34 has fue ocupado por plantaciones forestales y finalmente reportándose un valor de 348,13 has para el uso agrícola. Es importante señalar que 8837,70 has no han sufrido cambios.

Lo mismo ocurre con los Páramos se reportó un total de 4465,74 has para el año 2018. Se observa cambios para el año 2019 reportándose 134,14 has de cambio a área sin cobertura vegetal; 4,15 has a plantaciones forestales; 561,54 a tierras agrícola. No se evidencia un cambio 3765,91 has para este periodo.

Para el caso de las plantaciones forestales se reporta un total de 383,32 has, de estas se observa cambios de 19,19 has a área sin cobertura vegetal; 29,39 has a páramo; 120,46 has fue ocupado por uso agrícola. Alrededor de 214,29 has no muestran cambios. Finalmente, en tierras agrícolas o agropecuarias se identificó 7944,41 has para el año 2018, de esto para el año 2019 se evidencia cambios con 1059,73 has que paso a formar parte de áreas sin cobertura vegetal; 158,82 a páramo; 107,36 a plantaciones forestales y finalmente no sufrió cambios un total de 6618,49 has.

Tabla 8-3: Matriz de cambio comparación años 2018-2019

Cobertura/código		2019					Total	Pérdida		
		Área Poblada 10	Área sin Cobertura Vegetal 20	Páramo 30	Plantación Forestal 40	Tierras Agropecuarias 50				
2018	Área Poblada	1	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	0,00	
	Área sin Cobertura Vegetal	2	0,00	837,70	1,32	0,34	348,13	1187,49	349,79	
	Páramo	3	0,00	134,14	3765,91	4,15	561,54	4465,74	699,83	
	Plantación Forestal	4	0,00	19,19	29,39	214,29	120,46	383,32	169,03	
	Tierras Agropecuarias	5	0,00	1059,73	158,82	107,36	6618,49	7944,408	1325,92	
	Total			4,23	2050,76	3955,45	326,14	7648,62	13985,19	2544,57
	Ganancia			0,00	1213,06	189,54	111,84	1030,13	2544,57	5089,13

Realizado por: Siguencia, Henry, 2022.

Observamos en la Tabla 9-3, que en el año 2019 de 2050,76 has de área sin cobertura vegetal, se muestran cambios respecto al año 2020; sufrió un cambio hacia el páramo de 54,65 has; 33,68 has fue ocupado por plantaciones forestales y finalmente reportándose un valor de 953,93 has para el uso agrícola. Es importante señalar que 1008,49 has no han sufrido cambios.

Lo mismo ocurre con los Páramos se reportó un total de 3955,45 has para el año 2019. Se observa cambios para el año 2020 reportándose 4,88 has de cambio a área sin cobertura vegetal; 19,70 has a plantaciones forestales; 205,27 a tierras agrícola. No se evidencia un cambio 3725, 60 has para este periodo.

Para el caso de las plantaciones forestales se reporta un total de 326,14 has, de estas se observa cambios de 11,24 has a área sin cobertura vegetal; 10,09 has a páramo; 27,89 has fue ocupado por uso agrícola. Alrededor de 276,92 has no muestran cambios.

Finalmente, en tierras agrícolas o agropecuarias se identificó 7648, 62 has para el año 2019, de esto para el año 2020 se evidencia cambios con 354,25 has que paso a formar parte de áreas sin cobertura vegetal; 385,99 a páramo; 133,20 a plantaciones forestales y finalmente no sufrió cambios un total de 6775,19 has.

Tabla 9-3: Matriz de cambio comparación años 2019-2020

Cobertura/código		2020							
		Área Poblada	Área sin Cobertura Vegetal	Páramo	Plantación Forestal	Tierras Agropecuarias	Total	Pérdida	
		10	20	30	40	50			
2019	Área Poblada	1	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	0,00
	Área sin Cobertura Vegetal	2	0,00	1008,49	54,65	33,68	953,93	2050,76	1042,26
	Páramo	3	0,00	4,88	3725,60	19,70	205,27	3955,45	229,85
	Plantación Forestal	4	0,00	11,24	10,09	276,92	27,89	326,14	49,22
	Tierras Agropecuarias	5	0,00	354,25	385,99	133,20	6775,19	7648,62	873,43
	Total		4,23	1378,86	4176,33	463,50	7962,28	13985,19	2194,77
	Ganancia		0,00	370,36	450,73	186,58	1187,09	2194,77	4389,54

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

A continuación, se presenta la matriz de variación.

Tabla 10-3: Matriz variación 2016-2017

Coberturas	Cobertura				variación	Tasa de cambio
	2016	%	2017	%		
Área Poblada	4,23	0,03%	4,23	0,03%	0,00	0,00%
Área sin Cobertura Vegetal	2168,18	15,50%	1556,62	11,13%	-611,56	-28,21%
Páramo	4332,44	30,98%	4025,87	28,79%	-306,57	-7,08%
Plantación Forestal	381,97	2,73%	410,07	2,93%	28,10	7,36%
Tierras Agropecuarias	7098,37	50,76%	7988,4	57,12%	890,03	12,54%
Total	13985,19	100,00%	13985,19	100,00%	0,00	

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

En la tabla anterior (Tabla 10-3), se identifica variaciones considerables en el primer periodo; siendo así que en la categoría área sin cobertura vegetal se evidencia una pérdida total de 611,56 has con una tasa de cambio del -28,21 % respecto al área total de la categoría. En la categoría páramo se muestra una pérdida de 306,57 has con una tasa de cambio de -7,08%.

Por otro lado, se reporta valores positivos de ganancia o formación de coberturas, en consecuencia; en plantaciones forestales se obtuvo un aumento de 28,10 has con un incremento

del 7,36 %, Y, por último, en tierras agrícolas o agropecuarias se denota una variación de 980 ,03 has con una tasa de cambio de 12, 54 % respecto al total del área de la categoría.

Tabla 11-3: Matriz variación 2017-2018

Coberturas	Cobertura				variación	Tasa de cambio
	2017	%	2018	%		
Área Poblada	4,23	0,03%	4,23	0,03%	0,00	0,00%
Área sin Cobertura Vegeta	1556,62	11,13%	1187,49	8,49%	-369,13	-23,71%
Páramo	4025,87	28,79%	4465,74	31,93%	439,87	10,93%
Plantación Forestal	410,07	2,93%	383,32	2,74%	-26,75	-6,52%
Tierras Agropecuarias	7988,4	57,12%	7944,41	56,81%	-43,99	-0,55%
Total	13985,19	100,00%	13985,19	100,00%	0,00	

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

En la tabla anterior (Tabla 11-3), se identifica variaciones considerables en el primer periodo; siendo así que en la categoría área sin cobertura vegetal se evidencia una pérdida total de 369,13 has con una tasa de cambio del -23,71 % respecto al área total de la categoría. En la categoría páramo se muestra una variación positiva de 439,87 has con una tasa de cambio de 10,08%.

Por otro lado, se reporta valores negativos en la formación de coberturas, en consecuencia; en plantaciones forestales se muestra una reducción de 26,75 has con una tasa de reducción igual a -6,52 %, Y, por último, en tierras agrícolas o agropecuarias se denota una variación negativa de 43,99 has con una tasa de cambio de -0,55 % respecto al total del área de la categoría.

Tabla 12-3: Matriz variación 2018-2019

Coberturas	Cobertura				variación	Tasa de cambio
	2018	%	2019	%		
Área Poblada	4,23	0,03%	4,23	0,03%	0,00	0,00%
Área sin Cobertura Vegeta	1187,49	8,49%	2050,76	14,66%	863,27	72,70%
Páramo	4465,74	31,93%	3955,45	28,28%	-510,29	-11,43%
Plantación Forestal	383,32	2,74%	326,14	2,33%	-57,18	-14,92%
Tierras Agropecuarias	7944,41	56,81%	7648,62	54,69%	-295,79	-3,72%
Total	13985,19	100,00%	13985,20	100,00%	0,01	

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

En la tabla anterior (Tabla 12-3), se identifica variaciones considerables en el primer periodo; siendo así que en la categoría área sin cobertura vegetal se evidencia una ganancia de 863,27 has con una tasa de cambio del 72,70 % respecto al área total de la categoría. En la categoría páramo se muestra una variación negativa de 510,29 has con una tasa de cambio de -11,43%.

Por otro lado, se reporta valores negativos en la formación de coberturas, en consecuencia; en plantaciones forestales se muestra una reducción de 57,18 has con una tasa de reducción igual a -14,92 %, Y, por último, en tierras agrícolas o agropecuarias se denota una variación negativa de 295,79 has con una tasa de cambio de -3,72 % respecto al total del área de la categoría.

Tabla 13-3: Matriz variación 2019-2020

Coberturas	Cobertura				variación	Tasa de cambio
	2019	%	2020	%		
Área Poblada	4,23	0,03%	4,23	0,03%	0,00	0,00%
Área sin Cobertura Vegeta	2050,76	14,66%	1378,86	9,86%	-671,90	-32,76%
Páramo	3955,45	28,28%	4176,33	29,86%	220,88	5,58%
Plantación Forestal	326,14	2,33%	463,5	3,31%	137,36	42,12%
Tierras Agropecuarias	7648,62	54,69%	7962,28	56,93%	313,66	4,10%
Total	13985,20	100,00%	13985,20	100,00%	0,00	

Realizado por: Sigüencia, Henry, 2022.

En la tabla anterior (Tabla 13-3), se identifica variaciones considerables en el primer periodo; siendo así que en la categoría área sin cobertura vegetal se evidencia una pérdida de 671,90 has con una tasa de cambio del -32,76 % respecto al área total de la categoría. En la categoría páramo se muestra una variación positiva de 220,88 has con una tasa de cambio de 5,58%.

En adición se muestra valores negativos en la formación de coberturas, en consecuencia; en plantaciones forestales se muestra un incremento de 137,36 has con una tasa igual a 42,12 %, Y, por último, en tierras agrícolas o agropecuarias se denota un incremento de 313,66 has con una tasa de cambio de 4,10 % respecto al total del área de la categoría.

