



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

**ANÁLISIS DE TENDENCIAS TEMPORALES DEL ÍNDICE
MEJORADO DE LA VEGETACIÓN (EVI) EN DOS ECOSISTEMAS
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO DURANTE EL
PERÍODO 2013-2020.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

NATALY ELIZABETH MONTEROS OROZCO

Riobamba – Ecuador

2022



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

**ANÁLISIS DE TENDENCIAS TEMPORALES DEL ÍNDICE
MEJORADO DE LA VEGETACIÓN (EVI) EN DOS ECOSISTEMAS
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO DURANTE EL
PERÍODO 2013-2020.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: NATALY ELIZABETH MONTEROS OROZCO

DIRECTOR: Ing. JONNY ISRAEL GUAIÑA YUNGÁN MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Nataly Elizabeth Monteros Orozco

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

Yo, Nataly Elizabeth Monteros Orozco, 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 autora 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, 11 de agosto 2022

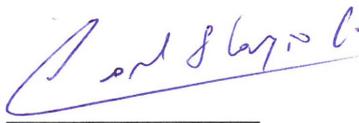
A handwritten signature in blue ink that reads "Nataly Monteros Orozco". The signature is stylized with large, overlapping loops.

Nataly Elizabeth Monteros Orozco

060582197-4

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE TENDENCIAS TEMPORALES DEL ÍNDICE DE LA VEGETACIÓN (EVI) EN DOS ECOSISTEMAS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO DURANTE EL PERÍODO 2013-2020**, realizado por la señorita: **NATALY ELIZABETH MONTEROS OROZCO**, 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. Eduardo Patricio Salazar Castañeda MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-08-11
Ing. Jonny Israel Guaiña Yungán MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2022-08-11
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MSc. ASESOR DEL TRIBUNAL		2022-08-11

DEDICATORIA

A Dios por estar en cada paso que doy, por darme sabiduría a lo largo del estudio, a mis padres y hermanos y a todos aquellos que persiguen un sueño, sigan firmes y adelante, no se rinda NUNCA.

Nataly

AGRADECIMIENTO

Dios, tu amor y bondad no tienen fin. Agradezco a mi madre Eva Orozco y a cada uno de mis hermanos/as, por permitirme conocer de Dios y su infinito amor, por su apoyo incondicional, su cariño, sus consejos y por creer en mí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a todo el cuerpo de profesores de la Facultad de Recursos Naturales, gracias por ser parte de este proceso integral de formación.

También agradezco a mi director y miembro de tesis Ing. Jonny Guaiña e Ing. Carlos Carpio por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis, de igual manera doy un agradecimiento muy especial al Ing. Diego Cusquicullma quien fue el fragmento principal en este trabajo, ya que gracias a él esta investigación pudo dar frutos, gracias por su tiempo, su conocimiento, su disponibilidad y experiencia que fue de gran ayuda en todo este proceso. Finalmente agradezco al Ing. Jhonathan, por creer en mí, por toda su ayuda, paciencia y tiempo, doy gracias a Dios por cada una de las personas que puso en mi camino que han sido de bendición.

Nataly

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Teledetección.....	5
1.2. Índices de vegetación.....	5
1.3. Índice de vegetación mejorado EVI.....	6
1.4. Imágenes Satelitales.....	7
1.5. Imágenes del satélite Landsat 8.....	8
1.6. Espectro electromagnético.....	10
1.7. Google Earth Engine.....	11
1.8. Páramo.....	12
1.9. Ecosistema.....	12
1.9.1. <i>Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo</i>	12
1.9.2. <i>Bosque siempreverde del páramo</i>	12

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	14
2.1. Materiales y Metodología.....	14
2.1.1. <i>Caracterización del Área de Estudio</i>	14
2.1.2. <i>Ecosistemas a estudiar</i>	14
2.1.3. <i>Clasificación Ecológica de la Subcuenca del Río Chambo</i>	15
2.1. Materiales y equipos.....	15
2.2.1. <i>Materiales</i>	16
2.2.2. <i>Equipos</i>	16
2.3. Metodología de estudio.....	16
2.3.1. <i>Obtención de imágenes satelitales</i>	16

2.3.2.	<i>Selección de las Imágenes Satelitales</i>	17
2.3.3.	<i>Fórmula EVI</i>	19
2.3.4.	<i>Recorte y Descarga de las Imágenes Satelitales</i>	19
2.3.5.	<i>ArcGis 10.8</i>	20
2.3.6.	<i>Elaboración de mapas de los ecosistemas.</i>	22
2.3.7.	<i>Time Trend Analysis Mann-Kendall Test</i>	22
2.3.8.	<i>Uso del Software TREND</i>	23
2.3.8.1.	<i>Inicio de la aplicación TREND</i>	23
2.3.8.2.	<i>Datos de Entrada</i>	24
2.3.8.3.	<i>Opciones para las Pruebas Estadísticas</i>	25
2.3.9.	<i>Pruebas No Paramétricas</i>	26
2.3.10.	<i>Pruebas de Tendencias</i>	26
2.3.10.1.	<i>Prueba de Mann Kendall (No Paramétricas)</i>	26
2.3.11.	<i>Elaboración de una propuesta de medidas para el manejo y la conservación de los dos ecosistemas estudiados.</i>	28
2.3.11.1.	<i>Objetivo</i>	28
2.3.11.2.	<i>Actividades</i>	28
2.3.11.3.	<i>Planteamiento de recurso material y financiero</i>	28

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1.	Cálculo del índice mejorado de vegetación en los dos ecosistemas de la subcuenca del río Chambo.	29
3.1.1.	<i>Área de estudio del herbazal ultrahúmedo subnival del páramo (HsNn02)</i>	29
3.1.2.	<i>Área de estudio bosque siempreverde del páramo (BsSn01)</i>	30
3.2.	Cálculo del índice mejorado de vegetación del ecosistema HsNn02 en el período 2013-2020	30
3.2.1.	<i>Cálculo mensual del EVI</i>	30
3.2.2.	<i>Análisis descriptivo de las series temporales del índice de vegetación mejorado</i> ..	34
3.3.	Cálculo mensual del EVI del ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo en el período 2013-2020.	59
3.3.1.	<i>Cálculo mensual del EVI</i>	59
3.3.2.	<i>Análisis descriptivo de las series temporales del índice de vegetación mejorado</i> ..	62
3.4.	Comparación del EVI promedio anual por ecosistema	86
3.4.1.	<i>Comparación del EVI mensual en la época seca y lluviosa del Ecosistema HsNn02, período 2013-2020.</i>	87

3.4.2.	<i>Comparación del EVI mensual del Ecosistema BsSn01, período 2013-2020</i>	88
3.5.	Análisis de la serie de tiempo mediante la metodología Mann Kendall Simple	89
3.5.1.	<i>Análisis de meses Sin Tendencia del ecosistema HsNn02</i>	89
3.5.2.	<i>Análisis de Tendencias No Significativas Crecientes, ecosistema HsNn02, período 2013-2020.</i>	90
3.6.	Series de tendencias desde enero a diciembre para el ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo.	93
3.6.1.	<i>Análisis de meses Sin Tendencia, período 2013-2020.</i>	93
3.6.2.	<i>Análisis de meses con Tendencias no significativas decrecientes, período 2013-2020.</i>	94
3.6.3.	<i>Análisis de meses con Tendencias no significativas crecientes, período 2013-2020.</i>	95
3.6.4.	<i>Análisis de meses con Tendencia significativa creciente, período 2013-2020.</i>	97
3.7.	Elaboración de una propuesta de medidas para el manejo y conservación de los dos ecosistemas.	99
3.7.1.	<i>Alternativa a la conservación de especies de los ecosistemas</i>	99
3.7.2.	<i>Actores involucrados</i>	101
3.7.3.	<i>Plan de trabajo general</i>	103
3.7.4.	<i>Proyecto de reforestación.</i>	105
3.7.4.1.	<i>Reforestación y Forestación.</i>	105
3.7.4.2.	<i>Recurso material y financiero</i>	105
3.7.5.	<i>Proyecto de educación ambiental.</i>	106
3.7.5.1.	<i>Educación Ambiental</i>	106
3.7.5.2.	<i>Recurso material y financiero</i>	106
3.7.6.	<i>Proyecto de investigación.</i>	107
3.7.6.1.	<i>Investigación</i>	107
3.7.6.2.	<i>Recurso material y financiero</i>	107
3.8.	Comprobación de la hipótesis	109
3.9.	Discusión	109
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	112
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de usos de suelo de imágenes satelitales Landsat.	9
Tabla 1-2:	Descripción de la significancia del test de Mann Kendall.	27
Tabla 1-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de enero.	34
Tabla 2-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores.....	36
Tabla 3-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores.....	38
Tabla 4-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de abril.	40
Tabla 5-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de mayo.....	42
Tabla 6-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de junio.	45
Tabla 7-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de julio.	47
Tabla 8-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de agosto.....	49
Tabla 9-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de septiembre.....	51
Tabla 10-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de octubre.....	53
Tabla 11-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de noviembre.	55
Tabla 12-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de diciembre.....	57
Tabla 13-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de enero.	62
Tabla 14-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de febrero.	64
Tabla 15-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de marzo.....	66
Tabla 16-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de abril.	68
Tabla 17-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de mayo.....	70

Tabla 18-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de junio.	72
Tabla 19-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de julio.	74
Tabla 20-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de agosto.	76
Tabla 21-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de septiembre.	78
Tabla 22-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de octubre.	80
Tabla 23-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de noviembre.	82
Tabla 24-3:	Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de diciembre.	84
Tabla 25-3:	Comparación del EVI promedio mensual por ecosistema.	87
Tabla 26-3:	Resultados sin Tendencia del Test Mann Kendall para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.	90
Tabla 27-3:	Resultados de Tendencias No Significativas Crecientes del Test Mann Kendall para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.	92
Tabla 28-3:	Resultados Sin Tendencia del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.	94
Tabla 29-3:	Resultados con Tendencias no significativas decrecientes del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01.	95
Tabla 30-3:	Resultados con Tendencias no significativas crecientes del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01.	97
Tabla 31-3:	Resultados con Tendencia significativa creciente del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01.	98
Tabla 32-3:	Esquema general de manejo y conservación de ecosistemas	99
Tabla 33-3:	Distribución de especies de acuerdo con el ecosistema.	100
Tabla 34-3:	Estudio de involucrados	101
Tabla 35-3:	Plan de trabajo general.	104
Tabla 36-3:	Presupuesto reforestación por ecosistema.	106
Tabla 37-3:	Presupuesto de educación ambiental por ecosistema.	107
Tabla 38-3:	Presupuesto de investigación por ecosistema.	108
Tabla 39-3:	Comprobación de la hipótesis.	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Longitud de onda del espectro luz.	6
Figura 2-1:	Comportamiento Espectral de la Vegetación y Suelo Desnudo.....	6
Figura 1-2:	Plataforma Google Earth Engine.	16
Figura 2-2:	Selección de imágenes Landsat 8.....	17
Figura 3-2:	Procedimiento para la descarga de las Imágenes Satelitales.....	18
Figura 4-2:	Procedimiento para la descarga de las Imágenes Satelitales.....	18
Figura 5-2:	Recorte de las imágenes landsat 8.....	20
Figura 6-2:	Exportación de las imágenes satelitales Landsat 8 al programa ArcGis 10.8....	21
Figura 7-2:	Cuadro de diálogo de la herramienta Raster Calculator.....	21
Figura 8-2:	Recorte del Ráster para la subcuenca del Río Chambo.....	22
Figura 9-2:	Inicio de sesión en la aplicación Toolkit.....	23
Figura 10-2:	Ventana de inicio del TREND.	24
Figura 11-2:	Ventana de selección de archivos de los datos de cada ecosistema.	24
Figura 12-2:	Representación gráfica del mes de octubre del ecosistema HsNn02.	25
Figura 13-2:	Opciones que nos da el Software TREND.....	25
Figura 1-3:	Ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo.	29
Figura 2-3:	Ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo.	30
Figura 3-3:	Cálculo del EVI en el ecosistema HsNn02, de los meses enero, febrero, marzo y abril, en el período 2013-2020.	31
Figura 4-3:	Cálculo del EVI en el ecosistema HsNn02, de los meses mayo, junio, Julio y agosto,.....	32
Figura 5-3:	Cálculo del EVI en el ecosistema HsNn02, de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el período 2013-2020.	33
Figura 6-3:	Cálculo del EVI en el ecosistema BsSn01, de los meses enero, febrero, marzo y abril, en el período 2013-2020.	59
Figura 7-3:	Cálculo del EVI en el ecosistema BsSn01, de los meses mayo, junio, Julio y agosto, en el período 2013-2020.	60
Figura 8-3:	Cálculo del EVI en el ecosistema BsSn01, de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el período 2013-2020.	61
Figura 9-3:	Serie sin tendencia de los meses enero a diciembre, para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.....	89
Figura 10-3:	Serie de tendencias no significativas crecientes para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.....	91
Figura 11-3:	Serie sin tendencias para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.....	93

Figura 12-3: Análisis de Tendencia no significativas decrecientes del ecosistema BsSn01, período 2013-2020.....	94
Figura 13-3: Análisis de Tendencias no significativas crecientes del ecosistema BsSn01, período 2013-2020.....	96
Figura 14-3: Análisis de Tendencia significativa creciente del ecosistema BsSn01, período 2013-2020.....	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02	34
Gráfico 2-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de enero.	35
Gráfico 3-3:	Valor de la desviación estándar para el ecosistema HsNn02 del mes de enero.	36
Gráfico 4-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de febrero.	37
Gráfico 5-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de febrero.....	37
Gráfico 6-3:	Valor de la desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de	38
Gráfico 7-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de marzo.	39
Gráfico 8-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de marzo.	39
Gráfico 9-3:	Valores de Desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de marzo.	40
Gráfico 10-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de abril.	41
Gráfico 11-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de abril.....	41
Gráfico 12-3:	Valores de la Desviación estándar en el ecosistema HsNn02 del mes de abril.	42
Gráfico 13-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de mayo.	43
Gráfico 14-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02.	43
Gráfico 15-3:	Valores de la desviación estándar del ecosistema HsSn02 para el mes de mayo en el período 2013-2020.....	44
Gráfico 16-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02.	45
Gráfico 17-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02.	46
Gráfico 18-3:	Valores de la Desviación estándar del ecosistema HsNn02, período 2013-2020.	46
Gráfico 19-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02.	47
Gráfico 20-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02.	48
Gráfico 21-3:	Valores de la Desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de julio....	48
Gráfico 22-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02.	49
Gráfico 23-3:	Valor de la media del HsNn02.	50
Gráfico 24-3:	Valores de la Desviación estándar del mes de agosto para el ecosistema HsNn02.	50
Gráfico 25-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de septiembre.....	51
Gráfico 26-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de septiembre.....	52

