



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

EVOLUCIÓN DEL BOSQUE SIEMPRE VERDE MONTANO ALTO
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO APLICANDO EL
INDICE DE VEGETACIÓN MEJORADO EN EL PERIODO
2013 AL 2020

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

VÍCTOR ENRIQUE SÁNCHEZ YANCHA

Riobamba – Ecuador

2023



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

EVOLUCIÓN DEL BOSQUE SIEMPRE VERDE MONTANO ALTO
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO APLICANDO EL
INDICE DE VEGETACIÓN MEJORADO EN EL PERIODO 2013
AL 2020

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: VÍCTOR ENRIQUE SÁNCHEZ YANCHA

DIRECTOR: Ing. HERNAN ERIBERTO CHAMORRO SEVILLA, MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Víctor Enrique Sánchez Yancha

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

Yo, Víctor Enrique Sánchez Yancha, 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.

Riobamba, 16 de febrero de 2023



Víctor Enrique Sánchez Yancha
1804899225

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, **EVOLUCIÓN DEL BOSQUE SIEMPRE VERDE MONTANO ALTO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO APLICANDO EL INDICE DE VEGETACIÓN MEJORADO EN EL PERIODO 2013 AL 2020**, realizado por el señor: **VÍCTOR ENRIQUE SÁNCHEZ YANCHA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal 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. Danny Daniel Castillo Vizuete PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-02-16
Ing. Hernan Eriberto Chamorro Sevilla MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-02-16
Ing. Roque Orlando García Zanabria PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-02-16

DEDICATORIA

A mi madre que estuvo siempre a mi lado, ayudándome con palabras de aliento para terminar mi profesión inculcándome disciplina y esfuerzo en el estudio, a mi padre que en paz descansa que a pesar de que no estuvo mucho tiempo conmigo lo recordare por su determinación y por el esfuerzo que realizaba por darnos lo que faltara en el hogar. A mis abuelos, Rosa Chango y Juan Yancha, que siempre me aconsejaba y enseñaba para en un futuro no tener problemas ni contratiempos, sobre todo a dándome compañía para no estar solo, al resto de la familia y amigos que siempre me ayudaron en lo que podían. A la Ing. Vallejo aconsejándome y guiándome en lo que desconocía.

Víctor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, primeramente, después mi universidad que me ha permitido formarme; a las ingenieras e ingenieros que formaron parte de este proceso de aprendizaje, ya que sin su ayuda no estaría culminando mi carrera y ser un profesional. Esta tesis no habría sido posible sin la ayuda del Ing. Hernan Chamorro, al Ing. Roque García, al Ing. Diego Cushquicullma, Ing. Eduardo Salazar, Ing. Manolo y al Ing. Jorge Caranqui quienes con paciencia permitieron que mi trabajo culminara, con ayuda de sus conocimientos y consejos.

Víctor

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Problemas de los ecosistemas dentro de la Subcuenca del Río Chambo.....	2
1.2 Objetivos.....	3
<i>1.2.1 Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>3</i>
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
<i>1.4.1 Hipótesis Nula.....</i>	<i>4</i>
<i>1.4.2 Hipótesis Alternante.....</i>	<i>4</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Ecosistema.....	5
2.2 Bosque.....	5
2.3 Cuenca Hidrográfica de Pastaza.....	5
2.4 Subcuenca de Chambo.....	5
2.5 Diagnóstico de la Subcuenca.....	6
2.6 Bosque Siempre verde Montano Alto de la subcuenca del Río Chambo.....	6
2.7 Problemas que se presentan en un ecosistema.....	7
<i>2.7.1 Antropogénico.....</i>	<i>7</i>
<i>2.7.2 Incendio forestal.....</i>	<i>7</i>
<i>2.7.3 Frontera agrícola.....</i>	<i>7</i>
<i>2.7.4 Monocultivos.....</i>	<i>7</i>
<i>2.7.5 Desertificación.....</i>	<i>7</i>

2.7.6	<i>Perdida de la biodiversidad</i>	8
2.8	Marco Legal	8
2.8.1	<i>Constitución de la República del Ecuador 2008</i>	8
2.8.2	<i>Código Orgánico del Ambiente</i>	9
2.8.3	<i>Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)</i>	9
2.9	Teledetección	11
2.10	Cobertura vegetal	11
2.11	Análisis multitemporal	12
2.12	Imágenes satelitales	12
2.12.1	<i>Tipos de imágenes satelitales</i>	12
2.12.2	<i>Usos en que se aplican a las Imágenes Satelitales</i>	13
2.13	Satélites Landsat	13
2.14	LandSat 8	14
2.15	Sentinel 2	14
2.16	Google Earth Engine	15
2.17	EVI (Enhanced Vegetation Index)	15
2.18	Descripción del Producto Índice De Vegetación	16
2.18.1	<i>Descripción de los Productos Derivados en formato Geotiff</i>	16
2.19	Softwares estadísticos	17
2.19.1	<i>XLSTAT</i>	17
2.19.2	<i>IDRISI Selva</i>	17
2.19.3	<i>Software TREND</i>	17
2.19.3.1	<i>Características del programa TREND</i>	18
2.20	Test de Mann-Kendall	18
2.20.1	<i>Los Aspectos Básicos de la prueba del Test de Mann Kendall</i>	19
2.20.2	<i>Procesamiento de la información en el test de Mann Kendall</i>	19
2.21	Matriz de Transición	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1	Delimitación del área de estudio	21
3.2	Materiales de oficina	23
3.3	Metodología	23
3.3.1	<i>Para determinar la evolución del ecosistema de estudio</i>	23
3.3.1.1	<i>Análisis del índice de vegetación EVI en la estaciones seca y lluviosa</i>	24

3.3.2	<i>Para determinar el análisis de tendencias del umbral del índice EVI con la metodología MANN KENDALL</i>	24
3.3.3	<i>Creación de la propuesta de conservación</i>	24

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	26
4.1	Procesamiento de imágenes LandSat 8	26
4.1.1	<i>Procesamiento de la información de los raster</i>	36
4.1.2	<i>Resultados de la evolución del ecosistema a través de los umbrales del EVI del 2013 al 2020</i>	46
4.1.2.1	<i>Porcentajes de resultados de la evolución del ecosistema</i>	52
4.1.3	<i>Comparación del EVI en la estación lluviosa y seca en el ecosistema de estudio</i>	53
4.1.4	<i>Resultados del segundo objetivo por medio del Test de Mann-Kendall</i>	54
4.1.4.1	<i>Series de tendencias no significativas crecientes</i>	55
4.1.4.2	<i>Series de tendencias significativas decrecientes</i>	60
4.1.5	<i>Generación de la propuesta de conservación del ecosistema</i>	62
4.1.5.1	<i>Introducción</i>	62
4.1.5.2	<i>Justificación</i>	63
4.1.5.3	<i>Objetivo General</i>	63
4.1.5.4	<i>Objetivos Específicos</i>	63
4.1.5.5	<i>Marco Legal</i>	63
4.1.5.6	<i>Información de actividades realizadas por las comunidades aledañas del 2013 al 2020</i>	65
4.1.5.7	<i>Modelo para establecer las prioridades a implementar (Marco de Acción metodológica de Hyogo)</i>	66
4.1.5.8	<i>Población involucrada y beneficiaria</i>	68
4.1.5.9	<i>Metodología para implementación de la propuesta de conservación</i>	68
4.1.5.10	<i>Actividades</i>	68
4.2	DISCUSIÓN	76
4.2.1	<i>Análisis de resultados de los valores del EVI</i>	76
4.2.2	<i>Análisis de resultados mediante el uso de Test de Mann-Kendall</i>	76

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
----	---	----

5.1	Conclusiones.....	77
5.2	Recomendaciones.....	78

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-4:	Datos del EVI durante el año 2013.....	36
Tabla 2-4:	Datos del EVI durante el año 2014.....	37
Tabla 3-4:	Datos del EVI durante el año 2015.....	38
Tabla 4-4:	Datos del EVI durante el año 2016.....	39
Tabla 5-4:	Datos del EVI durante el año 2017	40
Tabla 6-4:	Datos del EVI durante el año 2018.....	41
Tabla 7-4:	Datos del EVI durante el año 2019.....	42
Tabla 8-4:	Datos del EVI durante el año 2020.....	43
Tabla 9-4:	Información del EVI sobre los años del 2013 al 2020.....	44
Tabla 10-4:	Resultados de la matriz de transición del Umbral del índice EVI del 2013 y 2020.	47
Tabla 11-4:	Descripción del nivel de significancia del test Mann – Kendall	54
Tabla 12-4:	Series de tendencias no significativas crecientes mensuales en los periodos del 2013 al 2020.....	55
Tabla 13-4:	Series de tendencias significativas decrecientes mensuales en los periodos del 2013 al 2020.....	60
Tabla 14-4:	Historial de actividades realizadas por las comunidades en el periodo del 2013 al 2020.....	65
Tabla 15-4:	Modelo de trabajo para aplicar la propuesta de conservación en el ecosistema.	67
Tabla 16-4:	Matriz de trabajo.....	69
Tabla 17-4:	Elaboración de brigadas contra incendios	70
Tabla 18-4:	Capacitación sobre legislación y normativa ambiental	71
Tabla 19-4:	Capacitación de cultivos andinos y los problemas de la explotación del suelo	72
Tabla 20-4:	Especies forestales y arbustivas nativas presentes dentro de las gradientes altitudinales.	74
Tabla 21-4:	Presupuesto estimado para la propuesta	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3:	Límites de la subcuenca del Río Chambo.....	22
Ilustración 2-4:	Ráster procesados para el estudio del ecosistema de interés.	26
Ilustración 3-4:	Ráster resultante por medio de la herramienta de extracción por máscara (Extract by mask).....	27
Ilustración 4-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2013	28
Ilustración 5-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2014.....	29
Ilustración 6-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2015.....	30
Ilustración 7-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2016.....	31
Ilustración 8-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2017.....	32
Ilustración 9-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2018.....	33
Ilustración 10-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2019.....	34
Ilustración 11-4:	Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2020.....	35
Ilustración 12-4:	Periodo del EVI (2013) de los resultados de la Tabla 1-4	37
Ilustración 13-4:	Periodo del EVI (2014) de los resultados de la Tabla 2-4	38
Ilustración 14-4:	Periodo del EVI (2015) de los resultados de la Tabla 3-4	39
Ilustración 15-4:	Periodo del EVI (2016) de los resultados de la Tabla 4-4	40
Ilustración 16-4:	Periodo del EVI (2017) de los resultados de la Tabla 5-4	41
Ilustración 17-4:	Periodo del EVI (2018) de los resultados de la Tabla 6-4	42
Ilustración 18-4:	Periodo del EVI (2019) de los resultados de la Tabla 7-4	43
Ilustración 19-4:	Periodo del EVI (2020) de los resultados de la Tabla 8-4	44
Ilustración 20-4:	Periodo del EVI (anual) de los resultados de la Tabla 9-4.....	45
Ilustración 21-4:	Promedio total del EVI entre los años del 2013 al 2020 del ecosistema BsAn01.	45
Ilustración 22-4:	Procesamiento de los ráster del 2013 y 2020.....	47
Ilustración 23-4:	Evolución del Bosque Siempre verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo en el 2013	49
Ilustración 24-4:	Evolución del del Bosque Siempre verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo en el 2020	50
Ilustración 25-4:	Evolución del ecosistema Bosque Siempre verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo del 2013 al 2020.	51
Ilustración 26-4:	Comparación del EVI durante la estación seca y lluviosa.....	53
Ilustración 27-4:	Series de tendencias no significativas crecientes en los periodos del 2013 al 2020	58

Ilustración 28-4:	Series de tendencias significativas decrecientes en los periodos del 2013 al 2020	61
Ilustración 29-4:	Series de tendencias del Z estadístico del EVI en el test de Mann-Kendall de la estación seca y lluviosa en sus respectivos meses en el periodo del 2013 al 2020	62
Ilustración 30-4:	Modelo del marco de acción de Hyogo	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANEXO B: PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DEL ÍNDICE EVI Y LA EVOLUCIÓN DEL UMBRAL DE ESTE CON EL TEST DE MANN-KENDALL.

ANEXO C: MARCO LEGAL UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA DE ESTUDIO.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue observar la evolución del ecosistema bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo, en los periodos 2013 al 2020, mediante imágenes Landsat 8 con el índice de vegetación mejorado, en el Test de Mann Kendall y la matriz de transición. La metodología, empleada fue el uso de la plataforma de Google Earth Engine para descargar las imágenes, con el software de ArcGIS se delimitó y procesó, obteniendo la información de los valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar, mediante los shapes del 2013 al 2020; donde se realizó el estudio de evolución dando un resultado de hectáreas cambiantes de buena a mala y viceversa llegando a un total de 4508,64 ha, manteniendo 6839,08 ha en sus respectivas clasificaciones; como son la vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación, con buena actividad fotosintética y en buen estado de conservación y con muy alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación; con los umbrales del índice de vegetación mejorado se procesó en el software estadístico TREND, donde se determinó que existió tendencias no significativas crecientes y tendencias significativas decrecientes mostrando anomalías en las respectivas estaciones seca y lluviosa. En base a los resultados presento un incremento del tres por ciento en la vigorosidad de la vegetación con muy alta actividad fotosintética, por lo que se propuso el implemento de una propuesta de conservación. Se recomendó revisar la información del estado del ecosistema para el cumplimiento de las prioridades establecidas y el seguimiento de estas.

Palabras clave: <ECOSISTEMA>, <GOOGLE EARTH ENGINE>, <ÍNDICE DE VEGETACIÓN MEJORADO (EVI) >, <VIGOROSIDAD >, <SOFTWARE ESTADÍSTICO TREND>.



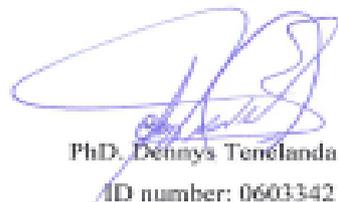
0453-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

This research aimed to observe the evolution of the high montane evergreen forest ecosystem of the Chambo River sub-basin from 2013 to 2020 through Landsat 8 images with the improved vegetation index in the Mann-Kendall Test and the transition matrix. The methodology used the Google Earth Engine platform to download the images with the ArcGIS software. It was delimited and processed, obtaining the minimum, maximum, mean, and standard deviation values information through the shapes from 2013 to 2020. It was processed in the TREND statistical software. The evolution study changed ha from good to bad and vice versa, reaching a total of 4508.64 ha, maintaining 6839.08 ha in their respective classifications. The vegetation with low photosynthetic activity and in a poor state of conservation, with good photosynthetic activity and in a good state of preservation, and with very high photosynthetic activity and in an excellent state of conservation, with the thresholds of the improved vegetation index. It was determined that there were non-significant increasing and significant decreasing trends, showing anomalies in the respective dry and rainy seasons. Based on the results, there was a three percent increase in the vigor of the vegetation with very high photosynthetic activity, for which a conservation proposal was implemented. It was recommended to review the information on the state of the ecosystem for compliance with the established priorities and their follow-up.

Keywords: <ECOSYSTEM>, <GOOGLE EARTH ENGINE>, <IMPROVED VEGETATION INDEX (EVI)>, <VIGOROSITY>, <TREND STATISTICAL SOFTWARE>.

Riobamba, March 6th, 2023



PhD. Dénnya Tenélanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

El bosque siempre verde montano alto se extiende dentro de una franja más amplia que en las estribaciones orientales, desde los 3.000 hasta los 3.700 m.s.n.m. Posee una igualdad al bosque húmedo montano, siendo similar también al bosque nublado en cuanto a su fisonomía y a la cantidad de musgos y plantas epífitas (Sierra, et al., 1999). Según el MAE (2008) una de las mayores remanencias que se tiene registrado de formaciones vegetales de la Sierra es del Bosque siempre verde montano alto con el (64,38%).

Siendo los cambios ambientales factores que afectan la distribución y dinámica del ecosistema convirtiéndolo en una herramienta de uso humano, los efectos del calentamiento global, la reducción de la biodiversidad o la degradación de los hábitats. Los incendios forestales, deforestación y el avance de la frontera agrícola, han modificado a lo largo del tiempo su estructura y composición, poniendo en peligro la biodiversidad existente en este ecosistema (MAE, 2010, citados en Horna, 2021).

La pérdida de la biodiversidad al ser cada vez más rápida y continua durante estos últimos 50 años, siendo las personas los causantes del cambio de los ecosistemas que en cualquier otro periodo de la historia de la humanidad. El último reporte del Convenio de Diversidad Biológica (Secretaría CDB, 2014), menciona que uno de los problemas que causan la pérdida de biodiversidad es por la presión ligada a la agricultura, abarcando un 70% de la pérdida de esta (CEPAL, 2020).

El uso de la teledetección tiene un enfoque asociado a descripciones del uso del suelo, siendo de gran aporte para desarrolladores de investigaciones ecológicas; permitiendo mejorar la identificación de patrones espaciales de unidades de algún ecosistema (distribución de tipos de vegetación), la teledetección aplicada a la tecnología con un enfoque estructural permite la evaluación de los hábitats o cambios en la estructura de la vegetación. (Cabello, J. & Paruelo J.M., 2008, pp. 1 -3).

Las imágenes satelitales se han convertido en una herramienta importante en la teledetección, para fines ecológicos y de conservación; debido a su potencial en las aplicaciones. El uso de los índices espectrales de la vegetación permite medir la fenología de la vegetación de manera continua a través del espacio (Sánchez-Díaz, B., 2018, pp. 243 – 253).

El seguimiento de los ecosistemas con imágenes procedentes del sensor MODIS, mediante el uso del EVI (Enhanced Vegetation Index, índice de vegetación mejorado) es usado ampliamente para la caracterización del funcionamiento ecosistémico, siendo un estimador lineal, al usar la radiación fotosintética interceptada por la vegetación (Reyes-Díez, et al, 2015).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Problemas de los ecosistemas dentro de la Subcuenca del Rio Chambo

La pérdida de los ecosistemas se ha convertido en uno de los problemas más apremiantes en estos últimos años. En la actualidad se busca una forma de reducir estos efectos de degradación para entender el debido comportamiento de los factores causales tales como, la deforestación, sequías, incendios forestales, la pérdida de vegetación por el aumento de las zonas antropogénicas.

Teniendo en cuenta el aumento de la población, la frontera agrícola monocultivos, incendios forestales; convirtiéndolo en un problema del ecosistema, al estar cerca de las comunidades. Asimismo, los factores climáticos incidiendo directamente en el ecosistema, se encuentra las variaciones como la topografía, textura y profundidad del suelo, drenaje y fertilidad etc., es así como se producen problemas de desarrollo de las plantas y este a su vez generando la producción y calidad (Horna, 2021).

Debido a sus diferentes cambios en el uso del suelo permitiendo al hombre apropiarse de los recursos, pero al mismo tiempo minimizando la capacidad del ecosistema para mantener la producción de alimentos, mantener los recursos forestales, regular el clima, de tal forma que afecta al agua y calidad del aire. Chimborazo tiene registros de pérdidas de hectáreas quemadas por incendios forestales y por deforestación llegando a la cantidad de 2535,04 ha (MAE, 2013, pp. 34 – 38, citados en Horna, 2021).

Existen estudios de Ospina, E. (2017), que muestra que en los periodos del 2000 al 2016 demostró que existió 29 eventos de incendios forestales en Chimborazo; por otro lado los informes de la Secretaría de Gestión de Riesgos arrojaron información del período de 2016 donde existió una pérdida de 2498 ha ocasionado por 56 eventos relacionados con incendios forestales, mientras que en 2017 hubo 59 eventos con 1087,15 ha quemadas, en 2018 tuvo un total de 82 eventos con un total de 1791 ha perdidas, en el 2019 ocurrió un total de 91 eventos con 288,91 ha perdidas y finalmente en el 2020 se produjo solo 3 eventos de incendios forestales con un total de 83 ha perdidas evidenciado por (García, H., 2019).

En la actualidad se busca reducir los efectos de degradación ante la deforestación, contaminación, sequías y pérdidas de la vegetación, en el ecosistema de estudio. Los factores climáticos inciden directamente en base a las variaciones topográficas, textura y profundidad de los suelos, su

drenaje y fertilidad del suelo; siendo un problema para el desarrollo de plantas dentro del área de estudio.

Debido a los diferentes cambios del uso del suelo, el hombre pudo apropiarse de los recursos, al mismo tiempo minimizando la capacidad del ecosistema para mantener la producción de alimentos, mantener los recursos forestales, regular el clima, afectación del agua y calidad del aire debido a la reducción de bosques primarios o especies nativas dentro del área de estudio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la evolución del bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo aplicando el índice de vegetación mejorado en el periodo del 2013 al 2020.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Calcular la evolución del bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo aplicando el índice de vegetación mejorado en el periodo 2013 a 2020 utilizando imágenes de LandSat 8.
- Analizar las tendencias del umbral del índice EVI con la metodología Mann Kendall.
- Generar una propuesta de conservación del ecosistema.

1.3 Justificación

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la evolución del ecosistema bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo, mediante el uso del índice de vegetación mejorado (EVI) para observar la vigorosidad de la vegetación y determinar la ganancia de carbono a través del periodo del 2013 al 2020 y generar una propuesta de conservación en base a los resultados obtenidos del ecosistema de estudio; de tal forma que se mitiguen las acciones ya realizadas por las personas, como también los factores climáticos o atmosféricos.

Mediante la propuesta de conservación gestionar los problemas más comunes presentes y mitigarlos con el objetivo de restauración y conservación en base a gradientes altitudinales del ecosistema de manera ecológica y concientizando a las comunidades aledañas sin que estas sean afectadas, de manera económica o privación de la libertad por el desconocimiento de la legislación ambiental, las leyes ambientales, etc.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis Nula

Al aplicar el índice EVI no existe evolución del Bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo en el periodo 2013 al 2020.

1.4.2 Hipótesis Alternante

Al aplicar el índice EVI existe evolución del Bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo en el periodo 2013 al 2020.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ecosistema

Un ecosistema es el conjunto de especies en un espacio dado en el que interactúan entre sí y con su entorno; a través de la depredación, parasitismo, la competencia y simbiosis, en el ambiente al momento de morir como parte del ciclo de energía y los nutrientes; el término fue creado en 1930 por los ingleses Roy Clapham y Sir Arthur Tansley; en un principio se aplicaba a unidades de escalas siempre y cuando exista un entorno físico, organismos de interacciones, etc (CONABIO, 2019).

2.2 Bosque

Según la FAO, bosque se define como donde predominan los árboles en extensiones de tierras superiores a 0,5 ha, no se tienen en cuenta las tierras agrícolas o urbanas. Existen diferentes tipos de bosques tales como el primario o nativo; los secundarios son creados por personas o fenómenos naturales (FAO/IUFRO, 2007) (FAO, 2017). El bosque ocupa alrededor de un tercio en la superficie terrestre (OVACEN, 2016).

El bosque tiene clasificaciones que representan su complejidad (**anexo a.**), su tipo de vegetación, clima, la estacionalidad del follaje o grado de conservación. A través de esto los administradores e ingenieros forestales obtienen una base científica para comprender su vegetación (OVACEN, 2016).

2.3 Cuenca Hidrográfica de Pastaza

El Río Pastaza es un importante sistema fluvial en el Ecuador y la región amazónica andina. Comienza en las altas cumbres de los Andes centrales de Ecuador y termina en Perú, donde desemboca en el Río Marañón, llevando las aguas del Río Pastaza al Río Amazonas y al océano Atlántico (Rivas & Montoya, 2006).

2.4 Subcuenca de Chambo

La subcuenca de Chambo tiene un área de 3.580 km² y cubre el 54,2% del área de Chimborazo. En este territorio están presentes 7 cantones: Alausí, Guamote, Colta, Chambo, Riobamba, Penipe y Guano. El 98% de la subcuenca pertenece a Chimborazo, los humedales, las zonas naturales y

paramos, las áreas cultivadas, representan el 50% del área total. En la subcuenca se encuentran dos áreas protegidas como son: La Reserva de Producción Faunística Chimborazo y el Parque Nacional Sangay (AGUA CHAMBO, 2011, citados en Vasco, 2021).

2.5 Diagnóstico de la Subcuenca

Actualmente cuenta con 40 áreas protegidas las cuales forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas integrado por 4 áreas protegidas: el Parque Nacional Sangay, la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo y 2 Bosques protectores. El Río Chambo drena los ríos Cutuchi y Ambato, zona hidrográfica de Pastaza creada en 2010 por SENAGUA (AGUA CHAMBO, 2011, citados en Monteros, 2022).

2.6 Bosque Siempre verde Montano Alto de la subcuenca del Río Chambo.

Factores diagnósticos

Fisonomía: bosque

Bioclima: pluvial, Ombrotipo: húmedo, hiperhúmedo Biogeografía: Región: Andes,

Provincia: Andes del Norte, Sector: Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Fenología: Siempre verde Piso bioclimático: Montano alto (3000-3700 msnm), Termotipo: supratropical inferior y superior

Geoforma: Relieve general: De montaña, Macrorelieve: Cordillera, Mesorelieve: Relieves montañosos, Edificios volcánicos, Colinas, Vertientes

Inundabilidad general: Régimen de Inundación: no inundable (MAE, 2013).

El bosque Siempre verde Montano Alto se extiende desde los 3000 a los 3700 m.s.n.m., su vegetación es de transición ya que es similar al bosque nuboso y del páramo, el bosque también se llama Ceja Andina, por ser similar al bosque nublado en fisonomía por la cantidad de musgos y epífitas, difiere solo en estructura y tamaño (EcuRed, 2013).

Los árboles alcanzan de 10 a 15 m de altura; restringida a áreas de topografía accidentada y pendientes de pendientes que son desde muy inclinadas a escarpados ($15 - 87^\circ$) (Demek 1972). Sus suelos son inceptisoles y andosoles desaturados – perhidratados, poco profundos entre 20 a 25 cm, son francos a franco limosos con buen drenaje y suelo húmífero; los árboles tienen troncos gruesos y torcidos, sus raíces son adventicias (MAE, 2013).

El sotobosque que posee presenta helechos herbáceos y arbóreos (Dicksonia y Cyathea), arbustos (Calceolaria, Ribes, Rubus, Berberis, Ilex, Brachyotum y Miconia); sus zonas de regeneración

son colonizadas por gramíneas de hasta 5 – 8 m de altura llamados suros (*Chusquea* sp.) (MAE, 2013).

2.7 Problemas que se presentan en un ecosistema

2.7.1 Antropogénico

Antropogénico es el resultado de la acción humana sobre la naturaleza, como la contaminación provocada en el suelo, aire, agua, deforestación, incendios, etc. De tal manera que la acción realizada por el hombre, sobre los ecosistemas y a la biodiversidad dejen secuelas ambientales, siendo más dañinas que otras (Definicion, 2021) (Gob.ec, 2021).

2.7.2 Incendio forestal

Los incendios forestales son grandes incendios que están fuera de control y se propagan fuera de un área natural, como los bosques, pastizales o praderas; compuesto principalmente por árboles, los rayos y la lava también provocan incendios. Pueden ser causados a propósito, siendo este uno premeditado o natural como el calor del sol, las sequías y los rayos (GeoEnciclopedia, 2014) (Medlineplus, 2016) (Portillo, S., 2020).

2.7.3 Frontera agrícola

La frontera agrícola es el proceso de conversión, de un físico determinado, de un ecosistema en campos agrícolas; en el que trabaja una población, transformándola con el tiempo; siendo estos utilizados como suelo agrícola, entre otras diferentes ocupaciones y organización productiva con fines agropecuarios (Minagricultura, 2014) (Salizzi, E., 2020).

2.7.4 Monocultivos

El monocultivo es una forma de agricultura, basada en la uniformidad de un solo tipo de cultivo en un campo. Una sola propiedad exclusivamente, en finca, sin rotación de barbecho. Así, todas las tierras reciben el mismo tratamiento en cuanto a riego, abono, luz, tiempo de cosecha, etc. (Boletinagrario, 2013) (Economipedia,2020) (EARTH OBSERVING SYSTEM, 2021).

2.7.5 Desertificación

La desertificación consiste en la degradación continua, producidas variaciones climáticas y la actividad del hombre de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Esto se debe a

la vulnerabilidad de los ecosistemas áridos que cubren un tercio de la superficie del planeta, la sobrexplotación y el uso inadecuado del suelo (Naciones Unidas, 2020) (GreenFacts, 2007).

2.7.6 *Perdida de la biodiversidad*

La pérdida de la biodiversidad se refiere a la reducción a la desaparición de la diversidad biológica, entendida como la pérdida de los seres vivos que pueblan el ecosistema, a sus diferentes organizaciones biológicas y a su respectiva variedad genética, como los modelos naturales presentes. Siendo uno de los problemas más importantes como medio de desaparición de los ecosistemas y toda biodiversidad que posee (Ecologiaverde, 2019) (IBERDROLA, 2020).

2.8 Marco Legal

2.8.1 *Constitución de la República del Ecuador 2008*

Esta investigación está respaldada legalmente en primer lugar en la Carta Magna de los ecuatorianos, que reconoce la naturaleza como un holístico donde se desarrolla la vida, por lo tanto, promueve su conservación en todos sus componentes. Asimismo, el Estado ecuatoriano garantiza la protección y conservación del patrimonio natural y sus ecosistemas a través del sistema nacional de áreas protegidas.

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

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

2.8.2 Código Orgánico del Ambiente

A través del Código Orgánico del Ambiente, que promueve el desarrollo de la vida en un ambiente ecológicamente equilibrado; mediante las leyes ordinarias vigentes en el ámbito ambiental nacional. El Libro Segundo del Patrimonio Nacional regula la conservación de la biodiversidad en el proceso de obtención responsable del desarrollo y los servicios ambientales que brindan los ecosistemas.

Art. 29.- Regulación de la biodiversidad. “... La biodiversidad es un recurso estratégico del Estado, que deberá incluirse en la planificación territorial nacional y de los gobiernos autónomos descentralizados como un elemento esencial para garantizar un desarrollo equitativo, solidario y con responsabilidad intergeneracional en los territorios”.

Art. 31.- De la conservación de la biodiversidad. La conservación de la biodiversidad se realizará in situ o ex situ, en función de sus características ecológicas, niveles de endemismo, categoría de especies amenazadas de extinción para salvaguardar el patrimonio biológico de la erosión genética, conforme a la política formulada por la Autoridad Ambiental Nacional.

2.8.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Es importante destacar que el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización permite la organización político – administrativa dentro del estado ecuatoriano en el territorio de las distintas comunidades autónomas descentralizadas permitiendo garantizar su autonomía política y financiera.

Art. 42.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado provincial. Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen (en su respectivo literal).

c) Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional y los demás gobiernos autónomos descentralizados, obras en cuencas y microcuencas.

d) La gestión ambiental provincial;

e) Planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego de acuerdo con la Constitución y la ley;

n) Determinar las políticas de investigación e innovación del conocimiento, desarrollo y transferencia de tecnologías necesarias para el desarrollo provincial, en el marco de la planificación nacional.

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

a) Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural, en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad;

b) Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón;

m) Gestionar los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios; y,

Art. 64:- Funciones. Son funciones del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural:

a) Promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial parroquial para garantizar la realización del buen vivir a través de la implementación de políticas públicas parroquiales, en el marco de sus competencias constitucionales y legales;

d) Elaborar el plan parroquial rural de desarrollo; el de ordenamiento territorial y las políticas públicas; ejecutar las acciones de ámbito parroquial que se deriven de sus competencias, de manera coordinada con la planificación cantonal y provincial; y, realizar en forma permanente el seguimiento y rendición de cuentas sobre el cumplimiento de las metas establecidas;

e) Ejecutar las competencias exclusivas y concurrentes reconocidas por la Constitución y la ley;

f) Vigilar la ejecución de obras y la calidad de los servicios públicos y propiciar la organización de la ciudadanía en la parroquia;

g) Fomentar la inversión y el desarrollo económico especialmente de la economía popular y solidaria, en sectores como la agricultura, ganadería, artesanía y turismo, entre otros, en coordinación con los demás gobiernos autónomos descentralizados;

h) Articular a los actores de la economía popular y solidaria a la provisión de bienes y servicios públicos;

m) Coordinar con la Policía Nacional, la sociedad y otros organismos lo relacionado con la seguridad ciudadana, en el ámbito de sus competencias; y,

Art. 65.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural. Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen:

a) Planificar junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad el desarrollo parroquial y su correspondiente ordenamiento territorial, en coordinación con el gobierno cantonal y provincial en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad;

b) Planificar, construir y mantener la infraestructura física, los equipamientos y los espacios públicos de la parroquia, contenidos en los planes de desarrollo e incluidos en los presupuestos participativos anuales;

d) Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.

2.9 Teledetección

La teledetección es el modo por el cual se obtiene información acerca de objetos tomados y analizados la información que fue tomada mediante instrumentos, sin mantener contacto con el objeto. Posee 3 elementos: la plataforma del instrumento, el objetivo y el instrumento o sensor para la observación; posee un cuarto elemento variante que es la información, la cual es el resultado de la imagen, el empleo de esta y la información almacenada (ESA, 2010).