A manera de resumen se puede aseverar claramente que en el periodo 2016-2017 se muestra que únicamente las tierras agropecuarias muestran un incremento considerable respecto a los páramos y plantación forestal. En el periodo 2017-2018 el valor que destaca hace referencia a los páramos. Para el caso del periodo 2018-2019 todos los valores de cobertura son negativos únicamente superados por el año posterior, en este todos los valores de cobertura son positivos, pero no muy notables. (Ver Figura 26-3)

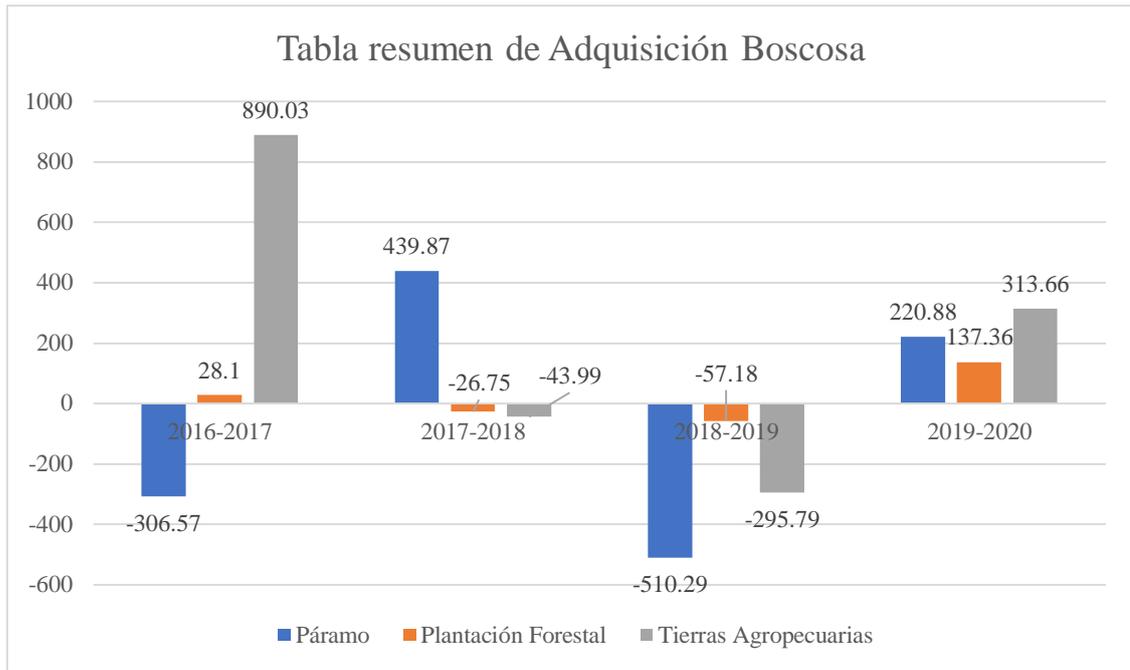


Gráfico 5-3. Resumen de coberturas

Realizado por: Henry E., Sigüencia P. 2022.

CONCLUSIONES

La investigación realizada define los aspectos importantes; los cuales fueron evaluados e interpretados. Los parámetros desarrollados fueron; área poblada, área sin cobertura vegetal, páramos, plantación forestal y tierras agropecuarias. Cada una de ellas presentaron incrementos o decremento respecto a cada periodo de comparación. El área sin cobertura vegetal, páramos, muestran una línea de tendencia negativa y/o una reducción significativa. Respecto a la plantación forestal y tierras agropecuarias como es evidente muestran incremento.

El análisis del periodo completo de análisis 2016-2020 presentó las siguientes características; en el año comprendido (2016-2017) el páramo presenta una reducción notoria; la plantación forestal presenta un leve incremento. Como punto final se puede acotar que las tierras agropecuarias presentaron una elevación desmesurada respecto a los dos anteriores parámetros. Para el año comprendido (2017-2018) los detalles muestran una elevación del páramo y a su vez una disminución total de las tierras agropecuarias. El tercer año de análisis muestra que el deterioro se mantiene presente dado que todas las valoraciones son negativas. El último año de análisis (2019-2020) presenta un incremento de todos los índices; situación que permite denotar que la percepción de las zonas boscosas no es una situación totalmente predecible.

Los resultados obtenidos fueron detallados de manera totalmente descriptiva con base en la aplicación de una serie de criterios como la aplicación de herramientas SIG utilizando el software ArcGIS. Este programa permitió detallar de la manera más propicia cada uno de los aspectos dispuestos para el análisis, evidenciando un cambio nulo en cuanto se refiere al área poblada siendo esta constante (4,23 has), y existiendo variaciones tanto positivas y negativas en las coberturas restantes.

Se puede concluir con base en los resultados expuestos los diferentes ecosistemas en la MCRA-P al ser reemplazados por una excesiva producción agrícola, entre otras actividades, está llevando a la naturaleza al límite. Se evidencia una creciente demanda de recursos que sin duda alguna confunde lo que es fundamental para vivir con aquello que es un complemento.

RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que para un levantamiento de gran envergadura es necesario identificar a los entes responsables que velan por el cuidado del medio ambiente. Tal es el caso de la Constitución y las leyes relacionadas a la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, dado que estas proveen lineamientos y medidas de control que pueden incluirse en reglamentos y ordenanzas, que aseguren el buen uso de los mismos en los territorios locales; protegiendo de esta manera las zonas boscosas.

El análisis multitemporal debe ser efectuado de una manera consecutiva con el propósito de determinar todos y cada uno de los aspectos necesarios para detallar sin mayor dilación un escenario totalmente adecuado y acertado de la situación de la cobertura boscosa.

En la Provincia de Chimborazo es necesario promover la implementación de estudios ecológicos de corto y largo plazo, basados en aspectos ambientales como diversidad de especies, áreas endémicas, ecosistemas únicos y ecosistemas importantes para la conservación. Siendo estos importantes para el desarrollo de las microcuencas

Es indispensable fomentar programas vinculados a la mitigación de la frontera agrícola y la recuperación de las zonas degradadas por estas actividades, contemplando la integración comunitaria y fortalecer la educación ambiental.

GLOSARIO

ArcGIS: Sistema para recopilar, organizar, administrar, analizar y distribuir información geográfica (ArcGIS, 2021, párr. 1).

ENVI: Software especializado en el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales utilizado por profesionales GIS, científicos, investigadores y analistas de todo el mundo (Geospace Solutions, 2020, párr. 2).

Índice SAVI: Índice que describe el estado de la vegetación existente de una determinada zona (Giss & Beers, 2019, párr. 1-2).

Plantación forestal: Es la masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales, diferentes de las palmas (MLR, 2021, párr. 4-5).

Microcuenca: Las microcuencas son unidades geográficas basadas principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo (GOV.CO, 2015, párr. 1-2).

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J. Umbral de Iluminación para el Recocimiento de Colores.[en línea] (Trabajo de titulación) Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería Electrónica, Valparaíso. 2018. p.12 [Consulta: 13 de octubre de 2020.] Disponible en: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6000/UCC6142_01.pdf

APARICIO, E. Calidad Ambiental Electromagnética. [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior, Departamento de Tecnología, España. 2015. p.28. [Consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en: https://oa.upm.es/41483/1/EVA_GOMEZ_APARICIO.pdf

ARAQUE, L & JIMENÉZ, A. *Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite.* s.l. : Centro de Información y documentación de Palmero, 2009.

ARCGIS RESOURCES. *ArcGis Resources* [blog]. Ecuador: 12 de January de 2018. párr. 1-2[Consultado: 01 de Diciembre de 2020.] Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/home/sitemap.html>

ASOCIATE DATA UNITS ADU. [En línea] 12 de January de 2018. párr. 1-2[Consultado: 01 de Diciembre de 2020.] Disponible en: <http://www.invemar.org.co/diagnosticos-ambientales>.

BERDUGO, A & REALES, G. Análisis multiespectral de Imágenes Satelitales para evaluar variaciones espacio temporales en la calidad del agua.[en línea] (Trabajo de titulación) Universidad de la Costa, Facultad de Ciencias Ambientales, Colombia. 2016. p.37. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/325/1.042.448.5441.043.874.467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BONILLA, C. Proyecto de manejo de los recursos Naturales de Chimborazo.[en línea] Ecuador : s.n., 2013. pp. 3-7 [Consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/PROYECTO-GESTI%C3%93N-AMBIENTAL-MANEJO-DE-RECURSOS-NATURALES-Chimborazo.pdf>

BOTERO, E. El cambio climático y sus efectos en la Biodiversidad en América Latina. s.l. :[en línea] CEPAL, 2015. pp. 13-24. [Consulta: 13 de Octubre de 2020.] Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAGUANA , J. Determinación del balance y demanda hídrica en la microcuenca del Río Atapo, parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Ecuador. 2015. p. 17. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4878/1/33T0148.pdf>

CÁRCAMO, A & REJAS , J. "Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso, en los años 1987-2011" Revista de Ciencias Espaciales [en línea], 2015, (Honduras) 2(8), p. 3. [Consulta: 28 diciembre 2020] ISSN 0120-9833. Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/CE/article/view/2081/1878>

CASTANÓN , E. "Análisis digital de imágenes de satélite en el área norte de Mendoza, para estudios de amenazas naturales" Revista Jornadas de Investigación [en línea], 2015, (Argentina) 2(1), pp. 14-15. [Consulta: 13 octubre 2020] ISSN2314-2170. Disponible en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/331>

EARTH OBSERVING SYSTEM. *Qué Es La Resolución Espacial En Una Imagen Satelital.* [blog] párr. 2-5.[Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en: <https://eos.com/es/blog/resolucion-espacial/>

GEOSPACE SOLUTIONS. Catálogo ENVI.[en línea], 2020, párr. 2. [Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en: <https://www.geospace-solutions.com/envi>

GIS&BEERS. Cálculo del índice de vegetación SAVI.[en línea] 2019. párr. 1-2. [Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-vegetacion-savi/>

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE PALMIRA. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia. Chimborazo [en línea], 2015. [Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en:

<https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/gobiernos-autonomos-descentralizados-de-ecuador>

GONZAGA, A. "Gestión comunitaria para la conservación de la Microcuenca Mónica, Loja, Ecuador". Revista INNOVA [en línea], 2019, (Ecuador) 4(3), pp. 2-3. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/1243/1622>

GONZÁLEZ, J. "Análisis de Probabilidad de Devaluación de la Tasa de Cambio y Pronóstico de la Inflación en Colombia a través de un Modelo de Regresión Logística y Serie de Tiempo Estacionaria 2005 - 2016". Revista Espacios [en línea], 2018, (Colombia) 39(8), pp. 14-15. [Consulta: 14 de octubre de 2020]. ISSN 0798-1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n08/a18v39n08p08.pdf>

GOV.CO. Microcuencas ¿Qué es una Microcuenca?. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [en línea] 2015, párr. 1-2. [Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/microcuencas/#:~:text=Considerando%20el%20tama%C3%B1o%20se%20puede,y%20manejo%20de%20cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.>

HOYOS, A & SERNA, J. Análisis superficial y multitemporal de imágenes ETM+ y LANSADT 8 OLI TIRS en el Proyecto Carbonífero La Luna [en línea] (trabajo de titulación). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias, Colombia. 2015. pp. 22-24. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2523>

INAMI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. [En línea] 2019, Quito-Ecuador. [Consulta: 12 de noviembre de 2020.] Disponible en: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>.