Gráfico 27-3:	Valores de la desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de septiembre.	52
Gráfico 28-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de octubre.	53
Gráfico 29-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de octubre.	54
Gráfico 30-3:	Valores de la desviación estándar del mes de octubre del ecosistema HsNn02.	54
Gráfico 31-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de noviembre.	55
Gráfico 32-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de noviembre.	56
Gráfico 33-3:	Valores de la Desviación estándar del mes de noviembre del ecosistema HsNn02.	56
Gráfico 34-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de diciembre.	57
Gráfico 35-3:	Valor de la media del Ecosistema HsNn02.	58
Gráfico 36-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema HsNn02 del mes de diciembre.	58
Gráfico 37-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	62
Gráfico 38-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	63
Gráfico 39-3:	Valor de la desviación estándar del Ecosistema BsSn01.	63
Gráfico 40-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	64
Gráfico 41-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	65
Gráfico 42-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01.	65
Gráfico 43-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	66
Gráfico 44-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	67
Gráfico 45-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01 del mes de marzo.	67
Gráfico 46-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	68
Gráfico 47-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	69
Gráfico 48-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01 del mes de abril.	69
Gráfico 49-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	70
Gráfico 50-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01 del mes de mayo.	71
Gráfico 51-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.	71
Gráfico 52-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	72
Gráfico 53-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	73
Gráfico 54-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, para el mes de junio.	73
Gráfico 55-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	74
Gráfico 56-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	75

Gráfico 57-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.....	75
Gráfico 58-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	76
Gráfico 59-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.....	77
Gráfico 60-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.....	78
Gráfico 61-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	79
Gráfico 62-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.....	79
Gráfico 63-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020, para el mes de septiembre.....	80
Gráfico 64-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	81
Gráfico 65-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.	81
Gráfico 66-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, del mes de octubre.	82
Gráfico 67-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.	83
Gráfico 68-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.....	83
Gráfico 69-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01.	84
Gráfico 70-3:	Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01del mes de diciembre.....	85
Gráfico 71-3:	Valor de la media del Ecosistema BsSn01.....	85
Gráfico 72-3:	Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, para el mes de diciembre.....	86
Gráfico 73-3:	Comparación del EVI mensual del Ecosistema HsNn02, período 2013-2020..	88
Gráfico 74-3:	Comparación del EVI mensual del Ecosistema BsSn01, período 2013-2020..	88

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ECOSISTEMA HERBAZAL ULTRAHÚMEDO SUBNIVAL DEL PÁRAMO

ANEXO B: ECOSISTEMA BOSQUE SIEMPREVERDE DEL PÁRAMO

RESUMEN

La presente investigación propuso: analizar el índice de vegetación mejorada (EVI), en dos ecosistemas de la subcuenca del río Chambo, durante el período 2013-2020, mismo objetivo se planteó para desarrollar nuevos conocimientos acerca de la dinámica que manejan ambos ecosistemas con el fin de poder contribuir en su preservación. Mediante la descarga de imágenes satelitales de Landsat 8, se obtuvo un total de 93 imágenes utilizando la plataforma Google Earth Engine, para delimitar nuestra área de estudio se empleó el software ArcGis 10.8, en donde se determinó el índice EVI usando la siguiente fórmula: $2.5 * (\text{img1}["B5"] - \text{img1}["B4"]) / (\text{img1}["B5"] + 6 * \text{img1}["B4"] - (7.5 * \text{img1}["B2"]) + 1)$, en las que se obtuvieron un valor máximo EVI promedio mensual para el ecosistema HsNn02 de 0,36 para los meses de octubre y diciembre y su valor mínimo de 0,29 en el mes de enero. En cuanto, al ecosistema BsSn01, presentó un valor máximo de 0,28 en el mes de julio y un valor mínimo de 0,22 para el mes de agosto. La tendencia del EVI fue analizada a través del método no paramétrico de Mann Kendall con el software TREND, que nos permitió observar las tendencias más fiables entre las precipitaciones de los ecosistemas en estudio, se reflejó que el ecosistema HsNn02 reportó tendencias no significativas crecientes en los meses de enero, marzo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre y el BsSn01 se reportó en los meses de marzo, abril, agosto, septiembre y noviembre. Se realizó una propuesta de medidas para el manejo y conservación de dichos entornos. Finalmente, se identificó que el ecosistema HsNn02 tuvo mayor promedio EVI de 0,32 en el período 2013-2020, siendo gracias a la alta cobertura vegetal que posee, por lo que se recomienda analizar la precipitación y temperatura con períodos mayores.

Palabras clave: <COBERTURA VEGETAL>, <ECOSISTEMAS>, <ÍNDICE DE VEGETACIÓN MEJORADA (EVI)>, <MANN KENDALL>, <PÁRAMO>


D.B.R.A.
Ing. Christian Castillo



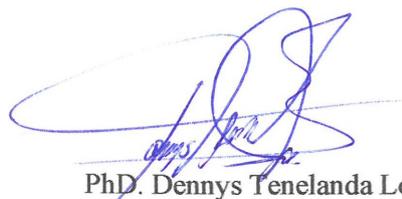
2070-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The research aimed to analyze the improved vegetation index (EVI), in two ecosystems of the Chambo river sub-basin, during the period 2013-2020. It also was carried out to develop new knowledge about the dynamics that both ecosystems manage to contribute to their preservation. A total of 93 images were obtained from the Google Earth Engine platform by downloading satellite images from Landsat 8. ArcGis 10.8 software was used to delimit the study area, where the EVI index was determined using the following formula: $2.5 * (\text{img1}["B5"] - \text{img1}["B4"]) / (\text{img1}["B5"] + 6 * \text{img1}["B4"] - (7.5 * \text{img1}["B2"]) + 1)$. A maximum monthly average EVI value for the HsNn02 ecosystem of 0.36 was obtained in October and December, and its minimum value of 0.29 in January. As for the BsSn01 ecosystem, it presented a maximum value of 0.28 in July and a minimum value of 0.22 in August. The trend of the EVI was analyzed through the non-parametric method of Mann Kendall with the TREND software, which allowed us to observe the most reliable trends among the rainfall of the ecosystems under study. It was reflected that the HsNn02 ecosystem reported non-significant increasing trends in January, March, June, August, September, October, November, and December, and BsSn01 was reported in March, April, August, September, and November. A proposal of measures for the management and conservation of these environments was made. Finally, it was identified that the HsNn02 ecosystem had a higher average EVI of 0.32 in the 2013-2020 period due to the high vegetation cover it has. So, it is recommended to analyze precipitation and temperature with more prolonged periods.

Keywords: <VEGETABLE COVER>, <ECOSYSTEMS>, <ENHANCED VEGETATION INDEX (EVI)>, <MANN KENDALL>, <MOORLAND>.

Riobamba, November 2nd, 2022



PhD. Dennys Tenelanda López

ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

La evaluación de cómo los cambios ambientales afectan a la distribución y dinámica de los ecosistemas se está convirtiendo en una herramienta cada vez más importante, ya que esta permite mejores predicciones de los efectos del calentamiento global, la reducción de la biodiversidad o la degradación de los hábitats. Por otro lado, los sensores remotos multiespectrales e hiperespectrales hacen un papel significativo en el estudio de los ecosistemas a diferentes escalas espaciales y temporales como es el mapeo de humedales, medición de la fisiología y estructura de las plantas, evapotranspiración, cambios de uso de la tierra y clasificación de la vegetación, incendios forestales, biomasa, ciclo del carbono, deforestación, entre otros (Bohn, Fornerón y Piccolo, 2012: p. 0).

El Ecuador se identifica por tener una variabilidad climatológica significativa a lo largo de toda su extensión. Esta variabilidad se da principalmente por la influencia de factores planetarios como el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (CZIT), El Niño-Oscilación del Sur, el efecto de la Cordillera de los Andes, entre otros. Estos factores determinan en conjunto el clima, la disponibilidad de agua, así como también definen los diferentes ecosistemas presentes en todo el territorio del país (Borja, 2020: p. 1).

El país cuenta con 40 áreas protegidas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), 4 áreas de las mismas se encuentran en la subcuenca del río Chambo, entre las cuales tenemos el Parque Nacional Sangay que se encuentra en la cordillera oriental, la Reserva de producción faunística de Chimborazo ubicado al Noreste y 2 Bosques Protectores. En este contexto cada vez se pierde páramos y sus servicios ecosistémicos demandados por la zona media y baja a través de los sistemas de riego como Juntas de usuarios del Sistema de Riego (Consortio CESA-AVSF, 2015: párr. 1).

Los índices de vegetación han demostrado una alta relación con parámetros como el índice de área foliar, la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación y otros factores relacionados con la cubierta vegetal, habiéndose utilizado con frecuencia para estimar la biomasa, monitorear y evaluar la degradación de la vegetación sobre grandes áreas (Chamba, 2015: pp. 35-36). Tanto el NDVI como el EVI demuestran un buen rango dinámico y sensibilidad para el seguimiento y la evaluación de las variaciones espaciales y temporales en la cantidad y condiciones de la vegetación. Sin embargo, el EVI corrige algunos efectos derivados de la nubosidad y los aerosoles en la atmósfera y además no se satura tan fácilmente como el NDVI

cuando se observan zonas de vegetación densa y vigorosa como ocurre en el análisis de las selvas tropicales y callejón interandino.

El estudio del clima en el Ecuador se ha realizado fundamentalmente en base a la información registrada en estaciones meteorológicas y en modelos computacionales que tienen una resolución espacial gruesa los mismos que no han permitido analizar la influencia de los patrones globales de circulación atmosférica o corrientes oceánicas sobre espacios territoriales más pequeños como divisiones políticas, cuencas hidrográficas o ecosistemas específicos, como el páramo, bosque nublado, entre otros. Sin embargo, la llegada del monitoreo por satélite en 1972 permitió un gran avance en la comprensión de la dinámica que manejan los diferentes ecosistemas terrestres a escalas espaciales más finas y con mayor precisión para estudios derivados de monitoreo y evaluación de ecosistemas (Borja, 2020: pp. 21-22).

IMPORTANCIA

La evaluación del estado de la vegetación, la cobertura, el cambio y los procesos son componentes clave de los programas de investigación del cambio global y son temas de considerable importancia social. El índice de vegetación mejorado son imágenes calculadas a base de operaciones algebraicas entre bandas espectrales distintas, el resultado permite obtener una imagen nueva donde gráficamente destacan determinados píxeles con coberturas vegetales que consta de los siguientes parámetros: el índice de área foliar, densidad y la actividad clorofílica (Huete et al. 2011: p. 24). En este contexto, el presente trabajo permitirá buscar alternativas para impedir la degradación de ecosistemas, ayudando a nuevos hallazgos en tendencias EVI. Esta investigación está basada en la evaluación del índice de vegetación, mismas que son procedentes de imágenes obtenidas por sensores , para obtener una descripción clara y de calidad de los estados de los tipos de vegetación de los ecosistemas: Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo y Bosque siempreverde del páramo.

PROBLEMA

En 25 años se ha perdido en la subcuenca el 24,3% de la superficie total de páramo, por las diversas presiones a las que están sometidos: el avance de la frontera agrícola, la reforestación con especies exóticas (como el pino) y las quemadas del pajonal en zonas de pastoreo, esta pérdida fue más importante en la sierra occidental en donde se ha destruido el 35% de la superficie de páramo que existía en el año 1984 (Consortio CESA-AVSF, 2015: párr. 10).

Esta destrucción significa también la pérdida de fuentes de agua y estiajes agudos en los ríos lo que provoca la erosión del suelo, la desertificación, sequías entre otros, logrando un cambio climático que afecta a los pobladores que habitan la subcuenca, por ello es importante que con los datos de teledetección se pueda estimar el daño en el periodo a estudiar y también a futuro y plantear medidas que disminuyan el impacto del cambio climático.

JUSTIFICACIÓN

En Ecuador y sobre todo en la sierra centro del país existen pocas investigaciones han aprovechado las ventajas que ofrecen las técnicas de percepción remota y los índices de vegetación para caracterizar la dinámica de las formaciones vegetales, los cambios en la cobertura de vegetación y el impacto del cambio climático. Esta investigación pretende analizar la relación entre el Índice Mejorado de la Vegetación (EVI), precipitación, temperatura y el tiempo, como estos afectan al cambio climático. El EVI en la subcuenca en el periodo determinado nos determinará que áreas están más propensas a cambios bruscos de temperatura lo que ocasionara pérdida de biodiversidad y aumento de la pobreza, con estos resultados podremos ofrecer soluciones a tiempo para que el cambio climático disminuya y tomar decisiones a futuro que sean sostenibles.

OBJETIVOS

General

Analizar las tendencias temporales del índice mejorado de la vegetación (EVI) en dos ecosistemas de la subcuenca del río Chambo durante el periodo 2013-2020.

Específicos

Calcular el índice mejorado de la vegetación (EVI) para los años 2013 a 2020, utilizando imágenes satelitales landsat 8.

Analizar la serie de tiempo con la metodología Mann Kendall simple (MK).

Elaborar una propuesta de medidas para el manejo y conservación de los dos ecosistemas.

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

El índice mejorado de la vegetación no registra tendencias significativas durante el período 2013-2020.

Hipótesis Alternativa

El índice mejorado de la vegetación registra tendencias significativas durante el período 2013-2020.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Teledetección

Las herramientas de teledetección han ganado campo de aplicación por su capacidad de escalabilidad, bajos costos y fácil acceso (Ferreira et al., 2016: p. 23-24). Destacan estudios que resaltan su potencial en el mapeo de especies y hábitat, o modelado de la distribución y relación de especies (Schäfer, 2016: p. 12-13).

Las series de imágenes satelitales a través del tiempo son usadas para monitorear patrones históricos de comunidades vegetales asociados a disturbios, procesos de recuperación, entre otros, abarcando periodos prolongados (Sasaki, Ishii y Morimoto, 2018: p. 2). Un ejemplo de ello es la descripción de la sucesión de pastizales hacia bosques (Nichol, Abbas y Fischer, 2017: p. 13).

El uso de una herramienta como la teledetección para el fin de determinar el estado de los ecosistemas, monitorear sus cambios, y evaluar la eficacia de las tareas de gestión y conservación, ofrece dos grandes grupos de aplicaciones (Turner et al. 2003). Por un lado, la generación de mapas de coberturas y usos del suelo relacionados con la composición y estructura de los ecosistemas como la presencia, abundancia y distribución de especies o comunidades, y su evolución en el tiempo (Kerr y Ostrovsky 2003). Por otro lado, la estimación de variables biofísicas que permiten el seguimiento del funcionamiento de los ecosistemas (Sellers et al., 1992: p. 4).

1.2. Índices de vegetación

Nos referimos a un conjunto de operaciones algebraicas efectuadas sobre los valores numéricos de los píxeles, usando dos o más bandas pertenecientes a la misma escena, para lograr esto, la información satelital entregada a través de una imagen multibanda, esta debe ser categorizada y agrupada esto permite discriminar un área con características particulares de otra. Una forma de expresar es mediante la elaboración de índices (Muñoz, 2013: p.7).