2.10 Cobertura vegetal

Es una expresión que cubre una amplia gama de aplicaciones. Es la ocupación del suelo, del todo tipo de ocupación que existe en este, ya sea vegetación natural, cultivos agrícolas o espacios

urbanos. Este tipo de mapeo es fundamental en el desarrollo del territorio, para conocer el uso del suelo y proponer alguna mejora (Chuvienco E., 2010, p. 63).

2.11 Análisis multitemporal

El análisis multitemporal es una técnica que permite obtener conclusiones en relación con las transformaciones espaciales de una región, al realizar el procesamiento multitemporal de imágenes satelitales, para el procesamiento de las imágenes satelitales es necesario obtener la serie de datos que están referenciado a la fecha de su origen y transformarlos en uno solo (Mehl & Peinado, 1997, citados en Guamán, 2021). El objetivo de este es el de detectar cambios en la cobertura, entre 2 fechas de referencia, mostrando si existió una repercusión por acción del hombre sobre los recursos naturales (Trejos, 2008).

2.12 Imágenes satelitales

Son representaciones visuales capturada por un sensor en un satélite artificial que luego es procesadamente en datos crudos que sirven para corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen y eliminar el ruido. Los procedimientos que mejoran la interpretación visual en una imagen, aunque no aumentan la cantidad de información en esta (Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018).

El rango de opciones que dispone para realces es virtualmente ilimitado, mientras la etapa de operaciones, la extracción de la información reemplazando los análisis visuales en imágenes mediante técnicas cuantitativas automatizando la identificación de los objetos contenidos en una escena, implicando análisis en escenas multispectrales aplicando distintas técnicas (Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018).

2.12.1 Tipos de imágenes satelitales

IKONOS tiene detalle espacial y precisión posicional; utilizado para mapeo básico, visualización aplicaciones GPS y visualización; es excelente para urbanismo, permite el uso de sistemas GIS, infraestructura o transporte, entre otros. Tiene multifuncionalidad para aplicaciones en agricultura, recursos forestales, recursos naturales y el uso del suelo (Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018).

Aunque Landsat tiene aplicaciones de uso del suelo, rico en información e ideal para la investigación ambiental. Por otro lado, IRS ofrece mayor cobertura y costes muy competitivos,

considerando su urbanismo de alta resolución, cartografía o gestión de infraestructuras, entre otros. Radarsat/ERS/JERS funciona en condiciones nubladas u oscuras, lo que hace ideal para monitorear características geológicas, costeras y de aguas abiertas (Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018).

2.12.2 Usos en que se aplican a las Imágenes Satelitales

Se utilizan imágenes satelitales para la planificación y el desarrollo urbano; cartografía de planificación, gestión de uso de suelo; para infraestructura: teléfono, cloacas, agua potable, electricidad, gas; para los alineamientos, carreteras, canales, tuberías; en recursos naturales tales como forestal, petróleo, minero, entre otros (Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018).

En investigación ambiental: cuencas hidrológicas, planes de inundación, vegetación; también en agricultura: agricultura de precisión y clasificación de cultivos; en geografía corporativa o empresarial: inmobiliaria, turística, geolocalización de vehículos, espionaje industrial; para respuestas rápidas a desastres naturales y en los asuntos militares: planificación, simulación, vigilancia, mapeo de fronteras y otras áreas sensibles (Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018).

2.13 Satélites Landsat

Se trata de una serie de satélites que observan la Tierra; administrados por el Servicio Geológico de EE.UU. y la NASA que proporciona información esencial para ayudar a tomar decisiones sobre los informes de los recursos naturales y el medio ambiente (USGS, 2019).

La carga útil del satélite utiliza el nuevo diseño sin partes móviles, aumentando su confiabilidad y su vida útil; gracias a OLI, la serie de satélites Landsat puede realizar observaciones en 2 nuevos rangos de longitud de onda, esenciales para estudios de cirros y calidad de aguas en lagos y zonas costeras. El equipo instalado en los satélites Landsat anteriores, TIRS, ofrece una resolución de 100 m, así como la posibilidad de realizar observaciones de combinaciones de 8 bandas de longitudes de onda infrarrojas (Earth Observing System, 2017).

Sus instrumentos fotografían toda la trayectoria de la nave espacial, el nivel de distorsión radiométrica en comparación con los instrumentos de barrido cruzado utilizados anteriormente, el objetivo principal es obtener las características de la temperatura superficial y estudiar el proceso de transferencia de calor y humedad en el campo de la agricultura, gestión del agua, etc. (Earth Observing System, 2017).

2.14 LandSat 8

Landsat 8 era el satélite más actual lanzado el 11 de febrero del 2013; era responsable de capturar información cada 16 días, alrededor del planeta, excepto en las altas latitudes polares, a las 10 a.m. por la línea ecuatorial (USGS, 2019); el satélite integra: Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico Thermal Infrared Sensor (TIRS) (Ariza, A., 2013, citados en Guamán, 2021).

Este se compone de 11 bandas espectrales como: aerosoles costeros, azul, verde, rojo, infrarrojo cercano “NIR” infrarrojo de onda corta 1 “SWIR1”, TIR1, TIR2, infrarrojo de onda corta 2 “SWIR2”, pancromática y cirrus; de los cuales 2 fueron tomados con el sensor TIRS y 9 con el OLI (Gavilanes, I. & Velásquez, J, 2020, pp. 49 – 62).

Las imágenes proporcionadas por los sensores TIRS y OLI compuestas por nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para temperaturas superficiales más precisas y se toman con una resolución de 100 metros, siendo el tamaño de 170 km de norte-sur, por 183 km de este-oeste (106 km por 114 km) (Ariza, A., 2013, citados en Guamán, 2021).

2.15 Sentinel 2

La misión SENTINEL-2 consta dos satélites gemelos que orbitan cerca de la zona polar, en la misma fase de 180 ° entre sí, fueron diseñados para dar una frecuencia de revisión de 5 días en el Ecuador. SENTINEL-2 posee instrumento óptico que muestreará 13 bandas espectrales: cuatro bandas a 10 m, seis bandas a 20 m y tres bandas a 60 m de resolución (European Space Commission Agency spatiale européenne, 2015).

Estos aseguran la continuidad de datos de las imágenes SPOT y Landsat que permiten observaciones multispectrales que benefician los servicios y aplicaciones de Copernicus en los campos de gestión de tierras, agricultura, silvicultura, gestión de desastres y problemas de seguridad (European Space Commission Agency spatiale européenne, 2015).

La corrección de los aerosoles da la precisión en los datos adquiridos permitiendo la inclusión de una banda espectral del dominio azul de 443 nm en la configuración SENTINEL-2, el impacto potencial en los valores de reflectancia, su uso como indicador en el pronóstico del tiempo y su papel en la captura de la radiación solar entrante (European Space Commission Agency spatiale européenne, 2015).

2.16 Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) es un Software Web que elimina los limitantes computacionales; permitiendo realizar análisis complejos, mediante datos en conjunto con la percepción remota. La plataforma permite el procesamiento de información geoespacial en la nube, sin necesidad de ocupar la memoria de la computadora (Perrilla, A. & François, J., 2020, pp. 2 – 5).

Vinculada a varios programas satelitales; permitiendo la integración, en la base de datos se tomaron imágenes, siendo una solución en el manejo masivo de datos (“Big Data”), permitiendo enfrentar problemas con resultados rápidos; posibilitando proponer y actuar ágilmente; la plataforma tiene cuatro elementos: el marco de Google, banco de datos (“datasets”), el elemento API (“Application Program Interface”) y el editor de código (Perrilla, A. & François, J., 2020, pp. 2 – 5).

2.17 EVI (Enhanced Vegetation Index)

Conocido como Enhanced Vegetation Index o por sus siglas en inglés EVI (Sistema Nacional de Información Agropecuaria, 2017); fue creado por Liu y Huete para la corrección del NDVI cuando hay influencias atmosféricas, las señales de fondo de suelo y hay vegetación densa (EARTH OBSERVING SYSTEM, 2017); basado en la dependencia de la longitud de onda de los efectivos de dispersión de aerosoles; la sección transversal del que se dispersión en la banda azul es mayor que la de la banda roja.

La información estabiliza el valor del índice ante variaciones en los niveles de concentración de aerosoles; incorporando la resistencia atmosférica de la misma manera que la resistencia atmosférica (ARVI), así como la eliminación del brillo del suelo en el VI que se basa en el (SAVI) índice de vegetación del suelo ajustado (Didan, et al., 2015).

Los índices de vegetación son medidas empíricas solidas de la actividad de la vegetación superficial; mostrando el verdor o vigor de un pixel de un satélite; diseñado para mejorar la señal reflejada por la respuesta de la vegetación en a la combinación de 2 o más bandas. Comparado con el NDVI, tiene una mejor sensibilidad mejorada en regiones con alta biomasa; con monitoreo mejorado de la señal del dosel, reduciendo las influencias atmosféricas (François, 2011).

La ecuación para obtener el EVI es la siguiente:

$$EVI = G \frac{NIR - Red}{NIR + C1Red - C2Blue + L}$$

Donde: **NIR**, **Red** y el **Blue** son las reflectancias superficiales total o parcial corregidas por la atmosfera.

L es el ajuste del fondo del dosel donde se toma en cuenta la transferencia radiante diferencial del infrarrojo cercano y el rojo a través del dosel.

C1 y **C2** son los coeficientes de resistencia al aerosol, **G** es el factor de ganancia o escala y sus valores respectivos son **L= 1**, **C1= 6**, **C2= 7,5** y **G= 2,5** (Didan, et al., 2015, citados en Horna, 2021).

El rango de valores para el EVI es de -1 a 1, y para la vegetación sana varía entre 0,2 y 0,8. Cuando debe ser utilizado; para analizar áreas de la Tierra con grandes cantidades de clorofila (como selvas tropicales) y, preferiblemente, con efectos topográficos mínimos (regiones no montañosas) (Earth Observing System, 2017).

2.18 Descripción del Producto Índice De Vegetación

Los índices globales de vegetación generan información en comparaciones espacio temporales sobre el estado de la vegetación, relacionado con el verdor, el área foliar, la clorofila y estructura de la comunidad de vegetal o de cultivos: hay dos índices de vegetación: el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (+), que se toman a intervalos de 16 días; garantizando la continuidad del registro de series temporales AVHRR NDVI de los satélites NOAA para aplicaciones históricas y climáticas. Mientras tanto, el índice de Vegetación Mejorado utiliza la longitud de onda del azul, para eliminar la atmosférica residual, causada por el humo, así como los extremos en la escala subpíxeles (CONAE, 2017).

2.18.1 Descripción de los Productos Derivados en formato Geotiff

Los resultados generados del producto a partir del NDVI máximo y del EVI en Sudamérica y Argentina en forma de particiones obtenidas en la base global IV, proyectadas en latitud / longitud con resolución. La resolución espacial es 0.5 °, tomando el valor máximo del píxel en un período de 16 días para cada satélite, pero para los productos el período de repetición es de 8 días (CONAE, 2017).

Los productos están en unidades de uso del IV: de -1.0 a 1.0, donde esta relación representa la escala gradiente de cobertura vegetal desde un suelo desnudo / rocoso, hasta suelo con vegetación densa y vigoroso; estos valores de - 3000.00 son invalidados, se atribuyen al agua (lagos, lagunas, etc.); los océanos tienen un valor de IV de -1.0 (CONAE, 2017).

2.19 Softwares estadísticos

2.19.1 XLSTAT

XLSTAT es un software estadístico basado en Excel para la visualización de resultados, permite compartir datos y resultados; debido a sus componentes independientes, estos son comparados con datos de otros paquetes de software estadísticos, lo que le da confiabilidad; los complementos estadísticos de Addinsoft permite una amplia gama de estadísticas, desde el análisis de datos, hasta análisis multivariado; aunque hay otros, este software ofrece opciones analíticas. Complementando también el análisis de datos potente y flexible para que pueda analizar, personalizar y compartir en Microsoft Excel. Con más de 240 funciones estadísticas estándar y avanzadas (Addinsoft, 2011).

2.19.2 IDRISI Selva

IDRISI es la funcionalidad de análisis de un ráster, dentro de la gama de SIG y de requisitos de detección remota basados en bases de datos, modelado espacial y clasificación, cambio y series de tiempo, con simulación, interpolación de superficies y caracterización de estadística. El software consiste principalmente en una interfaz donde hay 200 módulos de programa que brindan utilidades para la captura, visualización y análisis de datos geográfico, como teledetección; gracias a esto los datos geográficos se describen en capas temáticas que incluyen capas de carreteras, de características, elevaciones, tipos de suelo, reflectividad, etc. (Eastman Ronald, J., 2016).

2.19.3 Software TREND

TREND nos permite realizar pruebas estadísticas de tendencias, cambios y aleatoriedad en datos hidrológicos y series temporales, a través de las 12 pruebas estadísticas presentes en el programa, esto es traído en base al taller de expertos de la OMM/ UNESCO sobre detección en tendencias, entre otras más (eWater, 2016).

Está destinado a hidrólogos, científicos ambientales, consultores e investigadores para facilitar las pruebas de cambios, tendencias, y aleatoriedad en una serie de datos. La evidencia es relativamente fuerte y fácil de entender, y prueba cambios en los datos hidrológicos ocasionados por el cambio climático, el uso de la tierra en las prácticas de gestión, entre otras (eWater, 2016).

2.19.3.1 Características del programa TREND

En el software se pueden utilizar diferentes pruebas, puede admitir formatos de entrada de datos de series temporales; proporcionando el resultado de la prueba; mostrando estadísticas de prueba y revisiones para niveles de significancia estadística, realiza análisis de re-muestreos para determinar estadísticas de prueba críticas y fácil recuperación de los resultados (eWater, 2016).

Posee 12 test de los cuales están presentes:

- Mann-Kendall (prueba no paramétrica de tendencia).
- Rho de Spearman (prueba no paramétrica de tendencia).
- Regresión lineal (prueba paramétrica de tendencia).
- CUSUM sin distribución (prueba no paramétrica para salto de paso en la media).
- La Desviación acumulativa (prueba paramétrica para salto de paso en la media).
- La de Razón de verosimilitud de Worsley (prueba paramétrica para salto de paso en la media).
- Suma de rango (prueba no paramétrica para la diferencia en la mediana de dos).
- La T de Student (prueba paramétrica para la diferencia en la media de dos períodos de datos).
- La Median Crossing (prueba no paramétrica de aleatoriedad).
- Los Puntos de inflexión (prueba no paramétrica de aleatoriedad).
- La Diferencia de rango (prueba no paramétrica de aleatoriedad).
- La Autocorrelación (prueba paramétrica de aleatoriedad) (eWater, 2016, citados en Horna, 2021).

2.20 Test de Mann-Kendall

El test de Mann-Kendall (MK) tiene por objetivo la evaluación estadística de una serie de tiempo, determinando si existe una tendencia creciente o decreciente en una variable de interés a lo largo del tiempo. Cuando una tendencia es creciente (o decreciente) significa que la variable aumenta (o disminuye) constantemente a través del tiempo, mostrando si la tendencia es lineal o no.

Asimismo, puede ser utilizada en lugar de un análisis de regresión lineal paramétrica, ya que se la utiliza para probar si una pendiente de regresión lineal es diferente de que cero. De esta forma un análisis de regresión requiere que la información de la línea de regresión se distribuya normalmente; mientras que MK es una prueba no paramétrica (libre de distribución) (Mann, 1945) (Kendall, 1975) (Gilbert, 1987).

Hirsch, Slack y Smith (1982) señalaron que la prueba de MK realiza un análisis exploratorio que es apropiado para la identificación de cambios que son significativos o de gran magnitud y que cuantifican los resultados encontrados.

2.20.1 Los Aspectos Básicos de la prueba del Test de Mann Kendall

Los aspectos que se dan a continuación son las definiciones para interpretar en cada caso ya que el punto de partida es:

La Hipótesis; la hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa (H_1). Dando como ejemplo que una prueba de tendencia en series de tiempo, H_0 : no hay tendencias dadas, mientras H_1 : puede ser tendencia creciente o decreciente.

La Prueba Estadística, denominada test estadístico, es la media con la que se compara H_0 y H_1 . Este es un valor numérico calculado de los probados; para entonces tener:

El nivel de significancia es el medio para medir si una estadística de la prueba tiene un valor (crítico) diferente que el producido bajo H_0 ; los posibles.

Los Tipo de Errores que pueden ser siendo de 2 tipos: el error de tipo I es cuando H_0 se rechaza incorrectamente o tipo II cuando H_0 esa aceptada siendo que H_1 es verdadera; con esto demostramos que son paramétricas o no.

Las Pruebas Paramétricas tienen lugar cuando los datos de la serie temporal y los errores siguen una distribución normal. Las pruebas paramétricas son útiles, cuantificando el cambio en como la magnitud del camio de la media o la pendiente de la tendencia. Son más potentes que los no paramétricos.

Las Pruebas no Paramétricas, son pruebas que no tienen a una distribución; puede detectar tendencias y cambios, pero no la magnitud de la tendencia o cambio. Son útiles porque los conjuntos de datos hidrológicos no se distribuyen normalmente (Fonseca, S., 2015).

2.20.2 Procesamiento de la información en el test de Mann Kendall

Para la evaluación de tendencias mediante el Test de Mann-Kendall, se desarrolla la identificación de tendencias en series ambientales. Se desarrolla en el siguiente orden:

1. Se alistaron los valores de las variables de manera ordenada ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$)
2. Se obtiene el signo de la diferencia de cada par de valores al comparar sus magnitudes ($x_j - x_k$) con ($j > k$) de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{Signo } (X_j - X_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (X_j - X_k) < 0 \end{cases}$$

3. La obtención del estadístico S de Mann-Kendall, por medio de esta ecuación:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(X_j - X_k)$$

Si el S es positivo infiere de forma subjetiva que la tendencia es creciente, pero si es negativo es una tendencia decreciente.

4. En base a los indicadores se estima la varianza para el estadístico S de Mann Kendall; considerando los casos obtenidos (en el paso 2.) mediante la ecuación.

$$\text{Var}[S] = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{q=1}^g t_q(t_q-1)(2t_q-5) \right]$$

5. El cálculo del estadístico Z_{MK} mediante

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}} & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

6. A partir del S estadístico Z se realiza una evaluación de las hipótesis de interés, que pueden ser:

- a) H_0 : No hay tendencia vs H_1 : Hay tendencia decreciente
 b) H_0 : No hay tendencia vs H_1 : Hay tendencia creciente

2.21 Matriz de Transición

La matriz de transición de Markov es una matriz cuadrada que describe las probabilidades de transición de un estado a otro en un sistema dinámico. Técnicamente, la matriz de transición determina la probabilidad de un cambio de estado del presente al futuro. Usando el proceso de calcular y organizar datos en una matriz, el modelo de Markov permite calcular las probabilidades de que ocurran eventos en un futuro cercano o lejano (Greenlane, 2018).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Delimitación del área de estudio

La Subcuenca del Río Chambo se encuentra localizada en las provincias de provincia de Chimborazo, Tungurahua y Morona Santiago. El ecosistema de estudio se encuentra entre los cantones: Penipe, Riobamba, Chambo, Guamote, San Pedro de Pelileo, Pablo Sexto y Baños de Agua Santa (Ilustración 1–3) con una temperatura media anual de 14°C y con precipitaciones entre 500 - 2000 mm anuales; con altitudes comprendidas entre 3000 a 3700 m.s.n.m., ubicado geográficamente a 1° 47' 52,027" latitud Sur y a 78° 37' 12,876" longitud Oeste, con un área de 3589,55 km². delimitada al Norte por Tungurahua, al Sur por Chimborazo, al Este por Morona Santiago y al Oeste por Bolívar.

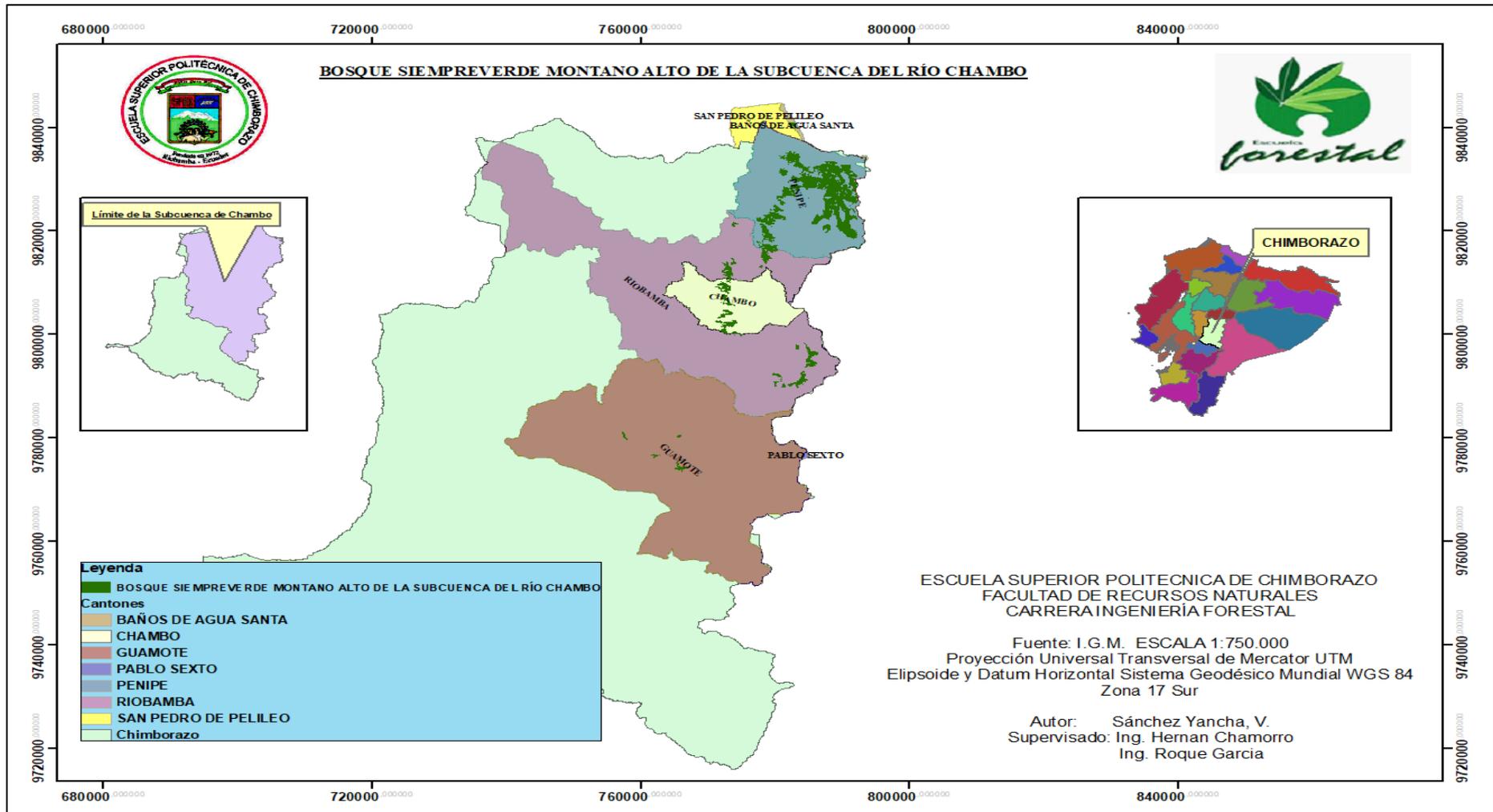


Ilustración 1–3. Límites de la subcuenca del Río Chambo.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

3.2 Materiales de oficina

- Cartuchos de impresora
- Resma de papel
- Computadora
- Impresora
- Softwares:
 - ArcGIS 10.8
 - TREND
 - Excel

3.3 Metodología

En la presente investigación, se realizó el estudio de la evolución del bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo, mediante el uso de imágenes satelitales LandSat 8 de los años del 2013 al 2020 utilizando el índice de vegetación mejorado o EVI. Los resultados fueron analizados con la metodología de Mann-Kendall (MK) el cual permitió evaluar las tendencias (variables climáticas) que se presentaron en el periodo del 2013 al 2020. Posteriormente se generó una propuesta de conservación mediante el uso de gradientes altitudinales, control de incendios, capacitación de la legislación y normativa ambiental.

3.3.1 Para determinar la evolución del ecosistema de estudio

Para obtener las imágenes satelitales LandSat 8 se utilizó la plataforma de *Google Earth Engine* que permitió la previsualización, procesamiento y descarga de información. Se utilizaron las bandas B2, B4 y B5 y la fórmula del EVI para imágenes LandSat 8, como muestra la siguiente ecuación:

$$EVI = 2.5 * \frac{[B5] - [B4]}{[B5] + 6 * [B4] - (7.5 * [B2]) + 1}$$

los ráster obtenidos de la plataforma son orto rectificados por lo que se puede trabajar directamente en ellos

Para delimitar la Subcuenca del Río Chambo se utilizó la herramienta de geoprocésamiento de corte (*clip*), además, se realizó la reproyección de coordenadas de WGS a UTM, posteriormente para obtener la delimitación del ecosistema (entre un polígono y un ráster) se utilizó la herramienta de extracción por máscara (*Extract by mask*) del ráster delimitado en base al shapefile de interés (ecosistema de estudio). Para establecer y elaborar una expresión algebraica de los ráster anuales (diferencias de valores de cada ráster) se utilizó la herramienta calculadora ráster (*raster calculator*).

Para evidenciar la evolución del ecosistema Bosque Siempre Verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo, fueron utilizados los umbrales del EVI presentes en los ráster procesados del 2013 y del 2020; mediante una reclasificación de la información presente en los ráster, se dio 3 clases donde cada clase mostraba si estaba con alto o baja actividad fotosintética, como también el estado de conservación por medio de una matriz de transición o cambio.

3.3.1.1 Análisis del índice de vegetación EVI en la estaciones seca y lluviosa

Para determinar el desarrollo de la vegetación o ganancia de carbono, se utilizó los resultados del índice de vegetación EVI en las estaciones seca y lluviosa, mediante el uso de los valores medios (*mean*) del EVI; siendo distribuidos de acuerdo con la estación respectiva (meses correspondientes a la estación seca o lluviosa) y promediadas para obtener un resultado anual (del 2013 al 2020), evidenciando el desarrollo de la vegetación o no en las estaciones correspondientes.

3.3.2 Para determinar el análisis de tendencias del umbral del índice EVI con la metodología MANN KENDALL.

Para el cumplir con el segundo objetivo se utilizó la metodología de Mann-Kendall; mediante el uso del software estadístico *TREND*, en conjunto con la información de los umbrales medios (*mean*) del índice de vegetación EVI permitió la detección de tendencias e identificando el nivel de significancia mediante los resultados del Z estadístico, donde los valores de ($<+1,96$) identifica que está dentro del rango y fuera de este los valores de ($<-1,96$) en sus meses respectivos en las estaciones seca y lluviosa.

3.3.3 Creación de la propuesta de conservación

Para elaborar la propuesta de conservación se propuso objetivos enfocados en la conservación de los recursos y en capacitar a las comunidades sobre legislación para conservar el ecosistema, por

medio del desarrollo de seis prioridades las cuales fueron: la conformación de brigadas para control de incendios forestales, capacitación sobre legislación y normativa ambiental, establecimiento de una zona de amortiguamiento, control de la frontera agrícola, estudios de capacidad de carga animal y conservación de la flora y fauna nativa comprendida en el rango altitudinal 3400 a los 3700 m.s.n.m. y manejo de la vegetación debajo de los 3400 hasta los 3000 m.s.n.m.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Procesamiento de imágenes LandSat 8

Los ráster resultantes de la reproyección del Datum WGS a UTM y del mejoramiento de calidad de los píxeles se muestran en la Ilustración (2–4), para el respectivo procesamiento para el estudio del ecosistema de interés e identificar el comportamiento del índice de vegetación EVI.

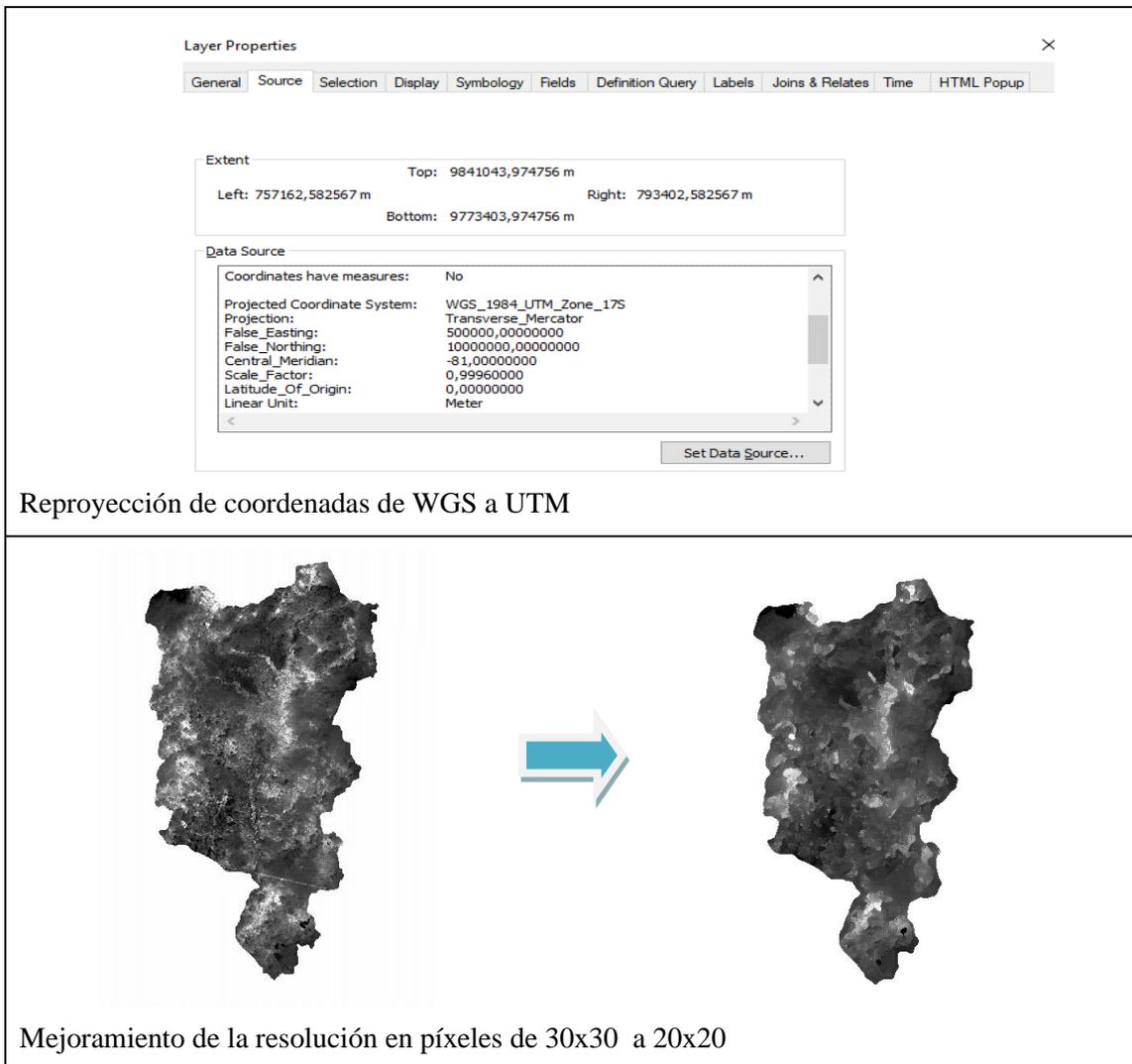


Ilustración 2-4: Ráster procesados para el estudio del ecosistema de interés.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Ráster resultante obtenido por la extracción por máscara de un shapefile del ecosistema, tanto mensuales (desde enero hasta diciembre) como anuales (del 2013 al 2020).