INTERNATIONAL REVIEW OF OPHTHALMIC. "UV y azul-violeta luz; definiciones, riesgos y prevención". Sumario [en línea], 2015, (España) 2(1), pp. 11-16. [Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en: <https://www.pointsdevue.com/sites/default/files/uv-bluelight-e-book-esp.pdf>

LARA, N & CHAMORRO, H. Uso de los Sensores Remotos en Mediciones Forestales. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Ecuador. 2018. pp. 3-7. [Consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/14338/1/33T00237.pdf>

MAATE. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. [en línea] 2020, Quito. párr. 8-9. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/ministerio-del-ambiente-y-agua-presento-su-rendicion-de-cuentas-2020/#search>

MLR FORESTAL. *Las plantaciones forestales no son bosques naturales, pero los protegen.* [blog]. [Consulta: 12 de diciembre de 2020.] Disponible en: <https://mlr.com.ni/las-plantaciones-forestales-no-son-bosques-naturales-pero-los-protegen/>

MORA, M & ESTRELLA, C. Generación de una Propuesta Metodológica de Biblioteca Satelital para activar la Carta Internacional de Desastres basada en plataformas espaciales activas y su interrelación al Espectro Electromagnético [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad de las Fuerzas Armadas, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2020. p. 100. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/22526/1/T-ESPE-043852.pdf>

Morocho, C & Chucho, G. "Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones". *Latitud Cero* [en línea], 2019, (Ecuador) 9(2), p. 2. [Consulta: 13 octubre 2020]. ISSN 2528-7818. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686>

MOSCOSO, A. "El nuevo Marco Jurídico em materia Ambiental en Ecuador". *Actualidad Jurídica Ambiental* [en línea], 2019, (Ecuador) 1(89), pp. 3-4. [Consulta: 13 de Octubre de 2020]. ISSN 1989-5666. Disponible en: https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2019/04/2019_04_08_Martinez_Nuevo-marco-juridico-ambiental-Ecuador.pdf

FAO. El Estado de los Bosques del Mundo. [en línea], 2020, párr. 1-2. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.fao.org/forest-genetic-resources/news/detail/es/c/1277048/>

FAO. Estado Mundial del Recurso Suelo. Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo [en línea], 2015, p. 10. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>

OTHMAN, S. "Methodology for the remote transfer of GPS receiver station data through a GSM". *Revista Heliyon* [en línea], 2021, (España) 7(11), p. 2-4. [Consulta: 14 de octubre de 2020]. ISSN 8330. Disponible en: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(21\)02433-6?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844021024336%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(21)02433-6?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844021024336%3Fshowall%3Dtrue)

PANSHARPENING EN LANDSAT. Imágenes Landsat. [En línea] 12 de Abril de 2020. [Consulta: 01 de Diciembre de 2021.] Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-landsat/>.

PAZ, F. "Correcciones atmosféricas relativas de imágenes de satélite: patrones invariantes y modelos atmosféricos". Colegio de Postgraduados [en línea], 2017, (México) 36(1), pp. 2-3. [Consulta: 13 de octubre de 2020.] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n1/2395-8030-tl-36-01-1.pdf>

PLATAFORMA EUROPEAN SPACE AGENCY. Satelite basado en Alphas. [en línea] 2013, Europa. [Consulta: 13 de octubre de 2020.] Disponible en: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Plataforma

PUERTA, J & SARMIENTO, M. "Los sistemas de pagos por servicios ambientales de los bosques, una necesidad para el desarrollo sostenible". Revista Universidad y Sociedad [en línea], 2018, (Ecuador) 10(2), párr. 1-7 [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000200209

RODRÍGUEZ, J. Índice de vegetación a partir de datos obtenidos mediante sistemas Vant [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Loja, Ecuador. 2017. p. 20. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20670/1/Rodr%c3%adguez%20Cabrera%2c%20Julio%20Cesar..pdf>

RONCEL, J. Radiación electromagnética; usos beneficiosos y efectos perjudiciales [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Sevilla, España. 2018. pp. 14-19. [Consulta: 13 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82924/JEANNETTE%20ALBA%20RONCEL%20TFG.pdf>

SUÁREZ, E & ACOSTA, K. Análisis Multitemporal de la cobertura Vegetal del Municipio de Samacá [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Santo Tomás, Colombia. 2020. p. 20. [Consulta: 13 octubre 2020]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28390?show=full>

SÚAREZ, J. Estudio y caracterización de la enseñanza de la Imagen Satelital: Una revisión documental en los programas profesionales de pregrado de las Universidades públicas de Colombia [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Distrital, Colombia. 2017. pp. 14-15. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13095>

VARGAS, J. Incendios Forestales en Quito acción humana o de la Naturaleza [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Desarrollo sostenibles, Ecuador. 2017. p. 19. [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14884/1/UPS-QT12106.pdf>

VÁZQUEZ, R. Nuevos métodos para el procesamiento y análisis de información geográfica [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Granada, España. 2016. p. 23-24. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=56470>

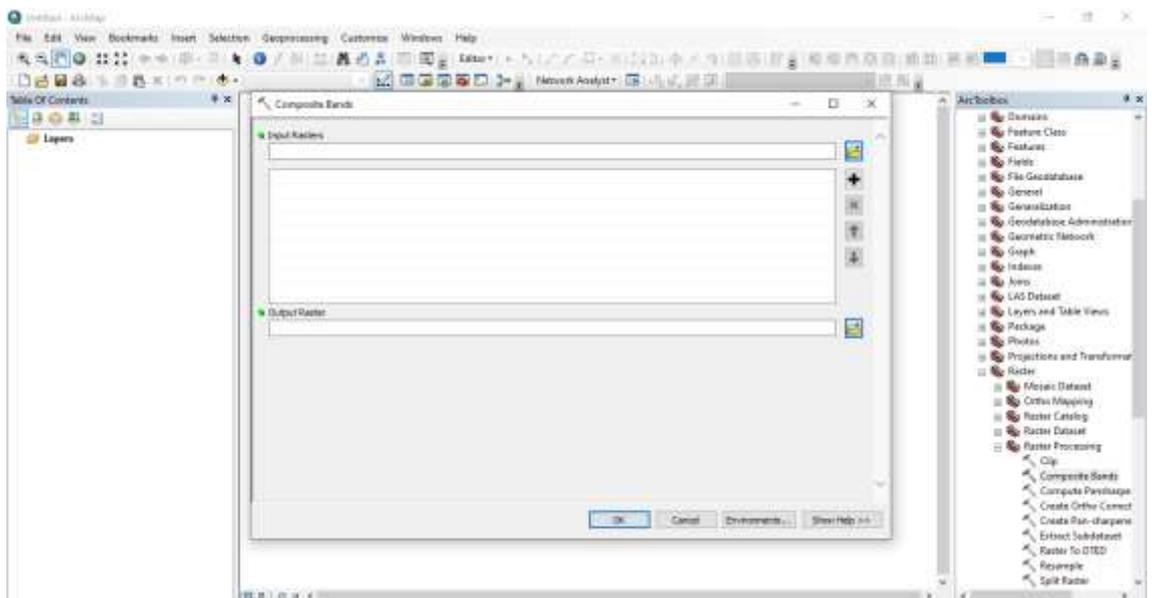
ZURITA, E. Aplicación combinada del Método BMWP-ABI-ICA para la evaluación de la calidad del Agua de la Microcuenca de RÍo Atapo-Pomachaca Parroquia de Palmira [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ciencias Químicas, Ecuador. 2016. p. 23 [Consulta: 14 de octubre de 2020.] Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/6259/1/236T0241.PDF>

ANEXOS

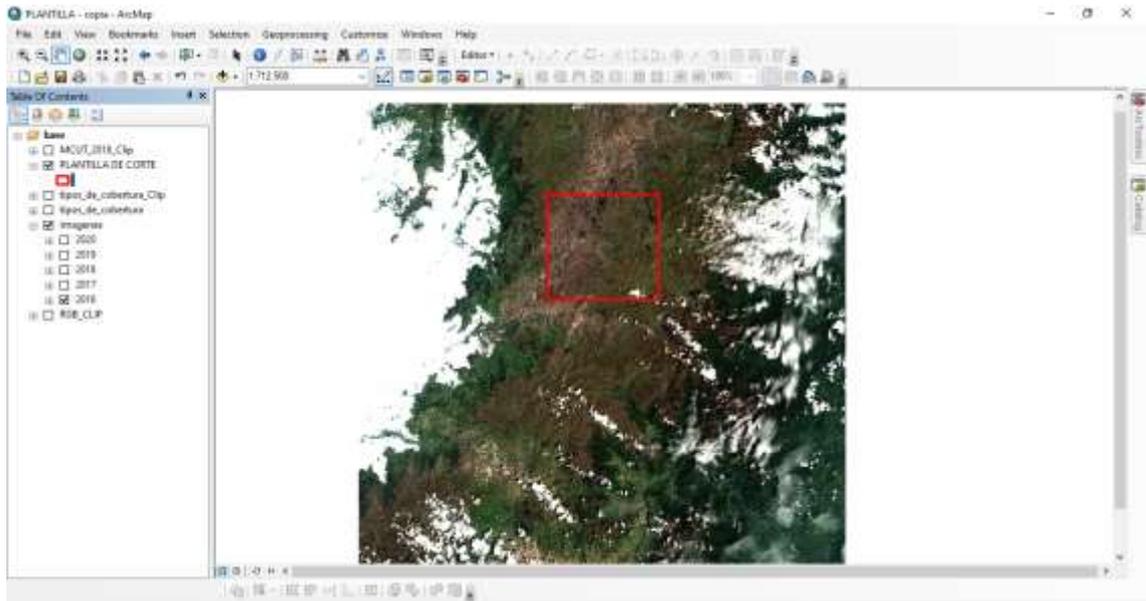
ANEXO A: SEMI - AUTOMATIC CLASSIFICATION PLUGIN



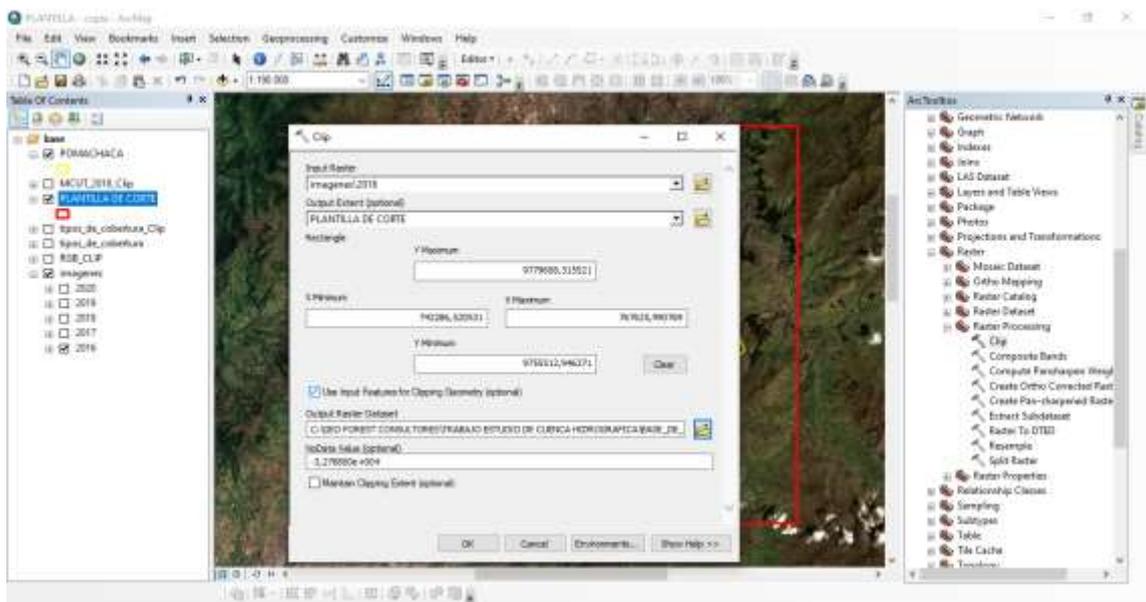
Cargar las capas que componen la imagen para el proceso respectivo