Normalmente resulta de una fórmula que utiliza una o varias bandas del espectro electromagnético. Su relación de estas bandas tiene un estudio empírico que muestra la relación directa entre el valor numérico atraído por el sensor y la variable biomasa o cubierta vegetal detalla varios componentes como suelo, iluminación etc. (Gilbert, González y García, 1997: pp. 34-35). Señala como una medida de cálculo a partir de valores de reflectividad a distintas longitudes de

onda pretende extraer información relacionada con la vegetación minimizando la influencia debida al suelo y condiciones atmosféricas.

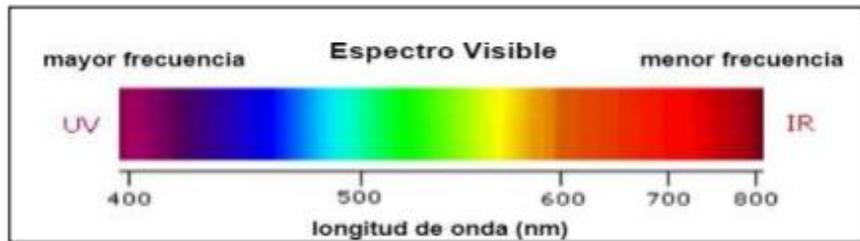


Figura 1-1: Longitud de onda del espectro luz.

Fuente: (Palermo, 2014).

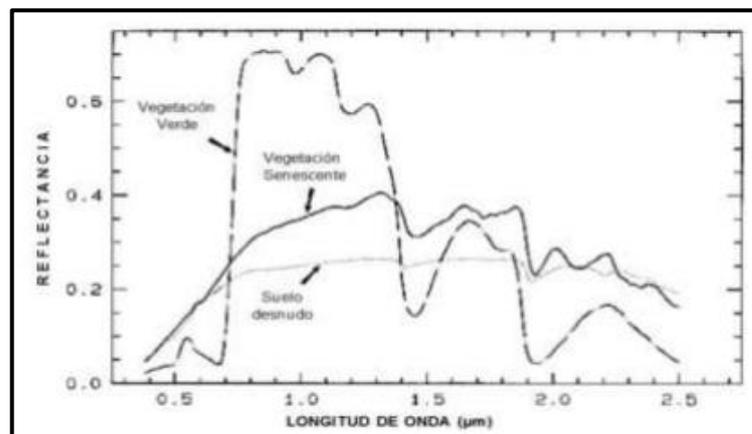


Figura 2-1. Comportamiento Espectral de la Vegetación y Suelo Desnudo.

Fuente: (López 2012).

Es oportuno que un Índice de Vegetación ideal no existe, hasta el momento ha ido desarrollando valores de reflectancia en las zonas espectrales del rojo visible (R) y del infrarrojo cercano (IRC), debido al comportamiento particular de las hojas (follaje) en esta región espectral. (Figura 2-1), se puede apreciar que la vegetación verde difiere del suelo en cuanto a su respuesta espectral, dado que la reflectancia de la cubierta vegetal pasa de un mínimo relativo en el rojo visible ($0,7 \mu\text{m}$ ó $700 \mu\text{m}$) a un valor alto en el infrarrojo cercano ($0,8 \mu\text{m}$ ó 800nm), a diferencia de la conducta del suelo, que no presenta tan marcado.

1.3. Índice de vegetación mejorado EVI

El EVI es un índice espectral desarrollado para optimizar la señal de la vegetación mejorando su sensibilidad en regiones de alta biomasa (donde el NDVI se satura). Éste índice es menos sensible a los efectos del suelo y de la atmósfera (Waring et al., 2006: p. 3).

Incorpora el concepto de resistencia atmosférica como en el ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index) y minimiza las influencias del brillo del suelo como en el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) que se utiliza en regiones áridas donde la cubierta de la vegetación es escasa (Solano et al. 2010). Su formulación es la siguiente:

$$EVI = G \frac{NIR-R}{NIR+C1R-C2B+L}$$

Donde NIR, R y B son las bandas de reflectividad infrarrojo cercano, roja y azul respectivamente; L=1es un factor de ajuste del suelo; C1=6y C2=7.5 son coeficientes de corrección atmosférica que utilizan la información del canal azul para realizar una corrección del efecto de los aerosoles sobre el canal rojo, G=2.5 es un factor de ganancia (Matsushita et al., 2007: p. 9).

1.4. Imágenes Satelitales

Una imagen satelital es el resultado obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial a través de la captación de la radiación electromagnética expresada o reflejada por un cuerpo celeste, este producto trasmite a distintas estaciones terrestres para su visualización, análisis y procedimiento. Existen varios tipos de imágenes satelitales, va a depender del tipo de sensor, existe una amplia gama de diferentes tipos de imágenes satelitales que en la actualidad se usa en diversas aéreas dependiendo de su resolución espacial, así como de la información espectral que poseen (Bense, 2007: pp. 45-46).

Podríamos diferenciar los programas atendiendo al propósito para los que fueron ideados, es así que los satélites como LANDSAT, TERRA, SPOT, otros fueron creados para estudios atmosféricos y ambientales, en cambio SEASAT, OKEAN son establecidos para estudios oceanográficos. Por último, ciertos satélites disponen de sensores que utilizan para varios propósitos como ENVISAT (Pérez y Muñoz, 2006: pp. 23-24).

Otro criterio valido, existen programas de observación global de la Tierra como meteorológicos (METEOSAT, GOES, GOMS, INSAT) en los que los fenómenos a estudiar se despliegan en un ámbito planetario, para su clasificación a la resolución espacial, es decir, el tamaño de cada pixel de la imagen (tabla 1), por lo tanto, en el extremo opuesto se encuentran satélites de alta resolución como tamaños de pixel menores a un metro, ejemplo IKONOS, QUICKBIRD u ORBVVIEW (Pérez y Muñoz, 2006: p. 24).

1.5. Imágenes del satélite Landsat 8

Los satélites americanos Landsat han sido, desde su primer lanzamiento en 1972, una de las plataformas más usadas en la teledetección terrestre. Posee un claro nicho específico debido a su resolución temporal (16 días), espectral (de 4 a 8 bandas, según misiones), elevada cobertura terrestre y amplio archivo retrospectivo. Desde abril de 1999, están disponibles las imágenes del último satélite de la serie, el Landsat-7 (Cristóbal, Pons, y Serra, 2004: pp. 14-15).

Para el presente estudio se utilizará imágenes de Landsat 8, LDCM (Landsat Data Continuity Mission) es una continuación del proyecto Landsat que fue lanzado en el año de 1972 por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), su principal objetivo era utilizar los datos del satélite para la, cartografía, vigilancia, exploración y cambios en la superficie terrestre, las imágenes están a disposición del público y son gratuitas (Ariza, 2013: p. 4).

El proyecto Landsat pretende seguir captando imágenes del planeta, para brindar información de los recursos naturales, este fue lanzado el 11 de febrero de 2013 y estará activo por lo menos hasta el 2018. Las herramientas que lleva este satélite permiten realizar un mejor análisis de la cobertura vegetal, suelo, cuerpos de agua, entre otros recursos naturales y las actividades antrópicas o naturales que afectan a estos recursos como incendios, deforestación, avance de la frontera agrícola; permitiendo obtener datos reales al usar las imágenes de este satélite.

La misión lleva a bordo los instrumentos como Operational Land Imagen (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS). El sensor OLI capta información de la superficie de la Tierra en el rango visible, infrarrojo e infrarrojo de onda corta del espectro, tiene una resolución espacial de 15 m pancromática y 30 m multiespectral con un ancho de barrido de 185 km. TIRS capta información en el rango térmico, tiene una resolución espacial de 100 m en escenas de también 185 km de ancho (Ariza, 2013: p. 3).

Tabla 1-1: Clasificación de usos de suelo de imágenes satelitales Landsat.

Banda	Longitud de onda	Aplicación
Banda 1	(0,45 a 0,52 micrones – azul)	Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo: coníferas y latifoliadas. También es útil para diferenciar los tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.
Banda 2	(0,52 a 0,60 micrones – verde)	Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas.
Banda 3	(0,63 a 0,69 micrones – rojo)	Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas.
Banda 4	(0,76 a 0,90 micrones – infrarrojo cercano)	Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.
Banda 5	(1,55 a 1,75 micrones – infrarrojo medio)	Indica el contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.

Banda 6	(10,40 a 12,50 micrones – infrarrojo termal)	El infrarrojo termal es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.
Banda 7	(2,08 a 2,35 micrones – infrarrojo medio)	Discriminación rocas y sirve para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidroxilos (OH) y la absorción de agua.

Fuente: (Hector, F. Gomez 2006)

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

1.6. Espectro electromagnético

Menciona (Córdova, 2018: pp. 43-45) es la radiación electromagnética que expone o absorbe un objeto ya se en la tierra o en el espacio estelar las ondas electromagnéticas alcanzan una escala de longitudes y ondas se las clasifica según su principal fuente de producción.

Para entender mejor sobre el espectro electromagnético y la obtención de firmas espectrales se procede a enumerar algunos aspectos importantes dentro del proceso de teledetección.

Energía radiante: Se mide en Julios (J) y nos indica el total de energía radiada en todas las direcciones.

Densidad radiante: Se mide en (J/m³), muestra el total de energía radiada en todas las direcciones por unidad de volumen.

Flujo radiante: Total de energía radiada en todas las direcciones por unidad de tiempo y se mide en vatios (W).

Emitancia radiante: Nos indica el total de energía radiada en todas las direcciones proveniente de una unidad de área y por unidad de tiempo, se mide en (W/m²).

Irradiancia radiante: total de energía radiada sobre una unidad de área por unidad de tiempo, es parecida a la emitancia, pero la irradiancia se refiere a la incidencia. También se mide en (W/m²).

Intensidad radiante: Es el total de energía radiada por unidad de tiempo y ángulo sólido, se mide en vatios por estéreo-radian (W/sr).

Comportamiento espectral de la vegetación dada la vegetación los niveles de reflectancia se ve modificado por factores como estructura de las hojas, tipos de pigmentos y el contenido de humedad la estructura de las hojas (capa esponjosa del mesófilo) a su vez aumenta la reflectividad en la zona del infrarrojo cercano (0,8-1,1 m) entre los rangos 1,4 m-1,8 m (infrarrojo medio) la reflectividad va a depender del contenido de agua entre y dentro de las células, en condiciones de hidratación normales ambos valles son profundos y marcados, en condiciones de estrés hídrico estos son menos marcados creciendo su reflectividad (Hernández y Montaner, 2009: pp. 34.36).

Las longitudes de las ondas del espectro visible afectando los pigmentos (0,4- 0,7 m) donde el 65% es absorbido por la Clorofila, el 29% por la Xantófila y el 6% por Carotenos (Hernández y Montaner, 2009: 12-13).

1.7. Google Earth Engine

La rápida transformación de la superficie terrestre a causa de las actividades antrópicas impulsa a compañías Google Inc. y Mountain View a crear en el año 2007 una plataforma tecnológica online llamada Google Earth Engine, una versión más sofisticada, avanzada y robusta que Google Earth (Vanconcelos, 2015: p. 7). Google Earth Engine (GEE) es una plataforma tecnológica gratuita basada en tecnología “nube” para el análisis de datos ambientales.

Su objetivo principal es la preservación de los recursos naturales, adicionalmente reúne más de 40 años de imágenes satelitales mundiales y proporciona desde las herramientas hasta la potencia computacional necesaria para analizar y explotar dicho vasto almacén de datos (Google 2020). Esta aplicación difiere de Google Earth principalmente porque brinda al desarrollador la posibilidad de procesar, analizar y gestionar los datos espaciales requiriendo únicamente una conexión a internet estable (Vanconcelos, 2015: pp.7-8).

Además, permite dar seguimiento al entorno de forma remota poniendo a disposición un modelo digital y dinámico del planeta que se actualiza diariamente de este modo Google Earth Engine es una muestra clara del potencial obtenido al combinar la creación de visores con la incorporación de imágenes satelitales y datos vectoriales, así como, diferentes tipos de algoritmos que permiten el procesado de información espacial para una rápida y eficiente toma de decisiones (Kumar y Mutanga, 2018: pp. 23-24).

1.8. Páramo

Ecosistema con gran altitud de los Andes, en la actualidad juegan un papel importante en cuanto a la disponibilidad de agua para toda la población los páramos de la provincia de Chimborazo son sensibles y vulnerables ante las actividades antrópicas estas provocan cambios en la cobertura del suelo, han sido ocupados como territorio para las actividades de agricultura, ganadería y forestación con especies introducidas. (Podwojewski et al., 2002: pp. 11.12).

1.9. Ecosistema

Es una comunidad de seres vivos se encuentran procesos vitales el desarrollo de estos seres vivos se basa en función de los factores físicos, los ecosistemas interactúan y unen a todos los factores bióticos (plantas, microorganismos y animales) dentro de un área con los factores abióticos del medio ambiente; por tanto una unidad compuesta por organismos interdependientes que forman cadenas tróficas o alimenticias (corriente de energía y nutrientes establecida entre las especies de un ecosistema con relación a su nutrición). En todos los ecosistemas hay un movimiento continuo de los materiales, los diferentes elementos químicos pasan por el suelo, agua o aire a los diferentes organismos y unos seres vivos a otros (Toapanta, 2019: p. 3).

1.9.1. Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo

Su vegetación está dominada por arbustos postrados o almohadillas dispersas. Están presentes en laderas abruptas y escarpadas cubiertas por depósitos glaciares, el sustrato puede ser rocoso, sus patrones de humedad local y sus valores de precipitación mensual están determinados por una humedad alta, que es causada por su orientación a las zonas de formación de precipitación de la Amazonía (Ramsay, 1992: p. 45) Sus variaciones ambientales se pueden mirar reflejadas en su composición florística, en la presencia de briofitas y una gran diversidad de especies.

1.9.2. Bosque siempreverde del páramo

Son bosques con alturas entre 5 y 7 metros, que por las condiciones climáticas crecen de manera ramificada y torcida, dándoles un aspecto muy particular. Este ecosistema se encuentra en forma de parches aislados en una matriz de vegetación herbácea o arbustiva (Acosta y Solis, 1984: p. 133). Debido a la humedad ambiental alta, el tronco de estos árboles se encuentra cubiertos ocasionalmente por muchas especies de briofitas, epífitas y líquenes (Bader y Ruijten, 2008: pp. 711-723).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y Metodología

Para el presente capítulo, se detalló las características del trabajo y se especificó las distintas metodologías y materiales utilizados, que nos permitieron obtener los objetivos planteados en este estudio.

2.1.1. Caracterización del Área de Estudio

El área de estudio corresponde a la Subcuenca del Río Chambo, el río principal de esta subcuenca es el río con su mismo nombre, que corre de sur a norte con una longitud de 144.49 Km, mismo que se forma de la unión de los ríos Cebadas y Guamote, siguiendo su curso hacia el norte pasando donde finalmente se une con el Patate para formar el río Pastaza (Quishpe, 2017: p. 0).

El área de la subcuenca es de 3589.55 Km², con un perímetro de 339.38 Km, y su precipitación media es de aproximadamente de 1065 mm/año. La subcuenca se encuentra entre las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar en las coordenadas 2°0'0" Latitud Sur 78°00'00" Longitud Oeste.