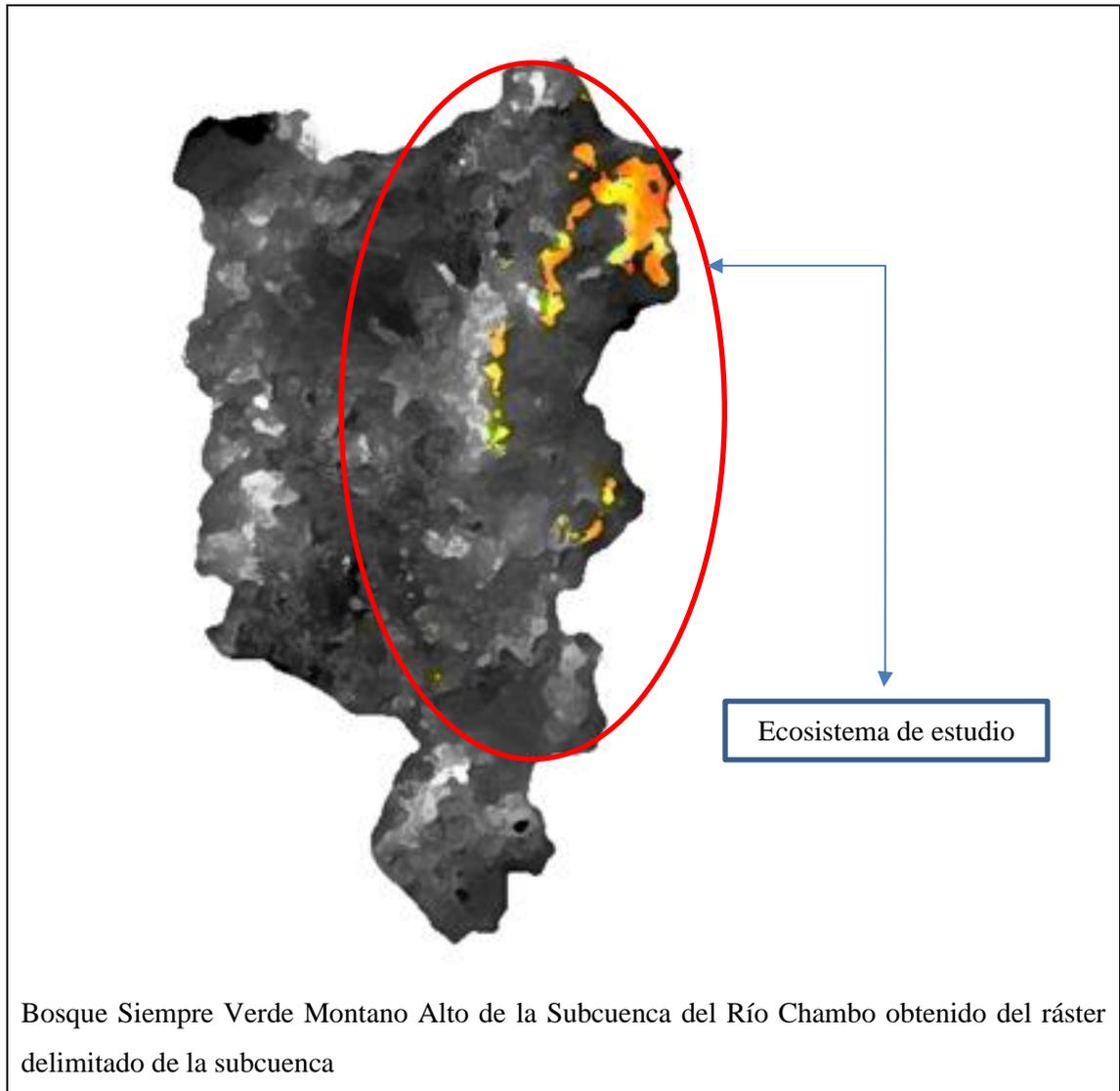


Ilustración 3-4: Ráster resultante por medio de la herramienta de extracción por máscara (*Extract by mask*)

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Para mostrar los resultados obtenidos se modificó la paleta de colores de la *grayscale* (en blanco y negro) a un color de rampa (*Color Ramp*) evidenciando el comportamiento del índice de vegetación EVI; siendo el color verde que representará los valores a 1, los valores inferiores a este se colocaron de color amarillo y rojo para los más bajos, como se muestran en las Ilustraciones (4 – 3) hasta la (11 – 3).

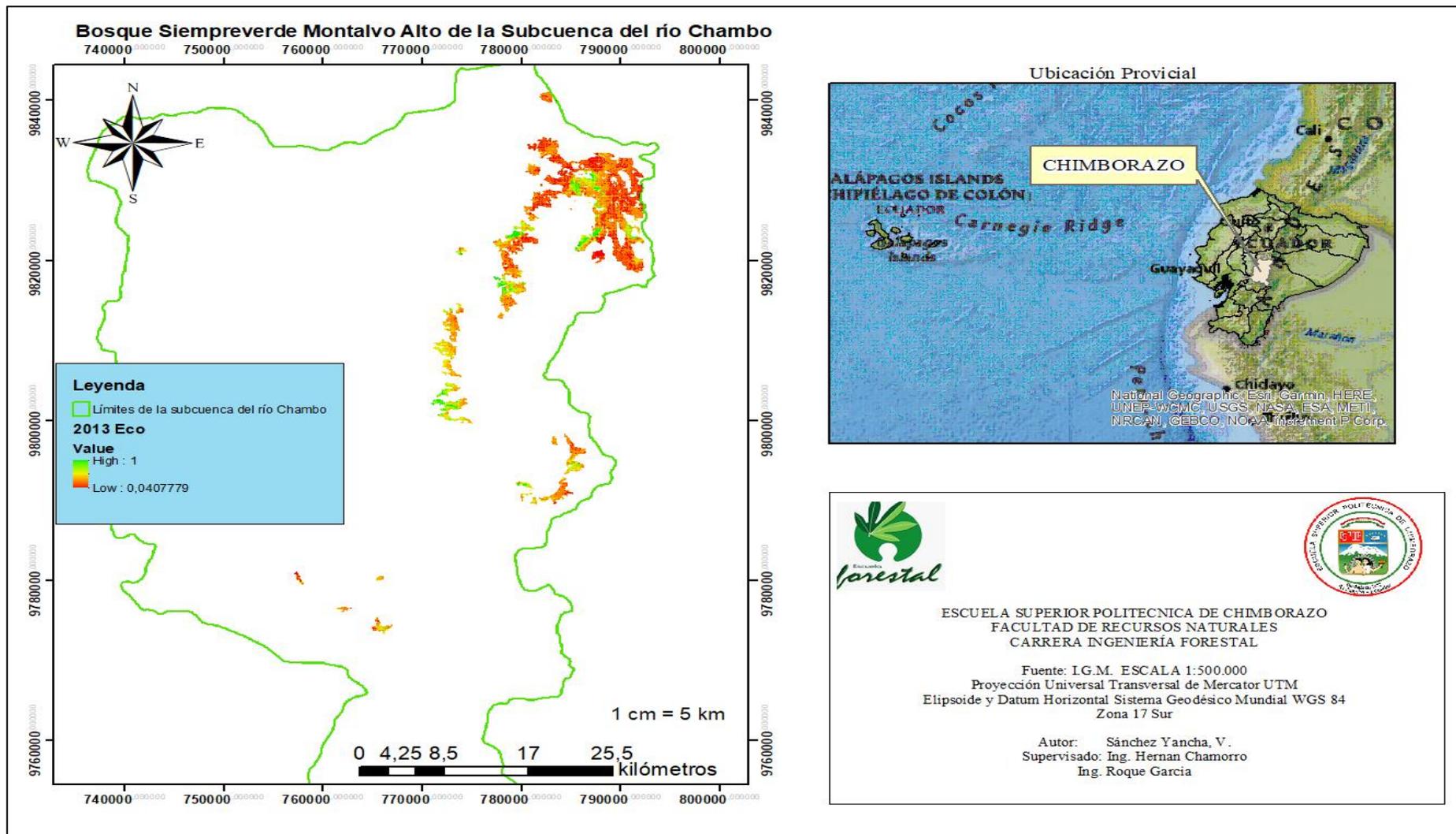


Ilustración 4-4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2013.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

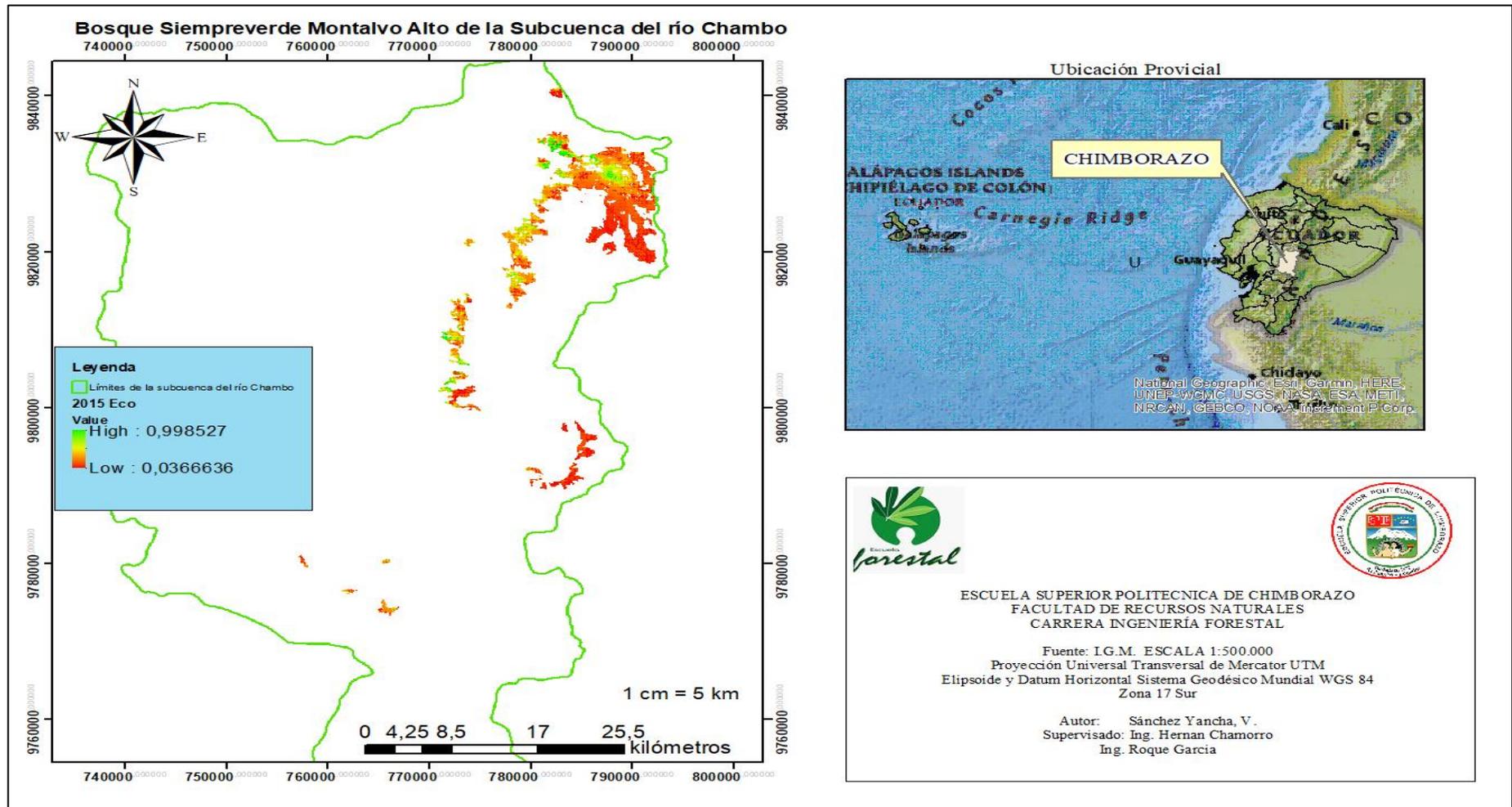


Ilustración 6-4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2015.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

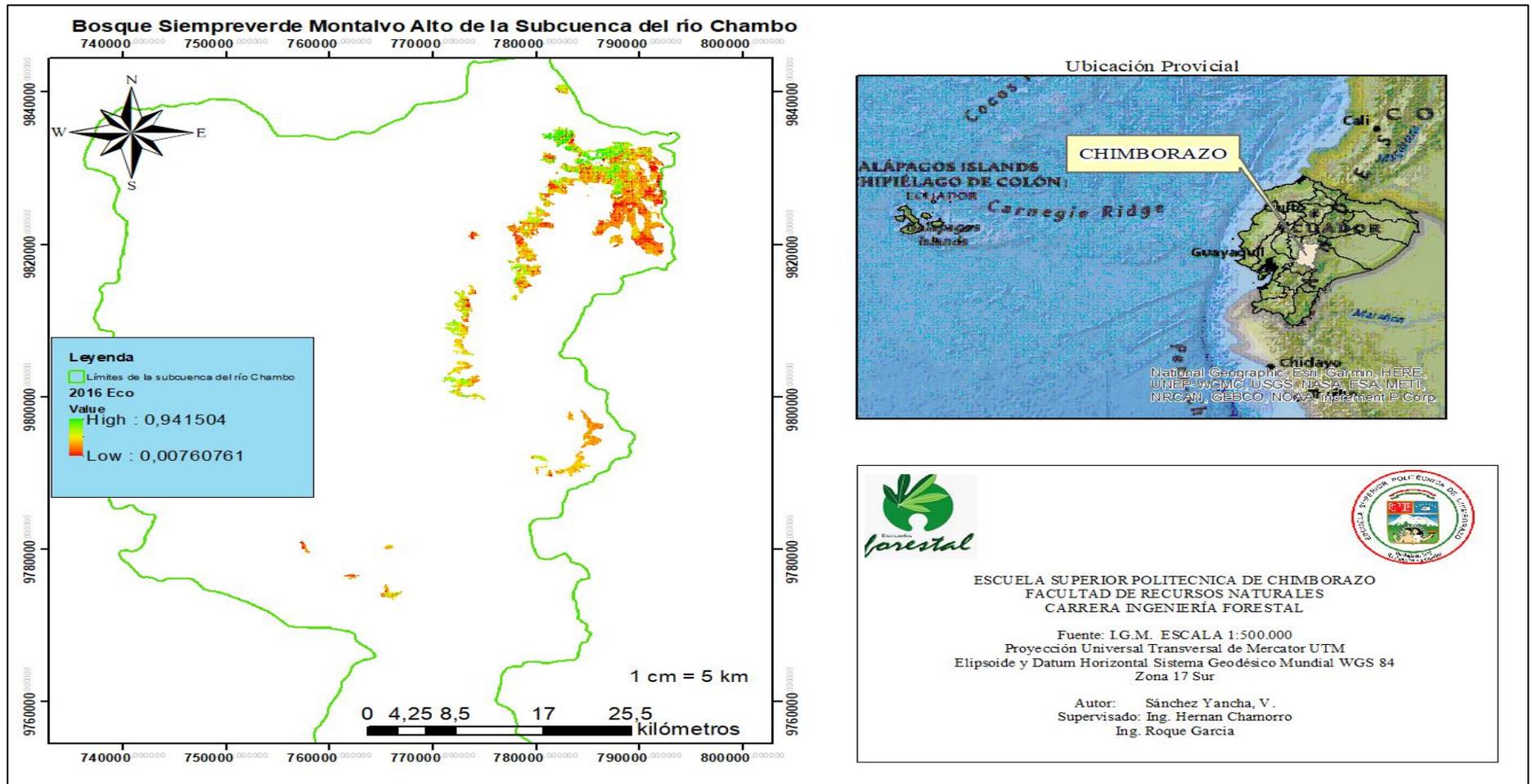


Ilustración 7-4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2016.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

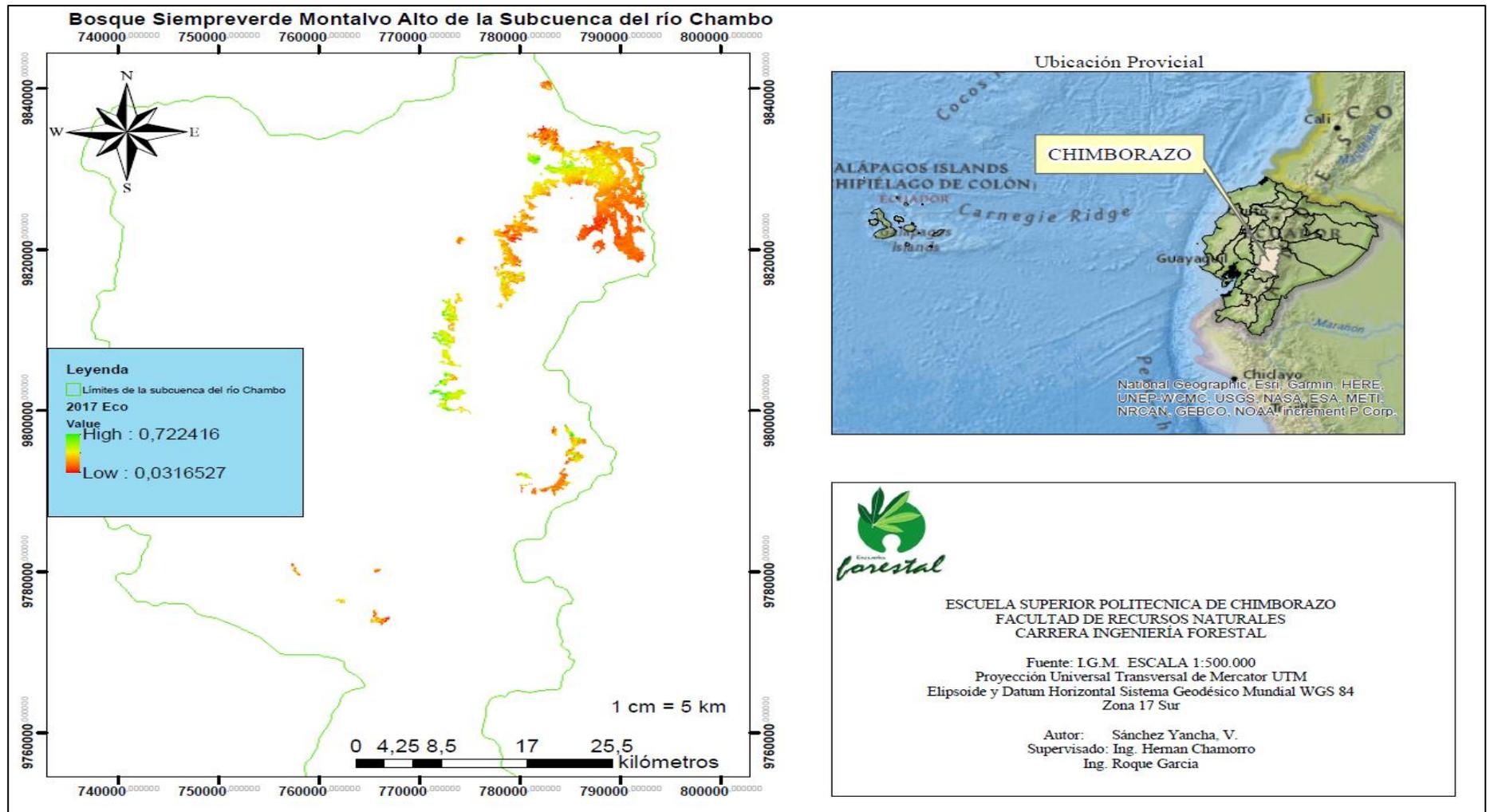


Ilustración 8-4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2017.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

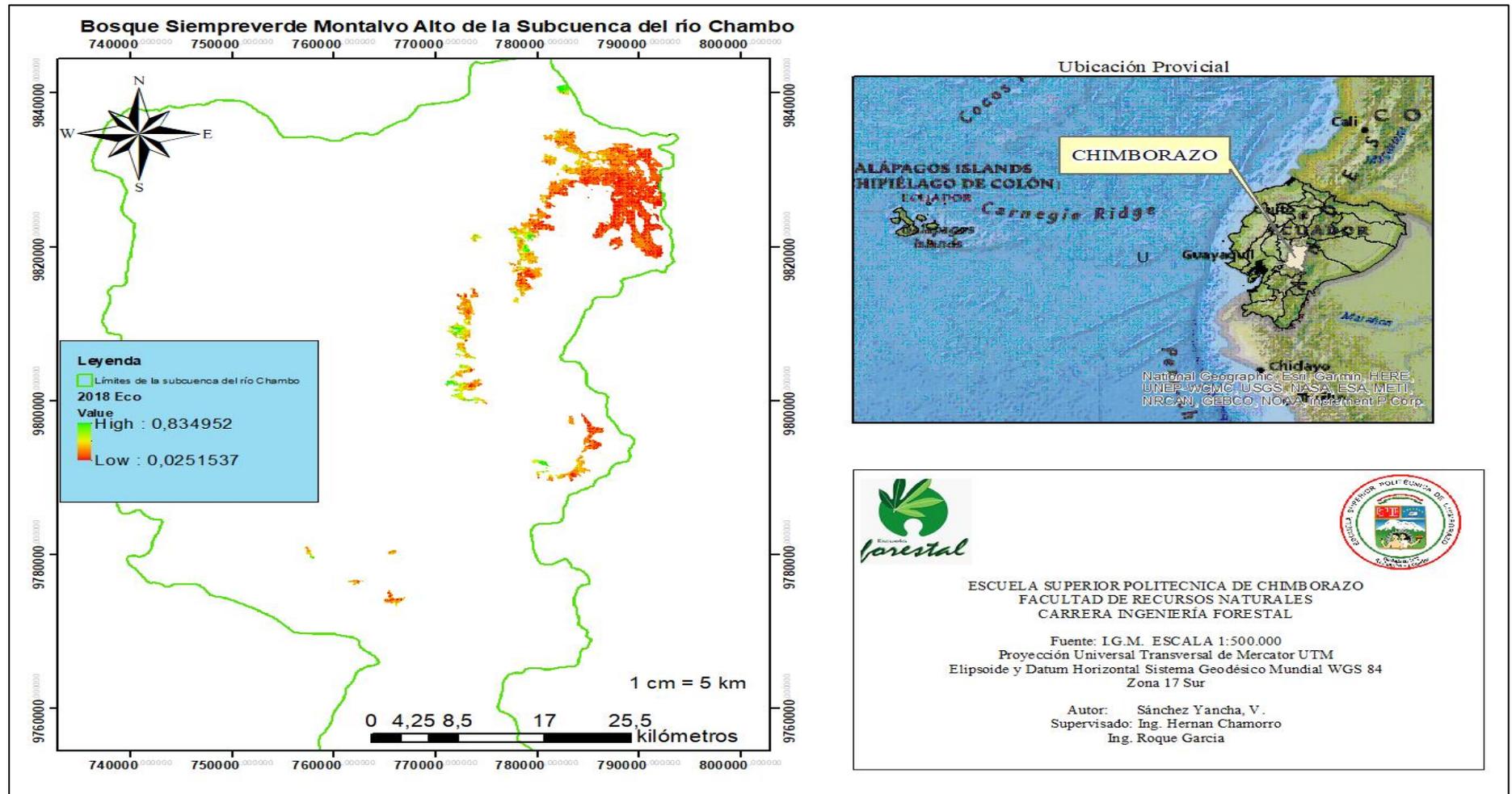


Ilustración 9-4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2018.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

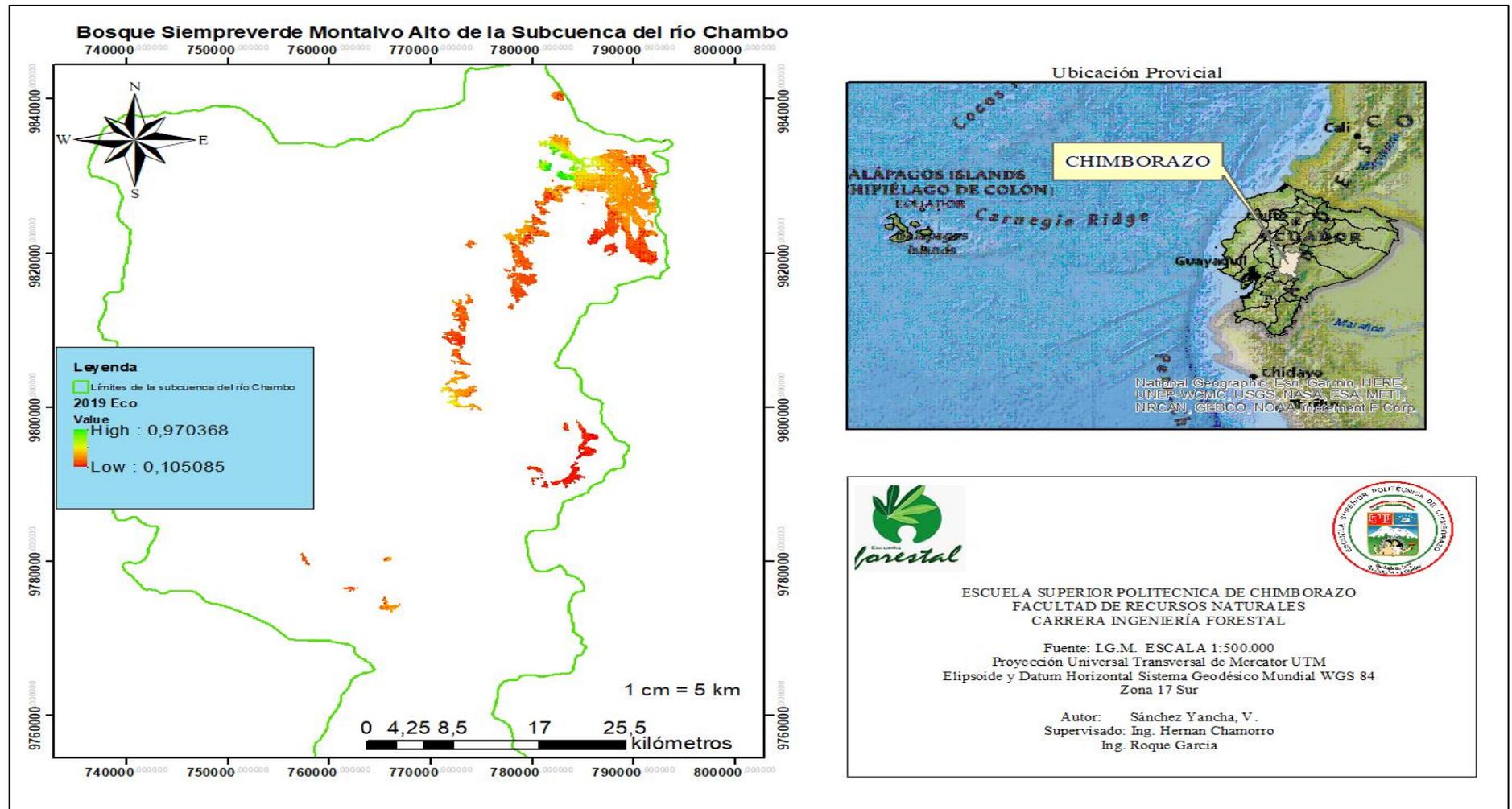


Ilustración 10–4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2019.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

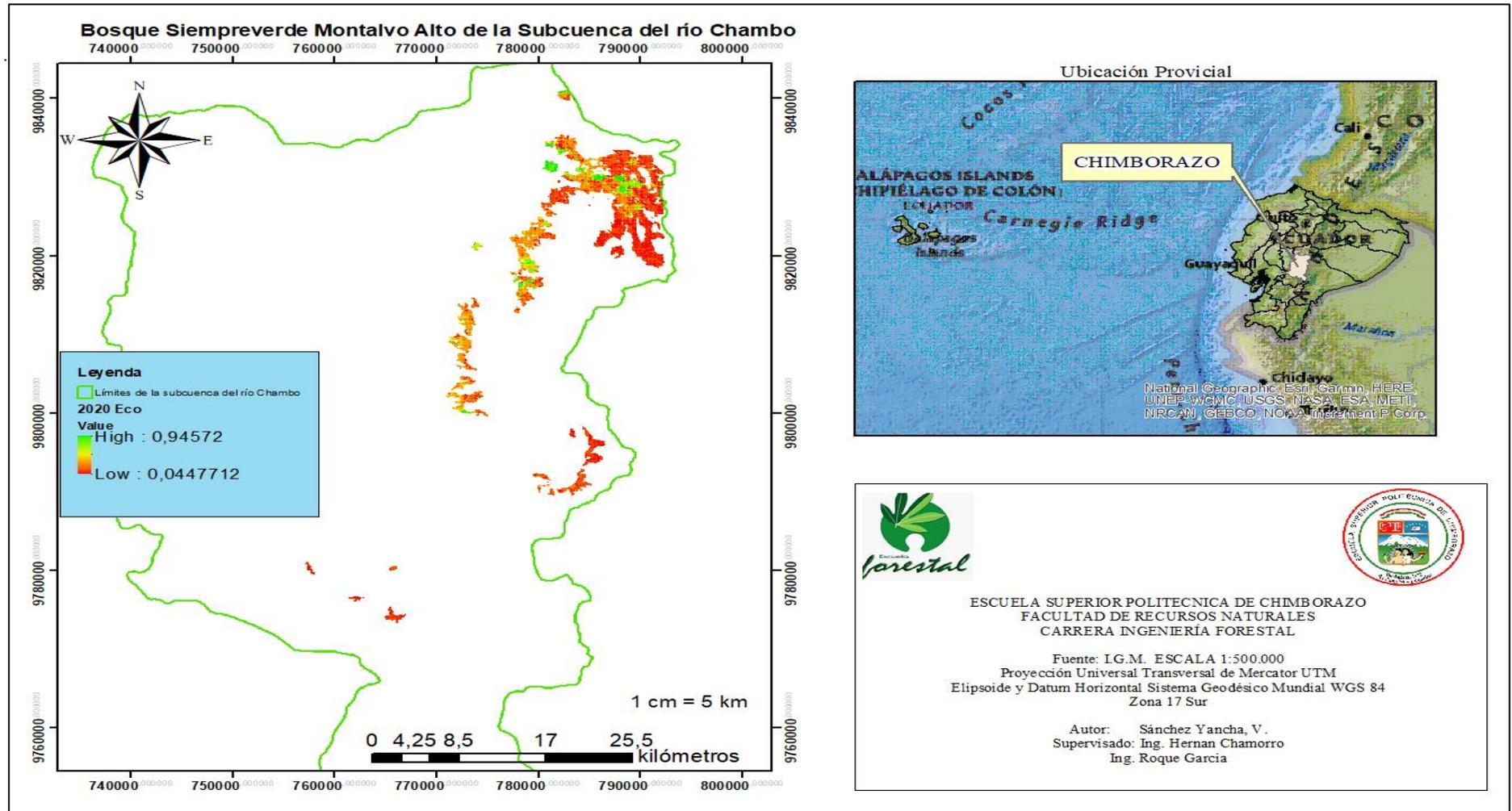


Ilustración 11–4: Ráster anual del índice de vegetación EVI en el 2020.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

4.1.1 Procesamiento de la información de los raster

De acuerdo con la información mensual presente en las Tablas (1–4 a la 8–4) se le dio 2 colores, siendo el color naranja (claro 40%) para los raster disponibles y los que no tuvieron un registro de la información de un color azul (claro 60%). De este modo, se realizó las tablas anuales con su respectiva información.

Los atributos mostrados en las tablas del índice de vegetación EVI, muestran las cantidades de vigorosidad obtenido en el ecosistema. En este sentido, la descripción del máximo (*max*) es la ganancia máxima de vigorosidad, el medio (*mean*) la ganancia de vigorosidad (mensual o anual), el mínimo (*min*) es la ganancia mínima de vigorosidad y la desviación estándar (*std dev.*) representa las ganancias de vigorosidad en la respectiva estación seca y lluviosa.

Tabla 1–4: Datos del EVI durante el año 2013.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Min				0,07	0,11	0,10	0,15	0,02	0,02	0,08	0,04	0,09
Max				0,87	0,52	0,81	0,68	0,79	0,79	0,74	0,64	0,80
Mean				0,32	0,24	0,30	0,33	0,23	0,23	0,22	0,21	0,25

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los resultados obtenidos del índice de vegetación EVI (Tabla 1–4) del año 2013 mostro no tener un registro en los meses de enero (Ene), febrero (Feb) y marzo (Mar); sin embargo, durante este periodo los valores máximos (*max*) fueron de (0,87, 0,81 y 0,80) en los meses de abril (Abr), junio (Jun) y diciembre (Dic) respectivamente; mientras los demás poseían valores de (0,68) para julio (Jul), (0,79) en agosto (Ago) y septiembre (Sep), de (0,74) en octubre (Oct) y (0,64) en noviembre (Nov), siendo el menor de (0,52) para mayo (May); mientras los valores mínimos (*min*) variaban desde (0,02) hasta (0,11).