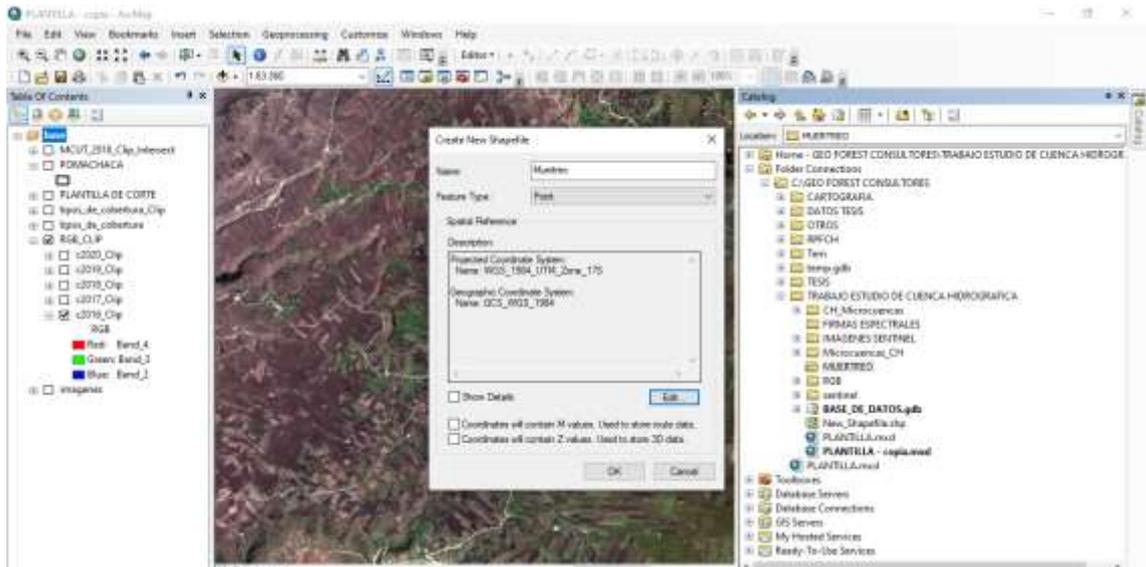
En el software ArcGIS se procede a realizar la combinación de bandas con la herramienta de composite band



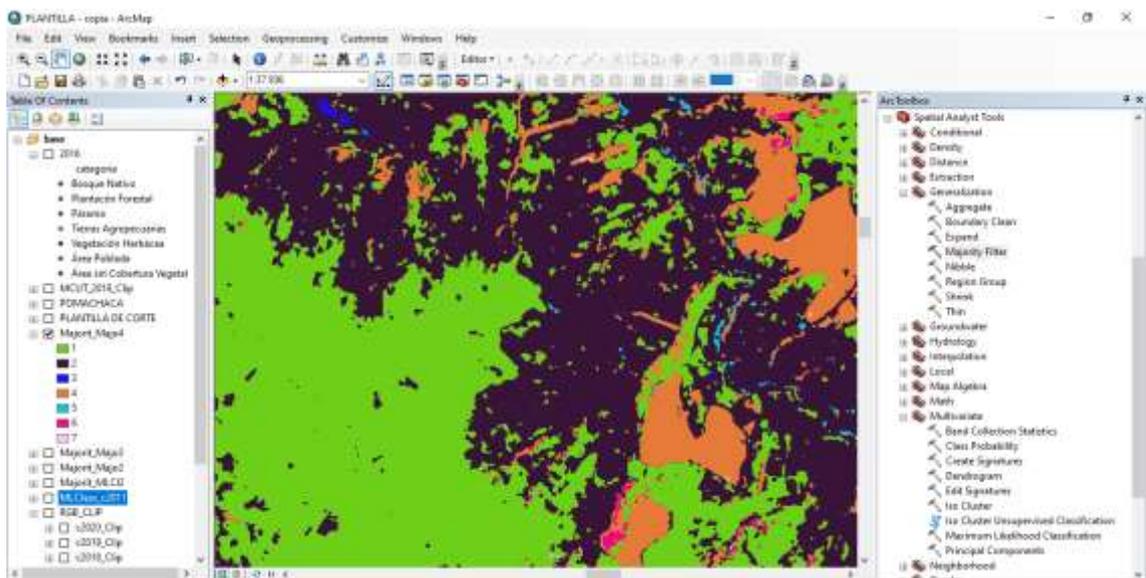
Recorte de las imágenes a un tamaño adecuado.



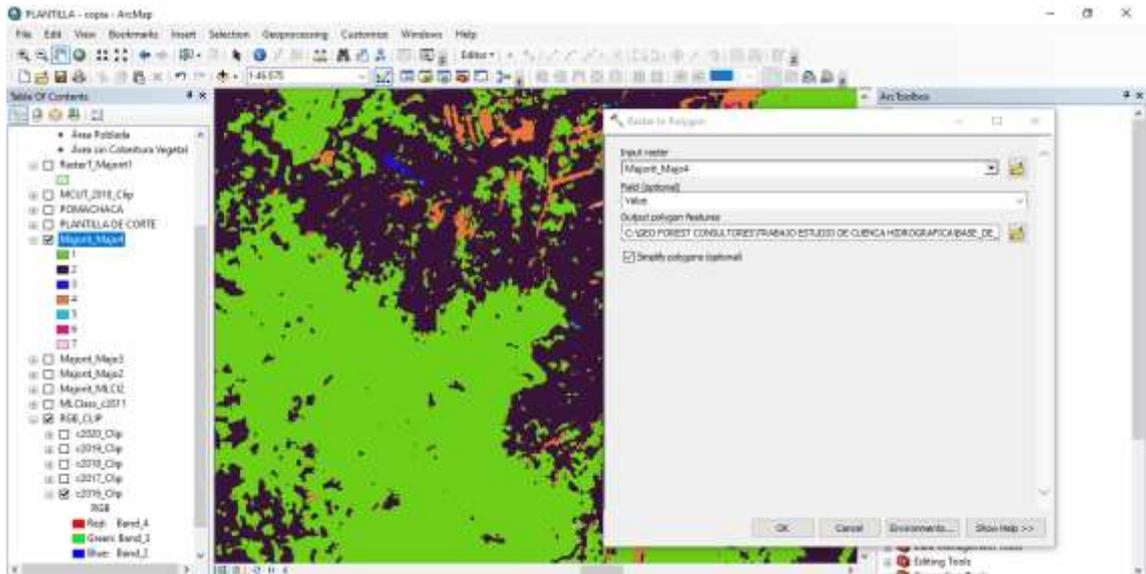
Resultados del proceso de recorte



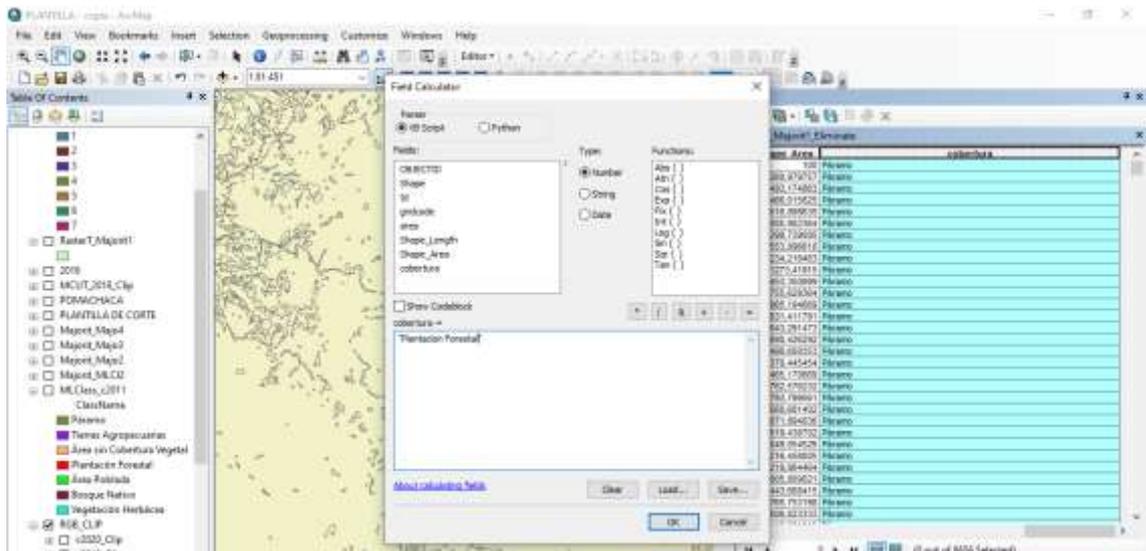
Creamos una capa de muestreo



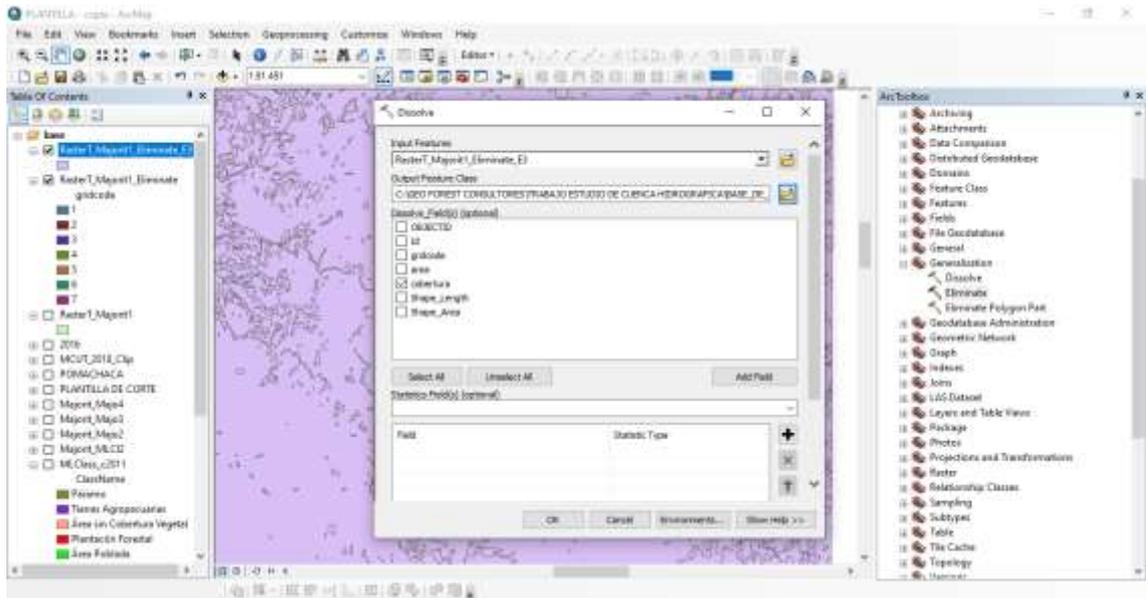
Resultado de la capa de muestreo un archivo ráster de mejor calidad