Parte de la identidad de la gente que vive en la Subcuenca del río Chambo es la agricultura, ya que son estas quiénes modelan los paisajes, en el Valle Interandino y zonas altas. Se estima que más del 70% de la población vive directa o indirectamente del trabajo de la tierra y también de la crianza de animales (Bautista, Jiménez y Quezada, 2012: p. 18).

2.1.2. Ecosistemas a estudiar

El presente estudio se centró en dos ecosistemas:

2.1.2.1. Herbazal Ultrahúmedo Subnival del Páramo

Conformado por un área de 14.09 hectáreas. El ecosistema tiene una alta humedad causado por su orientación hacia las zonas de formación de precipitación de la Amazonía. Su vegetación está

dominada en su mayoría por las familias Poaceae y Asteraceae (MAE, 2013, p. 232). Pese a ello, gran parte del área de este ecosistema es suelo rocoso y desnudo.

Está ubicado a 4400-4900 msnm de la cordillera occidental y central de los Andes, y posee una superficie de 63.27 Km².

2.1.2.2. Bosque Siempreverde del Páramo

Conformado por un área de 1263.88 hectáreas. Este ecosistema está ubicado a 3200-4100 msnm de la cordillera central y occidental de los Andes, con una superficie de 18.68 Km². Estos bosques son caracterizados por que se encuentran aislados en una matriz de vegetación arbustiva o herbácea y porque poseen una alta humedad ambiental (MAE, 2012: p.232).

Su vegetación está dominada por los géneros *Polylepis*, *Gynoxys* y *Buddleja*. Sin embargo, su estado de vegetación se debe a factores climáticos en los diferentes pisos altitudinales.

2.1.3. Clasificación Ecológica de la Subcuenca del Río Chambo

MAE (2014) menciona los siguientes ecosistemas que conforman la subcuenca del río Chambo, en una altura que comprende desde los 3200 msnm, hasta los 5400 msnm:

- Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.
- Arbustal siempreverde y herbazal del páramo.
- Bosque siempre verde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes.
- Bosque siempre verde montano alto de la cordillera oriental de los Andes.
- Bosque siempre verde montano alto del norte de la cordillera oriental de los Andes.
- Herbazal húmedo montano alto superior del páramo.
- Herbazal ultra húmedo subnival del páramo.
- Herbazal húmedo subnival del páramo.
- Herbazal arbustal siempreverde subnival del páramo.
- Herbazal de páramo.

2.1. Materiales y equipos

Este trabajo de investigación fue ejecutado a base de información geográfica, la misma que se obtuvo de la plataforma Google Earth Engine y de imágenes satelitales Landsat 8.

2.2.1. Materiales

- Cartografías
- Shapefiles
- Programa ArcGis 10.8

2.2.2. Equipos

- Computadora

2.3. Metodología de estudio

2.3.1. Obtención de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales fueron obtenidas de la plataforma Google Earth Engine en el siguiente enlace (<https://explorer.earthengine.google.com/#workspace>). Se seleccionaron las imágenes mensualmente con un total de 93 imágenes correspondientes al 07 de abril del 2013 y 18 de diciembre del 2020, estas corresponden al satélite Landsat 8 y tienen una resolución de 100x100 metros.

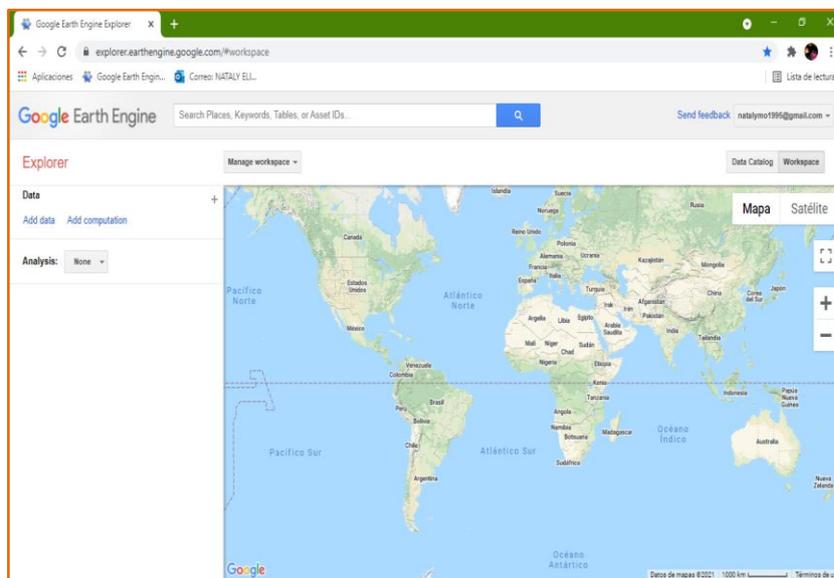


Figura 1-2. Plataforma Google Earth Engine.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.2. Selección de las Imágenes Satelitales

Para la selección de imágenes las utilizamos ortorrectificadas de Tier 1, (los archivos Tier 1 presentan corrección en la precisión y radiometría) utilizando la reflectancia calculada de la parte superior de la atmósfera (TOA), imágenes mensuales de (Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day EVI Composite), correspondientes a los 8 años de estudio.

2.3.2.1. Procedimiento para las Imágenes Satelitales

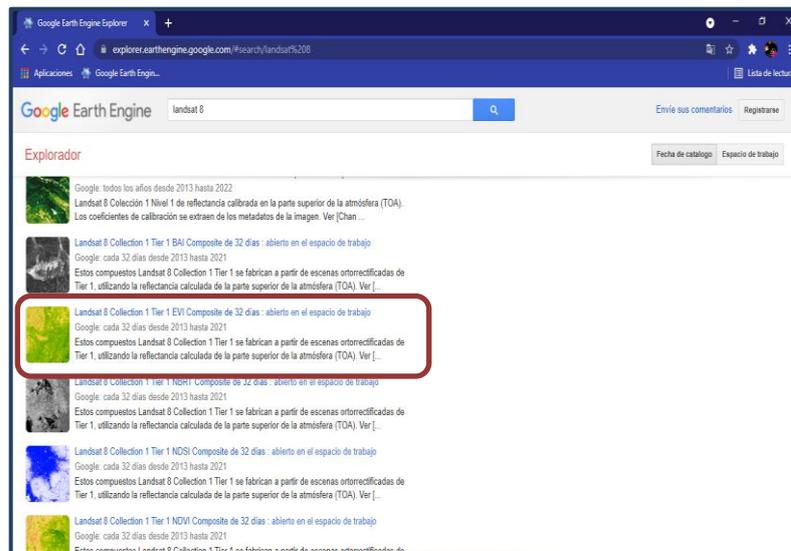


Figura 2-2. Selección de imágenes Landsat 8.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Nos dirigimos al buscador de Google Earth Engine y ponemos Landsat 8 EVI, posteriormente seleccionamos Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day EVI Composite, como se muestra en la (figura 3-2):

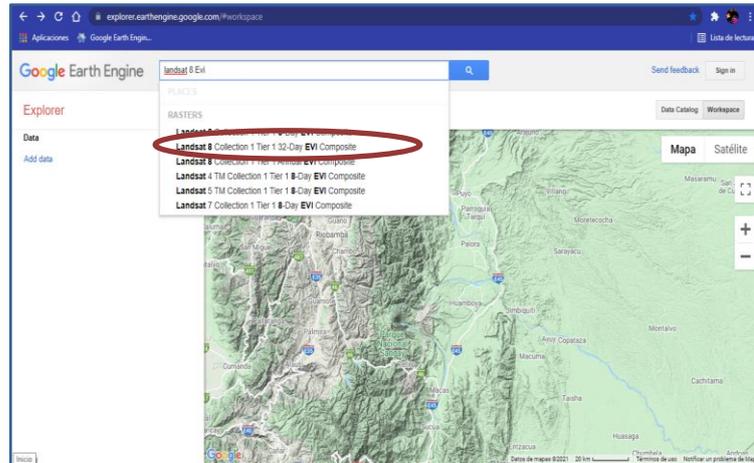


Figura 3-2. Procedimiento para la descarga de las Imágenes Satelitales.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Cuando tengamos las imágenes nos ubicamos en la parte izquierda, donde encontraremos las palabras Add Computation, damos clic y nos ubicamos en Per-Pixel Math, seguido seleccionamos Expression como se muestra en la figura, esta opción nos permite acceder a las bandas de cada imagen, por lo que ambas imágenes deben tener el mismo número de bandas. Para nuestra investigación vamos a utilizar solo una banda, la cual se empareja automáticamente con cada banda en la otra imagen.

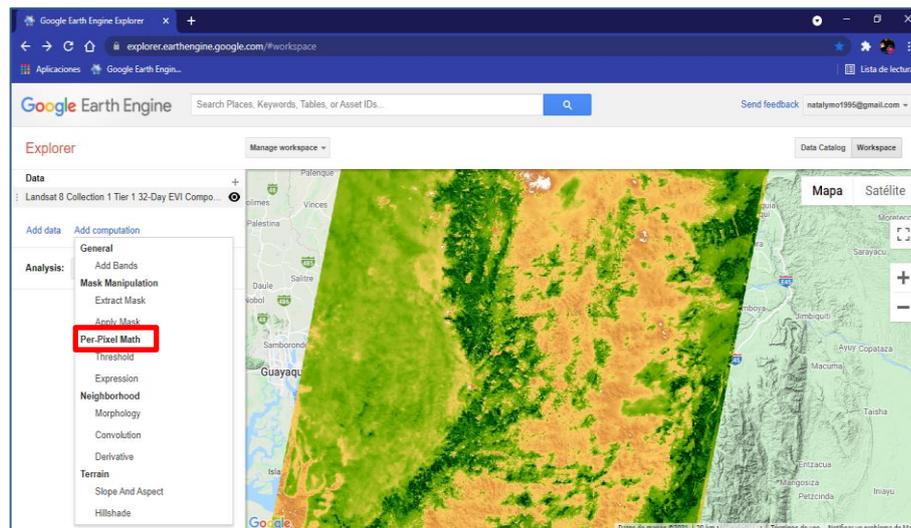


Figura 4-2. Procedimiento para la descarga de las Imágenes Satelitales.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.3. Fórmula EVI

Para la generación de resultados del presente trabajo se utilizaron los siguientes datos:

Imágenes satelitales de Landsat 8 de la plataforma Google Earth Engine (93 imágenes, desde el 07/04/2013 al 18/12/2020), la información EVI comprendió la serie temporal 2013-2020, con una resolución espacial de 100m, descargadas mensualmente.

EVI es un índice espectral que está desarrollado para optimizar la señal de la vegetación, mejorando su sensibilidad en regiones de alta biomasa en donde el NDVI se satura. Este índice es menos sensible a los efectos del suelo y de la atmósfera (Waring et al. 2006, Jiang et al. 2008). La fórmula del EVI es la siguiente (Matsushita et al. 2007, Jiang et al. 2008).

$$EVI = G \frac{NIR - R}{NIR + C_1R - C_2B + L}$$

Donde:

-NIR, R y B: Son las bandas de reflectividad infrarrojo cercano, roja y azul respectivamente.

-L=1 Es un factor de ajuste del suelo.

-C1=6 y C2=7.5 Son coeficientes de corrección atmosférica que utilizan la información del canal azul para realizar una corrección del efecto de los aerosoles sobre el canal rojo.

-G=2.5 Es un factor de ganancia

La fórmula utilizada en el proyecto fue la siguiente:

$$2.5 * (\text{img1}["B5"] - \text{img1}["B4"]) / (\text{img1}["B5"] + 6 * \text{img1}["B4"] - (7.5 * \text{img1}["B2"]) + 1)$$

2.3.4. Recorte y Descarga de las Imágenes Satelitales

Para finalizar, la descarga de cada mes de los años 2013-2020 se lo realizó de la siguiente manera, buscamos Landsat 8 Collection 1 Tier 1 32-Day EVI Composite y damos clic, seguido aparece la ventana donde buscaremos los meses y años de estudio y damos descargar, finalmente elegimos lo siguiente en:

- Región: Draw Rectangle
- Formato: GeoTIFF (File per band)
- Banda: EVI
- Proyección: WGS84

- Zona: 17S
- Resolución (m): 100

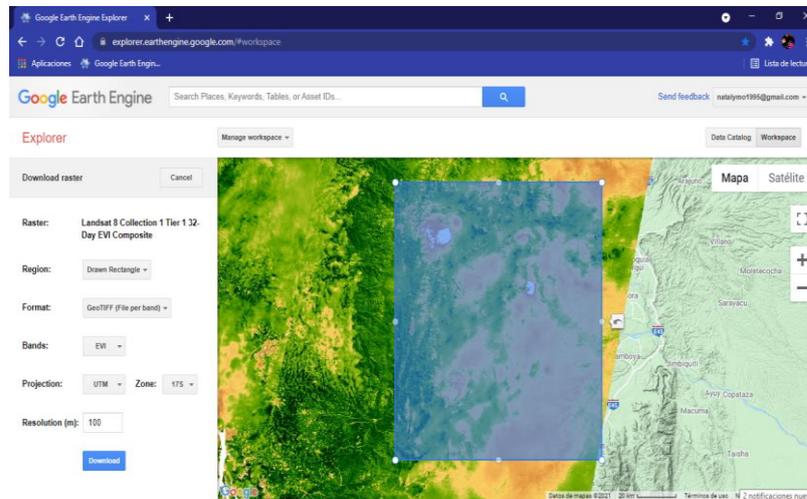


Figura 5-2. Recorte de las imágenes landsat 8.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.5. ArcGis 10.8

Vamos a cargar en el programa las bandas del período de estudio 2013 a 2020, buscamos y utilizamos la herramienta Extract by mask, esta es utilizada en archivos ráster, nos permite realizar en un solo paso la extracción y recorte masivo de cartografía vectorial y ráster , empleando los límites espaciales de una capa a modo clip para ahorrarnos tiempo, disponible en (<http://www.gisandbeers.com/tag/extract-by-mask/>) , se nos va a parecer un recuadro y vamos a ingresaren la parte superior el ráster que en nuestro caso va a ser la imagen satelital y en la parte de abajo vamos a ingresar nuestra área de estudio que es nuestro ecosistema, posteriormente lo guardamos con el nombre que deseemos y damos clic en aceptar.

Cada imagen descargada se va a mostrar en escala de grises, por lo que si deseamos ponerle color para su interpretación nos vamos a dirigir a propiedades del ráster dando clic derecho y seleccionamos colores en la pestaña de symbology.