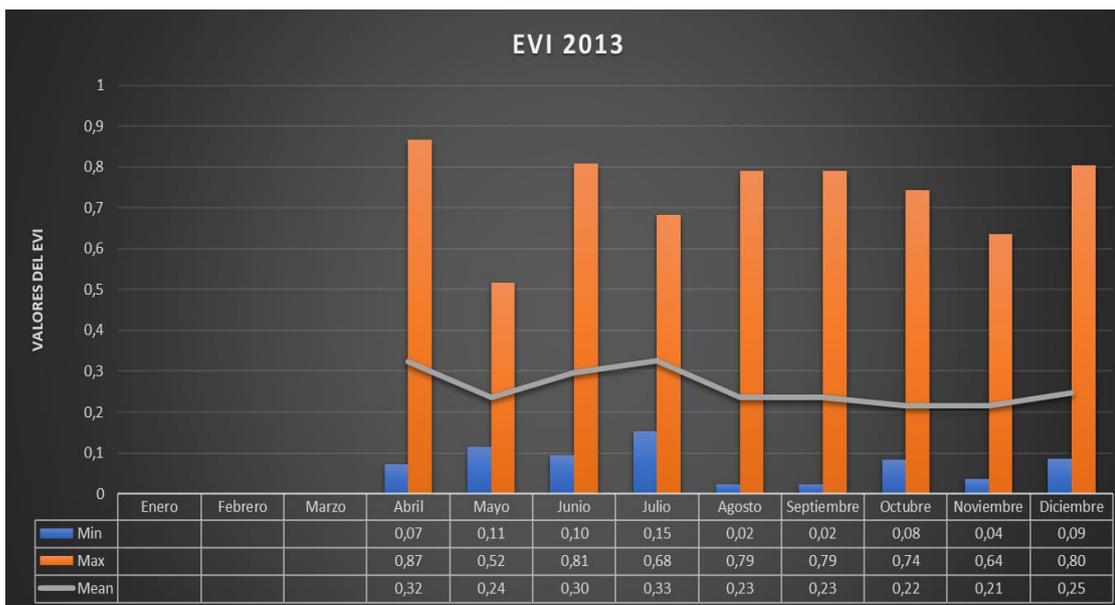


Ilustración 12–4: Periodo del EVI (2013) de los resultados de la Tabla 1–4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2013 obtuvieron un rango desde (0,21) en Nov, de (0,22) en Oct, para los meses de Sep y Oct tuvieron un valor de (0,23), de (0,24) en May, Dic tuvo un valor de (0,25) y los que poseían valores más grandes de (0,30, 0,32 y 0,33) pertenecieron a los meses Jun, Abr y Jul respectivamente mostrando que el ecosistema en ese periodo poseía una vegetación débil y escasa.

Tabla 2–4: Datos del EVI durante el año 2014.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mín	0,09	0,03	0,12		0,08	0,13	0,13	0,09	0,09	0,13	0,07	0,11
Max	0,80	0,85	0,67		0,44	0,80	0,66	0,63	0,65	0,77	0,81	0,85
Mean	0,25	0,32	0,24		0,19	0,33	0,30	0,27	0,22	0,42	0,27	0,20

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Durante el año del 2014 (Tabla 2–4) el único mes que no tuvo registro fue el mes de Abr; el EVI máximo (*max*) durante este periodo fue de (0,85) durante los meses de Feb y Dic, seguido de Nov con (0,81), después lo siguen los meses de Ene y Jun con (0,80), en Oct tuvo (0,77), mientras que Mar, Jul y Ago con (0,67), (0,66) y (0,63) respectivamente, el menor de estos fue en el mes de May con (0,44); mientras los valores mínimos (*min*) eran desde (0,13) hasta (0,13).

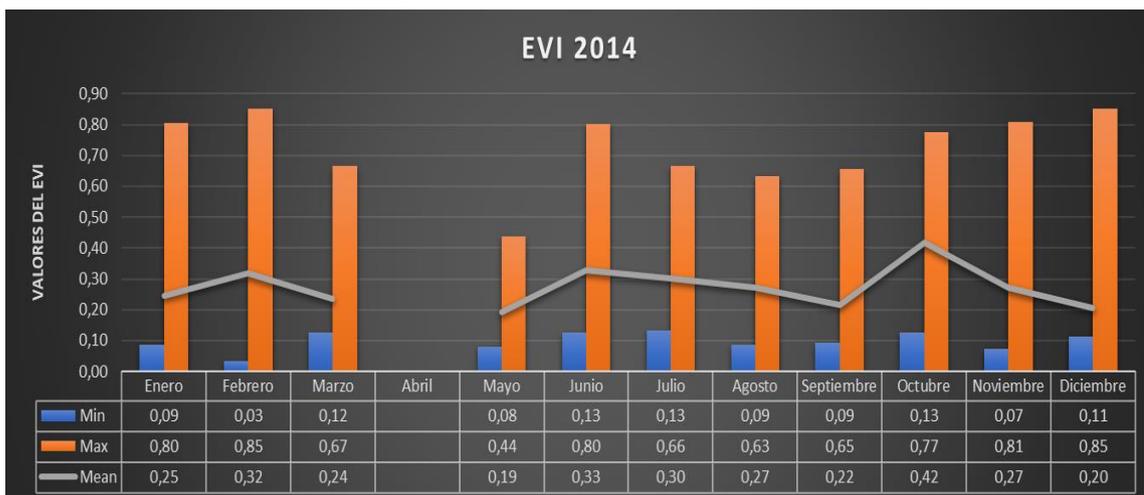


Ilustración 13–4: Periodo del EVI (2014) de los resultados de la Tabla 2–4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI durante el 2014 obtuvieron un rango desde (0,19) para May, en Dic con un valor de (0,20), con (0,22) para Sep, de (0,24) en May, con un valor de (0,25) en Ene y los que poseían valores más grandes de (0,30, 0,32 y 0,33) pertenecientes a los meses Jul, Feb y Jun respectivamente mostrando que el ecosistema en ese periodo poseía una vegetación débil y escasa.

Tabla 3–4: Datos del EVI durante el año 2015.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Min	0,11	0,03	0,02		0,11	0,05	0,02	0,05	0,05	0,14	0,11	0,05
Max	0,85	0,80	0,89		0,89	0,88	0,88	0,63	0,69	0,74	0,83	0,94
Mean	0,20	0,41	0,34		0,30	0,22	0,35	0,22	0,24	0,37	0,32	0,39

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Durante el año del 2015 (Tabla 3–4) de igual forma que en el 2014 Abr no presento registro; los valores (*max*) del EVI, fueron en los meses de Dic con (0,94), seguidos de Mar y May con (0,89), como de Jun y Jul con (0,88), mientras que Ene tuvo (0,85), como en Nov (0,83), por otro lado, Feb obtuvo un valor de (0,80), para que el mes de Oct obtenga un valor de (0,74), terminando con Ago y Sep con valores de (0,63 y 0,69) respectivamente, mientras los valores (*min*) partían desde (0,02) hasta (0,14).

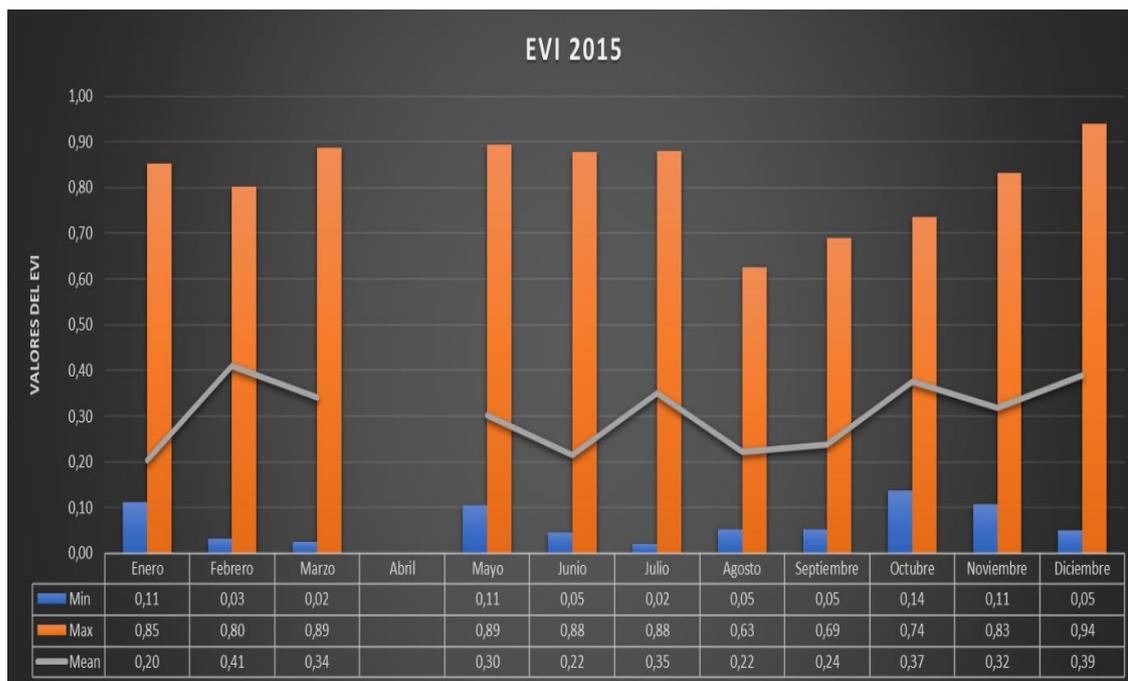


Ilustración 14–4: Periodo del EVI (2015) de los resultados de la Tabla 3–4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2015 mostro valores de (0,20) para el mes de Ene, para los meses de Jun y Ago presentaron un valor de (0,22), seguido de Sep con un valor de (0,24), en May con un valor de (0,30), mientras Nov obtuvo un valor de (0,32), seguido de Mar con (0,34), Jun con un valor de (0,35) y (0,37) en Oct, finalmente Feb con un valor de (0,41) mostrando que en ese mes poseía una vegetación densa y vigorosa, para después poseer en el resto del año una vegetación débil y escasa dispersado dentro del ecosistema.

Tabla 4–4: Datos del EVI durante el año 2016.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Min	0,12	0,04	0,05	0,11	0,13	0,05		0,05	0,09	0,16	0,08	0,02
Max	0,86	0,72	0,85	0,56	0,50	0,90		0,48	0,76	0,82	0,79	0,85
Mean	0,29	0,21	0,31	0,21	0,28	0,24		0,21	0,25	0,26	0,32	0,39

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Durante el año 2016 (Tabla 4–4) no obtuvo registro en Jul; los valores (*max*) en este periodo se obtuvieron valores de (0,90) para el mes de Jun, en Ene con un valor de (0,86), mientras que para Mar y Dic obtuvieron (0,85), por otra parte, Oct tenía (0,82), Nov bajo a (0,76), siendo que Feb obtuvo (0,72), en los meses de Abr, May y Ago presentaron bajas significativas al poseer valores de (0,56), (0,50) y (0,49) respectivamente, los valores mínimos (*min*) eran desde (0,02) a (0,16).

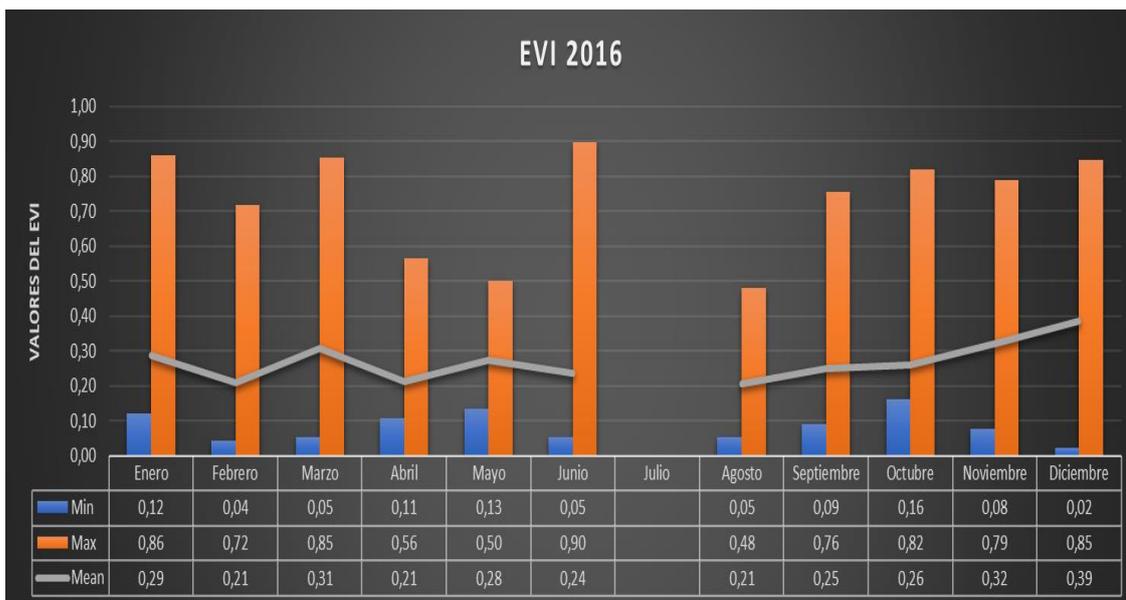


Ilustración 15–4: Periodo del EVI (2016) de los resultados de la Tabla 4–4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2016 mostró que los valores obtenidos fueron de (0,21) para los meses de Feb, Abr y Ago, con un valor de (0,24) en el mes de Jun, seguido de Sep, Oct, May, Ene, Mar y Nov con valores de (0,25, 0,26, 0,28, 0,29, 0,31 y 0,32) respectivamente indicando que el ecosistema presento una vegetación débil y escasa, indicando que disminuyo la vegetación densa y vigorosa.

Tabla 5–4: Datos del EVI durante el año 2017.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Min	0,02		0,13			0,10	0,04	0,03	0,07	0,11	0,11	0,12
Max	0,83		0,63			0,62	0,87	0,92	0,77	0,90	0,98	0,72
Mean	0,39		0,28			0,25	0,27	0,27	0,40	0,28	0,24	0,37

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Durante el periodo del 2017 (Tabla 5–4) no se obtuvo registros durante los meses de Feb, Abr y May; los valores (*max*) fue en Nov, seguido de Ago y Oct siendo los valores de (0,98, 0,92 y 0,90) respectivamente, por otro lado, Jul presento un valor de (0,87), de igual forma Ene mostro un valor de (0,83), también en el mes de Sep dio un valor de (0,77), Dic dio un valor de (0,72), para luego tener valore de (0,63) para el mes de Mar y (0,62) en Jun, por otra parte los valores mínimos (*min*) van desde (0,12) a (0,13).

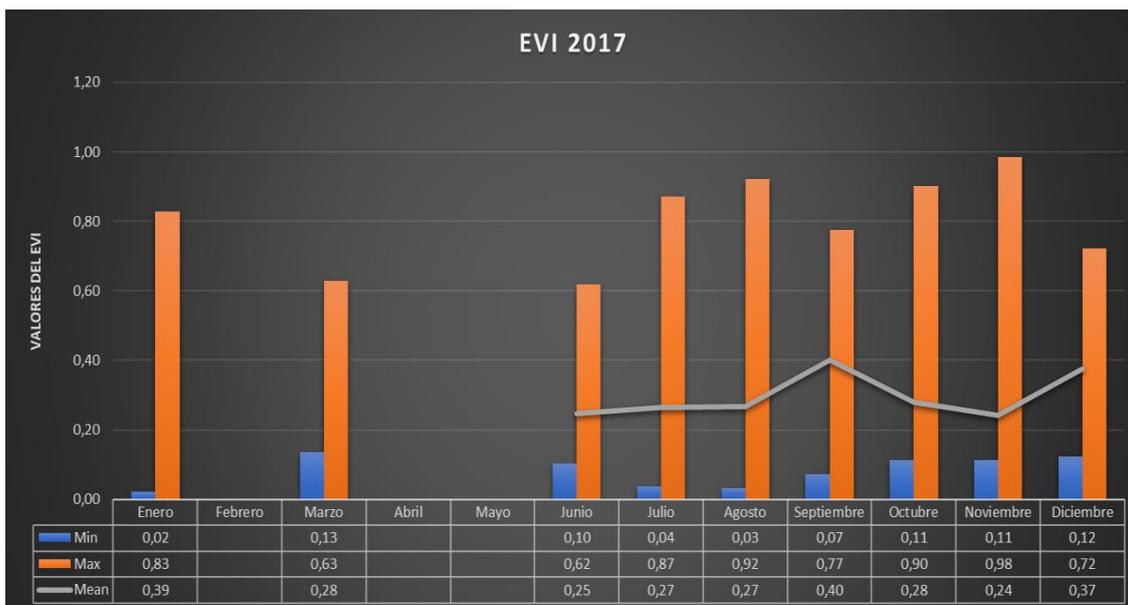


Ilustración 16-4: Periodo del EVI (2017) de los resultados de la Tabla 5-4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2017 fueron de un valor de (0,24) en el mes de Nov, con Jun con (0,25), con un valor de (0,27) en los meses de Jul y Ago, seguido de los meses de Mar y Oct con un valor de (0,28) y finalmente con valores de (0,39 y 0,40) en los meses de Ene y Sep respectivamente si bien presentando una vegetación densa y vigorosa en ciertos meses, como de igual forma débil y escasa en su mayoría.

Tabla 6-4: Datos del EVI durante el año 2018.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Min	0,10	0,08	0,16	0,10		0,07	0,14	0,11	0,08	0,16	0,19	0,06
Max	0,71	0,83	0,35	0,51		0,46	0,80	0,90	0,90	0,30	0,58	0,63
Mean	0,25	0,31	0,21	0,26		0,22	0,26	0,38	0,29	0,21	0,28	0,22

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

En el año del 2018 (Tabla 6-4), el mes que no tuvo registro fue de May, los valores máximos (*max*) presentes fueron de (0,90) para los meses de Ago y Sep, para Feb fue de (0,83), en el mes de Jul obtuvo un valor de (0,80), de (0,71) en el mes de Ene, de (0,63) en Dic, con (0,58) en Nov y (0,51) en Abr, mientras que de (0,46) en Jun, con valores de (0,35) en Mar y con (0,30) en Oct, los valores mínimos (*min*) van de (0,08) a (0,19).

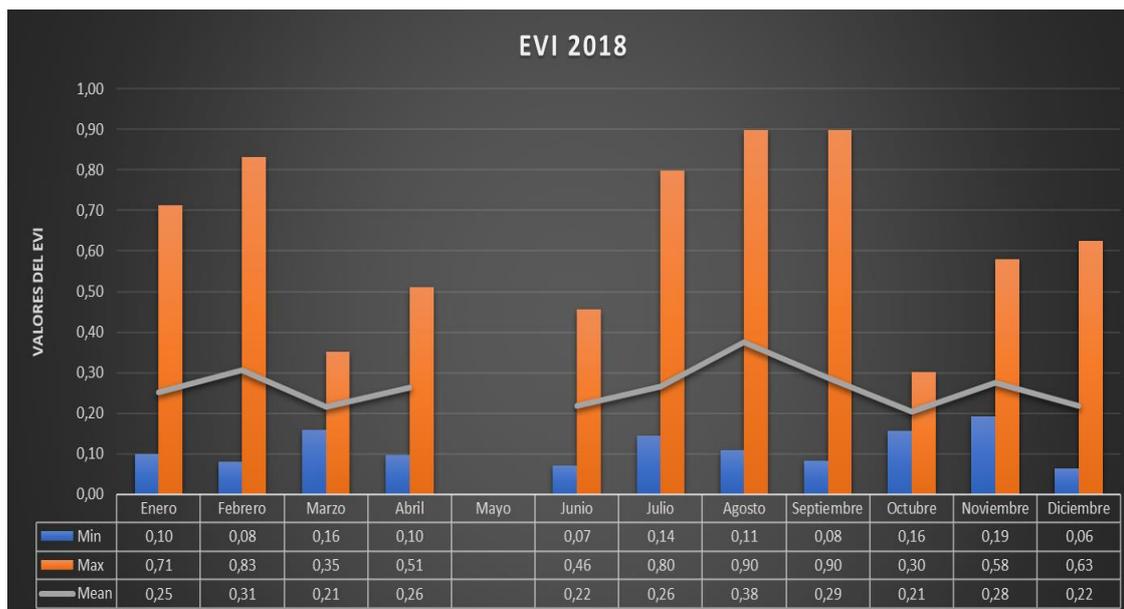


Ilustración 17-4: Periodo del EVI (2018) de los resultados de la Tabla 6-4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2019.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2018 fueron en Feb y Sep con un valor de (0,21), de (0,26) en Oct, mientras que Ene, y Dic presentaron valores de (0,26 y 0,27) equitativamente, Jun y Ago obtuvieron un valor de (0,28), Mar presento un valor de (0,29), finalmente con valores de (0,35, 0,36, y 0,41) en los meses de Abr, May y Jul, presentando una vegetación débil y escasa.

Tabla 7-4: Datos del EVI durante el año 2019.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Min	0,15	0,09			0,19		0,11	0,04	0,13	0,10	0,13	0,08
Max	0,65	0,97			0,38		0,64	0,90	0,77	0,80	0,90	0,98
Mean	0,26	0,30			0,27		0,26	0,26	0,29	0,29	0,27	0,27

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

En el periodo del 2019 (Tabla 7-4) los meses que no registraron fueron de Mar, Abr y Jun, los valores máximos (*max*) fueron de (0,98) para Dic, en Feb con un valor de (0,97), con (0,80) en el mes de Oct, en el mes de Sep obtuvo un valor de (0,77), mientras que Ene y Jul tuvieron un valor de (0,65) y (0,64) respectivamente y con May con un valor menor de (0,38), los valores mínimos (*min*) fueron desde (0,04) hasta (0,15).

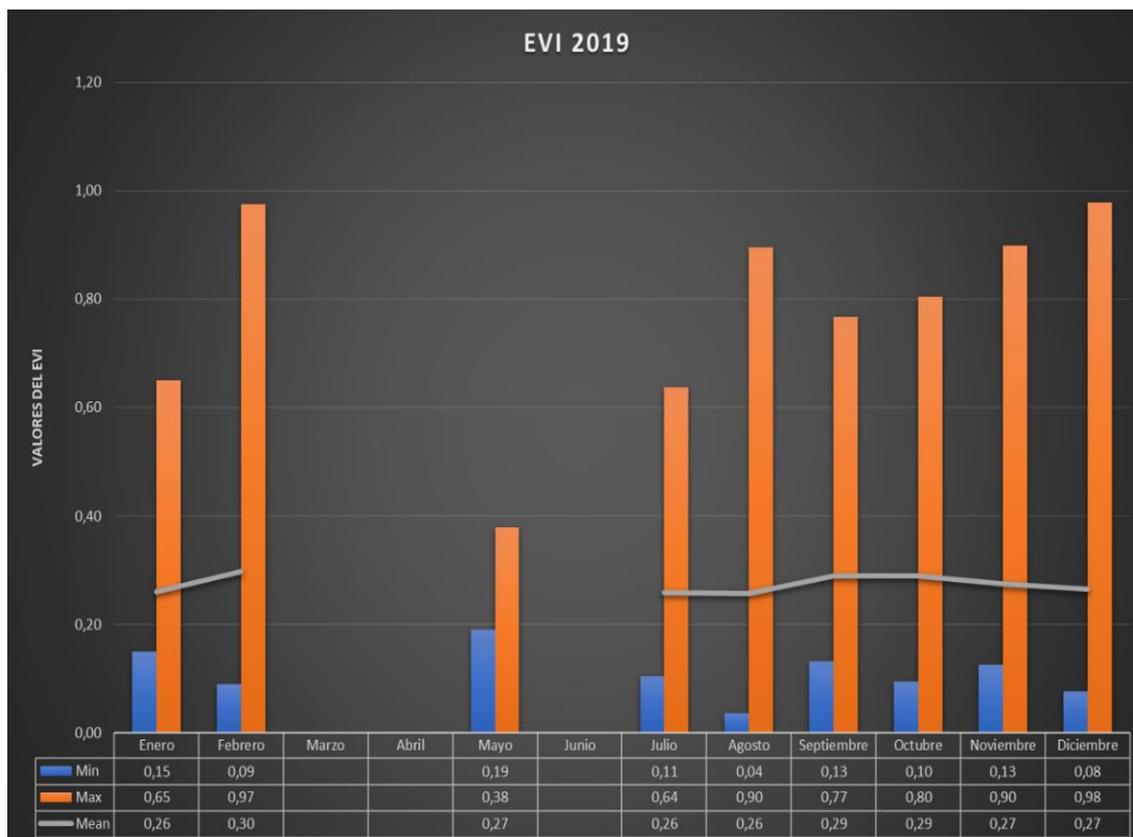


Ilustración 18–4: Periodo del EVI (2019) de los resultados de la Tabla 7–4:

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2019 fueron muy marcados al poseer valores de (0,26) en los meses de Ene, Jul, Ago, con un valor de (0,27) en May, Nov y Dic, con un valor de (0,29) en Sep, finalizando con un valor de (0,30) en el mes de Feb presentando una vegetación débil y escasa.

Tabla 8–4: Datos del EVI durante el año 2020.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Min	0,08	0,10	0,08	0,08	0,04	0,09	0,05	0,11	0,11	0,15		-0,03
Max	0,98	0,73	0,85	0,91	0,97	0,86	0,77	0,93	0,56	0,39		1,00
Mean	0,26	0,21	0,29	0,35	0,36	0,28	0,41	0,28	0,21	0,25		0,27

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Durante el periodo del 2020 (Tabla 8–4) el mes que no presentó la información fue para Nov, por su parte los valores máximos (*max*) fueron en los meses de Dic con el valor de (1), mientras los demás poseían (0,98) para el mes de Ene, de (0,97) en May, como de (0,91) para Abr, mientras que de (0,86 y 0,85) en los meses de Jun y Mar respectivamente, en Jul con (0,77), en Feb con (0,73), por otra parte los más bajos en este año fueron de Sep con (0,53) y Oct con (0,39), los valores mínimos (*min*) partían de (-0,03) hasta (0,15).

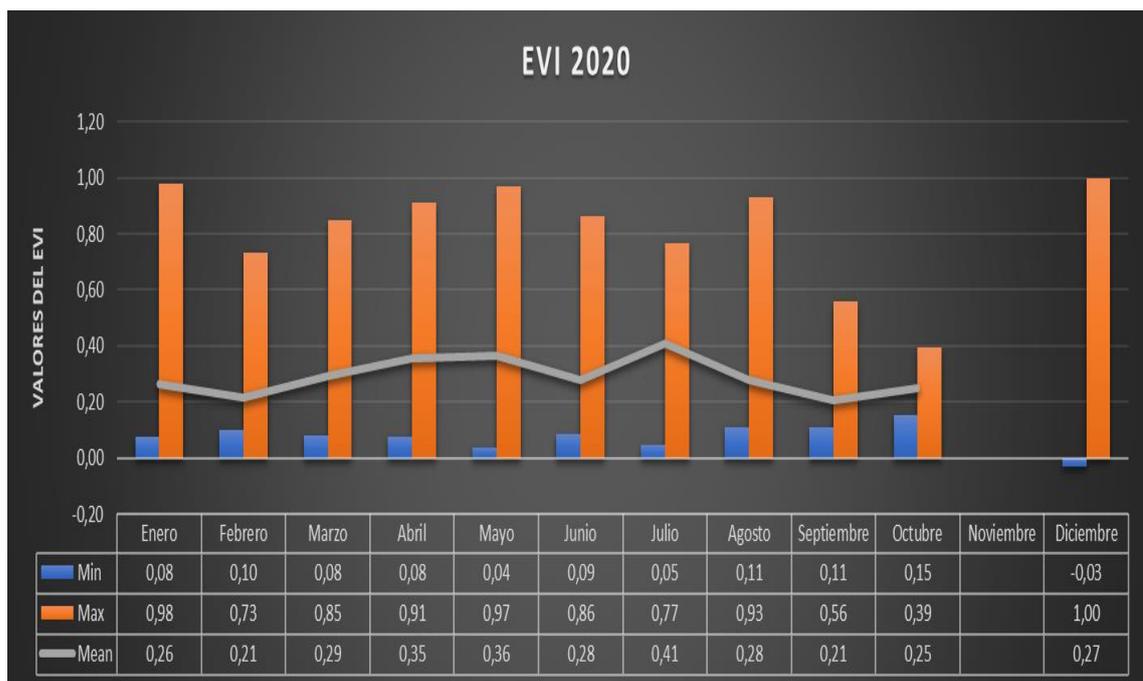


Ilustración 19–4: Periodo del EVI (2020) de los resultados de la Tabla 8–4:

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en el 2020 fueron en Feb y Sep de un valor de (0,21), con (0,25) en el mes de Oct, mientras que Ene, y Dic presentaron valores de (0,26 y 0,27) equitativamente, Jun y Ago obtuvieron un valor de (0,28), Mar presento un valor de (0,29), finalmente con valores de (0,35, 0,36 y 0,41) en los meses de Abr, May y Jul respectivamente, presentando una vegetación débil y escasa en la mayor parte de los meses a excepción de Jul.

Tabla 9–4: Información del EVI sobre los años del 2013 al 2020.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Años	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Min	0,04	0,04	0,04	0,01	0,03	0,03	0,11	0,04
Max	1,00	1,00	1,00	0,94	0,72	0,83	0,97	0,95
Mean	0,27	0,27	0,32	0,38	0,24	0,22	0,27	0,28
Std dev.	0,09	0,09	0,11	0,12	0,07	0,07	0,08	0,12

Asimismo, con los ráster anuales de los años del 2013 al 2020 obtenidos, fueron establecidos en la Tabla (9–4) que contengan toda la información de los valores de los *min*, *max*, *mean* y *std dev*. para identificar el proceso de transición de estos años y determinar si hay cambios para bien o perdidas considerables dentro del ecosistema.

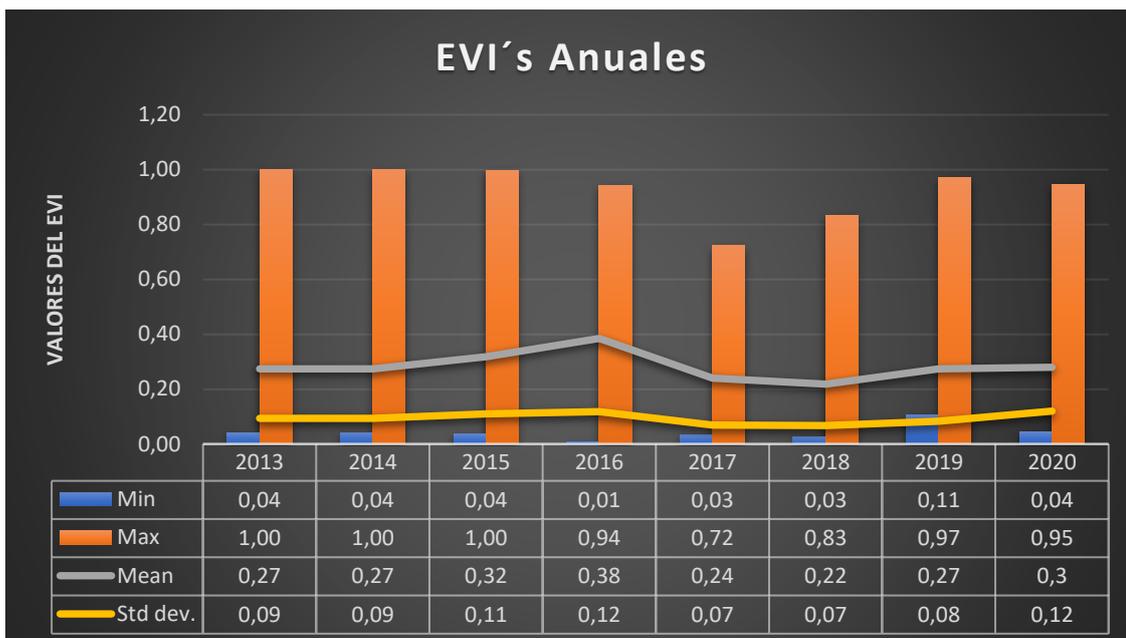


Ilustración 20–4: Periodo del EVI (anual) de los resultados de la Tabla 9–4.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Tras el análisis de la información obtenida del índice de vegetación EVI de los años del 2013 al 2020 se puede determinar mediante los valores medios (*mean*) evidencio que dentro del ecosistema existió periodos (2013. 2014, 2015 y 2019) que mostraron que tuvieron un valor de (0,27) indicando que poseían una vegetación débil y escasa, de igual forma 2020 reveló un valor de (0,28) que indicaba los mismo que el anterior, con excepción de los años del 2015 y 2016 con valores de (0,32 y 0,34) respectivamente mostrando que una vegetación densa y vigorosa; durante las estaciones respectivas anualmente poseen valores que van desde (0,07) a (0,12).

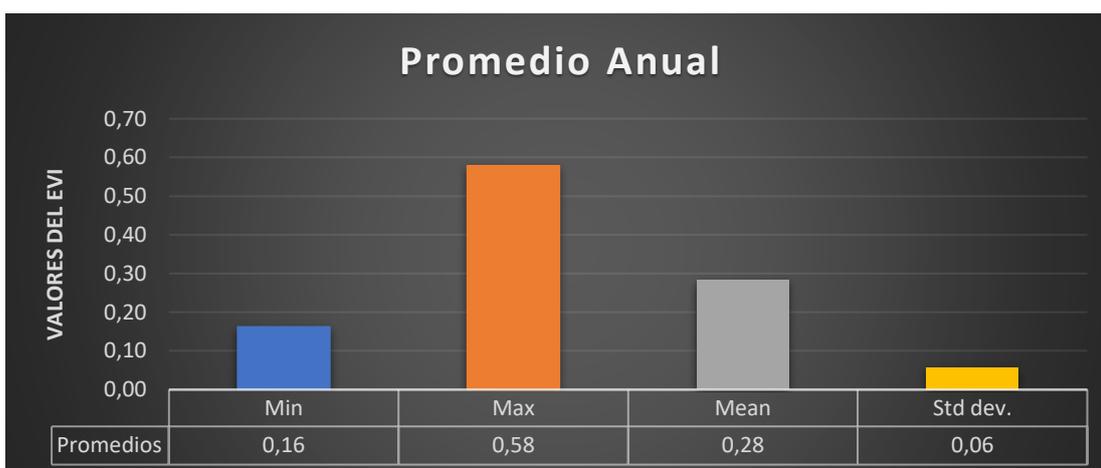


Ilustración 21–4: Promedio total del EVI entre los años del 2013 al 2020 del ecosistema BsAn01.