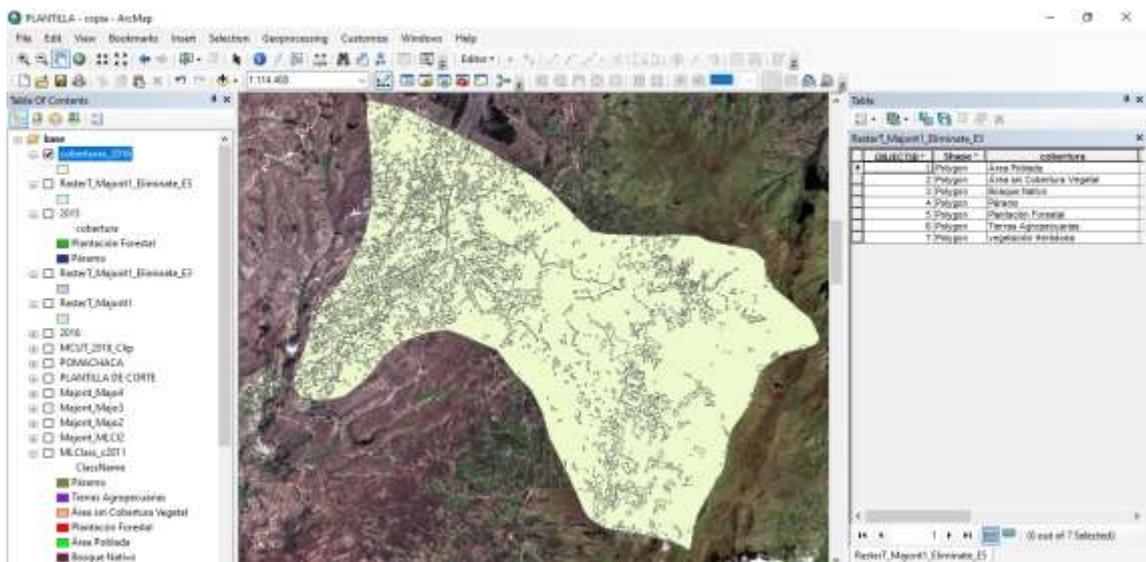
Formato vectorial shape



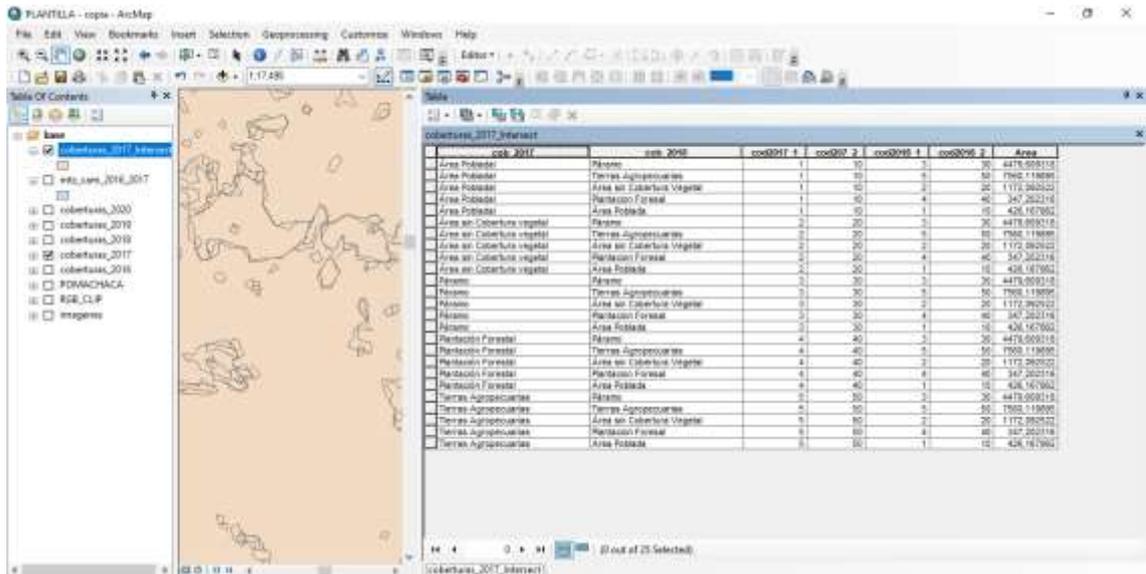
Renombrar las clases



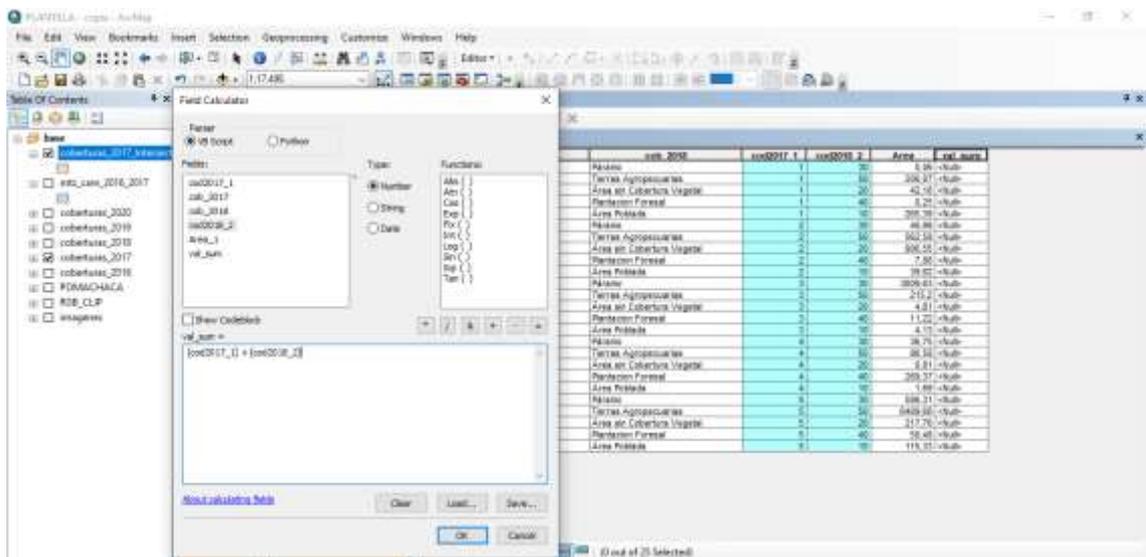
Disolución de clases



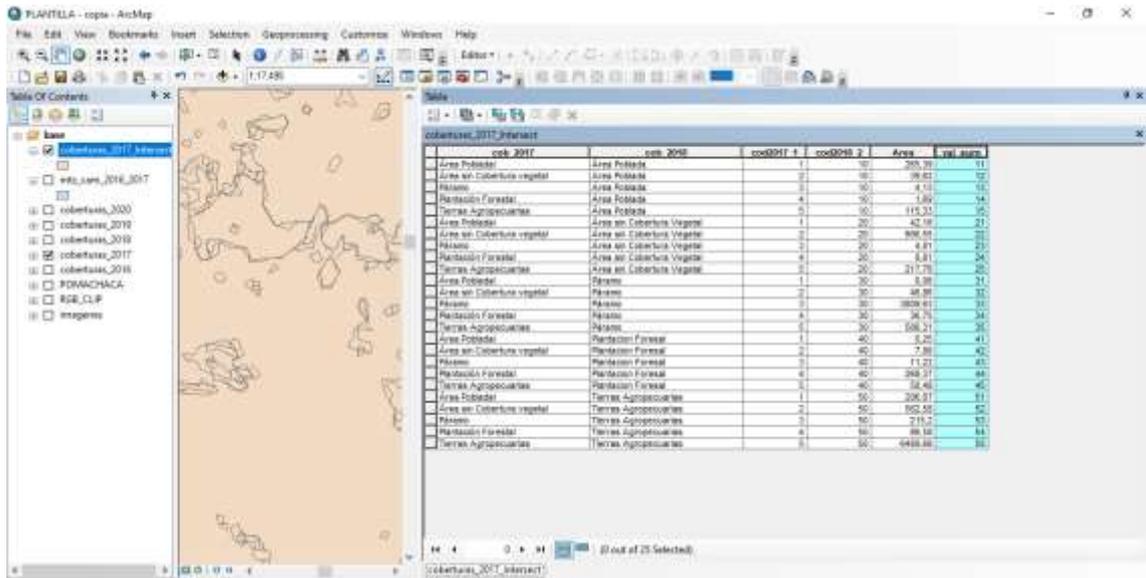
Recorte en función del área de estudio



Filtrado dejando los atributos necesarios



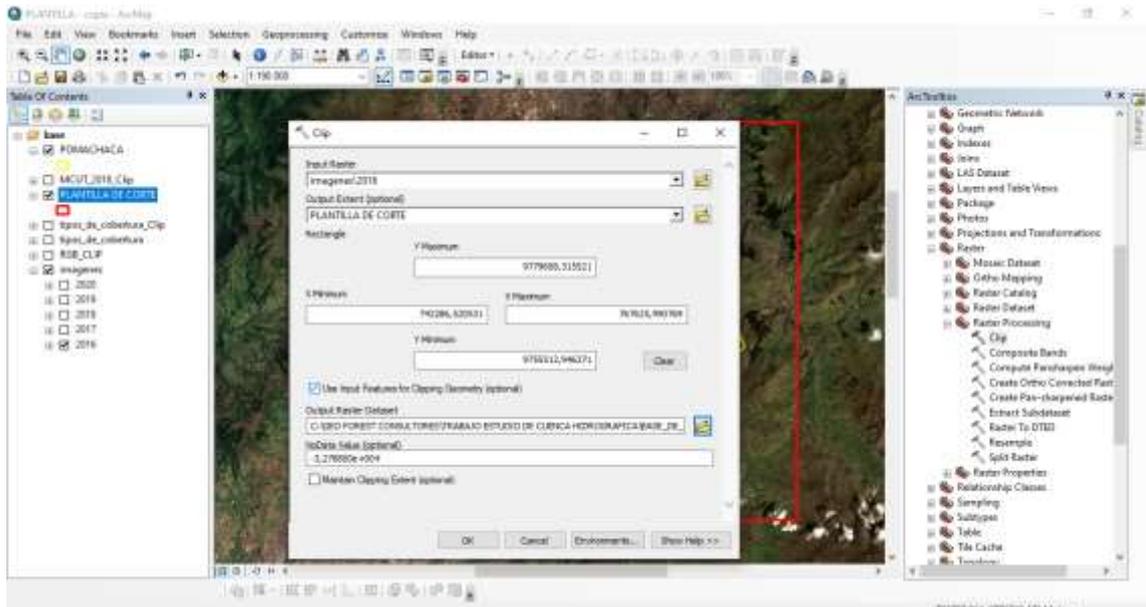
Estos valores se utilizan para la distribución en la matriz de cambio



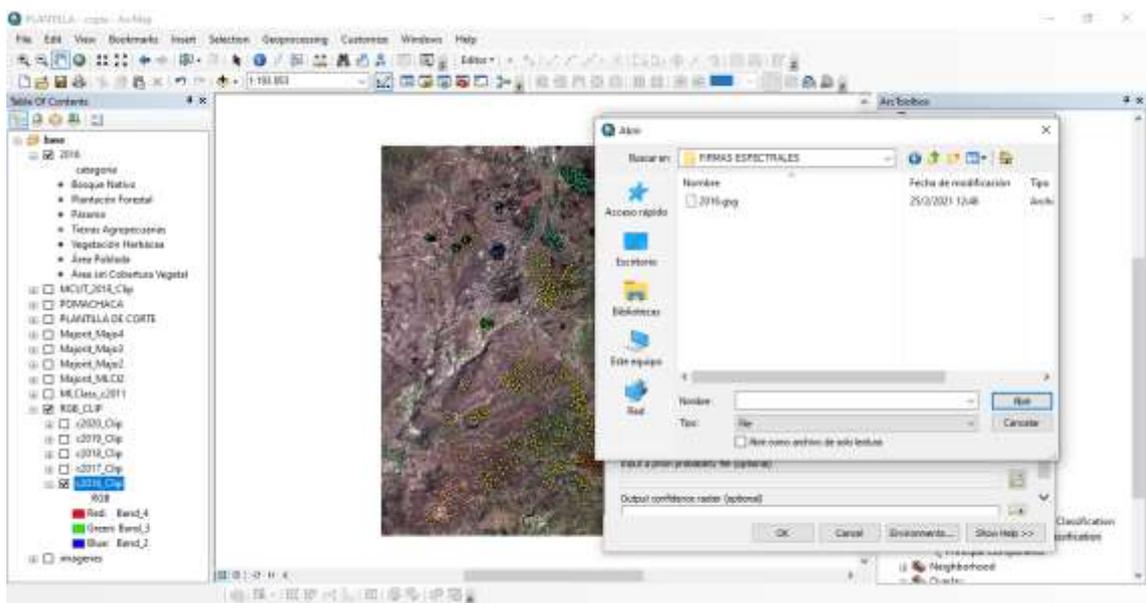
Agregar un campo adicional y se realiza una suma con valores de cod1 cod2, respectivamente