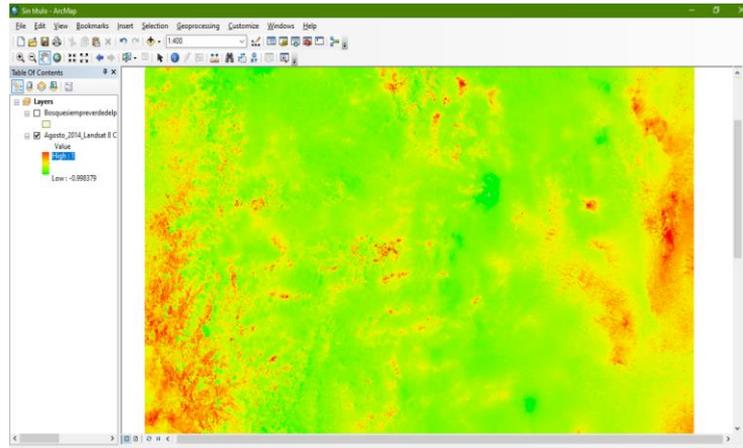


Figura 6-2. Exportación de las imágenes satelitales Landsat 8 al programa ArcGis 10.8

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2021.

2.3.5.1. Análisis de los promedios mensuales

Para realizar este análisis utilizamos Ráster Calculator, la misma opción nos permite crear y ejecutar una expresión de Álgebra de mapas que generará como salida un ráster. Disponible en (<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>).

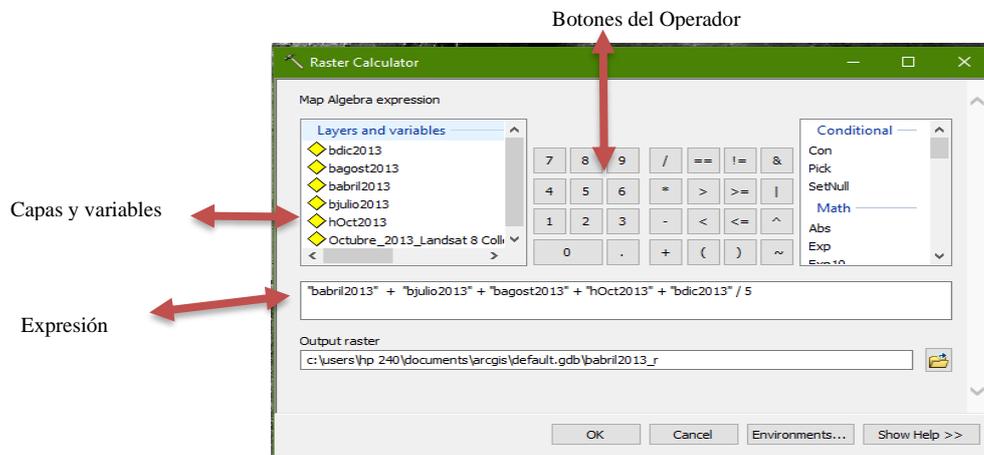


Figura 7-2. Cuadro de diálogo de la herramienta Raster Calculator.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Cargamos todas las imágenes descargadas de cada mes, buscamos la herramienta Raster Calculator y seguido realizamos la operación, en nuestro caso vamos sumando del mes de enero hasta diciembre de cada año y lo dividimos para el número de meses que sería doce, seguido lo guardamos con el nombre que deseemos y damos clic en aceptar.

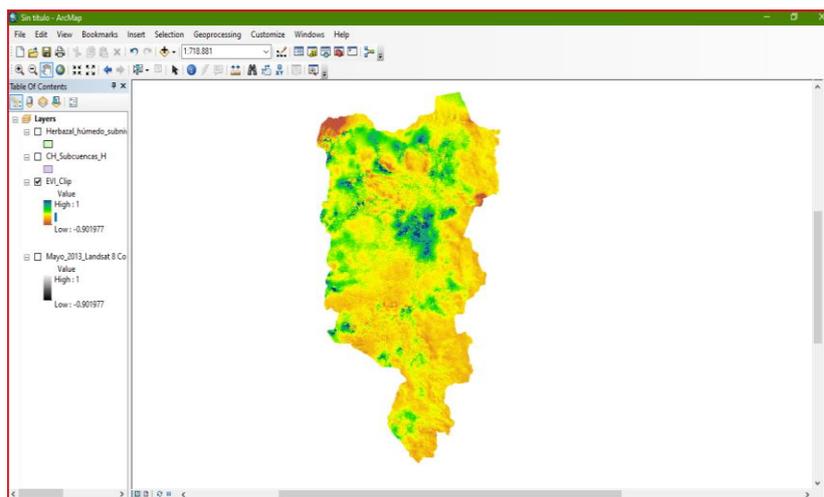


Figura 8-2. Recorte del Ráster para la subcuenca del Río Chambo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.6. Elaboración de mapas de los ecosistemas.

Para ello nos dirigimos a la parte superior y damos clic en change layout donde se nos abrirá una ventana, damos clic en Traditional Layouts donde escogeremos el tipo, la presentación y la salida del mapa que deseemos, para nuestro trabajo utilizamos LandscapeModernInset que es la tercera opción, seguido damos clic en siguiente y finalizamos, ahí se nos mostrará la imagen de cómo se va a presentar nuestro mapa final.

2.3.7. Time Trend Analysis Mann-Kendall Test

2.3.7.1. Mann-Kendall Test

Las imágenes satelitales fueron obtenidas de la plataforma Google Earth Engine en el siguiente enlace (<https://explorer.earthengine.google.com/#workspace>).

Para el análisis de tendencia de la serie temporal EVI, se aplicó el test no paramétrico de Mann Kendall Simple, para realizar dicho análisis se utilizó el software TREND, disponible en (<https://toolkit.ewater.org.au/>).

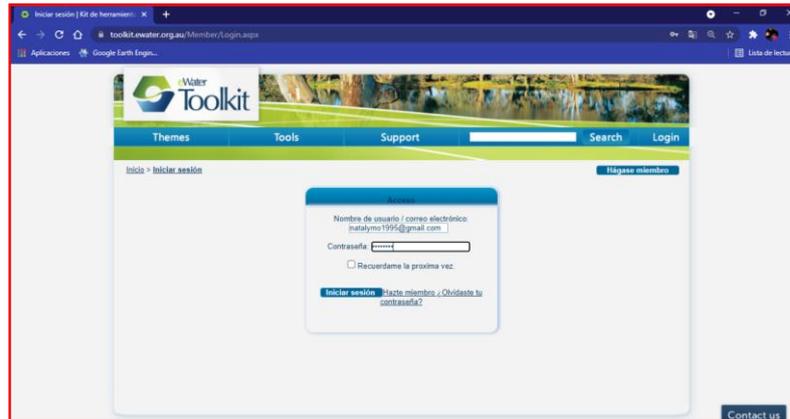


Figura 9-2. Inicio de sesión en la aplicación Toolkit.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

TREND está diseñado para facilitar pruebas estadísticas para la tendencia, el cambio y la aleatoriedad en series de tiempo hidrológicas. Este software cuenta con 12 pruebas estadísticas, las mismas se basan en el trabajo de expertos de la OMM y UNESCO, su utilización es fácil y nos muestra las distintas pruebas que se pueden comprender sin dificultad, estas son: Mann-Kendall y Rho de Spearman, que son una prueba no paramétrica de tendencia; Regresión lineal es una prueba paramétrica de tendencia; CUSUM sin distribución es una prueba no paramétrica para salto de paso en la media; Desviación acumulativa así como Razón de verosimilitud de Worsley son una prueba paramétrica para salto de paso en la media; Suma de rango es una prueba no paramétrica para la diferencia en la mediana de dos períodos de datos; T de Student es una prueba paramétrica para la diferencia en la media de dos períodos de datos; tanto la Median Crossing, Puntos de inflexión y Diferencia de rango son una prueba no paramétrica de aleatoriedad; la última es la Autocorrelación que es una prueba paramétrica de aleatoriedad. Disponible en (<https://xdocs.tips/doc/20-manual-del-trend-v1-4olr6934jvom>).

2.3.8. *Uso del Software TREND*

2.3.8.1. *Inicio de la aplicación TREND*

Al abrir TREND se va a visualizar la siguiente ventana.

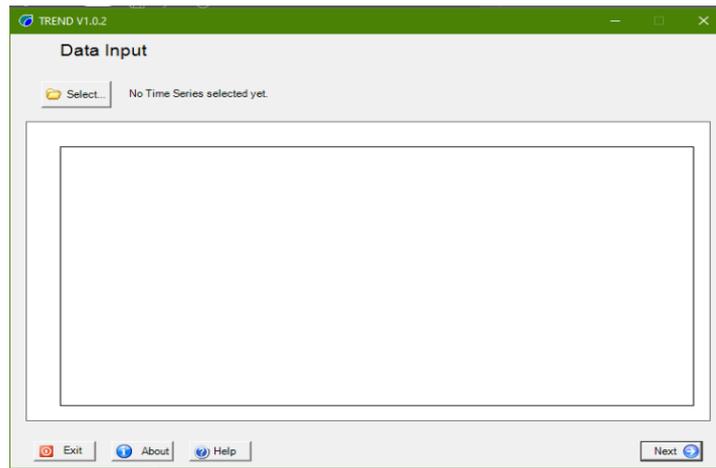


Figura 10-2. Ventana de inicio del TREND.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.8.2. Datos de Entrada

En la ventana de inicio damos clic en Select, luego buscamos la carpeta donde guardamos nuestros datos en formato CSV (delimitados por comas), en nuestro caso se los guardó en carpetas distintas a cada ecosistema de estudio.

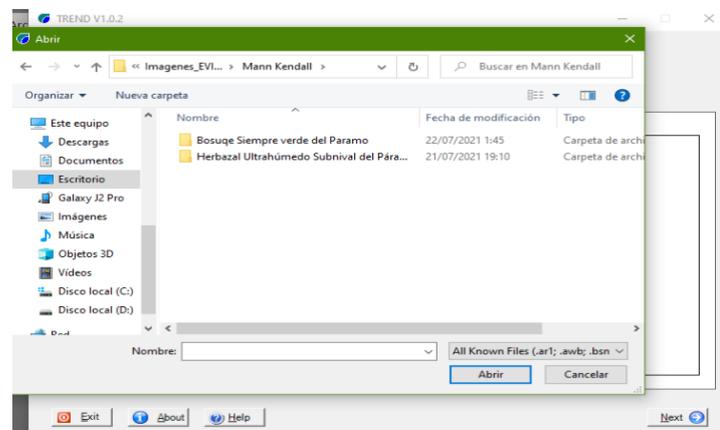


Figura 11-2. Ventana de selección de archivos de los datos de cada ecosistema.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Elegimos nuestros archivos de cada mes y lo cargamos en el programa, aparecerá nuestra figura con los datos agregados, seguido damos clic en Next.

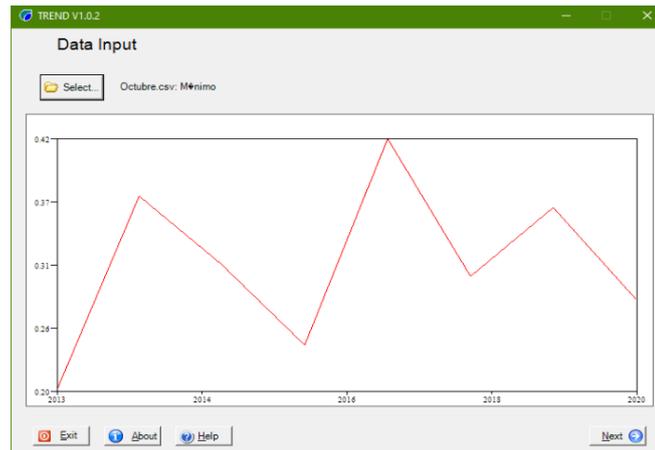


Figura 12-2. Representación gráfica del mes de octubre del ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.8.3. Opciones para las Pruebas Estadísticas

Al dar clic en Next, se nos aparecerá la siguiente ventana donde nos muestra varias opciones que se detallan en la figura, en el recuadro de Test Selection debemos dejar seleccionado solo la opción de Mann-Kendall que es la prueba que vamos a utilizar en este estudio.

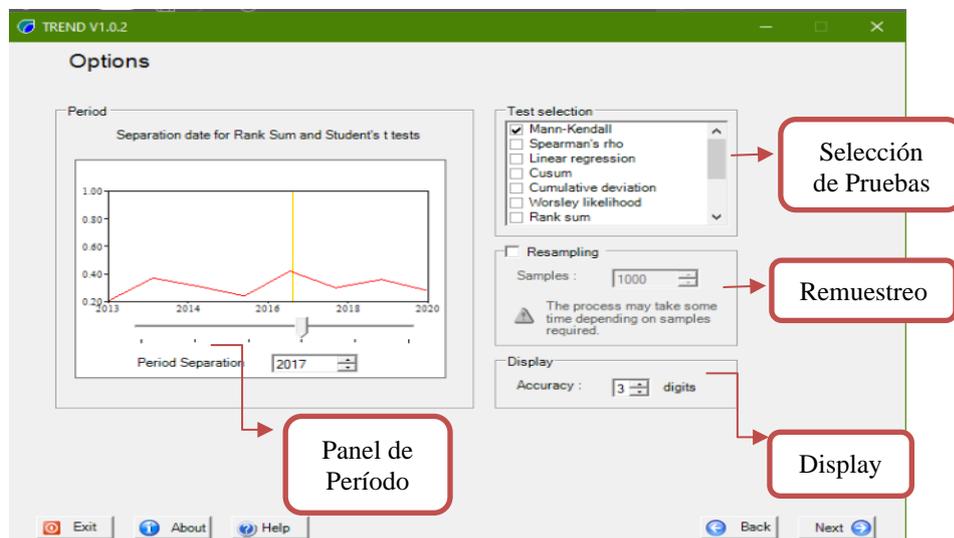


Figura 13-2. Opciones que nos da el Software TREND.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

2.3.9. Pruebas No Paramétricas

Esta prueba generalmente no se ajusta a una distribución. Detectan las tendencias y los cambios, pero no cuantifican el tamaño del cambio o tendencia, también son muy útiles ya que la mayoría de las series temporales de datos hidrológicos no se distribuyen normalmente.

2.3.10. Pruebas de Tendencias

2.3.10.1. Prueba de Mann Kendall (No Paramétricas)

Para este análisis se utilizó la prueba de tendencia de Mann Kendall. La cual es una prueba no paramétrica que es ampliamente usada para detectar tendencias significativas en series de tiempo. (Hamed, 2008). Nos permite estudiar la homogeneidad de los datos desde un punto de vista de tendencias positivas o también negativas, considerando el número de veces en cada mes.

Este test no paramétrico básicamente consiste. en comparar los distintos valores que disponen en una misma serie temporal, con un orden secuencial, igualmente se considera la hipótesis de estabilidad de la serie temporal. Así, la sucesión de valores de la serie temporal expresa deformación independiente y la distribución de la probabilidad debe permanecer la misma serie aleatoria simple (Alencar da Silva Alves y Silva Nóbrega, 2017).