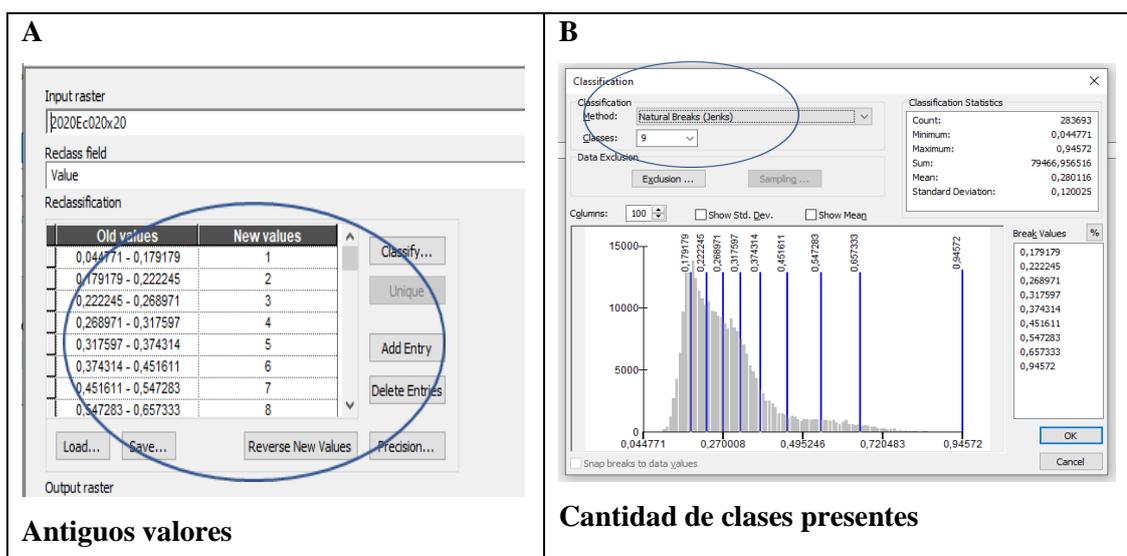
Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

En base a la información anual del índice de vegetación EVI del periodo del 2013 al 2020 mediante el uso de la herramienta calculadora ráster (*Raster Calculator*) se realizó el cálculo respectivo total (Ilustración 21–4) donde nos mostrara la información (*max, min, mean y std dev.*), evidenciando que existe un alto grado de dispersión de los valores EVI a nivel espacial y temporal mostrando que la vegetación obtuvo un componente estacional muy marcado y diferente en el transcurso de los años (Ilustración 20 – 4).

4.1.2 Resultados de la evolución del ecosistema a través de los umbrales del EVI del 2013 al 2020

Para evidenciar la evolución en el ecosistema de interés, se utilizó los ráster de los años del 2013 y del 2020 donde los viejos valores (*Old values*) y antiguas clases (9) (Ilustración 22–4: A y B) del índice de vegetación EVI fueron procesados mediante el uso de la herramienta reclasificar (*Reclassify*) para obtener nuevos valores (1, 2 y 3) (Ilustración 22 – 4: B) por medio de estas 3 clases (Ilustración 22 – 3: C); evidenciando el estado de la vegetación que poseía en ese periodo:

Mostrando el valor de 1) la vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación; conteniendo los valores del índice de vegetación EVI inferiores o iguales a (0,26). Mientras el valor de 2) identifica la vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación; poseyendo los valores del índice de vegetación EVI mayores a (0,26) o iguales a (0,38). Y el valor de 3) muestra la vegetación con muy alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación; con los valores del índice de vegetación EVI superiores a (0,38) o iguales a (1) (Ilustración 22 – 4: D).



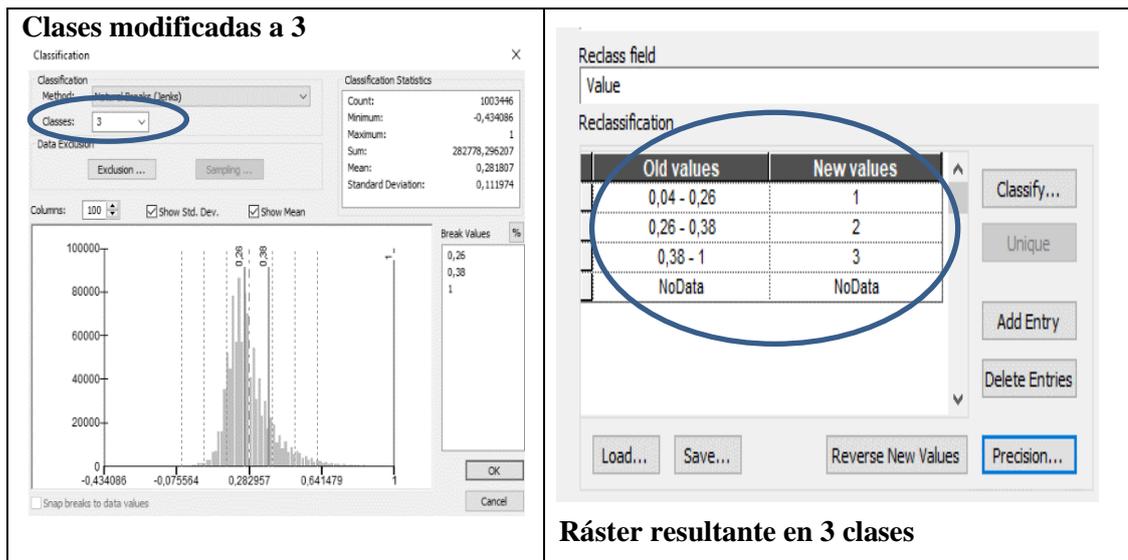


Ilustración 22–4: Procesamiento de los ráster del 2013 y 2020

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

En cuanto la tabla resultante de la reclasificación se exportó al Excel mediante el uso de la herramienta de tabla a Excel (*Table to Excel*).

Para determinar las hectáreas correspondientes a los años del 2013 (Ilustración 23–4:) y 2020 (Ilustración 24 – 4:), se utilizó los resultados de la suma de los nuevos valores 3, 4 y 5 (de color naranja y rojo), de esta manera se estructuró la matriz de transición (o cambio) y determinar si la vegetación perdió o aumento su vigorosidad respectivamente tanto para los años del 2013 (2+1, 3+1 y 3+2) y del 2020 (1+2, 1+3 y 2+3) evidenciando la evolución del ecosistema. Los polígonos (1+1, 2+2 y 3+3) donde existió persistencia fueron los resultados (2, 4 y 6), de manera diagonal (color amarillo).

Tabla 10-4: Resultados de la matriz de transición del Umbral del índice EVI del 2013 y 2020.

Análisis Descriptivo	2020	Vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación	Vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación	Vegetación con muy alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación
	2013			
Vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación		3665,32 Ha	1676,76 Ha	770,76 Ha

Vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación	1687,08 Ha	2915,40 Ha	633,72 Ha
Vegetación con muy alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación	617,28 Ha	511,08 Ha	258,36 Ha

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los resultados obtenidos en la Tabla (10–4) mostraron que la vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado obtuvo una mejoría, ya que para el 2020, se transformó en vegetación con alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación obteniendo 770,76 ha y en vegetación de alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación con 1676,76 ha, por otro lado el que poseía buena actividad fotosintética y en buen estado de conservación, perdió vigorosidad mostrando una vegetación con baja actividad fotosintética y mal estado de conservación obteniendo 1687,08 ha, y una pequeña mejoría al transformarse en vegetación con muy alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación por obtener 633,72 ha.

Para terminar aquella que poseía una vegetación con muy alta actividad fotosintética y con muy buen estado de conservación perdió su vigorosidad considerablemente, ya que se convirtió en vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación obteniendo 511,08 ha, asimismo en vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación al obtener 617,28 ha.

La información obtenida de los polígonos donde permanecían constantes fue de 3665, 32 ha en el tipo de vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación (2) evidenciado que tiene mayor proporción, mientras que para la vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación (4) obtuvo 2915,40 ha, finalmente la vegetación con muy alta actividad fotosintética y en muy buen estado de conservación (6) obtuvo 258,36 ha, evidenciado (Ilustración 8–3) que la mayor parte de la vegetación afectada supera a la que mejoro su vigorosidad o que se mantiene conservado.

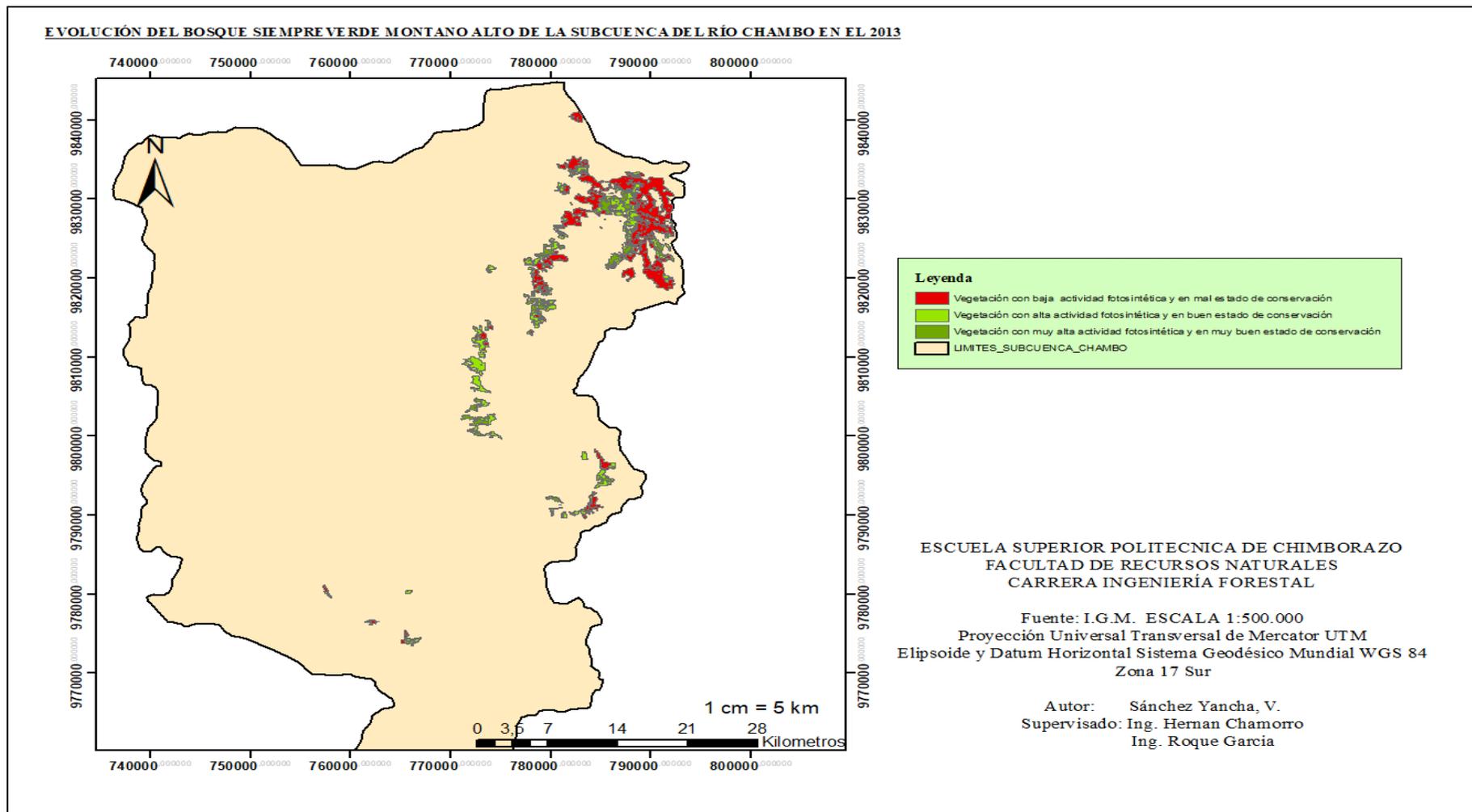


Ilustración 23-4: Evolución del Bosque Siempre Verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo en el 2013

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

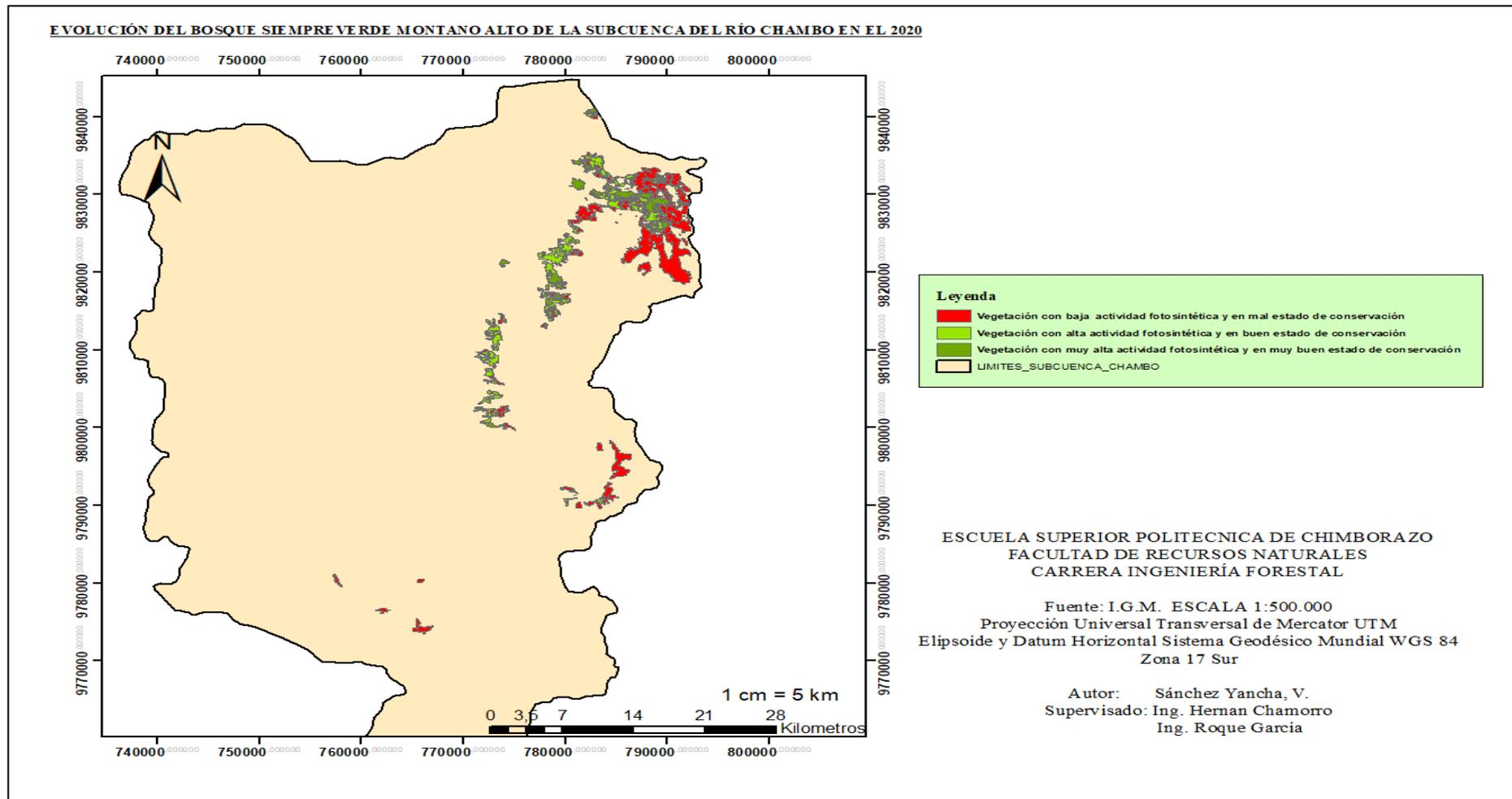


Ilustración 24 – 4: Evolución del del Bosque Siempre Verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo en el 2020

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

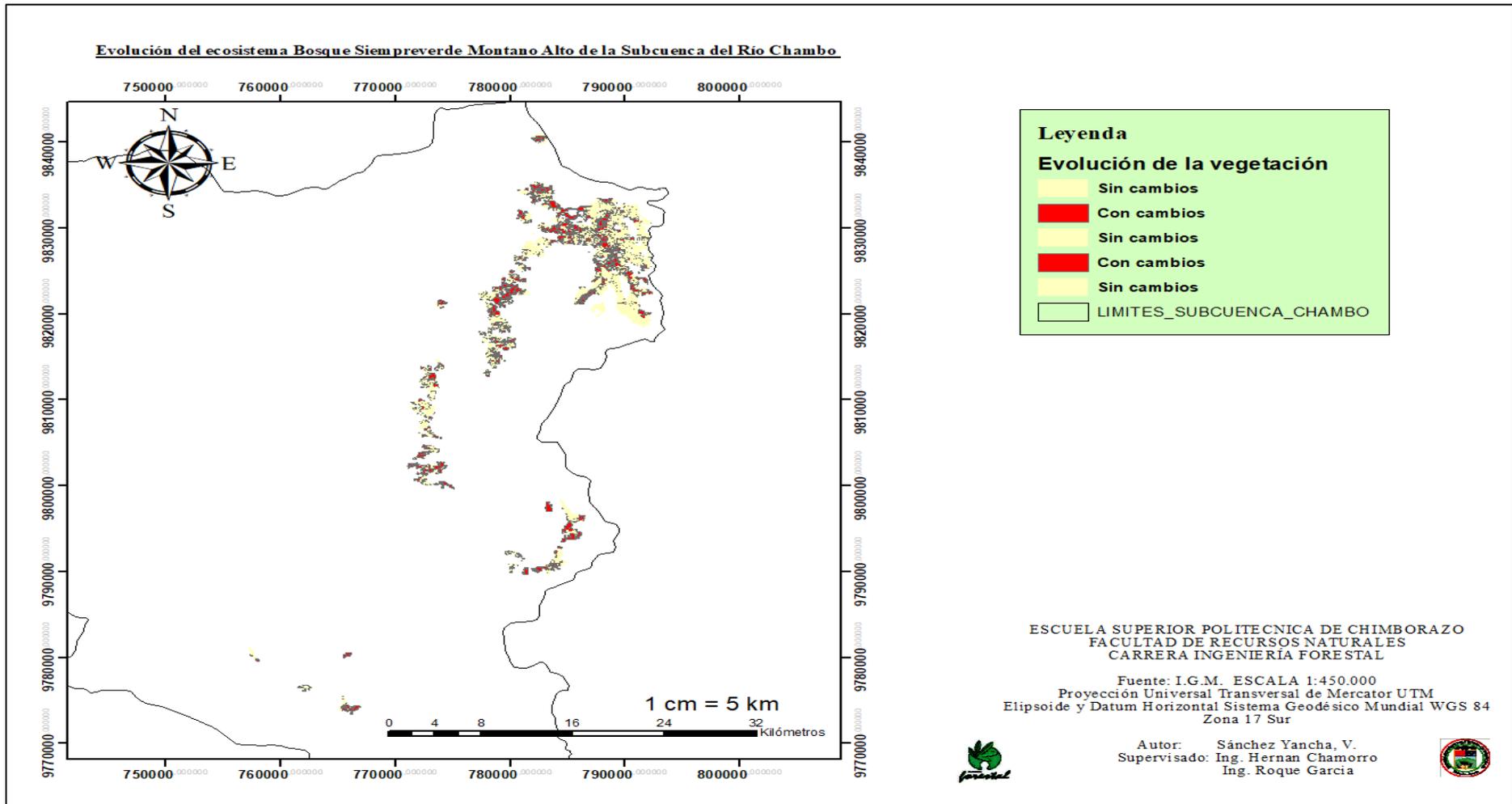


Ilustración 25-4: Evolución del ecosistema Bosque Siempre Verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo del 2013 al 2020.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

4.1.2.1 Porcentajes de resultados de la evolución del ecosistema



Ilustración 26 – 4: Porcentaje de evolución del ecosistema en el 2013 al 2020

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Durante el año del 2013 el ecosistema poseía un porcentaje de 54% en vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación, mientras que la vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación obtuvo un 34% y finalizando con la vegetación con muy alta actividad fotosintética y muy buen estado de conservación obtuvo un 12%.

Por otro lado, para el 2020 disminuyó en un 2% (a 52%) la vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación, de igual forma la vegetación con alta actividad fotosintética y en buen estado de conservación disminuyó un 1% (a 33%), igualmente la vegetación con muy alta actividad fotosintética y muy buen estado de conservación aumentó un 3% (15%). Ya sea por el aumento de la vigorosidad, la disminución de esta o por incendios ocurridos en el lapso del tiempo del 2013 al 2020.

4.1.3 Comparación del EVI en la estación lluviosa y seca en el ecosistema de estudio

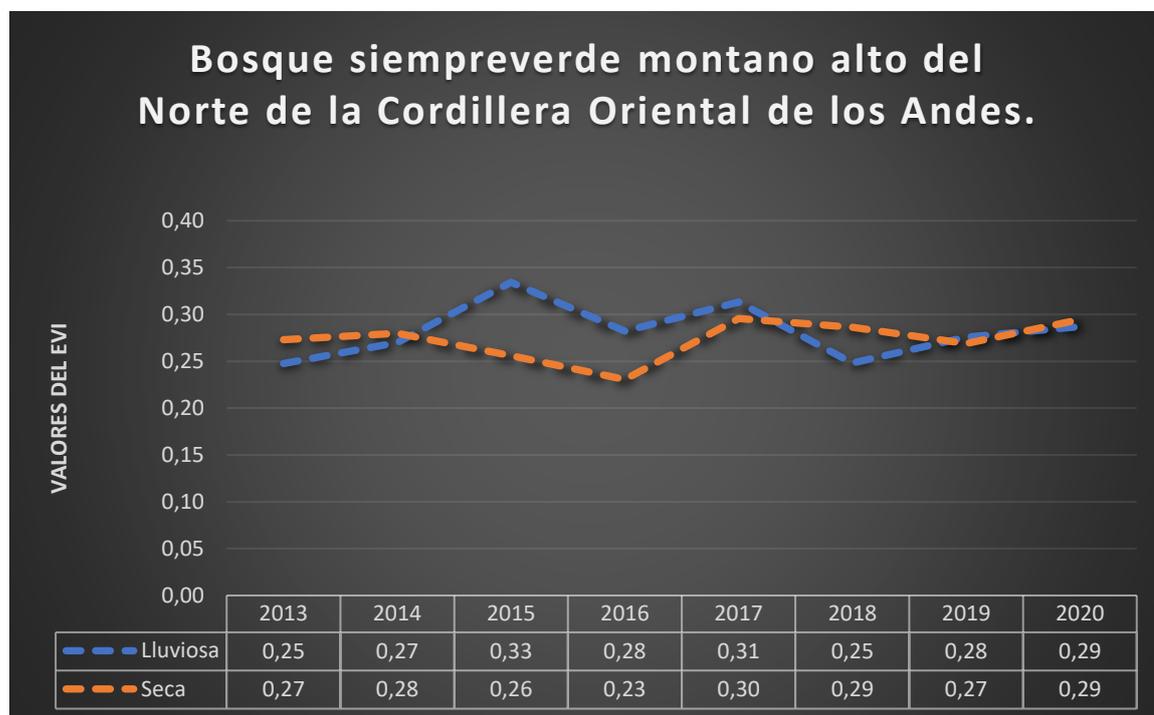


Ilustración 27 – 4: Comparación del EVI durante la estación seca y lluviosa

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los resultados mostrados en el período del 2013 al 2020 por medio del índice de vegetación EVI demostró que en la estación lluviosa (octubre a mayo) el valor máximo fue de (0,33) en 2015; seguido del 2017 con (0,31); después lo siguió 2020 con (0,29); después fueron 2016 y 2019 con (0,28); en 2014 con (0,27) y para concluir con 2013 y 2018 con (0,25), mostrando que en el 2015 y 2017 obtuvo ganancias y pérdidas en la mayor parte de los años.

Mientras que en la estación seca (junio a septiembre) tuvo un auge en el 2017 al tener (0,30); siendo que obtuvo un valor mínimo en 2016 de (0,23), seguido del 2015 con (0,26) mientras que en el 2013 y 2019 se obtuvo (0,27); por su parte 2014 obtuvo (0,28) y finalmente en 2018 y 2020 tuvieron un valor de (0,29), mostrando que su vegetación gana y pierde carbono durante las estaciones respectivas y coincidieron en el 2020.

En relación con los resultados obtenidos muestra que tanto en la estación seca como en la lluviosa no hay mucha diferencia por lo que el estado de vegetación esta saludable, nos obstante estas pequeñas diferencias demuestran que el estado de la vegetación depende de la fenología del ecosistema, de los factores y parámetros climáticos (Ilustración 26 – 4).

4.1.4 Resultados del segundo objetivo por medio del Test de Mann-Kendall

Durante el procesamiento de los valores medios (*mean*) del índice de vegetación EVI en Excel, fueron corregidos para el procesamiento en el software estadístico TREND; ya que no acepta valores de forma decimal (para identificar tendencias), como (0,26) por lo cual se lo expresó con un decimal (0,3) y estos a su vez fueron transformados a valores enteros (3) de manera que muestre el nivel de significancia y tendencia creciente o decreciente.

En cuanto al tipo de formato de Excel en el que se guardó fue “CSV delimitado por comas”. La información fue ingresada y procesada en donde se obtuvo gráficas, dentro de la ventana del software se eligió el Test de Mann Kendall para obtener el Z estadístico, el cual es evaluado para identificar el nivel de significancia (Tabla 11-4).

Tabla 11-4: Descripción del nivel de significancia del test Mann – Kendall

SIGNIFICANCIA	SIMBOLOGÍA	Z
Sin tendencia	ST	0
Tendencia significativa creciente	TSC	> + 1,96
Tendencia significativa decreciente	TSD	< - 1,96
Tendencia no significativa creciente	TNSC	< + 1,96
Tendencia no significativa decreciente	TNSD	> - 1,96

Fuente: (Alves T., et al., 2015, pp. 1601-1614, citados en Horna 2021).

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los resultados obtenidos en el software estadístico TREND, mostraron valores del nivel de significancia de $\alpha = 0,10$ (90%), $\alpha = 0,05$ (95%) y $\alpha = 0,01$ (99%), con los valores del Z estadístico se determinó si poseían tendencias crecientes o decrecientes durante los periodos mensuales de cada año; determinando las tendencias del índice EVI para el Bosque Siempre verde montano alto de la Subcuenca del Río Chambo.

En relación con los niveles de significancia, en este trabajó de aplico el $\alpha = 0,05$ (95%); mostrando que cuando el valor Z estadístico sea igual que 0 la hipótesis nula será aceptada, mostrando que no posee tendencia (ST), si el resultado del Z es igual o mayor que 1,96 indicando un valor positivo, esto indicara una tendencia significativa creciente (TSC), en este sentido si el resultado de Z es menor que 1,96 indicando un valor positivo, demostrara una tendencia no significativa creciente (TNSC); si el resultado de Z es igual o menor que -1,96 indicando valor negativo, mostrara una tendencia significativa decreciente (TSD) y finalmente cuando Z presenta un resultado mayor que -1,96 indicando un valor negativo, será una tendencia no significativa decreciente (TNSD).

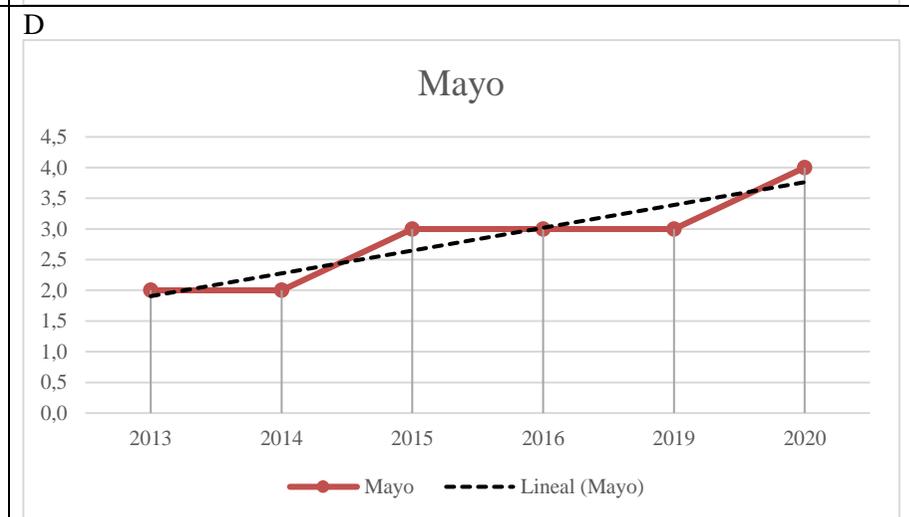
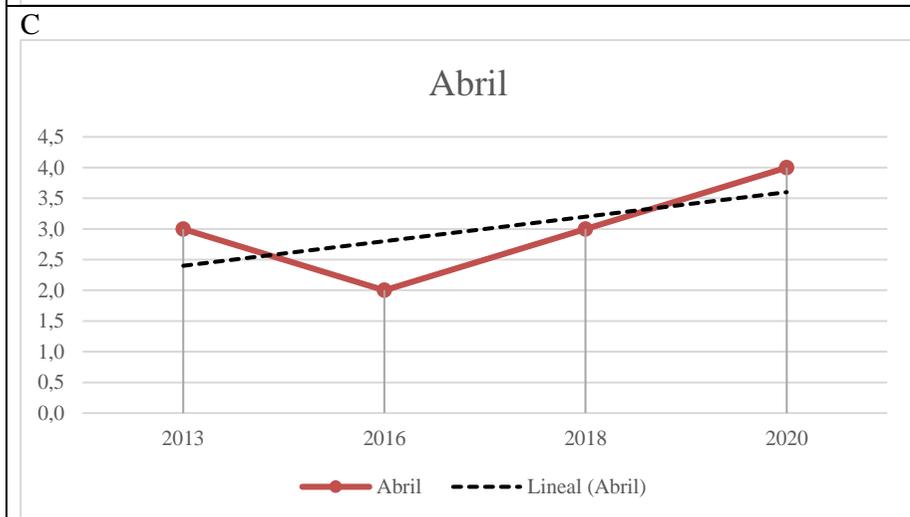
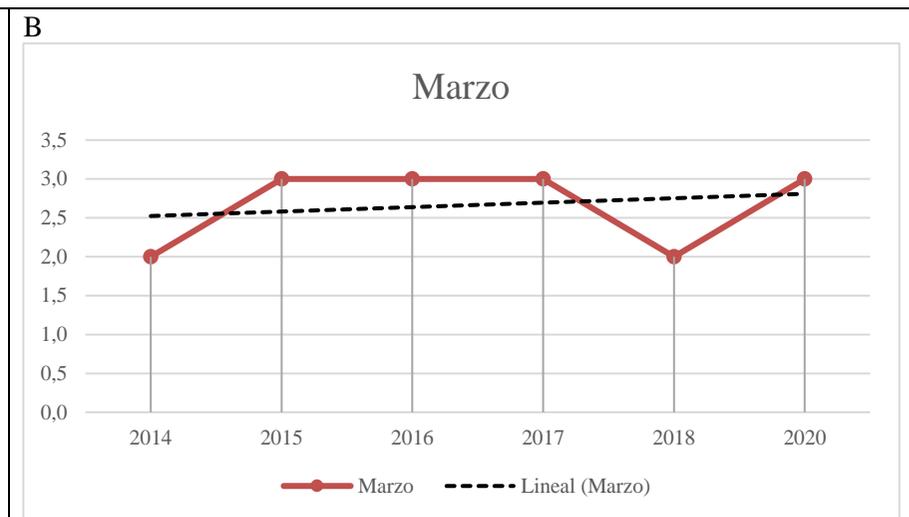
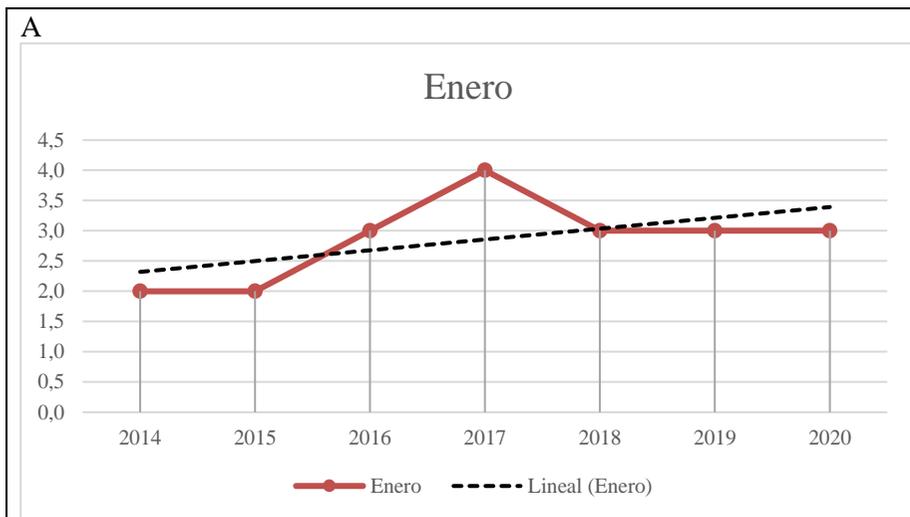
4.1.4.1 Series de tendencias no significativas crecientes