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															
48															
49															
50															
51															
52															
53															
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															

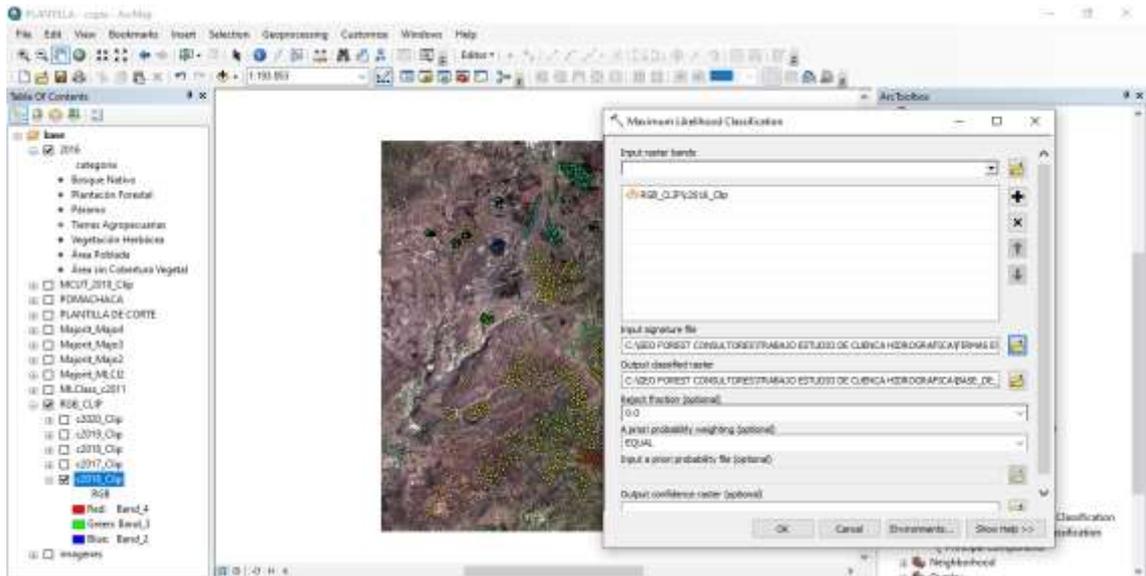
En Excel se procede a copiar datos y a calcular los diferentes parámetros acordes a estudio