Los valores de la serie de tiempo n ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), son reemplazados por rangos relativos ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$). El estadístico es:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_i - R_{i+1})$$

En donde:

$\text{sgn}(x) = 1$ para $x > 0$

$\text{sgn}(x) = 0$ para $x = 0$

$\text{sgn}(x) = -1$ para $x < 0$

Si la hipótesis nula es verdadera, S es aproximadamente a la distribución normal con:

$$U=0 \text{ y } \sigma=n \quad (n-1) (2n+5)/18$$

Por lo cual el estadístico es: $Z=|S|/\sigma^{0.5}$, valores críticos para varios niveles de significación. Un valor positivo de S indica que hay una tendencia creciente y viceversa. Si S es diferente de cero, entonces a hipótesis nula puede ser rechazada y la hipótesis alternativa sería aceptar.

El valor positivo de Z indica cuando existe aumento en la tendencia y en el valor negativo indica disminución en la misma, Z es el parámetro de salida del test Mann Kendall, para poder probar

cualquier tendencia, Progresivo o decadente, para un nivel de significancia α , se rechaza la hipótesis nula si el valor absoluto de Z es mayor que $Z_{1-\alpha/2}$ (Mann, 1945).

En nuestro estudio se aplicó el nivel de significancia $\alpha=0,05$ (95%)

Lo que quiere decir que, cuando el valor absoluto de Z sea igual a cero, la hipótesis nula al nivel del 5% va a ser aceptada sin tendencia (Ts).

Si el resultado de Z es igual o mayor que 1,96 representa valor positivo, nos va a indicar la existencia de tendencia significativa creciente (Tsc).

Si el resultado de Z es menor que 1,96 nos va a indicar tendencia no significativa creciente (Tnsc).

Si el resultado de Z es igual o menor que -1,96 nos va a indicar un valor negativo y tendencia significativa decreciente (Tsd), y si presenta un resultado mayor que -1,96 nos va a indicar tendencia no significativa decreciente (Tnsd).

Tabla 2-2: Descripción de la significancia del test de 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 et al., 2015, p.8).

2.3.11. Elaboración de una propuesta de medidas para el manejo y la conservación de los dos ecosistemas estudiados.

Finalmente, al recaudar todos los resultados obtenidos se procedió a elaborar un plan de manejo sostenible, el mismo que constará de los siguientes elementos:

2.3.11.1. Objetivo

Manejar de forma técnica los ecosistemas estudiados.

2.3.11.2. Actividades

Se presentó de manera metódica los pasos necesarios para alcanzar el objetivo. En este caso se evaluará el mejor método según sus características ambientales y el estado físico de cada ecosistema.

Además, es necesario fijar el plazo y la intensidad en la que se va a aplicar.

Se detalló de manera sistemática el procedimiento para aplicar el método seleccionado, con el fin de que los propietarios y entidades públicas puedan aplicarlo sin dificultad.

2.3.11.3. Planteamiento de recurso material y financiero

En base a las premisas obtenidas en el estudio se realizó un sondeo financiero y la investigación de proformas para plantear el presupuesto que se empleó para poder aplicar el plan. La información se obtuvo mediante consulta a informantes o a través de medios verificados en cuanto al valor exacto de cada material, servicio o recurso que se requiera. Todo esto se detalló para el periodo de tiempo propuesto.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cálculo del índice mejorado de vegetación en los dos ecosistemas de la subcuenca del río Chambo.

Para esta investigación se utilizó el programa ArcGis versión 10.8 en base a mapas, se obtuvo un archivo en formato shape sobre los dos ecosistemas de la subcuenca Chambo antes mencionados para su estudio.

3.1.1. Área de estudio del herbazal ultrahúmedo subnival del páramo (HsNn02)

Como se muestra en la (Figura 1-3), el ecosistema herbazal ultrahúmedo subnival del páramo se muestra en parches pequeños, este ecosistema presenta un macro relieve de montaña con un piso bioclimático de 4400-4900 msnm. Presenta una vegetación dominada por arbustos y almohadillas dispersas (MAE, 2014, pp.132-152).

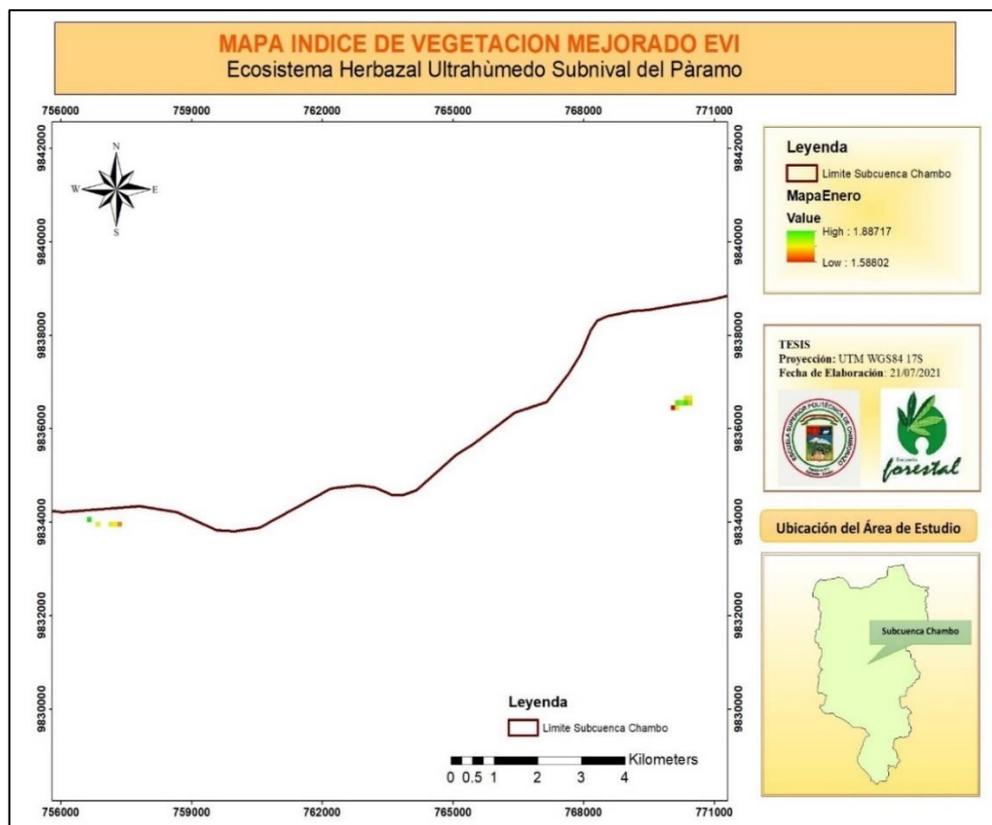


Figura 1-3. Ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.1.2. Área de estudio bosque siempreverde del páramo (BsSn01)

En la (Figura 2-3), se muestra ecosistema bosque siempreverde, en este caso no se realizó el acercamiento ya que como se observa en el mapa este ecosistema se encuentra disperso en la subcuenca del río Chambo. Presenta un relieve montano alto y montano alto superior, con un piso bioclimático de 3200-4100 msnm. Su vegetación dominante son bosques densos siempreverdes con una altura entre 5 y 7 m (MAE, 2014, pp.132-152).

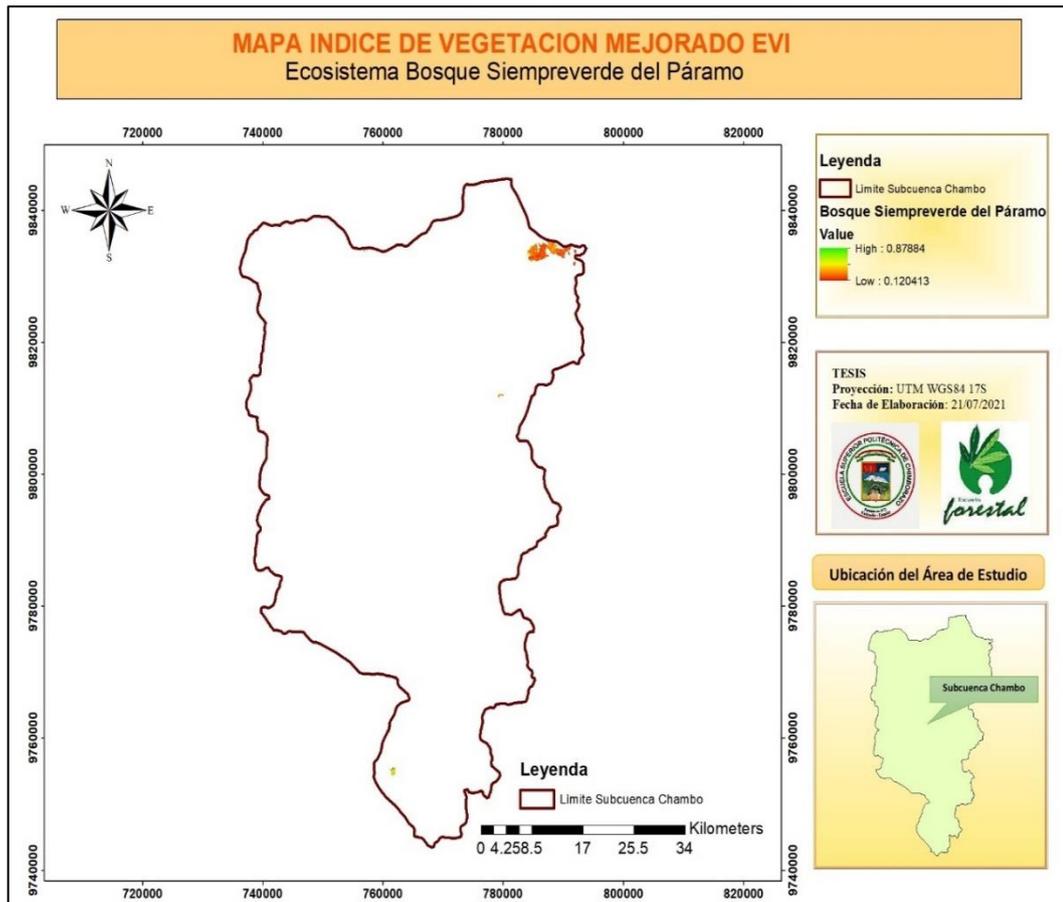


Figura 2-3. Ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.2. Cálculo del índice mejorado de vegetación del ecosistema HsNn02 en el período 2013-2020

3.2.1. Cálculo mensual del EVI

Cada cálculo se realizó para todos los meses durante el período 2013-2020 obteniendo los siguientes mapas como se muestra en la (Figura 3-3), (Figura 4-3) y (Figura 5-3).

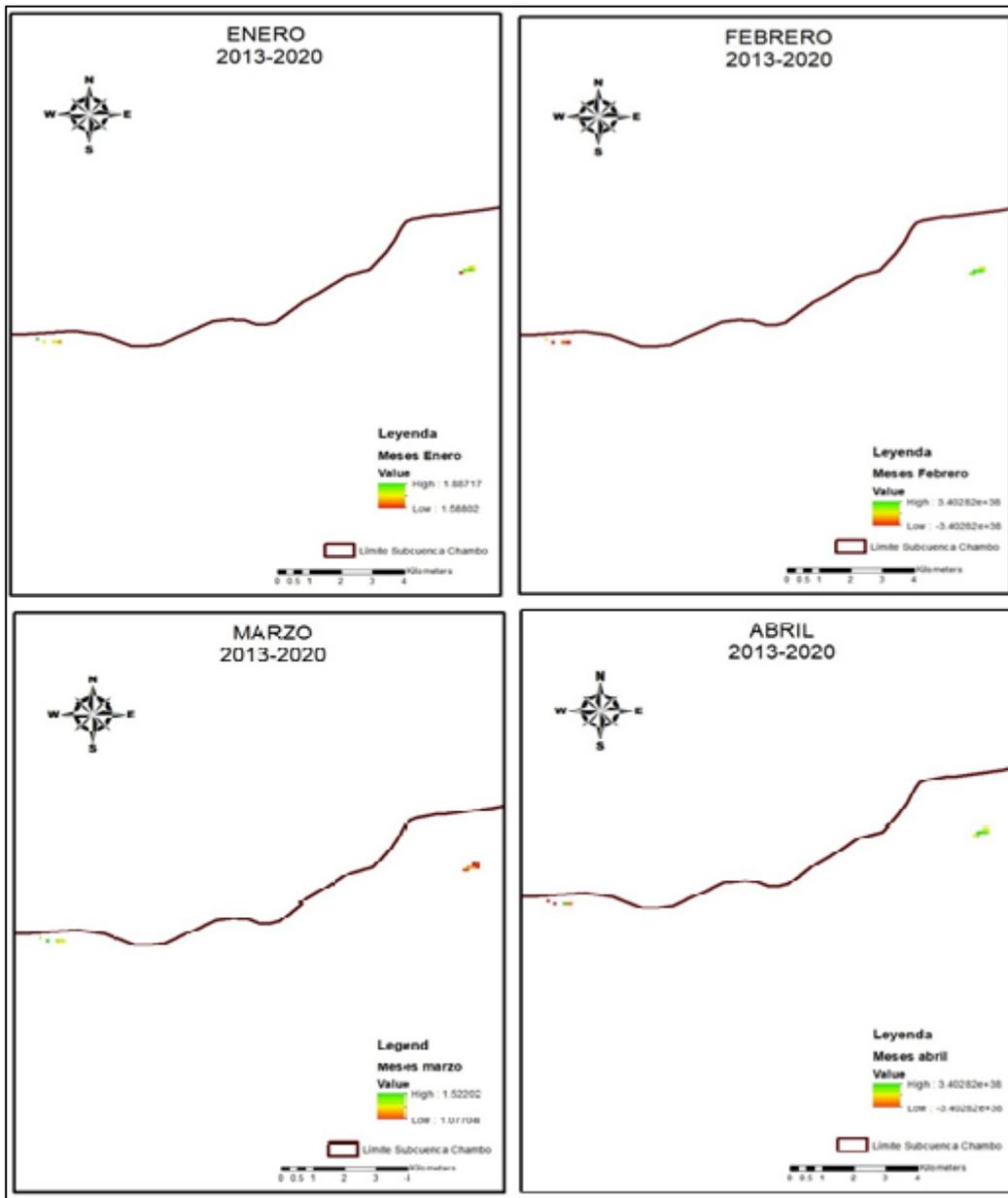


Figura 3-3. Cálculo del EVI en el ecosistema HsNn02, de los meses enero, febrero, marzo y abril, en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Figura 3-3) se observa el Índice de vegetación mejorada del ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo correspondientes a los meses de enero, febrero, marzo y abril en el periodo 2013-2020.