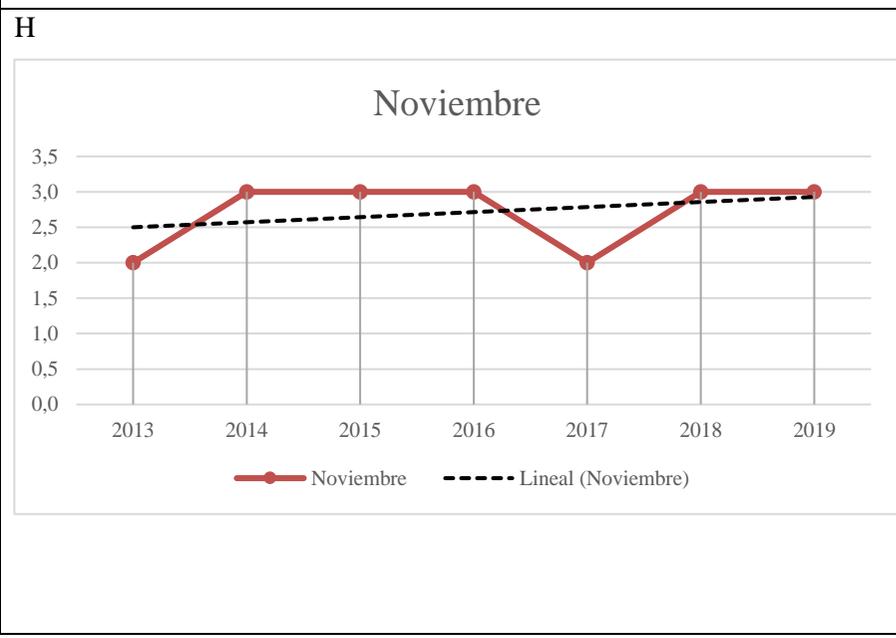
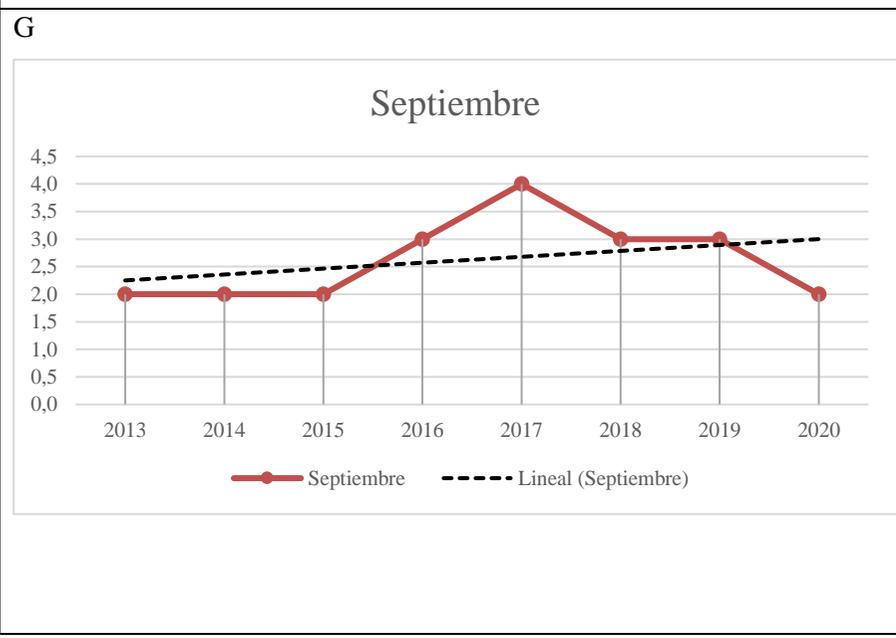
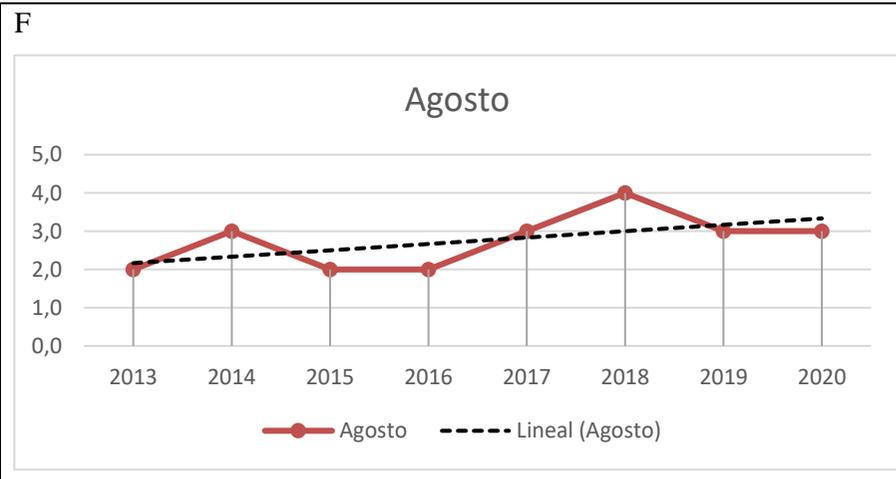
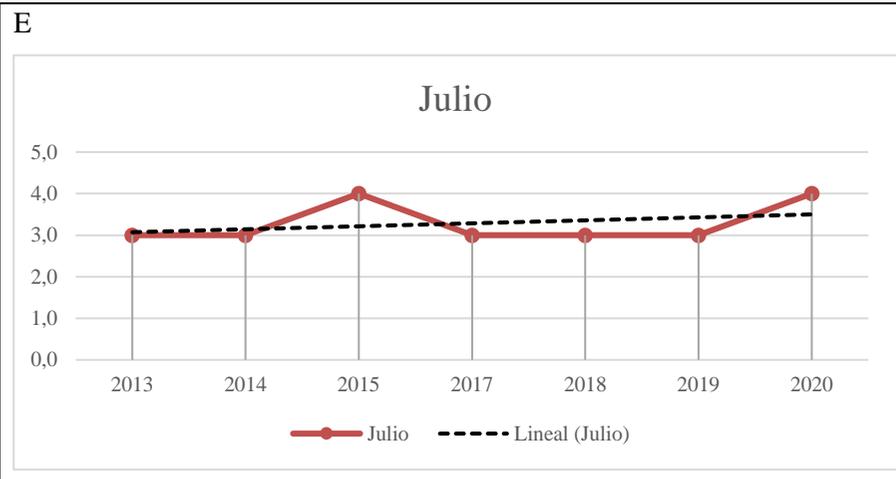
Tabla 12–4: Series de tendencias no significativas crecientes mensuales en los periodos del 2013 al 2020

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Meses	Z-statistic	Tendencia $\alpha = 0,05$ (95%)	Significancia
Ene	1,051	0,588	TNSC
Mar	0,188	0,49	TNSC
Abr	0,376	0,49	TNSC
May	0,376	0,49	TNSC
Jul	0,451	0,588	TNSC
Ago	1,237	0,686	TNSC
Sep	0,742	0,686	TNSC
Nov	0,451	0,588	TNSC
Dic	0,3	0,588	TNSC

Los resultados del Test Mann-Kendall en el ecosistema de estudio revelo que, para los meses de Ene, Mar, Abr, May, Jul, Ago, Sep, Nov y Dic obtuvieron resultados con tendencias no significativas crecientes; mostrando que existe tendencia no significativa en estos 9 meses a través de los años del 2013 al 2020 (Tabla 12–4).





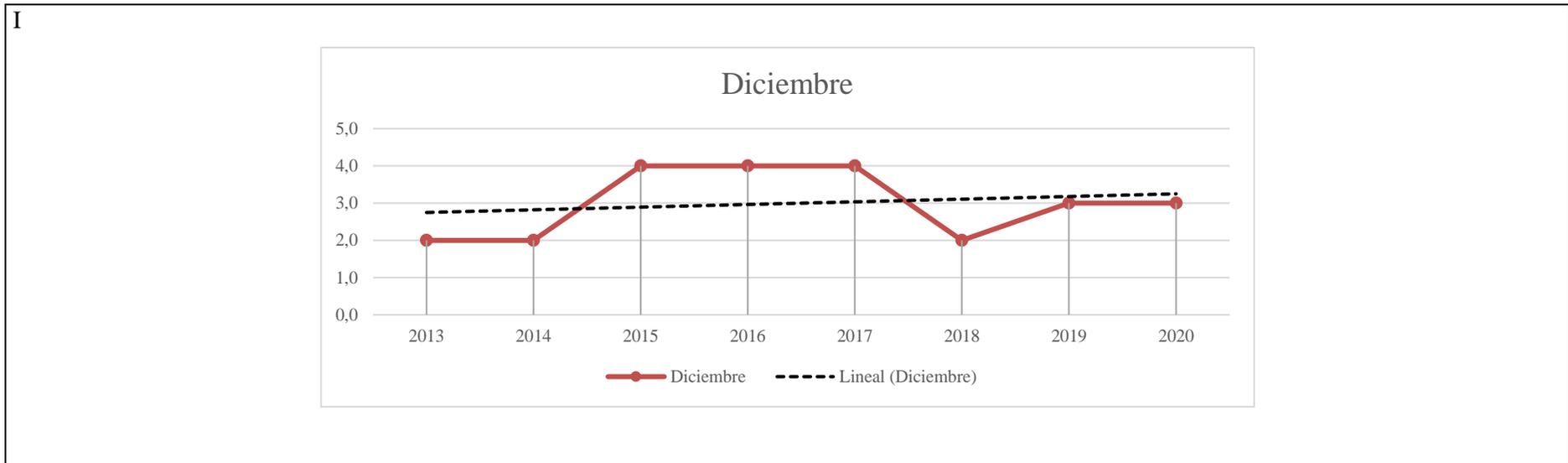


Ilustración 28 – 4: Series de tendencias no significativas crecientes en los periodos del 2013 al 2020.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los resultados obtenidos en Ene(A) 2013 no tuvo registro; en Mar(B) de igual manera en 2013 y 2019 sin registro, Abr(C) no tuvo registros en 2014, 2015, 2017 y 2019, en May(D) no registró los años 2017 y 2018, Jul(E) solo 2016 no se registró y Nov(F) solo en 2020 no obtuvo registro, mientras que Ago(G), Sep(H) y Dic(I) son los únicos meses con registro completo del 2013 al 2020 mostraron una tendencia no significativa creciente (TNSC) (Ilustración 27–4).

Los registros evidenciaron que para el mes de Ene mostro un valor del Z estadístico de (1,051) con un valor máximo del EVI de 4 en 2017, seguido de 2016, 2018, 2019 y 2020 con un valor de 3, posteriores a estos 2014 y 2015 obtuvieron un EVI de 2, siendo 2013 el único que no obtuvo registro.

Para el mes de Mar se observó que posee un valor del Z estadístico de (0,188) con valores de 3 en el EVI en los años 2015, 2016, 2017 y 2020; mientras que un EVI de 2 es de los años 2014 y 2018. En Abr se obtuvo un Z estadístico de (0,376) con valores del EVI de 4 para el 2020, de 3 para 2013 y 2018, y con un mínimo del EVI de 2 para el 2016, el resto no presento registro.

En May se mostró un valor del Z estadístico de (0,376) con valores del EVI de 4 en 2020, de 3 en los años 2014, 2015 y 2019, como de 2 en el 2013 y 2014: En el mes de Jul presenta un valor del Z estadístico de (0,451) con un valor del EVI de 3 para los años (2013, 2014, 2017, 2018 y 2019) y de 4 en los años (2015 y 2020) con excepción del 2016 que no obtuvo un registro.

Por su parte Ago mostro un Z estadístico de (1,237) con un valor de 4 del EVI siendo este el máximo en 2018, seguido de un valor 3 en el EVI pertenecientes al 2013, 2017 y 2019, finalmente con un EVI de 2 para el 2013, 2015 y el 2016, siendo este mes que obtuvo un registro completo.

Por otra parte, Sep obtuvo un valor del Z estadístico de (0,742) con un EVI de 4 en 2017, mientras en los años 2016, 2018 y 2019 poseían un EVI de 3, seguidos del 2013, 2014, 2015 y 2020 con un valor de 2, mostrando que este tuvo un registro completo.

Asimismo, el mes de Nov que poseía un valor Z estadístico de (0,451) con un EVI de 3 para los años del 2014 al 2016, 2018 y 2019, para el resto de los años obtuvieron un EVI de 2 exceptuando del 2020 que no obtuvo registro.

Dic mostro un valor del Z estadístico de (0,3) con valores del EVI de 4 en el 2015 al 2017, mientras que EVI con valores de 3 pertenecen al 2019 y 2020, el resto posee valores como 2 en los años 2013, 2014 y 2018, mostrando que en este mes se obtuvo un registro completo.

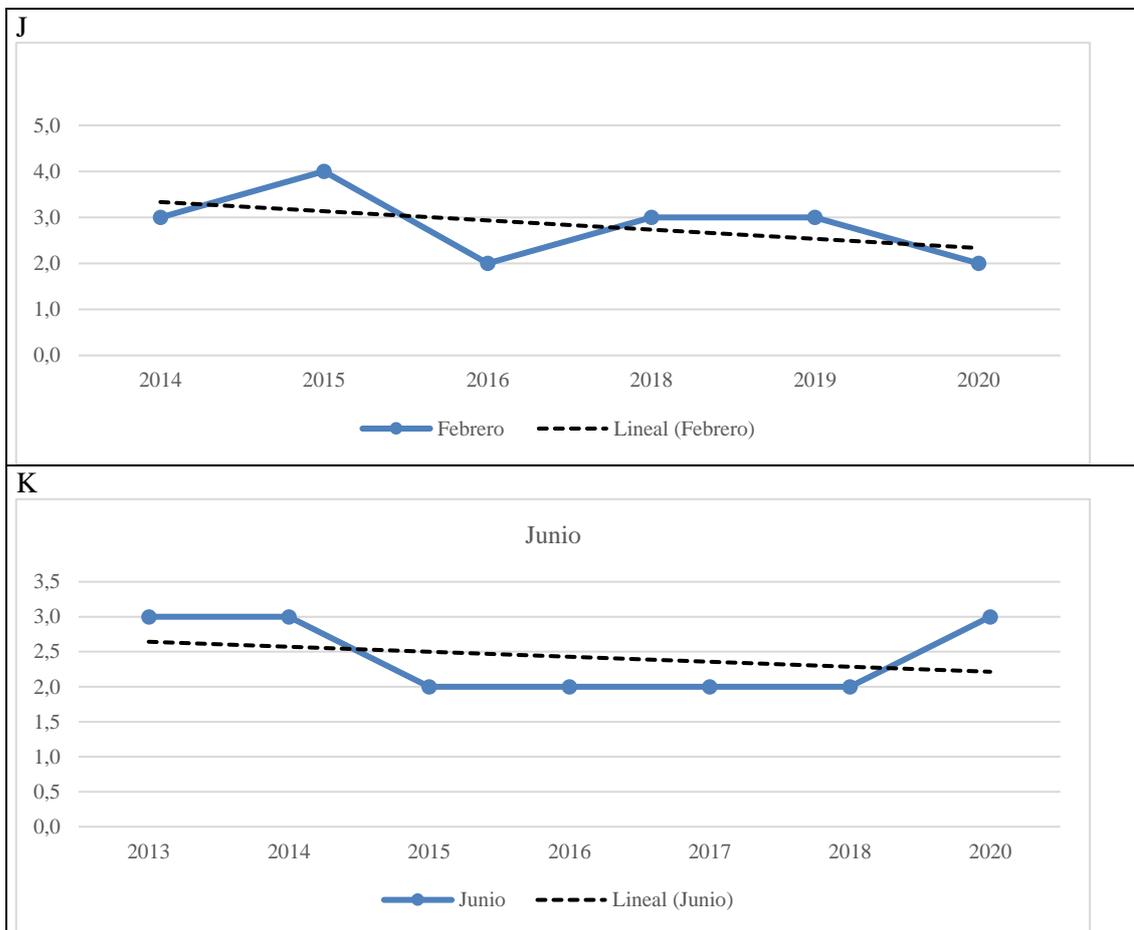
4.1.4.2 Series de tendencias significativas decrecientes

Tabla 13-4: Series de tendencias significativas decrecientes mensuales en los periodos del 2013 al 2020.

Meses	Z-statistic	Tendencia $\alpha = 0,05$ (95%)	Significancia
Feb	-0,751	0,49	TSD
Jun	-0,451	0,588	TSD
Oct	-0,371	0,686	TSD

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Los resultados obtenidos en los meses de Feb, Jun y Oct mostraron que estos meses obtuvieron tendencias significativas decrecientes mostrando que existieron cambios climáticos dentro de la estación correspondiente.



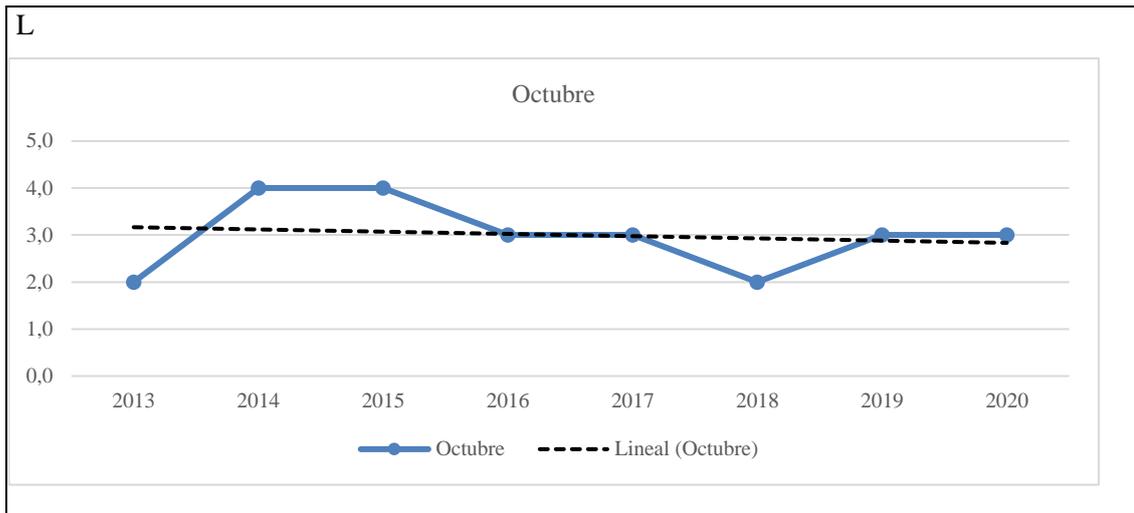


Ilustración 29-4: Series de tendencias significativas decrecientes en los periodos del 2013 al 2020.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

En cuanto los resultados obtenidos en el mes de Feb(J) demostró tener un valor del Z estadístico de (-0,751) con valores del EVI de 4 en el 2015, mientras que, en el 2014, 2018 y 2019 obtuvo un valor de 3 en el EVI y con un valor de 2 en el EVI están los años 2016 y 2020, mostrando que en el 2013 y 2017 no obtuvieron registro.

Posteriormente Jun(K) indicó que su valor del Z estadístico fue de (-0,451) con un valor de 3 en el EVI en los años 2013, 2014 y 2020, por su parte en los años del 2015, 2016, 2017 y 2018 poseían un valor del EVI de 2, siendo únicamente 2019 quien no obtuvo un registro.

Finalizando con Oct(L) y su valor del Z estadístico de (-0,371) donde 2014 y 2015 poseían un EVI de 4, por su parte 2016, 2017, 2019 y 2020 tenían un EVI de 3, finalmente seguido de los años 2013 y 2018 obteniendo un valor de 2 en el EVI, siendo este mes el único que obtuvo un registro completo en esta tendencia (TSD).

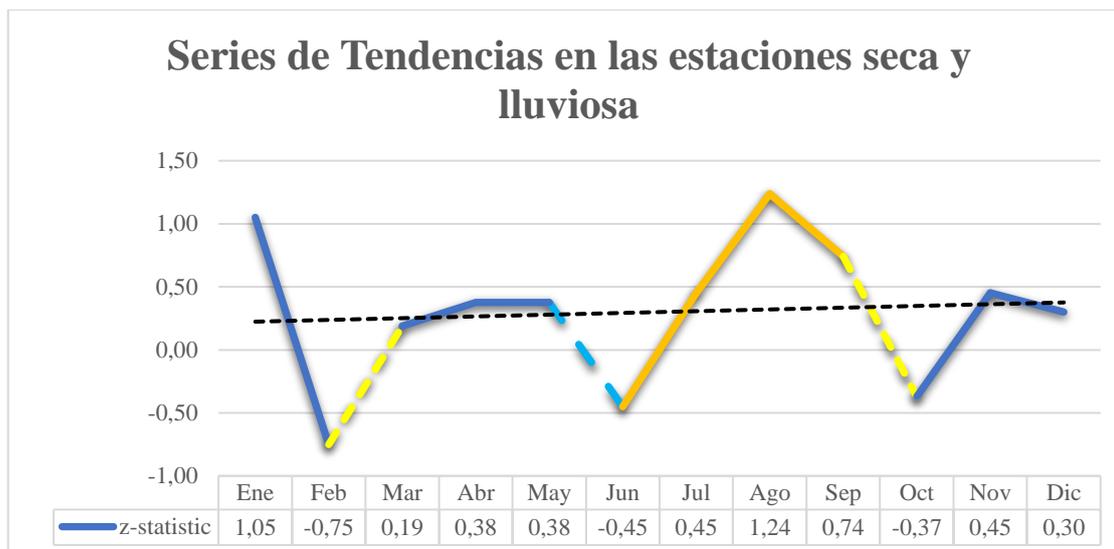


Ilustración 30 – 4: Series de tendencias del Z estadístico del EVI en el test de Mann-Kendall de la estación seca y lluviosa en sus respectivos meses en el periodo del 2013 al 2020.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Mediante el empleo del software estadístico TREND y el uso de la metodología de Mann Kendall se indicó que en la estación seca (color naranja), se evidenció que en el mes de Jun existió precipitaciones (color celeste); mientras que la estación lluviosa (color azul) en los meses de Feb y Oct (color amarillo), evidenció que existió bajas precipitación en la zona de estudio.

4.1.5 Generación de la propuesta de conservación del ecosistema

En base a los resultados obtenidos de la investigación y la gradiente altitudinal en la que se encuentra se realizó la propuesta de conservación del Ecosistema Bosque Siempre Verde Montano Alto de la Subcuenca del Río Chambo.

4.1.5.1 Introducción

La presente propuesta de conservación del ecosistema del bosque Siempre Verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo, busca promover y concientizar el uso sostenible de los recursos, permitiendo que las comunidades e instituciones que trabajan en la zona contribuyan en el manejo sostenible permitiendo su conservación.

La propuesta se plantea en base los resultados obtenidos del trabajo de integración curricular titulado Evolución de bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo, en el cual se determinó áreas con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación en el periodo del 2013 al 2020 que son causadas por las actividades desarrolladas por los habitantes de

las comunidades, por lo que es necesario establecer una propuesta de conservación en la que se incluya el manejo sostenible de los recursos del ecosistema, regeneración natural y capacitación sobre legislación ambiental.

4.1.5.2 Justificación

El mal estado de conservación de este ecosistema por la influencia de la actividad humana, con aumento de la frontera agrícola, presencia de monocultivos, uso intensivo del suelo, deforestación e incendios forestales, sumado el desconocimiento de la normativa ambiental ha generado problemas dentro del ecosistema, afectando al medio biótico y abiótico.

La propuesta de conservación da directrices para el manejo sostenible de los recursos naturales del ecosistema del bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo, logrando concientizar y promover actividades ambientales y de conservación de la flora y fauna de este territorio.

4.1.5.3 Objetivo General

Elaborar una propuesta de conservación para el ecosistema bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo.

4.1.5.4 Objetivos Específicos

- Propiciar un manejo sostenible para la conservación los recursos del ecosistema bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo.
- Capacitar a la población sobre Legislación Ambiental para la conservación del bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo.

4.1.5.5 Marco Legal

En la Constitución de la República del Ecuador (2020), en la segunda sección sobre el ambiente sano Art.14 menciona que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológico, preservándolo y cuidando la integridad de este y su recuperación.

El capítulo séptimo, derechos de la naturaleza los Art. 71 y 74 mencionan que la naturaleza o Pacha Mama, donde ocurre y se desarrolla la vida, tiene el derecho de respetar plenamente la

existencia, el mantenimiento y la regeneración de sus ciclos vitales, la estructura, sus funciones y evolución.

Mientras que el capítulo segundo, sobre la Biodiversidad y recursos naturales, en la Sección primera que nos habla de la Naturaleza y el ambiente mencionando los Art. 395, 396, 397, 404, 405 y 406 que nos indica que se debe asegurar la integridad de las áreas naturales protegidas, a fin de conservar la biodiversidad y mantener los ecosistemas ecológicos; la gestión y administración de los espacios naturales protegidos estará a cargo del Estado.

El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento. El Estado deberá asignar los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad del sistema, fomentando la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que habitan las áreas protegidas en su administración y manejo.

La Legislación Ambiental en el Ecuador está constituido por capítulos, secciones y artículos que hace referencia al control, permisos y autorizaciones administrativas y sobre el licenciamiento del ambiente. En el Marco Constitucional, en el capítulo II de los Derechos Civiles, el Art. 6 señala que se tiene el derecho a vivir en un ambiente sano y libre de contaminación.

En relación con el capítulo V, de los Derechos Colectivos, Sección Segunda del Medio Ambiente; en el Art. 86 el Estado protege el derecho de la población a vivir en un ambiente ecológicamente equilibrado y garantizando la preservación; en el Art. 88 cualquier decisión tomada que afecte al ambiente debe haber sido aceptada previamente por la comunidad e informada; en cuanto al Art. 89 el Estado toma medidas en torno a los objetivos de promover el uso tecnologías ambientales limpias y energías no contaminadas, como también establecer estímulos a quienes realicen acciones ambientales sanas.

De igual manera la Ley de Gestión Ambiental, en el Art. 7 señala que las políticas establecidas son para el cuidado y manejo de los recursos naturales presentes, como también el Art. 8 menciona que la autoridad debe ser el Ministerio del ramo, que deberá encargarse de como instancia rectora, coordinadora y reguladora libre prejuicios sobre otras instituciones del Estado.

Del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental el Art. 10 menciona que las instituciones con competencia ambiental deben acatar las directrices del Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable; el Art. 19 menciona que las obras que puedan causar impactos ambientales deben ser calificados antes de su ejecución y el Art. 20 dispone que para iniciar cualquier actividad que ponga en riesgo al ambiente deberá tener una licencia que es otorgado por el Ministerio del ramo.

4.1.5.6 Información de actividades realizadas por las comunidades aledañas del 2013 al 2020.

La información histórica de la subcuenca para la presente propuesta de conservación se obtuvo de los trabajos realizados por el Ministerio del Ambiente, en las 31 comunidades, considerando el lapso desde el año 2013 al año 2020.

Tabla 14-4: Historial de actividades realizadas por las comunidades en el periodo del 2013 al 2020.

Parroquias	Comunidades	Historia
Cebadas	RETEN SAMBORONDON	Actividades agrícolas el 27,8%; el 22,9% actividad pecuaria, el 18,8% actividades de construcción; el 5,6% en el comercio, el 3,5% las actividades artesanales.
	PANCUN ICHUBAMBA	
Chambo	PANCUN ICHUBAMBA	En la localidad se realiza más la producción de actividad agropecuaria en su totalidad
	GUALLABAMBA	
	SAN FRANCISCO	
	GUARUCTUS	
	SAN GERARDO DEL MONTE	
El Altar	UTUÑAG	La población económicamente activa de la parroquial en un 48.3% se dedica a la actividad agrícola siendo su principal actividad laboral, aunque también se dedican a la actividad pecuaria con un 19%.
	PACHANILLAY	
	PALICTAGUA	
La Candela	Releche	La población económicamente activa de la parroquial en un 65.76% se dedica a la actividad agrícola siendo su principal actividad laboral también se dedican a la actividad pecuaria con un 20.76%.
	Tarau	
	Cabecera Parroquial	
Matus	Matus Centro	La actividad pecuaria 44,3% y 27,8% a la actividad agrícola, construcción un 16,6%; el 5,6% empleadas en el sector público, y el 2,8% Al comercio y artesanías.
	Matus Alto	
	Calshi	
Puela	Pungal	La parroquia se dedica a la agricultura; al cultivo de maíz, papa y haba también se dedican a la actividad agropecuaria siendo estas sus principales actividades.
Pungalá	San Antonio de Alao	La más importante fuente de ingreso de las comunidades es la actividad agropecuaria, seguida por la construcción y el empleo en el sector privado
	Daldal	
	Alao Llactapamba	
Quimiag	El Cortijo	La actividad económica que realiza esta comunidad es la agricultura con un 50% la producción de cereales y seguida de la actividad pecuaria con un 50% también.

Realizado por: Sánchez Víctor, 2023.

4.1.5.7 Modelo para establecer las prioridades a implementar (Marco de Acción metodológica de Hyogo)

Para establecer las prioridades se consideró las actividades relevantes que influyen en la evolución del bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo (Tabla 14-4). Lo cual permite establecer políticas de conservación y aplicar acciones que permitan alcanzar la meta para un manejo sostenible.



Ilustración 31-4: Modelo del marco de acción de Hyogo.

Realizado por: Sánchez Víctor, 2023.

Del análisis de las diferentes actividades antrópicas que causan efecto negativo a la subcuenca, se establece medidas y acciones que se debe aplicar para evitar los impactos que conllevan al deterioro de la subcuenca.

- Conformación de brigadas para control de incendios forestales
- Capacitación sobre Legislación y Normativa Ambiental
- Establecimiento de una zona de amortiguamiento
- Control de la frontera agrícola
- Estudios de capacidad de carga animal
- Conservación de la flora y fauna nativa comprendida en el rango altitudinal 3400 a los 3700 m.s.n.m. y manejo de la vegetación debajo de los 3400 hasta los 3000 m.s.n.m.

Tabla 15-4: Modelo de trabajo para aplicar la propuesta de conservación en el ecosistema.

PRIORIDADES	METAS POR OBTENER	ACCIONES
PRIORIDAD 1. CONFORMACIÓN DE BRIGADAS PARA CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES.	Reducir los incendios forestales en el bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo	Capacitar a los centros educativos en prevención de incendios.
	Evitar el aumento y descontrol de los incendios forestales	Capacitar a los pobladores en prevención de incendios
		Formación de brigadas comunitarias en prevención de incendios forestales.
PRIORIDAD 2. CAPACITACIÓN SOBRE LEGISLACIÓN Y NORMATIVA AMBIENTAL	31 presidentes de las comunidades (líderes comunitarios) y pobladores capacitados en el marco legal sobre legislación ambiental.	Talleres de capacitación en conjunto con la participación de la autoridad ambiental en biodiversidad y recursos naturales.
PRIORIDAD 3. ESTABLECIMIENTO DE UNA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO	Conservación del suelo, control de la calidad del aire, el agua, y del recurso biótico	Manejo y monitoreo de la zona de estudio, talleres de capacitación y concientización sobre el cuidado del suelo, la excesiva explotación de los recursos bióticos.
PRIORIDAD 4: CONTROL DE LA FRONTERA AGRÍCOLA	Control en el aumento de la frontera agrícola dentro de las áreas que aún no son alteradas por el hombre	Control de las áreas que presentan cultivos ya establecidos y monitoreo de las áreas cercanas a cultivos para prevenir el aumento de la frontera agrícola.
PRIORIDAD 5. ESTUDIOS DE CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL	Estudios sobre la capacidad de carga animal por hectáreas en el ecosistema de interés	Para el estudio de la carga animal se debe definir el número de animales presentes dentro de las comunidades por separado que realizan pastoreo cerca de los pajonales dentro del ecosistema de interés.
PRIORIDAD 6. CONSERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA NATIVA COMPRENDIDA EN EL RANGO ALTITUDINAL 3400 A LOS 3700 M.S.N.M. Y MANEJO DE LA VEGETACIÓN DEBAJO DE LOS 3400 HASTA LOS 3000 M.S.N.M.	Conservación de la vegetación del páramo (pajonales) dentro del ecosistema de interés	Prevención y monitoreo de quemadas de los pajonales, para el uso en la alimentación de ganado vacuno o bobino en las áreas de paramo.
	Reforestación de áreas que presentan una vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado de conservación.	Utilización de especies nativas que poseen el potencial de reforestación, implementación de especies nativas arbustivas y herbáceas que tenga las mismas características.