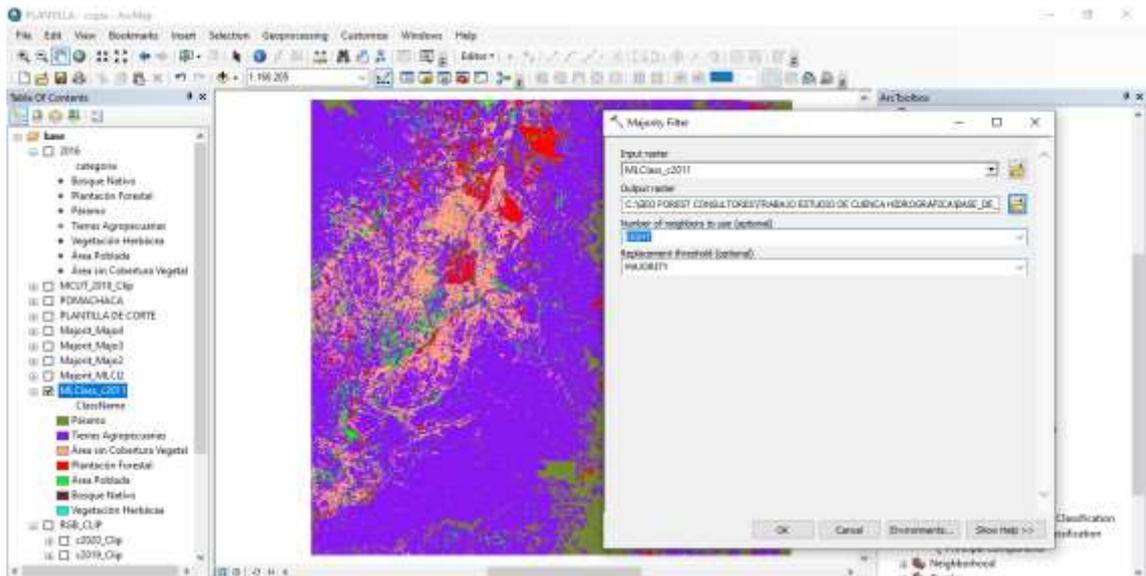
Plantilla de corte



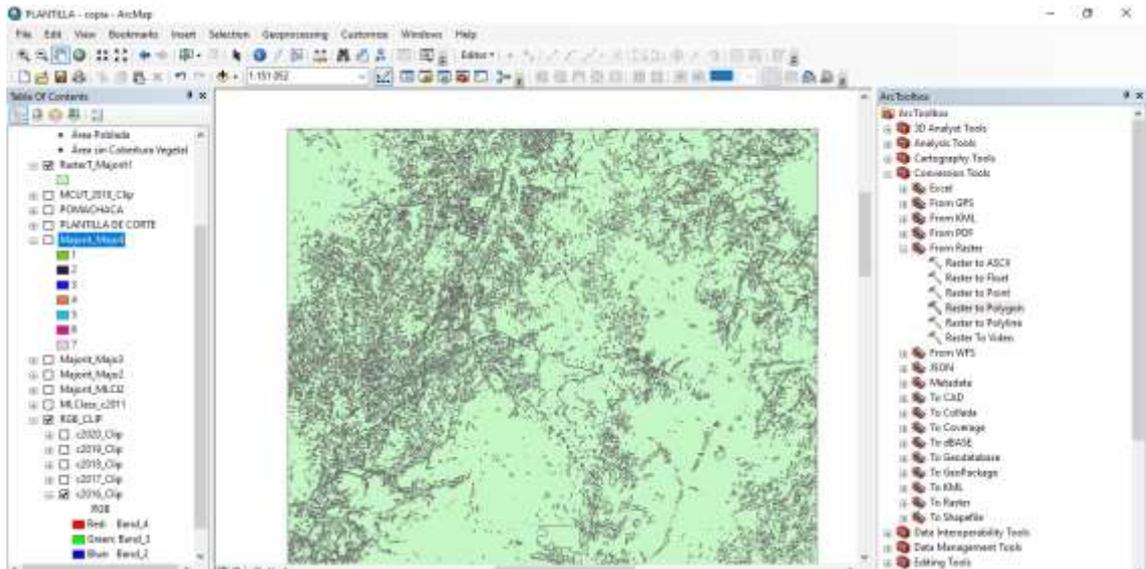
Delimitación de la huella espectral



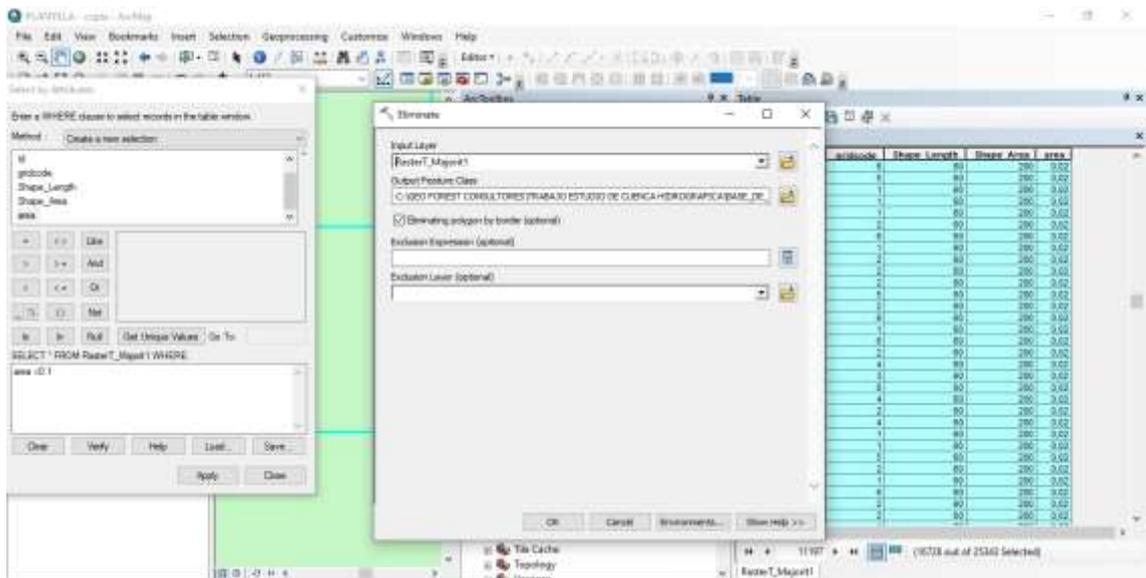
Creación de un archivo Reaster



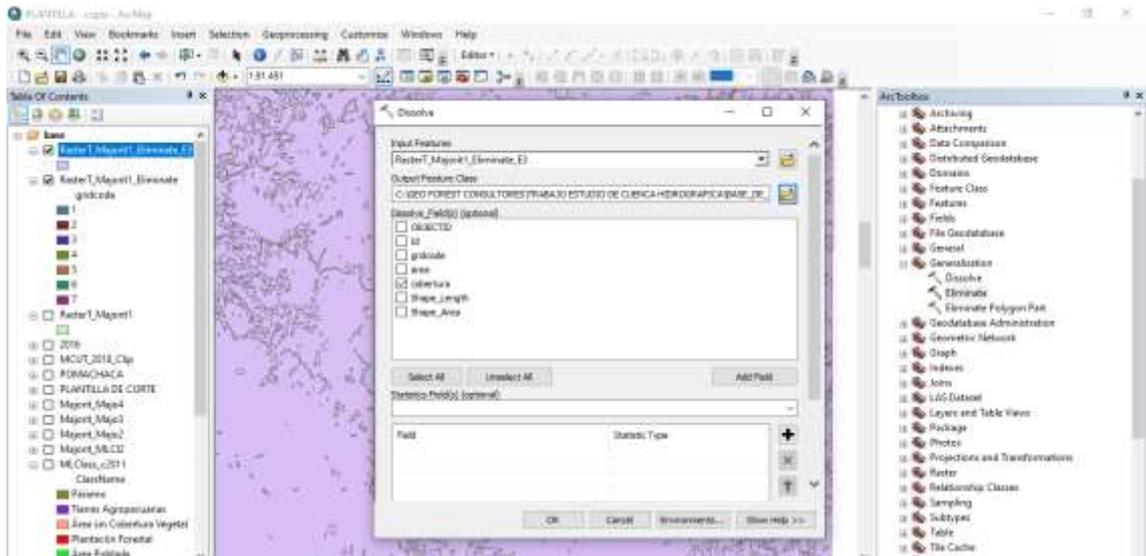
Filtrado del Reaster



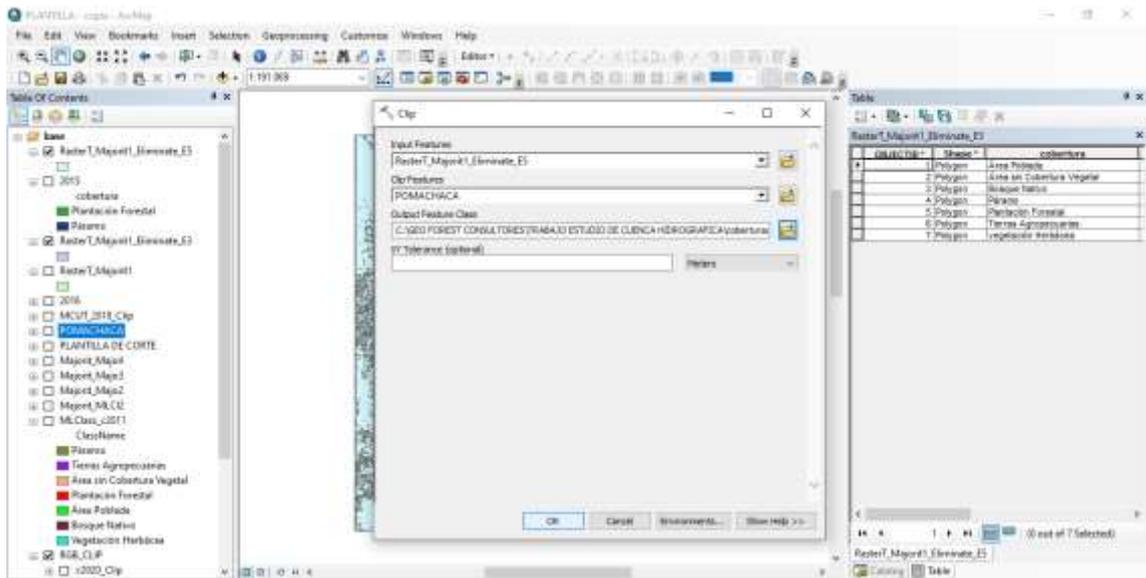
Eliminación de polígonos



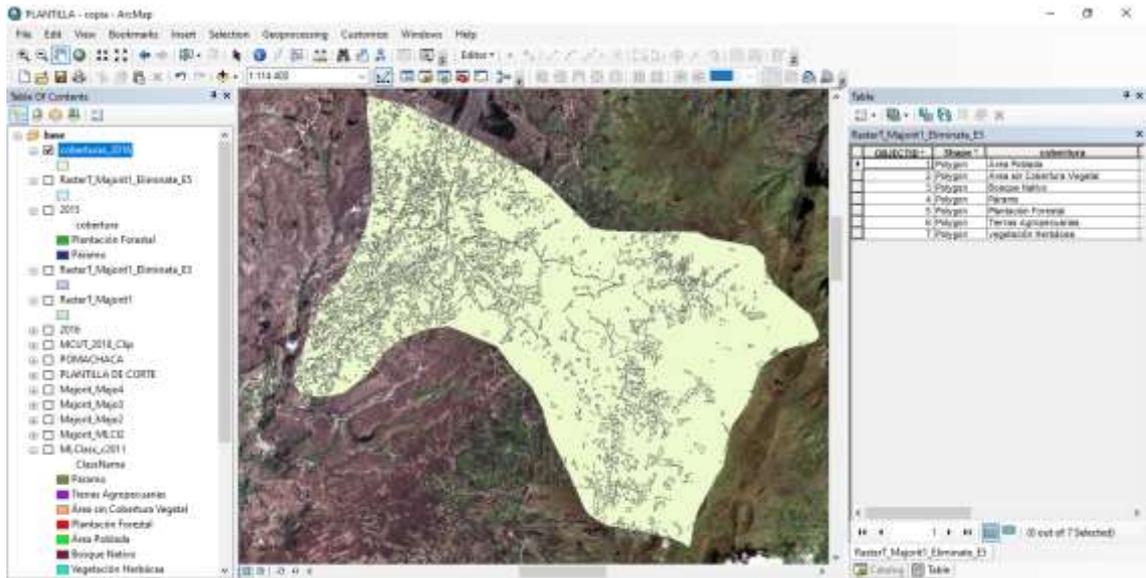
Renombre de clases



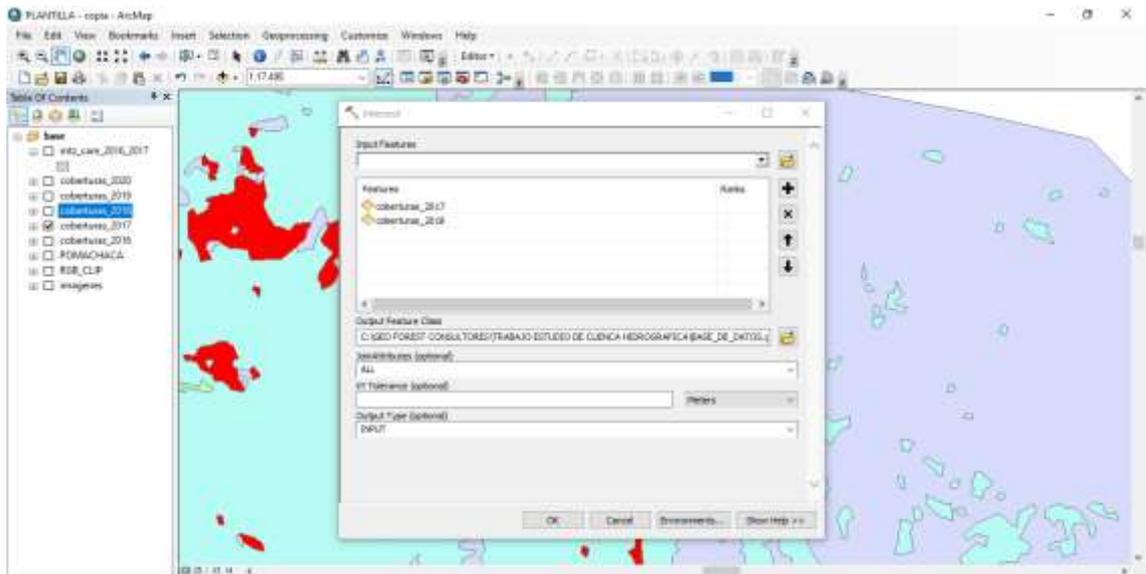
Disolución de clases



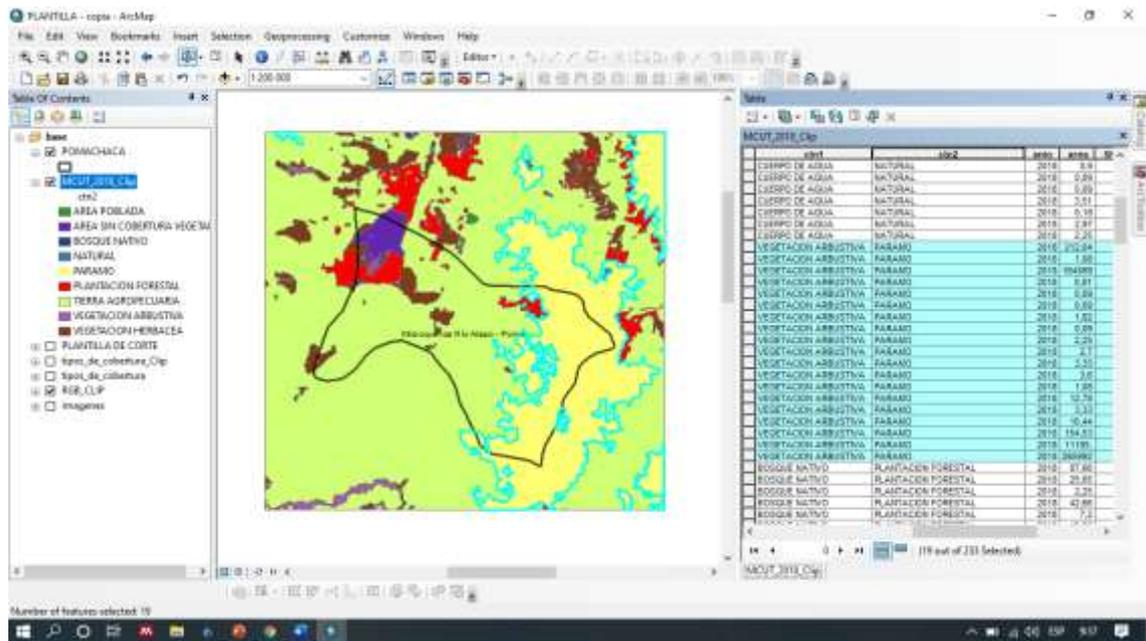
Recorte de áreas de estudio



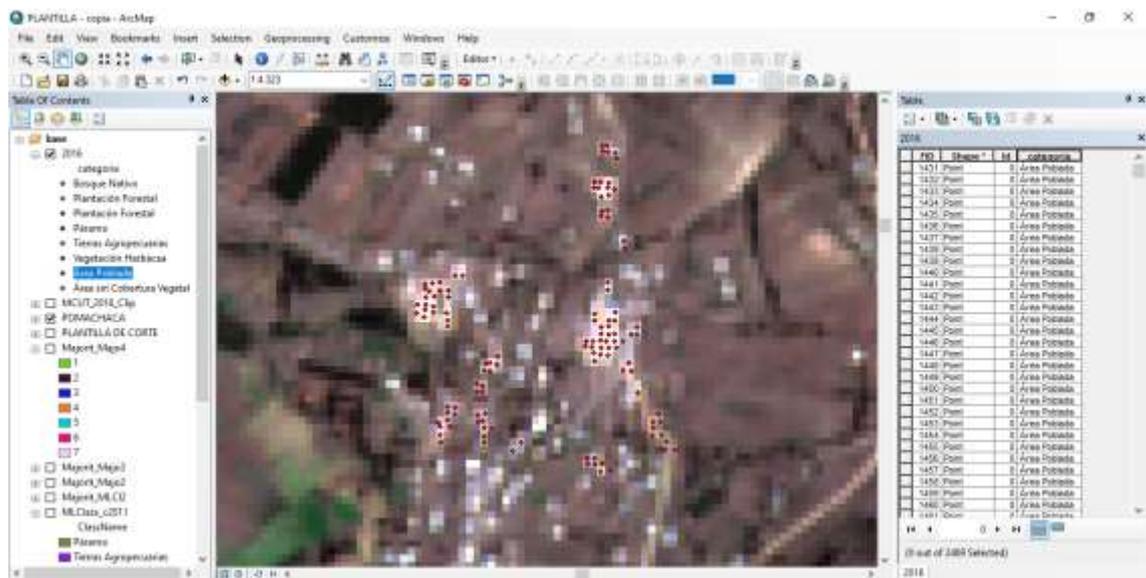
Recorte de áreas de estudio



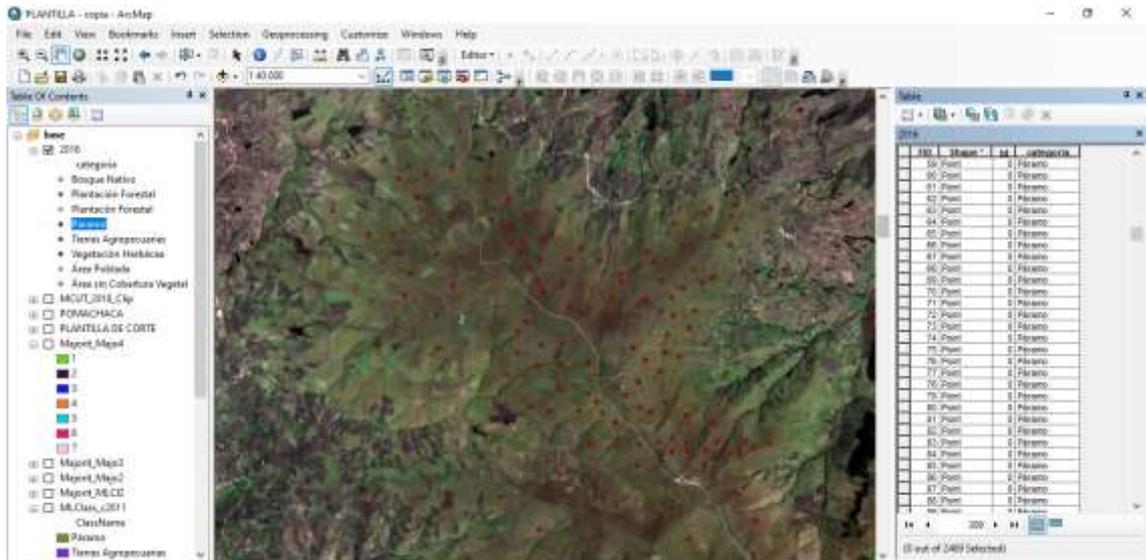
Recorte de áreas de estudio



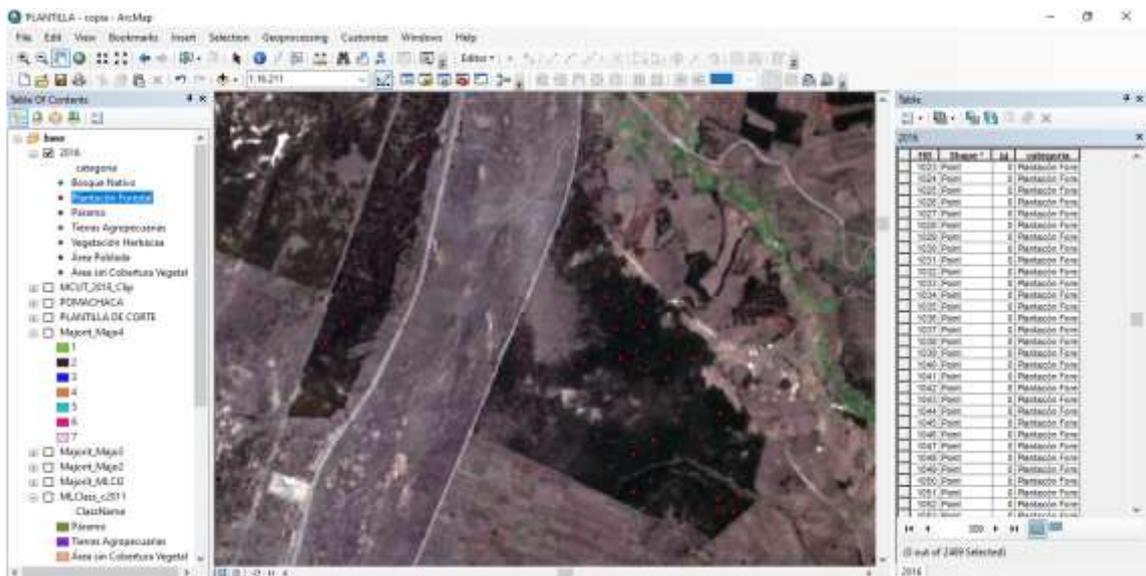
Zona de estudio definida



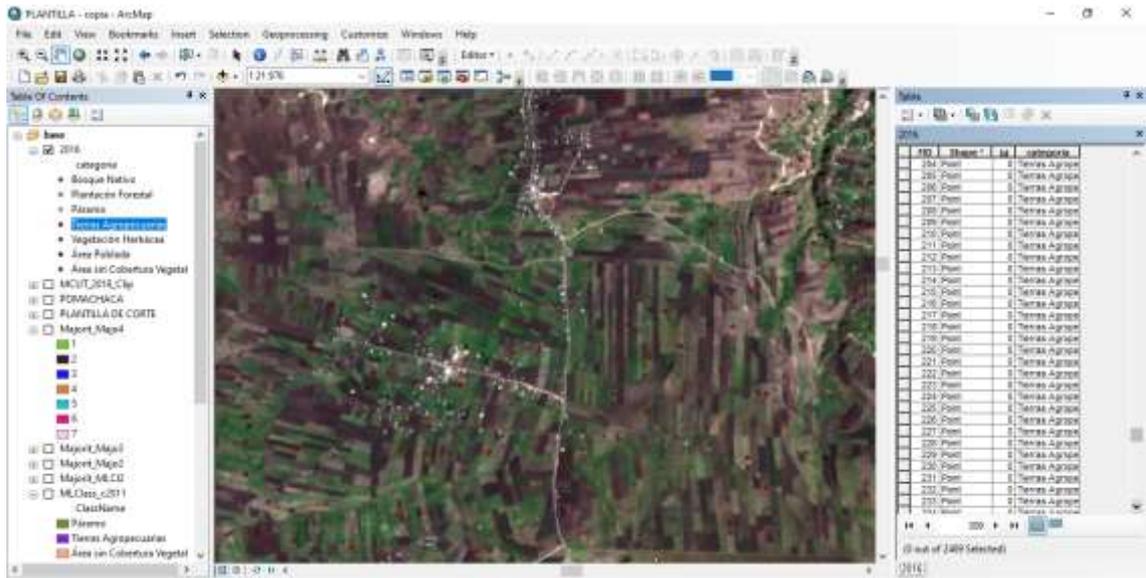
Área poblada



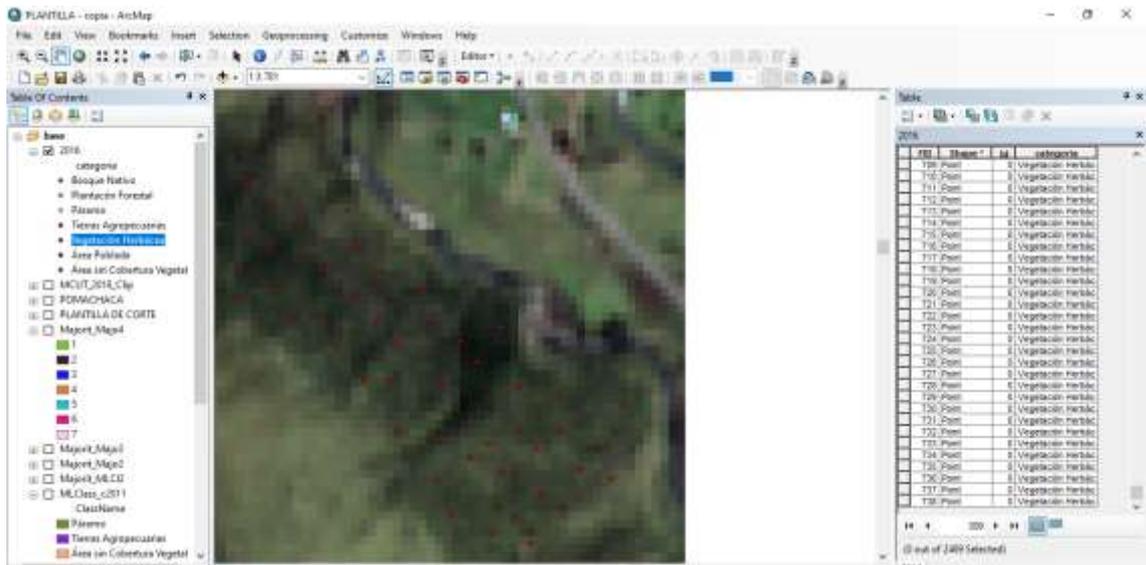
Páramo



Plantación forestal



Tierras agropecuarias



Vegetación Herbácea

ANEXO B: EVIDENCIAS EN CAMPO (MCRA-P)



Levantamiento de información primaria (observación directa) de la realidad actual de la microcuenca (03/12/2020)



Socialización con los habitantes de la microcuenca (27/11/2020)