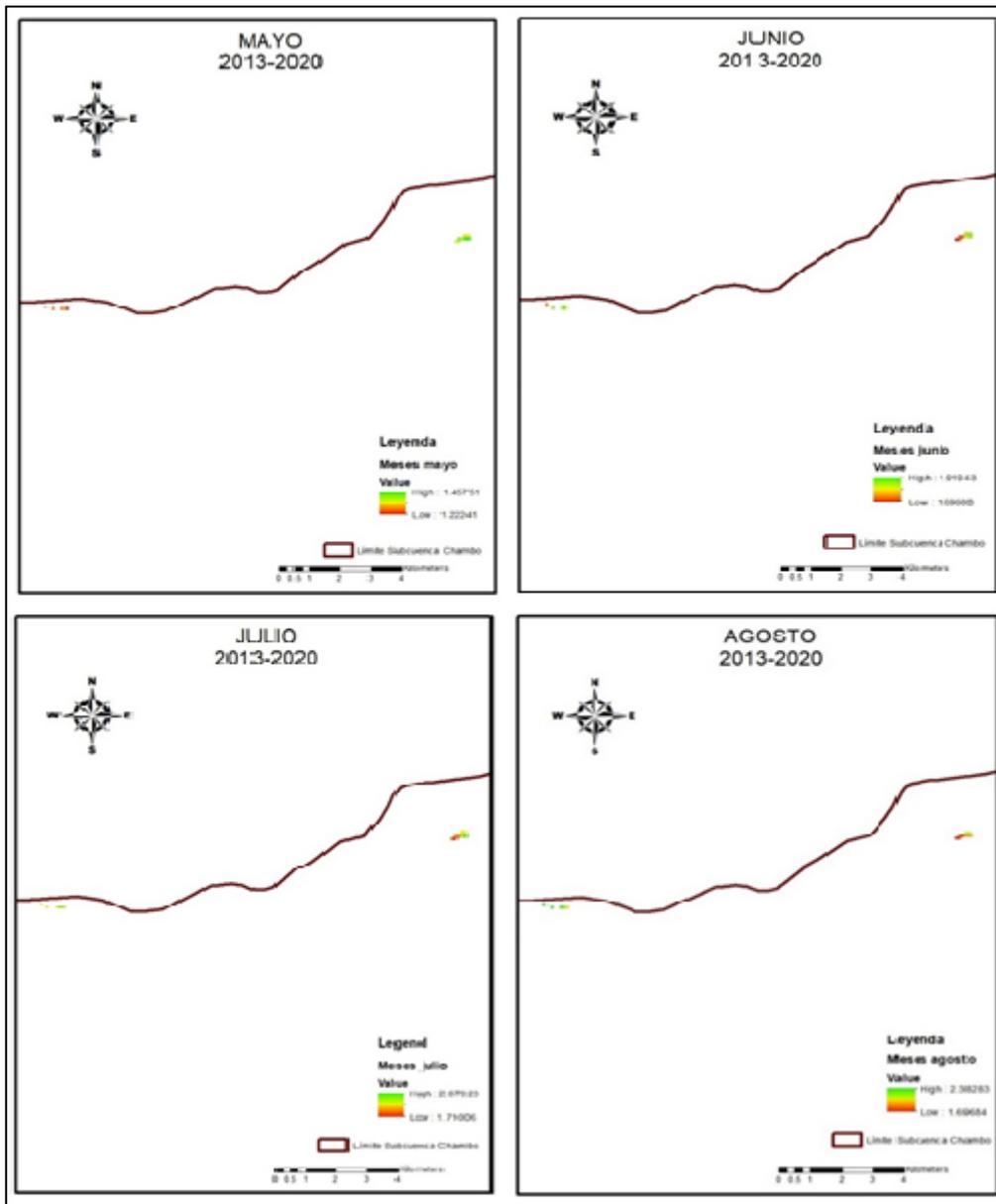


Figura 4-3. Cálculo del EVI en el ecosistema HsNn02, de los meses mayo, junio, Julio y agosto, en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Figura 4-3) se observa el Índice de vegetación mejorada del ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo correspondientes a los meses de mayo, junio, julio y agosto, periodo 2013-2020.

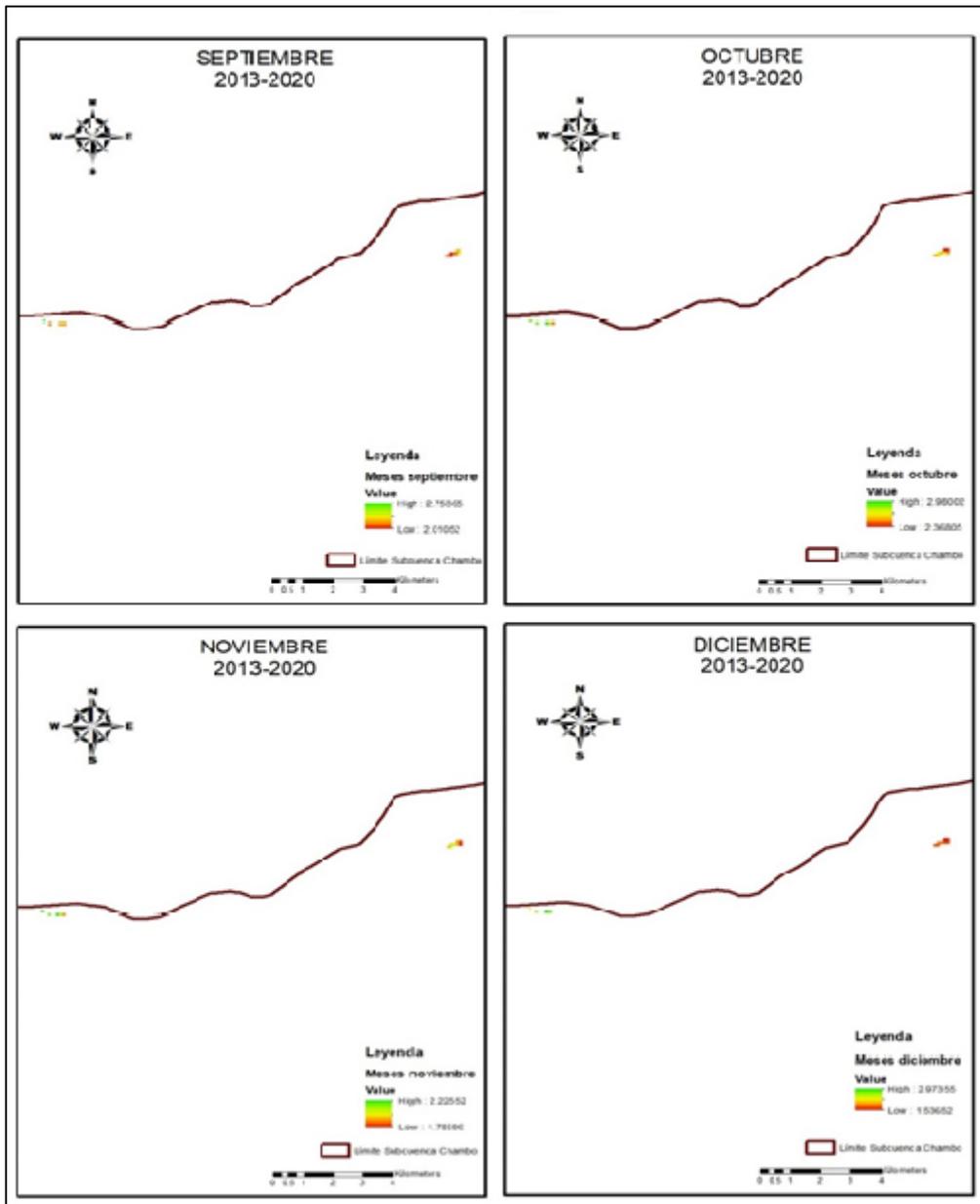


Figura 5-3. Cálculo del EVI en el ecosistema HsNn02, de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Figura 4-3) se observa el Índice de vegetación mejorada del ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo correspondientes a los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el periodo de estudio 2013-2020.

3.2.2. Análisis descriptivo de las series temporales del índice de vegetación mejorado

A continuación, se detallan los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del índice de vegetación correspondiente al ecosistema HsNn02 de la subcuenca del río Chambo, período 2013-2020.

3.2.2.1. Variables estadísticas del mes de enero

Se distingue en la (Tabla 1-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de enero para el ecosistema HsNn02.

Tabla 1-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de enero.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2014	0,22	0,30	0,25	0,02
2015	0,22	0,35	0,27	0,05
2016	0,16	0,38	0,28	0,09
2017	0,30	0,49	0,41	0,06
2018	0,21	0,29	0,26	0,02
2019	0,22	0,30	0,26	0,02
2020	0,22	0,50	0,30	0,10

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

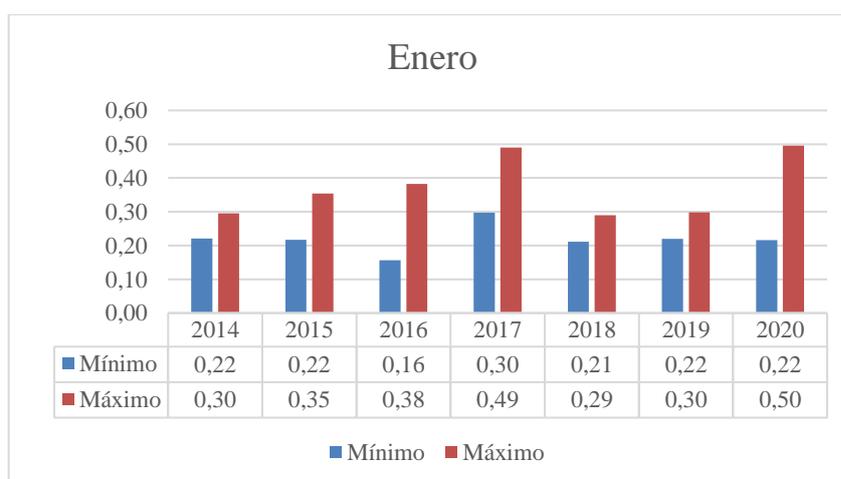


Gráfico 1-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de enero.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Grafico 1-3), se observa las diferentes variaciones de los valores de EVI correspondientes al mes de enero en los años 2013-2020 para el ecosistema herbazal ultrahúmedo subnival del páramo, en el análisis de los valores mínimos podemos observar que el valor más alto corresponde al año 2017 con 0,30, mientras que el valor más bajo se presenta en el año 2016 con 0,16 (Cuestiones Ambientales y Seguridad Alimentaria en el Cantón Guano, Ecuador de Google académico) menciona que estos valores se deben a los cambios ambientales, al avance de la frontera agrícola por el uso excesivo de pesticidas, el monocultivo y principalmente la deforestación, por otro lado, en el análisis de los valores máximos se puede observar que el valor más alto corresponde al año 2020 con 0,50 y el más bajo es el año 2018 con 0,29. Por otra parte Díaz 2015; citado en (Duran et al., 2022: p. 59) afirma que el espectro electromagnético obtenido por el reflejo de las plantas oscila los valores de -1 a 1.

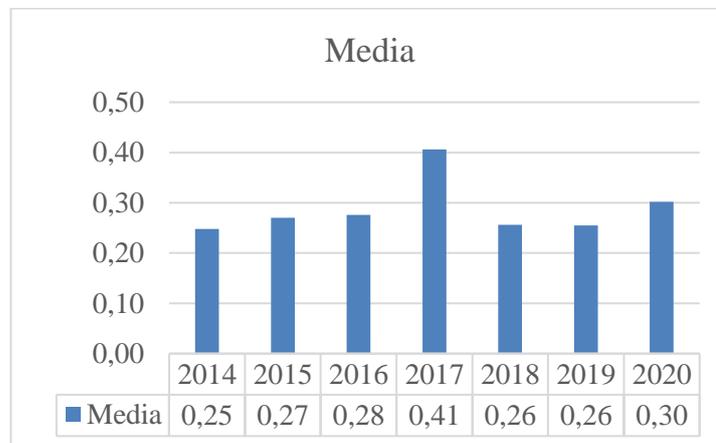


Gráfico 2-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de enero.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se distingue en el (Gráfico 2-3), valores de 0,25 para el año 2014 siendo esta la más baja, se puede ver que para los años 2015, 2016 y 2017 se nota un incremento de 0,27, 0,28 y 0,41 respectivamente siendo el año 2017 la media más alta. Seguidamente vemos una baja para los años 2018 y 2019 con valores iguales de 0,26 y finalizamos con el año 2020 en la que vuelve a incrementar su valor a 0,30.



Gráfico 3-3. Valor de la desviación estándar para el ecosistema HsNn02 del mes de enero.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con la desviación estándar en el (Gráfico 3-3), presentan un mismo valor de 0,02 en los años 2014, 2018, 2019; en el año 2015 se observa un ascenso de 0,05 y para el año 2016 asciende a 0,09, en el año 2017 se ve un pequeño descenso a 0,06, siendo el 2020 el año que sobresale con un valor de 0,10.

3.2.2.2. Variables estadísticas del mes de febrero

Se presentan en la (Tabla 2-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de febrero para el ecosistema HsNn02.

Tabla 2-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de febrero.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2014	0,19	0,40	0,31	0,08
2015	0,25	0,60	0,40	0,12
2016	0,18	0,37	0,25	0,07
2018	0,31	0,56	0,44	0,09
2019	0,31	0,47	0,37	0,05
2020	0,21	0,36	0,28	0,05

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

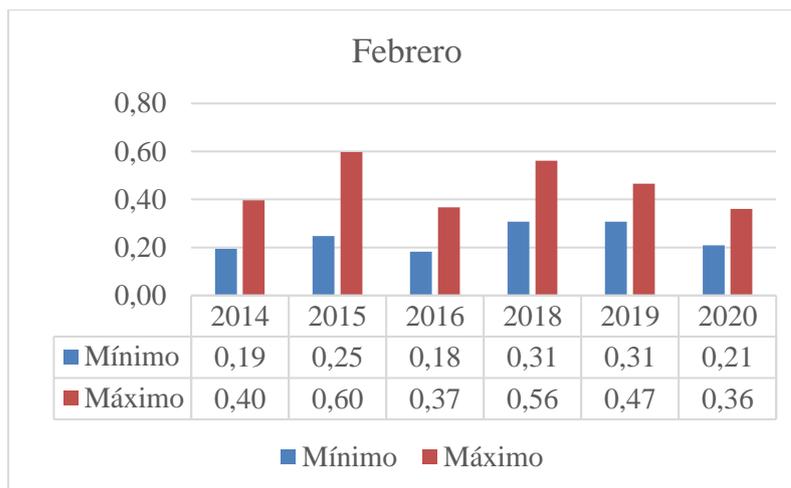


Gráfico 4-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de febrero.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Gráfico 4-3) se puede observar los valores mínimos del EVI siendo los años 2018 y 2019 los más altos con 0,31 y el más bajo 2016 con 0,18, seguidamente comparamos los valores máximos para este ecosistema lo que nos muestra que el año 2015 tuvo el valor más alto con 0,60 y un valor más bajo de 0,36 para el año 2020. (Mendoza, 2012: p. 32) menciona que el EVI en su valor más bajo indica la inexistente o mínima conjunto de vegetación fotosintéticamente activa en este caso corresponde a la etapa de preparación de la tierra cuando se realiza procesos de agricultura.