Realizado por: Sánchez Víctor, 2023.

4.1.5.8 Población involucrada y beneficiaria

Las 31 comunidades que se encuentran en la zona con una población de 500 habitantes aproximadamente constituyen la población involucrada y beneficiaria.

Los habitantes de las 31 comunidades involucradas con la implementación de la propuesta de conservación deben trabajar para el mantenimiento de los recursos bióticos y abióticos, juntamente con los dirigentes de sus comunidades y los representantes de las instituciones que se encuentran en la zona, coordinando acciones con organismos gubernamentales y no gubernamentales.

4.1.5.9 Metodología para implementación de la propuesta de conservación

Para el desarrollo de la propuesta de conservación se utiliza la información obtenida de las investigaciones realizadas por el Ministerio del Ambiente y el trabajo de integración curricular del estudiante Víctor Sánchez de la carrera de Ingeniería Forestal. Utilizando la metodología de Hyogo.

4.1.5.10 Actividades

PRIORIDAD 1. Conformación de brigadas para control de incendios forestales

a) Capacitar a los centros educativos y personas adultas en prevención de incendios

Para la reducción de los incendios forestales se plantea la capacitación a los centros educativos y a los adultos por medio de talleres donde se les enseñara a asumir la labor de corresponsales frente a los peligros y efectos de los incendios, conservación del recurso biótico, tratar reducir el índice de incendios, la importancia de la prevención y las sanciones que conllevan de quienes lo ocasionen problemas al ecosistema.

Tabla 16–4: Matriz de trabajo

Dirigido a	Temas del taller por tratar	Capacitadores	Actividades / Materiales
Los niños en los centros educativos	¿Qué es un incendio?	Los estudiantes de la ESPOCH (Facultad de Recursos Naturales)	Diapositivas, trípticos, folletos, etc., con la información necesaria sobre la prevención de incendios
	¿Cómo se produce un incendio?		
	¿De qué forma nos afecta los incendios?		
	Responsabilidad ante un incendio		
	Conservación de los recursos bióticos		
	¿Qué hacer ante un incendio?	El cuerpo de bomberos del sector	Equipo de prevención de incendios
	¿Cómo prevenir incendios?		
	¿Qué es un incendio?		
	¿Cómo controlar un incendio?		
	Practica de extinción de incendios		
Los adultos	¿Cómo se produce un incendio?	Los estudiantes de la ESPOCH (Facultad de Recursos Naturales)	Diapositivas, trípticos, folletos, etc., con la información pertinente sobre la prevención de incendios
	¿Cuáles son los tipos de materiales	El cuerpo de bomberos	Charlas sobre las acciones que se deberá realizar
	¿Qué hacer ante un incendio?		Equipos de fácil acceso dentro de las comunidades
	¿Cómo evitar un incendio?		Exposición con los materiales y la forma en que contribuyen en la expansión de incendios
	¿Cuáles son los materiales inflamables y combustibles?		Normas, reglamentos y documentación pertinente
	¿Cómo se llama el sistema contra incendios?		Equipos que son recomendados para el control de incendios
	¿Cómo controlar un incendio?		Coordinación dentro de las comunidades para realizar puntos de control y barreras contra incendios o corta fuegos.
	¿Cómo ubicar los sistemas contra incendios?		

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Por medio de los estudiantes de la Facultad de Recursos Naturales y el cuerpo de bomberos respectivo del sector realizar los talleres con los estudiantes de los centros educativos y a las personas adultas, mediante el uso de trípticos, folletos u otros con el afán de que se vean interesados e involucrarlos en el tema de prevención de incendios.

b) Formación de brigadas comunitarias en prevención de incendios forestales

Para capacitar a jóvenes y adultos se propone desarrollar talleres donde se les impartirá el conocimiento en prevención de incendios con la supervisión del cuerpo de bomberos del sector, mediante simulacros autorizados para enfatizar los riesgos que conlleva un incendio forestal.

Tabla 17-4: Elaboración de brigadas contra incendios

Participantes	Actividades	Ubicación
El cuerpo de bomberos	Desarrollo de barreras contra incendios para evitar su expansión	Puntos estratégicos donde pueden contener, mitigar y extinguir cualquier incendio.
Líderes comunitarios	Dirección y elaboración de horarios a trabajar para realizar mingas en la prevención de incendios	Sectores cercanos al ecosistema
Jóvenes	Recolección y correcta eliminación correcta de materiales que pueden causar incendios	Dentro de las comunidades y terrenos cercanos al ecosistema
Adultos	Control de la eliminación de basura o residuos de vehículos (cartones, vidrio, plásticos y aceites) y monitoreo de quemadas no autorizadas	Puntos de eliminación de basura y residuos de combustibles

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

Con la participación de los pobladores de las comunidades de la zona, se establecerá periodos de reuniones, mingas para la recolección de basura, material combustible y monitoreo de quemadas no autorizadas, aplicando el conocimiento adquirido en los talleres de prevención de incendios forestales.

En cada comunidad se establecerá los puntos de control y brigadas de prevención de incendios.

PRIORIDAD 2. CAPACITACIÓN SOBRE LEGISLACIÓN Y NORMATIVA AMBIENTAL

La capacitación sobre legislación ambiental a las 31 comunidades se realizará en cinco talleres, con la colaboración de técnicos OGs y ONGs.

Tabla 18-4: Capacitación sobre legislación y normativa ambiental

Capacitadores	Objetivos	Talleres para trabajar
Estudiantes de la ESPOCH	Capacitarles e informarles acerca del origen de la legislación y normativa ambiental, indicándoles por qué se creó y los objetivos en los que se pensaron para establecerlos.	Taller # 1: Historia (sobre la legislación ambiental en el Ecuador)
Expositores provenientes del MAG	Introducir a las comunidades a la conservación de los recursos bióticos y abióticos, concientizar sobre el estado de la vegetación nativa, etc., las medidas que toma el estado ante un mal manejo de los recursos.	Taller # 2: Introducción a la Legislación Ambiental
		Taller # 3 Leyes de gestión ambiental
		Taller # 4 Sistema Único Manejo Ambiental (SUMA) / “La naturaleza en tu hogar”
Instituciones correspondientes	Desarrollo social, manejo ambiental y gestión de los recursos	Taller # 5 Sistemas de Manejo Ambiental

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

PRIORIDAD 3. ESTABLECIMIENTO DE UNA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Una zona de amortiguamiento tiene como función el de conservar las áreas naturales protegidas, el correcto manejo de los recursos bióticos y abióticos dentro del ecosistema y generar un ambiente equilibrado.

Funciones que desempeña una zona de amortiguamiento en un ecosistema

- Incrementar y proteger las áreas naturales
- Proteger el suelo y la planta nativas
- Mejoramiento de la vista recreativa en centro turísticos (para los sectores que se dedican a la artesanía).

Para establecer zonas de amortiguamiento dentro del ecosistema se recomienda utilizar gradientes altitudinales, para realizar la reforestación tomando en cuenta la calidad de agua, el tipo de biodiversidad que se desea preservar, los suelos productivos, la estética donde se debe poseer un retazo, un corredor o paisaje y la matriz a las cuales están sujetos.

La metodología a aplicar para el establecimiento de zona de amortiguamiento es la propuesta de los autores Blanes (2003) y Bentrup (2008), quienes señalan que para establecer zonas de amortiguamiento deben tener como objetivo el mitigar o contrarrestar el impacto de las actividades antropogénicas realizadas por las personas a la vida silvestre, mediante la conservación de los recursos bióticos y abióticos, no solo de manera ecológica, sino también de

manera económica acorde al tipo de sector y gradiente altitudinal en la cual se va a establecer dentro de las comunidades para que éstas pueden beneficiarse del desarrollo implementado.

PRIORIDAD 4: CONTROL DE LA FRONTERA AGRICOLA

Programar capacitaciones sobre el límite de los cultivos considerando la gradiente altitudinal, la clase agrologica del suelo.

Tabla 19–4: Capacitación de cultivos andinos y los problemas de la explotación del suelo

Capacitadores	Temas para tratar	Actividades para el desarrollo
Miembros del MAG	Cultivos altoandinos	Capacitación sobre los cultivos altoandinos que se pueden cultivar y sobre la correcta forma de tratar los cultivos que ya se encuentran establecidos
	Taller sobre cultivos de maíz	Descripción del maíz, rangos altitudinales en que se puede desarrollar, requerimientos del suelo, manejo de los cultivos de maíz, nutrientes que necesita, época de cosecha y estacionalidad de cultivo
	Taller sobre cultivos de papa	Descripción de la papa, rangos altitudinales en que se puede desarrollar, requerimientos del suelo, manejo de los cultivos de papas, nutrientes que necesita, época de cosecha y estacionalidad de cultivo
	Taller sobre cultivos de haba	Descripción de las habas, rangos altitudinales en que se puede desarrollar, requerimientos del suelo, manejo de los cultivos de habas, nutrientes que necesita, época de cosecha y estacionalidad de cultivo
	Tipos de suelo	Características del suelo, pH, textura, porosidad y color, función que cumple y como cuidarlo
	Peligros de la explotación del suelo	Que problemas trae el aumento de la frontera agrícola, riesgos de deslizamientos, inundaciones, etc.
	Inversión en cultivos	Presupuestos, el correcto empleo de una semilla, abonos, cultivos ecológicos.

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

PRIORIDAD 5. ESTUDIOS DE CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL

Para evitar la disminución de los niveles de infiltración y retención que posee el suelo, por medio de la compactación de este por el peso de ganado vacuno y ovino en el páramo, se debe realizar el estudio de capacidad de carga animal por hectárea, para determinar la cantidad de ganado que puede pastorear en estos lugares.

Para determinar la población de ganado vacuno y ovinos se utilizará la metodología de Huebla & Condo (2019).

El propósito de la metodología es mejorar la calidad de vida para la comunidad correspondiente enfocándose en las áreas a tratar a través de inventarios de especies presentes en la zona para su conservación, la cantidad de producción de forraje verde y materia seca, el tiempo de aprovechamiento del pasto, la capacidad de carga animal en base a la cantidad de animales presentes en la superficie de estudio y la reutilización del estiércol generado por el ganado vacuno y ovino para el rebrote de pastizales y nutrir áreas del suelo.

PRIORIDAD 6. CONSERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA NATIVA COMPRENDIDA EN EL RANGO ALTITUDINAL 3400 A LOS 3700 M.S.N.M. Y MANEJO DE LA VEGETACIÓN DEBAJO DE LOS 3400 HASTA LOS 3000 M.S.N.M.

La metodología para utilizar para la conservación de flora y fauna nativa es la planteada por CODESAN en el libro sobre el Proyecto Páramo Andino, Buenas prácticas para la gestión de los páramos Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú.

Tabla 20–4: Especies forestales y arbustivas nativas presentes dentro de las gradientes altitudinales.

Familia	Nombre común	Especies	Nativa	M.S.N.M.
BETULACEAE	Aliso de Acero, Aliso del Cerro, Aliso del Río, Alliso Montano, Andenerle.	<i>Alnus acuminata</i>	X	1500 - 4000
SCROPHULARIACEAE	Polylepis besseri, Queñua o Queño	<i>Buddleja incana</i>	X	3000 - 4000
ROSACEAE	Arrayán	<i>Polylepis incana</i>	X	3000 - 4500
MYRTACEAE	El Chiso, riso o Arrayán negro, Marar	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	X	1500 - 4000
MELIACEAE	Cedro cebollo, cedro andino, cedro cebolla, cedro clavel, cedro colorado, cedro de altura, cedro de montaña, cedro de tierra fría, cedro dulce, cedro monde, cedro mondé, cedro nogal, cedro oloroso, cedro rosado, cedro virgen, encenillo, monde, monde bogotano, munde, palosanto, serrano.	<i>Cederla montana</i>	X	1500 - 3500
ARALIACEAE	Pumamaki (mano de puma)	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	X	2500 - 4000
MYRICACEAE	Aurel de Cera, Laurel, Olivo de Cera	<i>Morella pubescens</i>	X	1500 - 4500
ELAEOCARPACEAE	Raque, Chuillur o Majua	<i>Vallea stipularis</i>	X	1500 - 4000
ASTERACEAE	Hieron	<i>Diplostephium glandulosum</i>	X	3000 - 3100
HYPERICACEAE	Romerillo, Corazoncillo, Hierba de San Juan, Tilín, Matikillkana o Gabday.	<i>Hypericum laricifolium</i>	X	3000 - 3100
POACEAE	Paja o paja chamik	<i>Calamagrostis intermedia</i>	X	3000 - 3100

Fuente: Caranqui, Et al., 2021.

Realizado por: Sánchez Víctor, 2023.

A continuación, se elaboró un presupuesto estimado de las seis prioridades por lo que puede ser modificado y redefinido nuevamente para el correcto uso de esta.

Tabla 21–4: Presupuesto estimado para la propuesta

Actividades		Cantidad de materiales/ Insumos		Costo
Capacitación sobre incendios en los centros educativos		5000 (Elaboración de trípticos, carteles, materiales didácticos, etc.)		\$1000
Recolección de basura, monitoreo del área (elaboración del recorrido)		Establecimiento del horario por los pobladores (3 veces al mes) (refrigerios :500 sandwiches \$ 1,50 = 750 y bebidas \$0,75 = 350)		\$ 1.7 00
Recolección de elementos o materiales que pueden provocar incendios				
Preparación del suelo		Rocería	1	\$ 900
		Ahoyado	1111	\$ 3333
		Plateo	1111	\$ 1222,10
		Plántulas	1111	\$ 555,50
Traslado de implementos	Transporte de insumos	1111		\$ 550
	Aplicación de insumos	1111		\$ 550
Cuidados de las plantas		Mantenimiento N°1	1111 (\$ 2)	\$ 2222
Monitoreo de ganados bovinos o vacunos, etc.		2 veces al año (al inicio del año y al finalizar)		\$ 3.100
Monitoreo de los páramos dentro del ecosistema, informes, registros, etc.		(2 veces al año)		\$ 6.200
Subtotal				\$18.633

Realizado por: Sánchez Víctor, 2023.

Seguimiento y evaluación

Es necesario realizar el seguimiento y la evaluación de las actividades planteadas en la presente propuesta. Esta actividad estará a cargo de los presidentes de las comunidades juntamente con técnicos de OGs y ONGs.

4.2 Discusión

4.2.1 *Análisis de resultados de los valores del EVI*

Los resultados obtenidos (*max*, *min*, *mean* y *std dev.*) Maita (2015.) menciona que, si muestran un grado de dispersión de los valores del índice de vegetación EVI, indica que el componente estacional es diferente en cada periodo. Mientras Kong (2014) destacó que los valores en los umbrales del índice de vegetación EVI considera que los píxeles inferiores a 0,1 deben ser considerados como masas de agua, de 0,1001 a 0,3 posee un suelo desnudo, de 0,31001 a 0,6 poseen una cobertura herbácea y finalizando con valores de 0,6001 pertenecientes a cobertura boscosa. Asimismo, Vallejo y Ramírez (2018.) señalan que las imágenes ráster del EVI obtenidos de imágenes satelitales poseen valores por defecto de -10000 y 10000, por lo que lo clasifican los valores en rangos de 0 a 10000, descartando los valores negativos; proponiendo que la vegetación débil o escasa poseen un rango de 0 a 0,3 en cuanto la vegetación densa y vigorosa va de 0,4 a 1. Los valores obtenidos en la presente investigación presentan un valor del medio (*mean*) total anual de (0,28), con valores máximos (*max*) y mínimos (*min*) de (0,58) y (0,26) respectivamente, y con una desviación estándar (*std dev.*) de (0,06) interpretando que la ganancia de carbono acorde a las estaciones no es significativa, debido a que también existe registros de incendios forestales dentro del ecosistema.

4.2.2 *Análisis de resultados mediante el uso de Test de Mann-Kendall*

Los resultados obtenidos en la investigación mostraron 2 tipos de tendencias, las no significativas que muestran que no existe cambios y las significativas decrecientes que presentan cambios, en las estaciones lluviosa y seca, manifestándose que el cambio climático influye en estas tendencias.

Hamed (2008) enfatizó que las pruebas paramétricas y no paramétricas no deben poseer una correlación serial, para que no muestre una posibilidad de significancia o falta de una tendencia. Por otro lado, Yue & Wang (2002) señalan que, si una muestra de datos no es muy grande, la correlación no influye significativamente en el test MK y que si realiza un procesamiento previo en las series de tiempo sesgaría la posibilidad de que el Test muestre una tendencia.

Tomando en cuenta lo mencionado por Yue & Wang (2002) no se realizó un procesamiento previo de la información, debido a la falta de información en cada año en referencia a datos mensuales y que la muestra no fue muy grande; por lo que se trabajó directamente en el test de Mann-Kendall con la información disponible evidenciado que existió tendencias crecientes y decrecientes dentro de las respectivas estaciones.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La información mostrada para cada año tiene como referencia a los resultados obtenidos en cada mes, siendo que la información faltante es omitida por lo que los resultados pueden variar acorde a la información disponible y son aproximaciones de los resultados obtenidos, como se observó en el 2013, 2017 y el 2019 donde mostraron valores mínimos (*min*) de 0,04, 0,03 y 0,11 respectivamente.

La evolución del ecosistema en el periodo del 2020, evidencio que se redujo 143,16 ha de vegetación con baja actividad fotosintética y en mal estado, de igual forma la vegetación que poseía buena actividad fotosintética y buen estado de conservación se redujo 132,96 ha, en relación de ambos casos ya sea por el aumento o la disminución de su vigorosidad y perdidas por incendios, en este sentido la vegetación que poseía muy buena actividad fotosintética y muy buen estado de conservación obtuvo pérdidas de 276,12 ha disminuyendo su vigorosidad o desapareciendo por incendios.

Los factores que pueden afectar las tendencias es la continuidad de datos (información) ya que es indispensable que la información presente un registro histórico para que de esta forma muestre un nivel de significancia en su Z estadístico.

5.2 Recomendaciones

- Las investigaciones deben disponer de un registro histórico, se recomienda usar imágenes anuales en caso de no tener obtener informaciones mensuales, ya que *Google Earth Engine* promedia la información con los meses presentes, sacando un ráster anual aproximado con la información disponible.
- Se recomienda utilizar un software estadístico *TREND* por la facilidad de procesamiento directa del test de Mann-Kendall; para el correcto funcionamiento de *TREND* se deberá modificar los “.” por “,” en el formato de fecha para no tener problemas o nos arroje valores erróneos al utilizarlo, también se deberá restablecer la configuración ya que muchos programas tienden a fallar por la modificación.
- Se recomienda realizar la corrección de píxeles para no escatimar la información dentro de los ráster.
- Se recomienda procesar la información si es extensa para aplicar el test de Mann-Kendall, caso contrario de no disponer o no ser muy grande la base de datos se recomienda no procesarla.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre nichos ecológicos dentro del ecosistema para evidenciar cambios realizados por actividades antropogénicas y tener un registro más detallado del estado en el ecosistema.

GLOSARIO

AVHRR: Radiómetro avanzado de muy alta resolución / Advanced Very High Resolution Radiometer (CONAE, 2017).

CNRH: Consejo Nacional de Recursos Hídricos

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada (CONAE, 2017)

OLI: Generador de imágenes terrestres operacionales / Operational Land Imager (Earth Observing System, 2017)

Ombrotipo: Categorías relacionadas con las tasas de precipitación. Valores del cociente entre la precipitación media en milímetros y suma en grados centígrados de aquellos meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados (Salvador, Rivas-Martínez, 2008, párr. 37)

Mesorelieve: Se refiere a escalas espaciales locales e incluyen unidades geomorfológicas como: cuestras, colinas, mesetas, abanicos aluviales, planicie, terrazas, vertientes y chevrones

TIRS: Sensor infrarrojo térmico / thermal infrared sensor (Ariza, A., 2013).

BIBLIOGRAFÍA

XLSTAT. *XLSTAT - LA SOLUCIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS PARA MICROSOFT® EXCEL®* [blog]. [Consulta: 16 diciembre 2022] Disponible en: <https://www.xlstat.com/es/empresa/microsoft-partner>

AGUA CHAMBO. Ubicación [blog]. [Consulta: 16 diciembre 2022]. Disponible en: <https://subcuencachambo.wordpress.com/about/>

ALVES, T., et al. “Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba”. *Revista Brasileira de Geografia Física* [en línea], 2015, (Brasil) 8 (6), pp. 1601-1614. [Consulta: 14 diciembre 2020]. ISSN:1984 – 2295. Disponible en: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233678>

ARIZA, A. *Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission)*. [en línea]. 2013. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

BASANTES, E. “*Manejo de cultivos andinos del Ecuador*” [en línea]. Sangolquí, Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2015. ISBN: 978-9978-301-33-3. pp. 3 – 5.

BOLETINAGRARIO. *Monocultivo* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2022]. Disponible en: <https://boletinagrario.com/ap-6,monocultivo,977.html>

CAMACHO, J., et al. “*Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña*”. *SciELO* [en línea], 2015, (México) 21 (1), pp. 93 – 112. [Consulta: 20 enero 2023]. ISSN 2448-7597. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008

CARANQUI, J., et al. “Caracterización florística en zonas con alto potencial de recarga hídrica del paramo de ichubamba yasepan”. *Polo del Conocimiento* [en línea], 2021, (Ecuador) 6 (9), pp. 605 – 624: [Consulta: 1 diciembre 2022]. ISSN: 2550 - 682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094490>

CONABIO. *Ecosistema.* [blog]. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees>

CONAE. *PRODUCTO INDICE DE VEGETACION.* [en línea] 2017. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: https://catalogos2.conae.gov.ar/SMN_Modis_VA/docs/NDVI_y_EVI_MODIS_descripcion_ene2017.pdf

CHUVIECO, E. *Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio.* 3^{ra} ed. Barcelona – España: Ariel, S., 2008. ISBN: 978-84-344-8073-3. p. 63.

CREAF.UAB.ES. *Indexs: Programa para calcular índices de vegetación, nieve, agua, etc.* [blog]. [Consulta: 4 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.creaf.uab.es/miramon/help/spa/msa/indexs.htm>

Definicion. *DEFINICIÓN DE ANTRÓPICO* [blog]. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://definicion.de/antropico/>

DIDAN, K., et al. *MODIS Vegetation Index User's Guide.* [en línea], 2015. [Consulta: 29 Diciembre 2022]. Disponible en: https://vip.arizona.edu/documents/MODIS/MODIS_VI_UsersGuide_June_2015_C6.pdf

DNP & Universidad Nacional de Colombia. *Análisis de objetivos.* [blog]. [Consulta: 28 Enero 2023]. Disponible en: <http://red.unal.edu.co/cursos/eLearning/dnp/2/html/contenido-2.1.5-analisis-objetivos.html>

EARTH OBSERVING SYSTEM. *Monocultivo En La Agricultura: Pros Y Contras* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2022]. Disponible en: <https://eos.com/es/blog/monocultivo/>

EARTH OBSERVING SYSTEM. *Landsat 8.* [blog]. [Consulta: 2 enero 2023.]. Disponible en: <https://eos.com/es/find-satellite/landsat-8/>

EARTH OBSERVING SYSTEM. *Índices De Vegetación En La Agricultura Digital.* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2022]. <https://eos.com/es/blog/indices-de-vegetacion/>

EASTMAN RONALD, J. *IDRISI Selva Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes.* [en línea]. 2016. [Consulta: 15 diciembre 2022.]. Disponible en: <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/IDRISI-Selva-Spanish-Manual.pdf> . p. 39.

ECOLOGIAVERDE. *Pérdida de la biodiversidad: causas y consecuencias* [blog]. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/perdida-de-la-biodiversidad-causas-y-consecuencias-1094.html>

ECONOMIPEDIA. *Monocultivo* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2022]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/monocultivo.html>

ECURED. *Bosque Siempre Verde Montano Alto* [blog]. [Consulta: 21 diciembre de 2022]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Bosque_Siempre_Verde_Montano_Alto

ESA. *Las misiones Earth Explorer de la ESA.* [En línea]. 20 de Septiembre del 2017. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEM3407SXIG_0.html

EUROPEAN SPACE COMISSION AGENCY SPATIALE EUROPÉENNE. *Sentinel-2 User Handbook.* [en línea]. 2015. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook

EWATER. 2016. *TENDENCIA.* [En línea]. 2016. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://toolkit.ewater.org.au/Tools/TREND>

FAO. *Bosques sostenibles: el supermercado de la naturaleza.* [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/1037245/>

FAO/IUFRO. *Glosario de términos.* [en línea] 2007. [Consulta: 21 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2080s/i2080s08.pdf>

FONSECA, S. *MANUAL DEL SOFTWARE TREND PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE SERIES DE TIEMPO HIDROLOGICAS* [en línea]. 2015. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://pdfcookie.com/download/20-manual-del-trend-v1-5lq3rgnom9v7>

FRANÇOIS, J. *Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio* [en línea] México, 2011. [Consulta: 25 diciembre 2022]. Disponible en: https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/aplicacionesMODIS.pdf

GAVILANES, I. & VELÁSQUEZ, J. Relación entre datos meteorológicos y de sensores remotos entre los años 2000 y 2018 en Quito, Ecuador [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 2020. pp. 49 – 62. [Consulta: 15

diciembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18498/1/UPS%20-%20ST004463.pdf>

GEOENCICLOPEDIA. *INCENDIO FORESTAL* [blog]. [Consulta: 14 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <https://www.geoenciclopedia.com/incendio-forestal/>

GOB.EC. *Registro de Prevención de Amenazas Naturales y Riesgos Antrópicos* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.gob.ec/mt/tramites/registro-prevencion-amenazas-naturales-riesgos-antronicos#:~:text=Riesgos%20antr%C3%B3picos%20son%20riesgos%20provocados,deforestaci%C3%B3n%20incendios%20entre%20otros.>

GÜÇLÜ, Y. "Múltiples análisis de tendencias innovadoras de Şen y prueba parcial de Mann-Kendall". *Journal of Hydrology* [En línea], 2018, (Turquía) 566, pp.685-704. ISSN 0022-1694. [Consulta: 21 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034>

GREENFACTS. *Desertificación* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/desertificacion/1-3/1-definicion-desertificacion-desertizacion.htm#0p0>

GREENLANE. *Definición y ejemplo de la matriz de transición de Markov* [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%c3%ada-matem%c3%a1ticas/ciencias-sociales/markov-transition-matrix-definition-1148029/>

HUETE, A.; et al. "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices". *Remote Sensing of Environment* [En línea]. 2002. Brasil. 83. pp. 195 - 213. [Consulta: 25 enero 2021]. ISSN 0022-1694. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425702000962>

IAFN-RIFA. *¿Qué es un bosque?* [blog]. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://www.analogforestry.org/what-is-a-forest/?lang=es>

IBERDROLA. *La pérdida de biodiversidad, un riesgo para el medio ambiente y para la humanidad* [blog]. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/perdida-de-biodiversidad>

HAMED, KHALED. "Trend detection in hydrologic data: The Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis". *Journal of Hydrology* [En línea], 2008, (Alemania), 349. pp. 350 – 363.

[Consulta: 15 diciembre 2022]. ISSN 0022-1694. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169407006865>

MAE. *Estadísticas del patrimonio natural del Ecuador continental* [En línea] 2da, Quito – Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2018. [Consulta: 28 Enero 2023]. Disponible en: https://proamazonia.org/wp-content/uploads/2019/10/ECUADOR_Folleto_Patrimonio_Natural_compressed.pdf

MAITA, J. Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los Ecosistemas del sur del Ecuador. (Trabajo de titulación) (Maestría) Universidad del Azuay, Departamento de Posgrado. Cuenca, Ecuador. 2015. pp. 18 – 42. [Consulta: 28 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4933/1/11372.pdf>

MEDLINEPLUS. *Incendios Forestales* [blog]. [Consulta: 14 diciembre 2022]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/wildfires.html>

MINAGRICULTURA. *Frontera agrícola nacional: la cancha del sector agropecuario para el desarrollo rural sostenible* [blog]. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/-Frontera-agr%C3%ADcola-nacional-la-cancha-del-sector-agropecuario-para-el-desarrollo-rural-sostenible-.aspx>

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Sistema de clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. [en línea]. Proyecto Mapa de Vegetación 2013. [Consulta: 25 diciembre 2022]. Disponible en: <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>

MUÑOZ, C. *Análisis de la variabilidad en series hidrometeorológicas en una cuenca de cabecera del río segura: Cuenca del río mundo*. [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena - Colombia. 2008. pp. 18 – 20. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60416059.pdf>

NACIONES UNIDAS. *Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, 17 de junio* [blog]. [Consulta: 9 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.un.org/es/observances/desertification-day#:~:text=La%20desertificaci%C3%B3n%20es%20la%20degradaci%C3%B3n,avance%20de%20los%20desiertos%20existentes.>

ORDÓÑEZ, R. *Costeo de estrategias y acciones de conservación de recursos hídricos y manejo de cuencas hidrográficas* [En línea] Quito - Ecuador, 2017. [Consulta: 10 diciembre 2022] Disponible en:

https://biodiversityfinance.net/sites/default/files/content/knowledge_products/Costeo%20de%20estrategias%20y%20acciones%20de%20conservaci%C3%B3n%20de%20recursos%20h%C3%ADricos%20y%20manejo%20de%20cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf

OVACEN. *Bosque; Qué son, ubicación geográfica y tipos de bosques* [blog]. [Consulta: 21 diciembre 2021] . Disponible en: <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/bosque/>

PERRILLA, A. & FRANÇOIS, J. “Google Earth Engine - GEE: A Powerful Tool Linking the Potential of Massive Data and the Efficiency of Cloud Processing”. *SciELO* [En línea] 2020, (México) 101, pp. 2 – 5. [Consulta: 28 diciembre 2020.]. ISSN 2448-7279. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112020000100111&script=sci_abstract&tlng=en

PORTILLO, S. *Qué es un problema ambiental y ejemplos* [blog]. [Consulta: 14 Diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-problema-ambiental-y-ejemplos-3067.html>

SALIZZI, E. *Frontera agraria* [blog]. 2020. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.teseopress.com/diccionarioagro/chapter/frontera-agraria/>

SATELLITE IMAGING CORPORATION. *IKONOS Satellite Sensor (0.80m) - Decommissioned.* [blog]. [Consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/ikonos/>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA. *Índice de Vegetación Mejorado* [blog]. [Consulta: 1 diciembre 2022]. Disponible en: http://dlibrary.snia.gub.uy/maproom/Monitoreo_Agroclimatico/INDICES_VEGETACION/EVI/EVI_250m/EVI.html

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES. *¿Qué son las imágenes satelitales?* [blog]. [Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en: <http://blog.uch.edu.pe/ingenieria-electronica-con-mencion-en-telecomunicaciones/que-son-las-imagenes-satelitales/>.

USGS. *¿Qué es el programa satelital Landsat y por qué es importante?* [blog]. [Consulta: 21 diciembre 2022] . Disponible en: https://www.usgs.gov/faqs/what-landsat-satellite-program-and-why-it-important?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products

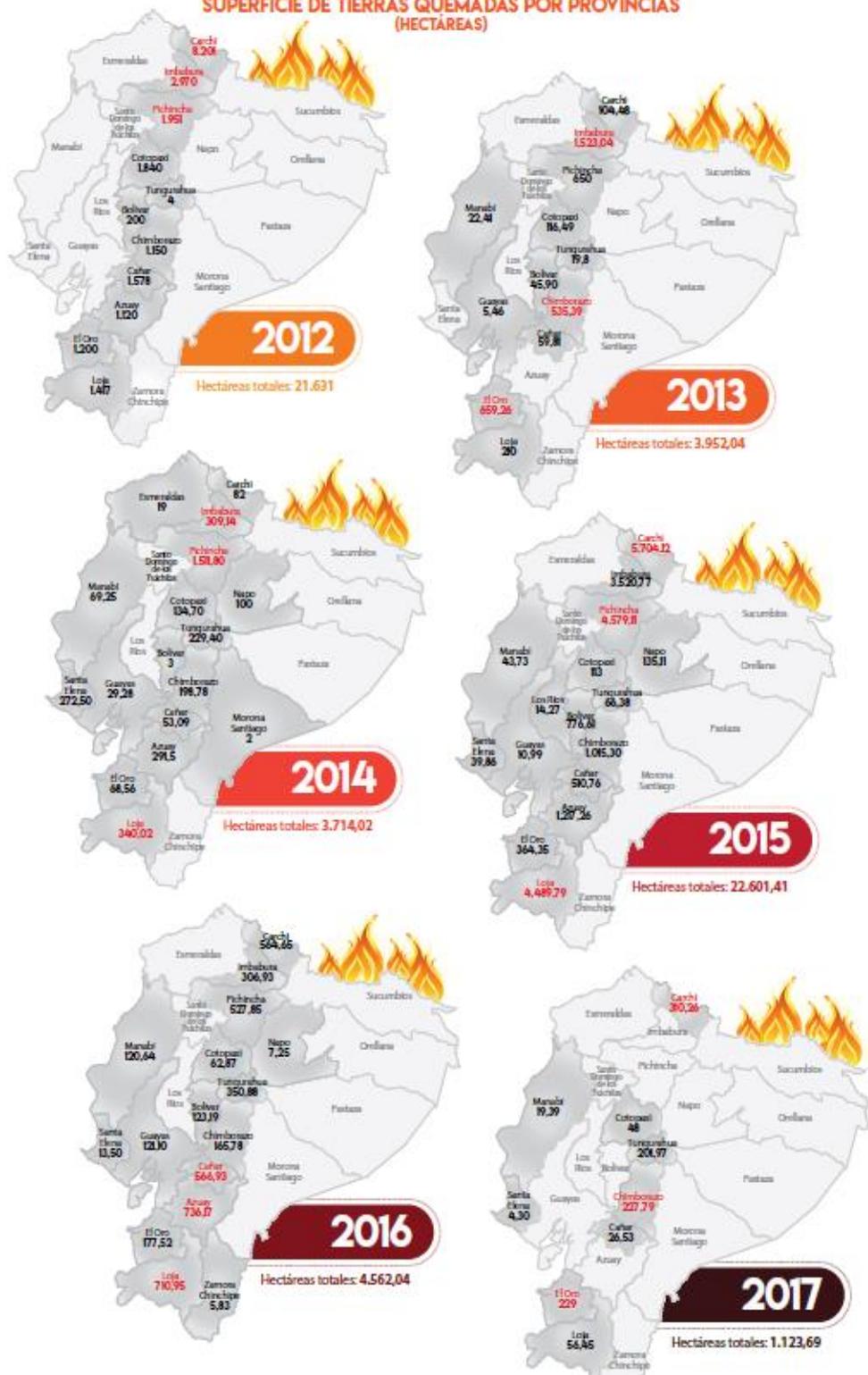
VALLEJO, B. & RAMÍREZ , L. Influencia de los patrones climáticos globales en la variabilidad del clima durante el período 2000-2016 en los páramos del norte de Ecuador [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador. 2018. pp. 27 - 50 [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8144/1/03%20RNR%202747%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>



Handwritten signature in blue ink over a faint stamp. The stamp includes the text "D. D. D. D." and "Instituto Juan Castillo".