Ingreso a la parroquia Palmira, con dirección a los páramos y bosques (03/12/2020)



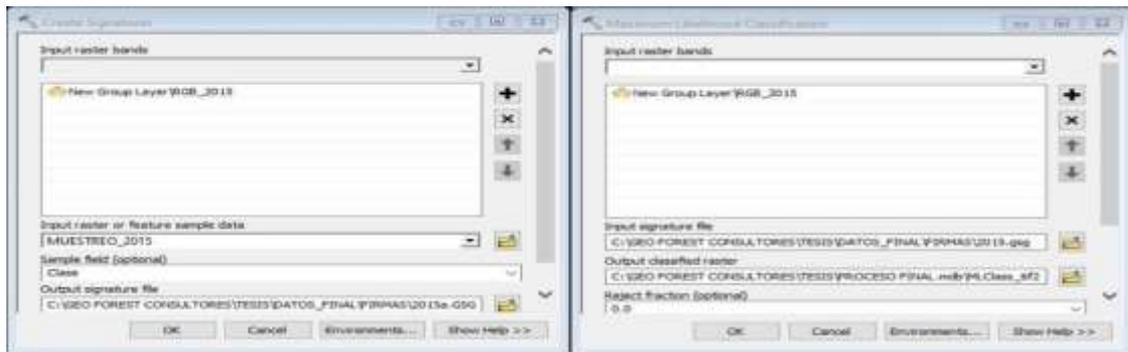
Visita al centro Médico, en este lugar se encontraba el presidente de la junta los Atapos (03/12/2020)

ANEXO C: CONVERSION DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS A UTM

Convertor de coordenadas

Las coordenadas geográficas se escribirán en grados decimales. Los números negativos indican longitudes de Oeste y latitudes de Sur. Las coordenadas UTM serán mostradas y desplegadas en metros. Modelo de elipsoide utilizado es el WGS84.

Geográficas		UTM	
Longitud:	<input type="text"/>	X:	<input type="text"/>
Latitud:	<input type="text"/>	Y:	<input type="text"/>
		Zona:	<input type="text"/>
		Hemisferio:	<input checked="" type="radio"/> N <input type="radio"/> S



Clasificación de máxima verosimilitud



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)	
Nombres – Apellidos: Henry Efraín Sigüencia Paucar	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: Recursos Naturales	
Carrera: Ingeniería Forestal	
Título a optar: Ingeniero Forestal	
f. responsable:	 Firmado electrónicamente por: CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ



0627-DBRA-UTP-2021