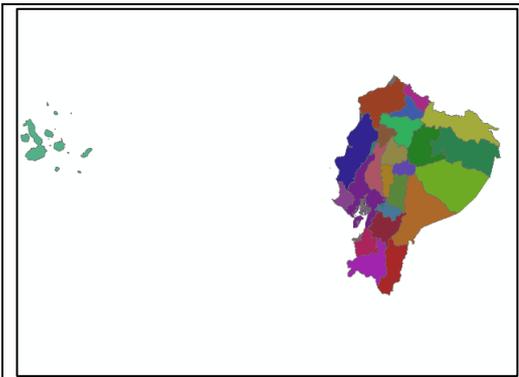
**SUPERFICIE DE TIERRAS QUEMADAS POR PROVINCIAS
(HECTÁREAS)**



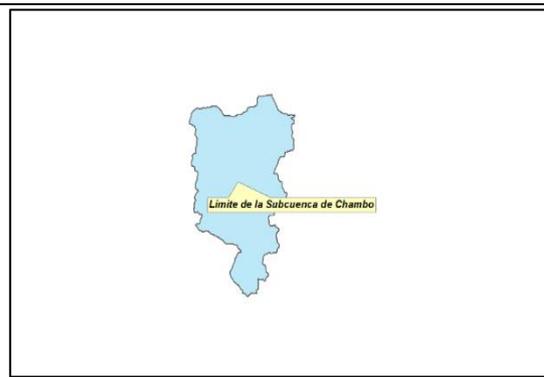
Problemas de incendios forestales que se presentaron en Chimborazo en los periodos del 2012 al 2017.

Fuente: (MAE, 2013, pp. 34 - 38).

ANEXO B: PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DEL ÍNDICE EVI Y LA EVOLUCIÓN DEL UMBRAL DE ESTE CON EL TEST DE MANN-KENDALL.



Shape del Ecuador.



Shape de límites de la subcuenca de Chambo.



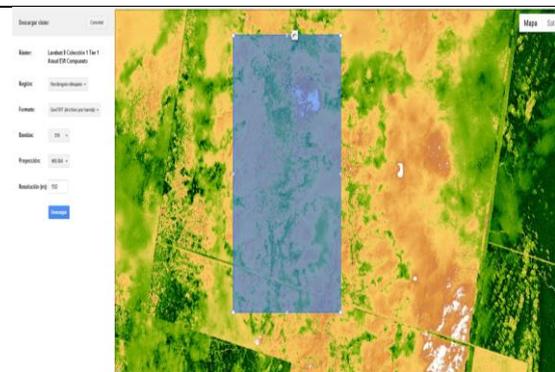
ArcMap.



Plataforma de Google Earth Engine.

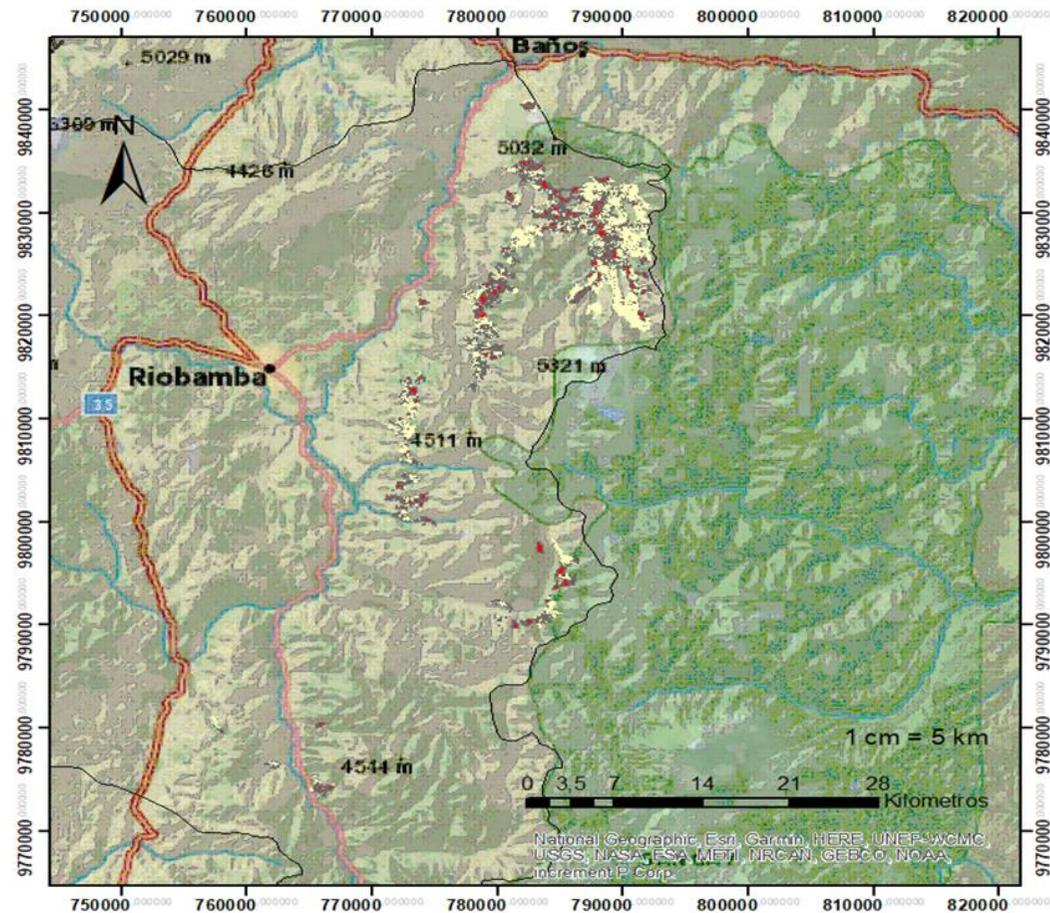


Procesamiento de la imagen LandSat 8 para obtener el EVI en GEE



Descarga de la imagen del EVI en la plataforma GEE.

EVOLUCIÓN DEL BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO



Leyenda

Evolución de la vegetación

- Sin cambios
- Con cambios
- Sin cambios
- Con cambios
- Sin cambios
- LIMITES_SUBCUENCA_CHAMBO

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

Fuente: I.G.M. ESCALA 1:500.000
Proyección Universal Transversal de Mercator UTM
Elipsoide y Datum Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84
Zona 17 Sur

Autor: Sánchez Yancha, V.
Supervisado: Ing. Hernan Chamorro
Ing. Roque Garcia

Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

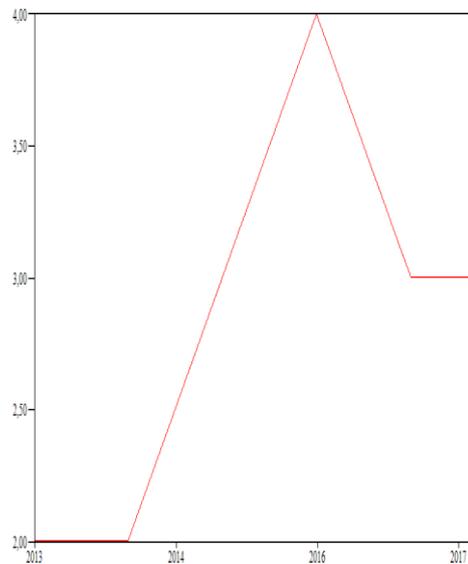
Tabla de información de tendencias de los Umbrales del índice EVI mensuales en el TEST de Mann-Kendall

Años/Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2013				3	2	3	3	2	2	2	2	2
2014	2	3	2		2	3	3	3	2	4	3	2
2015	2	4	3		3	2	4	2	2	4	3	4
2016	3	2	3	2	3	2		2	3	3	3	4
2017	4		3			2	3	3	4	3	2	4
2018	3	3	2	3		2	3	4	3	2	3	2
2019	3	3			3		3	3	3	3	3	3
2020	3	2	3	4	4	3	4	3	2	3		3

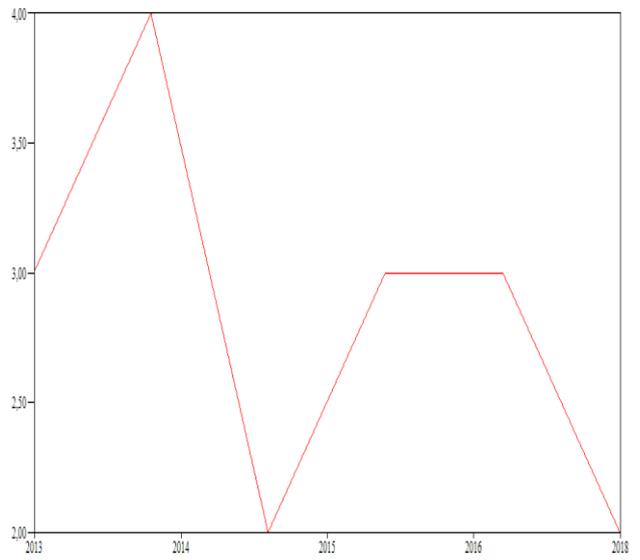
Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

GRAFICAS DE TENDENCIAS EVI MENSUALES EN EL SOFTWARE ESTADÍSTICO

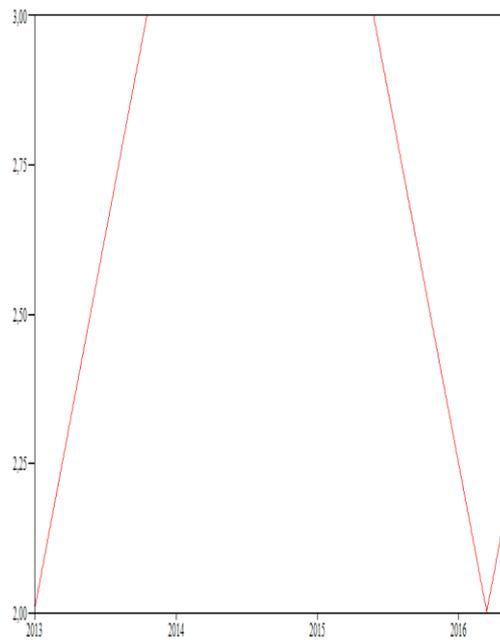
TREND.



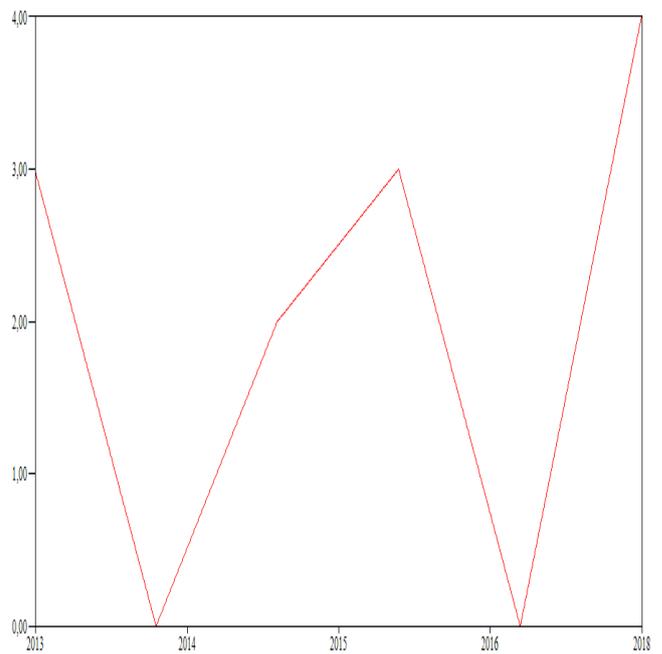
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Ene del 2013 al 2020.



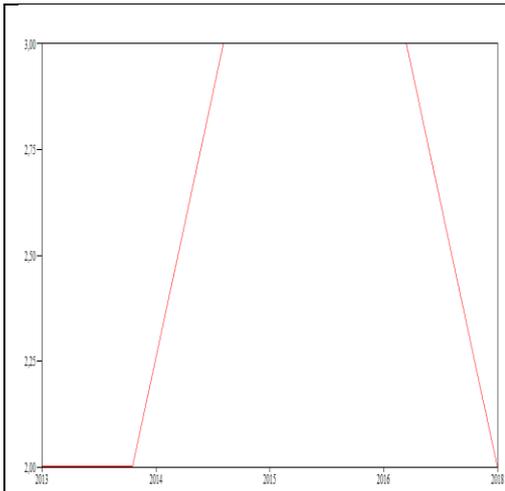
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Feb del 2013 al 2020



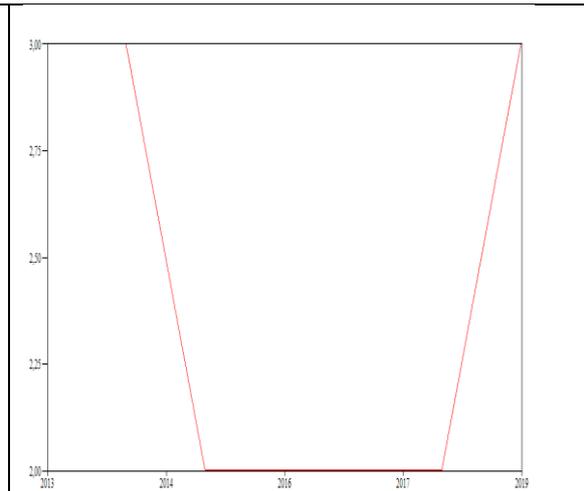
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Mar del 2013 al 2020



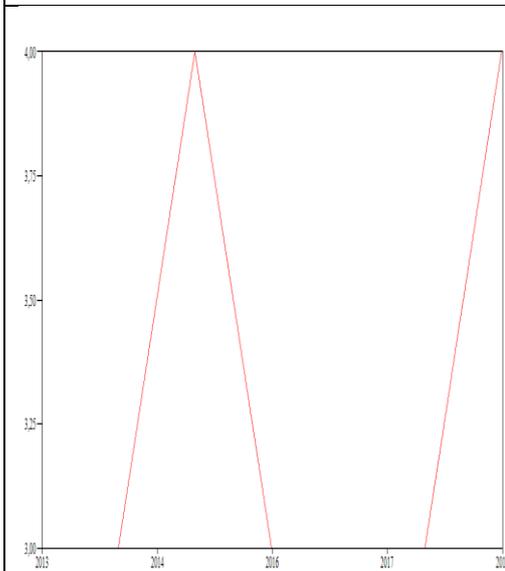
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Abr del 2013 al 2020



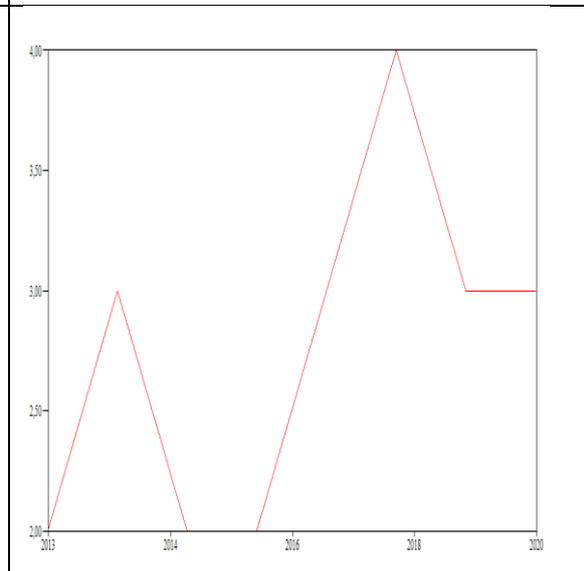
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de May del 2013 al 2020



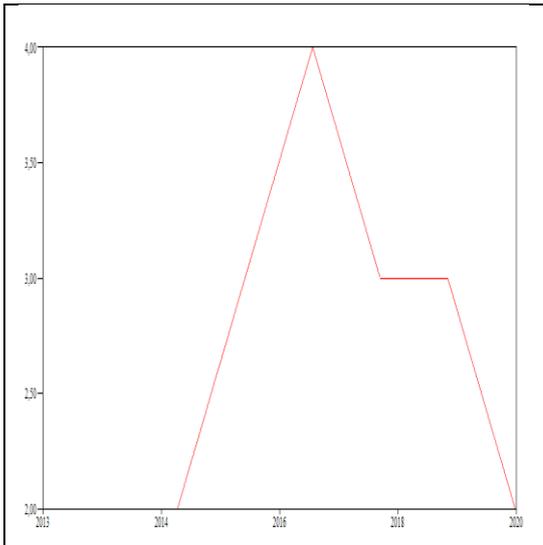
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Jun del 2013 al 2020



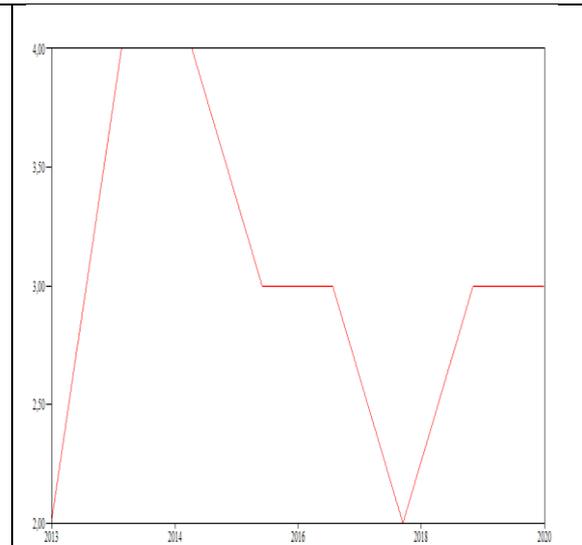
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Jul del 2013 al 2020



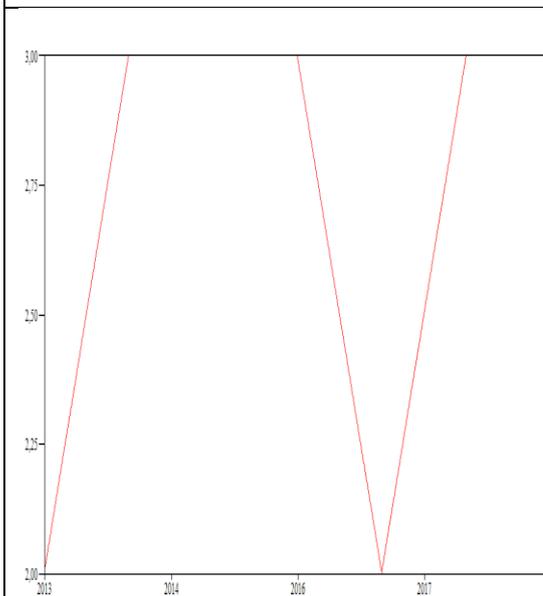
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Ago del 2013 al 2020



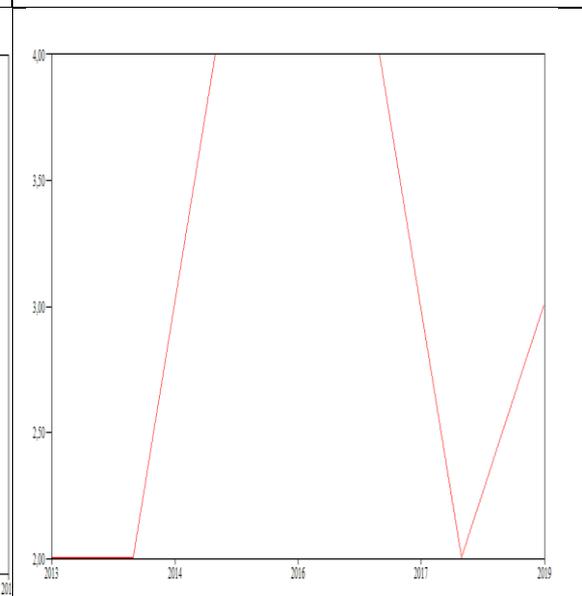
Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Sep del 2013 al 2020



Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Oct del 2013 al 2020

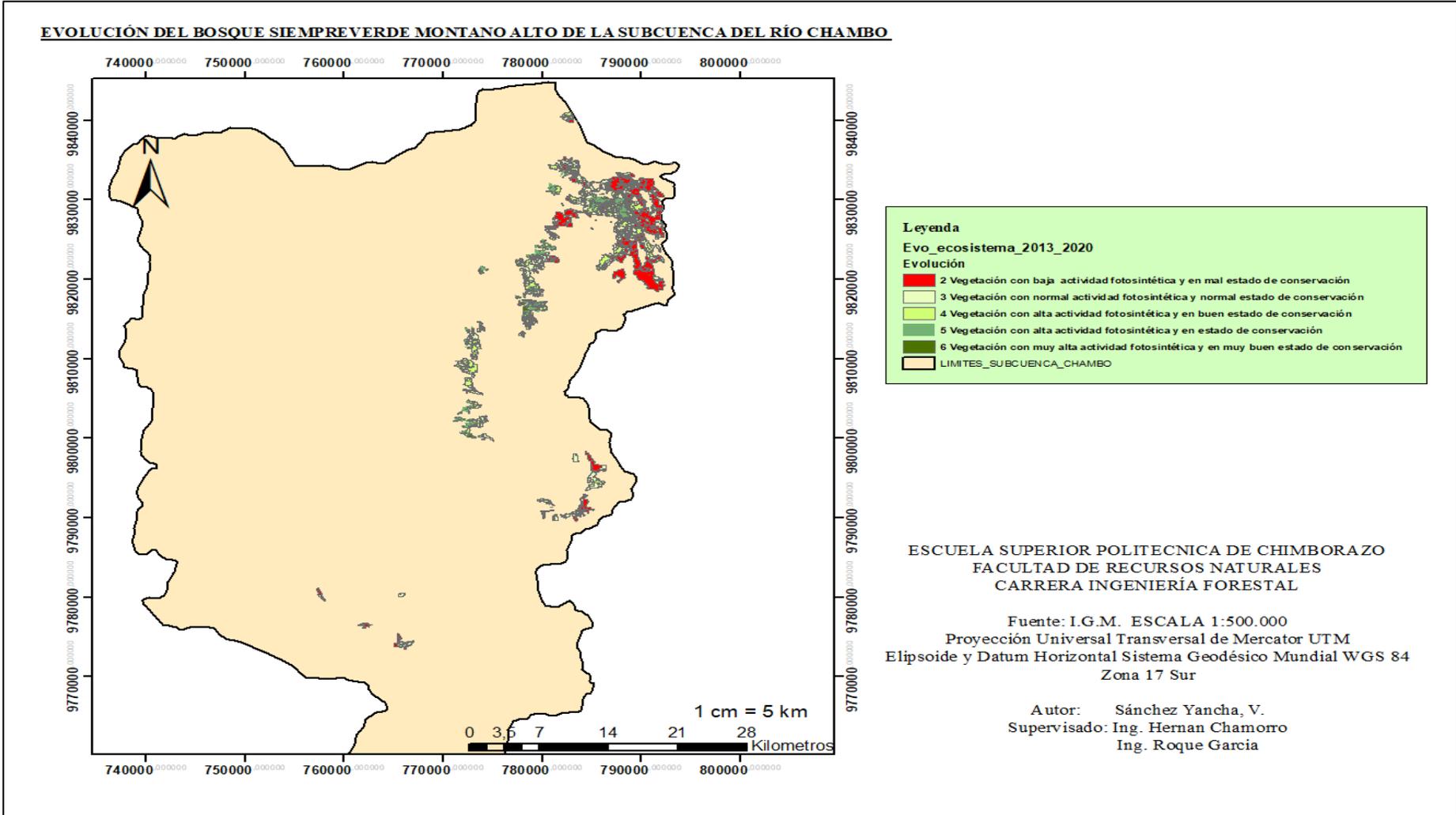


Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Nov del 2013 al 2020



Tendencias del umbral del índice EVI en el mes de Dic del 2013 al 2020

Evolución del ecosistema en el periodo del 2013 al 2020



Realizado por: Sánchez Yancha Víctor, 2023.

ANEXO C: MARCO LEGAL UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA DE ESTUDIO.

NORMATIVA	CONTENIDO	
<p style="text-align: center;">CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA</p>	<p>Sección Segunda Ambiente Sano</p>	<p>Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i>.</p>
	<p>Art. 14:-</p>	<p>Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.</p>
	<p>Capítulo séptimo Derechos de la naturaleza</p>	<p>La naturaleza o <i>Pacha Mama</i>, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.</p>
	<p>Art. 71.-</p>	<p>Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.</p> <p>El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.</p>
	<p>Art. 74:-</p>	<p>Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.</p> <p>Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.</p>
	<p>Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales Sección primera Naturaleza y ambiente</p>	<p>La constitución reconoce los principios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional. 3. El Estado garantizará la participación y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
	<p>Art. 395.-</p>	

		4: En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.
	Art. 396.-	<p>El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.</p> <p>La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.</p> <p>Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.</p> <p>Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.</p>
	Art.397	<p>En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. El estado se compromete a:</p> <p>Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas.</p> <p>El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.</p>
	Art. 404	<p>El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo con el ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.</p>
	Art. 405.-	<p>El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión.</p>

		Las personas naturales o jurídicas extranjeras no podrán adquirir a ningún título tierras o concesiones en las áreas de seguridad nacional ni en áreas protegidas, de acuerdo con la ley.
	Art. 406.	El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.
CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, COIP	CAPÍTULO CUARTO Delitos contra el ambiente y la naturaleza o Pacha Mama	Invasión de áreas de importancia ecológica. - La persona que invada las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o ecosistemas frágiles, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años. Se aplicará el máximo de la pena prevista cuando:
	SECCIÓN PRIMERA Delitos contra la biodiversidad	1. Como consecuencia de la invasión, se causen daños graves a la biodiversidad y recursos naturales.
	Art. 245.-	2. Se promueva, financie o dirija la invasión aprovechándose de la gente con engaño o falsas promesas.
	Art. 246.-	Incendios forestales y de vegetación. - La persona que provoque directa o indirectamente incendios o instigue la comisión de tales actos, en bosques nativos o plantados, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años. Si este tipo de actos se cometen dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o en ecosistemas frágiles y amenazados como páramos, manglares, bosques secos, nublados o húmedos y como producto de estos actos se cause erosión de los suelos o afectación a especies de la flora y fauna protegidas por convenios, tratados internacionales o listadas a nivel nacional por la Autoridad Ambiental Nacional, se aplicará el máximo de la pena aumentada en un tercio. Se exceptúan las quemas agrícolas o domésticas realizadas por las comunidades o pequeños agricultores dentro de su territorio, de conformidad con la normativa ambiental vigente. Si estas quemas se vuelven incontrolables y causan incendios forestales, la persona será sancionada por delito culposo con pena privativa de libertad de tres a seis meses. Si como consecuencia de este delito se produce la muerte de una o más personas, se sancionará con pena privativa de libertad de trece a dieciséis años.
	Art. 247.-	Delitos contra la flora y fauna silvestres. La persona que cace, pesque, tale, capture, recolecte, extraiga, tenga, transporte, introduzca, almacene, trafique, provea, maltrate, se beneficie, permute o comercialice, especímenes o sus

		<p>partes, sus elementos constitutivos, productos y derivados, de flora o fauna silvestre terrestre, marina o acuática, de especies listadas como protegidas por la Autoridad Ambiental Nacional o por instrumentos o tratados internacionales ratificados por el Estado, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.</p> <p>Se aplicará el máximo de la pena prevista si concurre lo siguiente: El hecho se realice dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, áreas especiales para la conservación de la biodiversidad, patrimonio forestal nacional o en ecosistemas frágiles.</p>
	<p>SECCIÓN TERCERA Delitos contra los recursos naturales</p>	<p>Delitos contra suelo. - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, en relación con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, cambie el uso del suelo forestal o el suelo destinado al mantenimiento y conservación de ecosistemas nativos y sus funciones ecológicas, afecte o dañe su capa fértil, cause erosión o desertificación, provocando daños graves, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años.</p> <p>Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes.</p>
	<p>Art. 252.-</p>	
	<p>SECCIÓN QUINTA Disposiciones comunes</p>	<p>Definiciones y normas de la Autoridad Ambiental Nacional. - La Autoridad Ambiental Nacional determinará para cada delito contra el ambiente y la naturaleza las definiciones técnicas y alcances de daño grave. Así también establecerá las normas relacionadas con el derecho de restauración, la identificación, ecosistemas frágiles y las listas de las especies de flora y fauna silvestres protegidas, de especies amenazadas, en peligro de extinción, endémicas, transfronterizas y migratorias.</p>
	<p>Art. 256.-</p>	
	<p>CAPÍTULO TERCERO MEDIDAS DE PROTECCIÓN</p>	<p>Modalidades. - Las medidas de protección son: Suspensión inmediata de la actividad contaminante o que se encuentra afectando al ambiente cuando existe riesgo de daño para las personas, ecosistemas, animales o a la naturaleza, sin perjuicio de lo que puede ordenar la autoridad competente en materia ambiental.</p>
	<p>Art. 558.-</p>	
<p>CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, COOTAD</p>	<p>Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales</p>	<p>Ejercicio de las competencias de gestión ambiental. - Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente para lo cual impulsarán en su circunscripción territorial programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales y recuperación de ecosistemas frágiles; protección de las fuentes y cursos de agua; prevención y</p>

	Art. 136.-	recuperación de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión; forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona; y, educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza. Estas actividades serán coordinadas con las políticas, programas y proyectos ambientales de todos los demás niveles de gobierno, sobre conservación y uso sustentable de los recursos naturales. Los gobiernos autónomos descentralizados regionales y provinciales, en coordinación con los consejos de cuencas hidrográficas podrán establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la conservación de las cuencas hidrográficas y la gestión ambiental; cuyos recursos se utilizarán, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales y las comunidades rurales, para la conservación y recuperación de los ecosistemas donde se encuentran las fuentes y cursos de agua.
	Art. 146.-	Ejercicio de las competencias de promoción de la organización ciudadana y vigilancia de la ejecución de obras y calidad de los servicios públicos. - Promoverán la participación ciudadana en los procesos de consulta vinculados a estudios y evaluaciones de impacto ambiental; en la toma de decisiones y en la vigilancia sobre la gestión de los recursos naturales que puedan tener incidencia en las condiciones de salud de la población y de los ecosistemas de su respectiva circunscripción territorial.

Realizado por: Sánchez Víctor, 2023.

El presente marco legal está compuesto por leyes, normas y reglamentos que componen los lineamientos en la cual el Ecuador se basa para el mantenimiento, conservación y castigo a quienes afecten los ecosistemas de interés, en nuestro caso el bosque siempre verde montano alto de la subcuenca del Río Chambo. En base a el marco legal realizar la propuesta de conservación con los lineamientos vigentes respectivos, de tal forma que se respalde en la constitución del estado ecuatoriano y no exista problemas por parte de alguna institución o las comunidades aledañas.



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: 08 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: VÍCTOR ENRIQUE SÁNCHEZ YANCHA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: INGENIERÍA FORESTAL
Título a optar: INGENIERO FORESTAL
E. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



0453-DBRA-UTP-2023