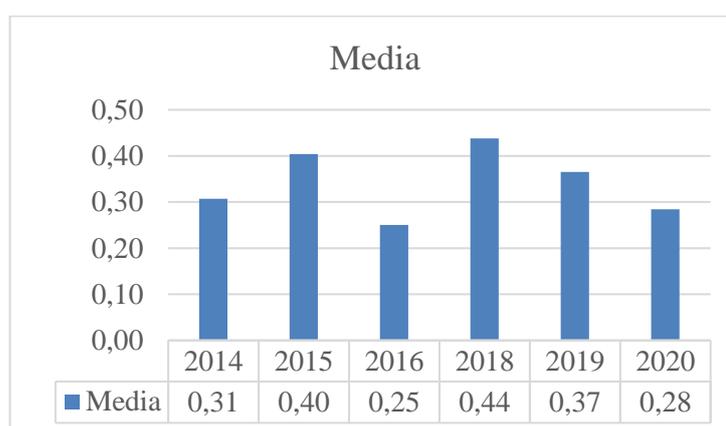


Gráfico 5-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de febrero.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Gráfica 5-3) se distingue que el año 2016 tuvo una media de 0,25 lo que le coloca como el año más bajo, para el año 2018 se tuvo la media más alta de 0,44, observamos que a partir el año 2018 hay un decremento en los años 2019 y 2020 con valores de 0,37 y 0,28 respectivamente.



Gráfico 6-3. Valor de la desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de febrero.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Conforme a la desviación estándar en la (Gráfica 6-3) observamos que en el año 2014 tiene un valor de 0,08, notablemente se observa que el año 2015 asciende a 0,12 siendo el año con mayor valor sobresaliente, para el año 2016 desciende a un valor de 0,07 y en el año 2018 hay un incremento de 0,09, finalmente para el año 2019 y 2020 se mantiene valores iguales de 0,05 siendo estos los más bajos.

3.2.2.3. Variables estadísticas del mes de marzo

Se muestra en la (Tabla 3-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de marzo para el ecosistema HsNn02.

Tabla 3-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de marzo.

Año	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2014	0,13	0,30	0,19	0,07
2015	0,28	0,47	0,38	0,06
2016	0,17	0,47	0,30	0,11
2017	0,32	0,36	0,34	0,01
2018	0,30	0,34	0,31	0,02
2020	0,23	0,38	0,31	0,06

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

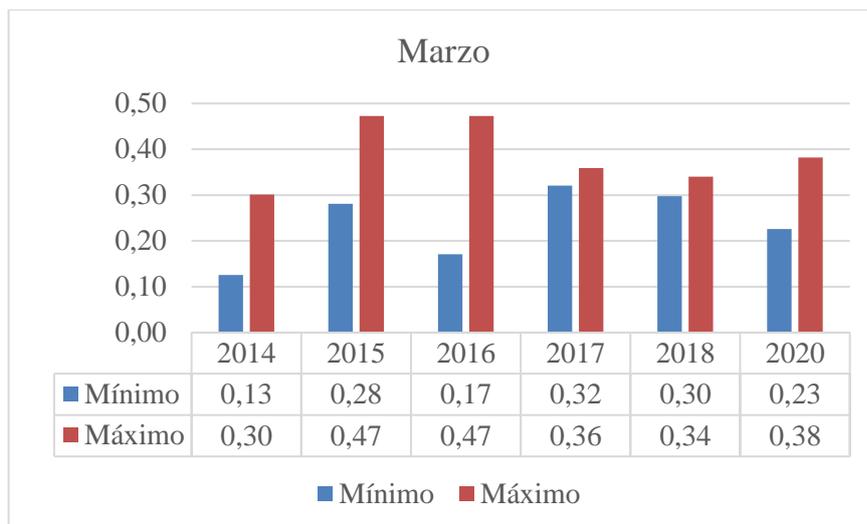


Gráfico 7-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de marzo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como se expone en el (Gráfico 7-3), el valor mínimo más alto se obtuvo en el año 2017 con 0,32 y con una mínima diferencia en el año 2018 se obtuvo 0,30. El valor más bajo se obtuvo en el año 2014 con un valor de 0,13; mientras tanto en los valores máximos los de mayor valor fueron en los años 2015 y 2016 con 0,47 y su valor más bajo coincide en el año 2014 con 0,30. (Duran et al., 2022: p. 61) demostró que en el período 2013-2020 dentro de la misma subcuenca un EVI medio con valores entre 0,24 y 0,30, principalmente por la pérdida de cobertura natural, dando como resultado la sequía y provocando incendios forestales.

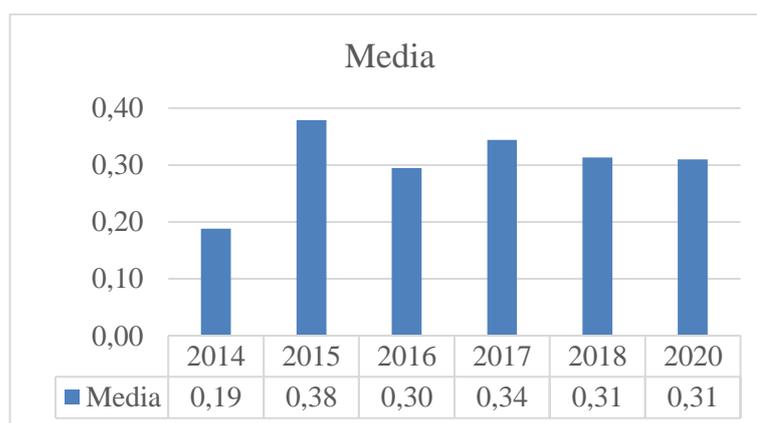


Gráfico 8-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de marzo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Gráfico 8-3) se observa la media del año 2014 la más baja con 0,19, seguido en el año 2015 tiene un gran incremento con 0,38, en el año 2016 se observa una baja con 0,30 e incrementa en

el año 2017 con 0,34 y nuevamente baja para el año 2018 con 0,31 y este valor se mantiene hasta el año 2020.



Gráfico 9-3: Valores de Desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de marzo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el siguiente (Gráfico 9-3) observamos que el año que sobresale en este mes es el 2016 con 0,11 y el año con el valor más bajo es el año 2017 con 0,01 seguido del año 2018 con 0,02, los años 2015 y 2020 muestran los mismos valores de 0,06.

3.2.2.4. Variables estadísticas del mes de abril

Se muestra en la (Tabla 4-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de abril para el ecosistema HsNn02.

Tabla 4-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de abril.

Año	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,19	0,37	0,32	0,05
2016	0,22	0,37	0,31	0,06
2018	0,23	0,35	0,28	0,05
2020	0,30	0,43	0,34	0,03

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.



Gráfico 10-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de abril.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Para la presente (Gráfica 10-3) se observa los valores mínimos del EVI siendo el año 2013 el más bajo con 0,19; mientras que el año con el valor más alto es el 2020 con 0,30. Para los valores máximos los años 2013 y 2016 poseen el mismo valor de 0,37 el año con menor valor es el 2018 ya que tiene 0,35 y el año 2020 es el que posee el valor más alto de 0,43. Estos valores concuerdan con (Borja Escobar, 2020: p. 87) que afirma que estos valores máximos se presentan en los meses de marzo y abril ya que dichos periodos corresponden a la estación lluviosa.

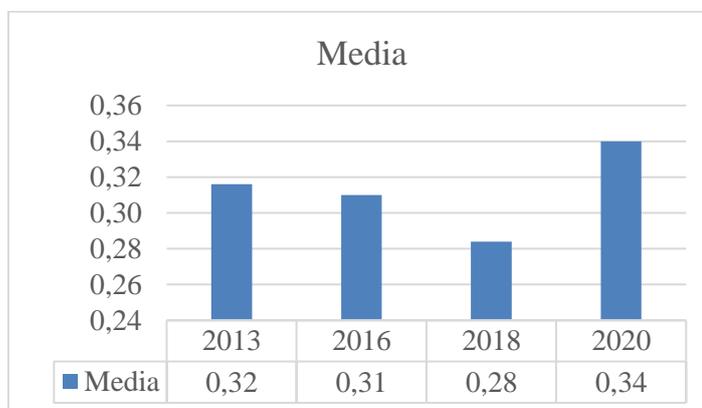


Gráfico 11-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de abril.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

La (Gráfica 11-3) nos muestra que en el año 2013 tuvo una media de 0,32 y hubo un descenso para el año 2016 con 0,31 sin embargo el año 2018 tuvo la media más baja de 0,28 y finalmente el valor más alto de la media es 0,34 que le corresponde al año 2020.



Gráfico 12-3. Valores de la Desviación estándar en el ecosistema HsNn02 del mes de abril.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

A continuación, en la (Gráfica 12-3), el año 2013 y 2018 mantiene un valor de 0,05 y vemos que en el año 2016 se tiene un valor de 0,06 siendo este el más alto de este mes mientras que el más bajo es el año 2020 con un valor de 0,03.

3.2.2.5. Variables estadísticas del mes de mayo

Se muestra en la (Tabla 5-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de mayo para el ecosistema HsNn02.

Tabla 5-3. Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de mayo.

Año	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,21	0,28	0,25	0,03
2014	0,24	0,42	0,32	0,07
2015	0,18	0,53	0,38	0,13
2016	0,27	0,42	0,36	0,06
2019	0,27	0,38	0,33	0,05
2020	0,14	0,48	0,31	0,12

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

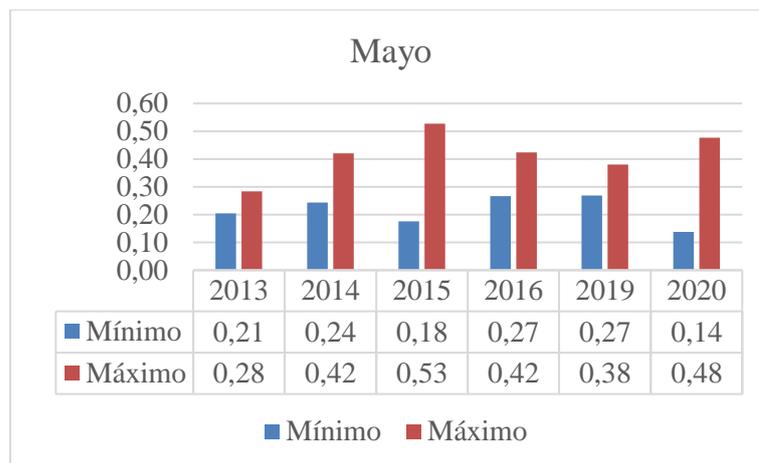


Gráfico 13-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02 del mes de mayo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se distingue en el (Gráfico13-3) los diferentes cambios del EVI, en los valores mínimos se observa que el año que obtuvo menor valor es el 2020 con 0,14 y seguido del año 2015 con 0,18 los años 2016 y 2019 poseen los mismos valores de 0,27 y también son los valores más altos, los valores máximos el año que obtuvo mayor valor fue el 2015 con 0,53, los años 2014 y 2016 tienen los mismos valores de 0,42 y el año con menor valor fue 2013 con un valor de 0,28. Muñoz, 2017 citado en (Borja Escobar, 2020: p. 59) afirma que el EVI se mantiene en un valor cercano a 0,50 debido a que en los meses de marzo o mayo es la temporada de término de crecimiento de la vegetación.

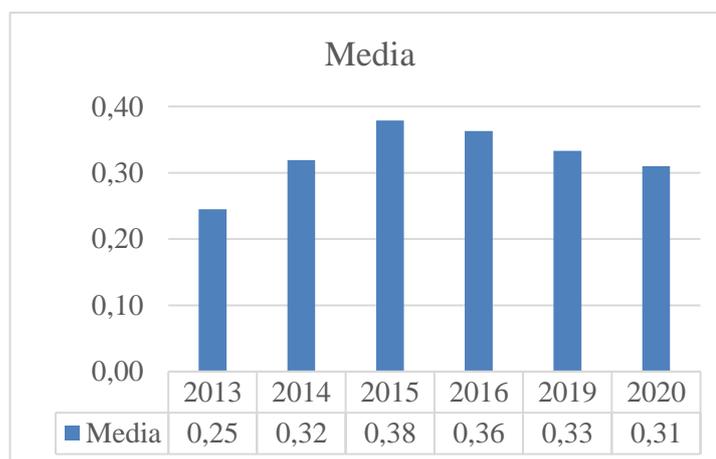


Gráfico 14-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En este (Gráfico 14.3), la media más baja le corresponde al año 2013 con 0,25 seguido se observa que para el año 2014 hay un ascenso a 0,32 y sigue subiendo para el año 2015 a 0,38 mismo que

es la media más alta y de ahí se ve un leve descenso al año 2016 a 0,36 seguido del año 2019 a 0,33 y finalmente desciende a 0,31 en el año 2020.



Gráfico 15-3: Valores de la desviación estándar del ecosistema HsSn02 para el mes de mayo en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con la (Gráfica 15-3) observamos que los años que tienen mayor valor son el año 2015 con 0,13 seguido del año 2020 con 0,12, mientras que los valores más bajos los obtienen los años 2014 con 0,07, el año 2016 con 0,06, el año 2019 con 0,05 y finalmente el 2013 con 0,03 siendo este año el más bajo del mes de mayo.

3.2.2.6. Variables estadísticas del mes de junio

Se muestra en la (Tabla 6-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de junio para el ecosistema HsNn02.

Tabla 6-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de junio.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,20	0,31	0,25	0,04
2014	0,32	0,38	0,35	0,02
2015	0,09	0,25	0,17	0,04
2016	0,29	0,50	0,41	0,07
2017	0,22	0,29	0,25	0,02
2018	0,29	0,32	0,31	0,01
2020	0,36	0,51	0,45	0,05

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

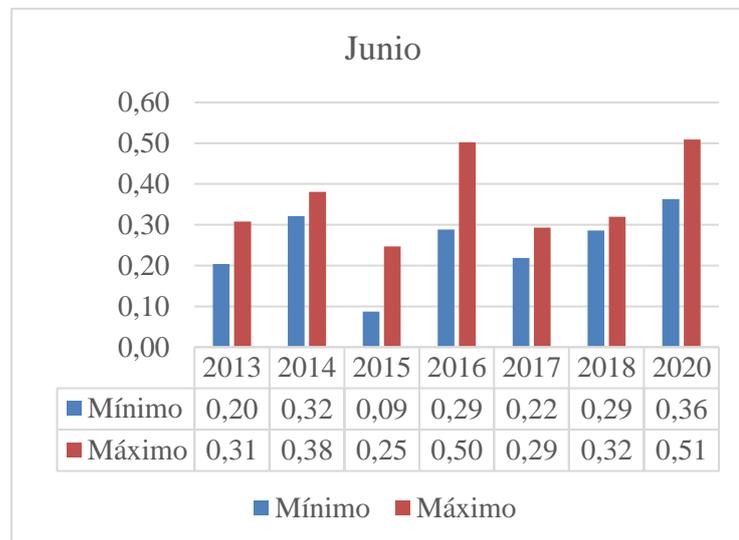


Gráfico 16-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El valor mínimo más alto en la (Gráfica 16-3) es 0,36 para el año 2020 y la más baja el año 2015 a es 0,09 en cuanto a los valores máximos se obtuvo un valor alto en el año 2020 con 0,51 y un bajo en el año 2015 con 0,25. (Ramírez y Vallejo, 2018: p. 5) afirma que en los meses de junio a septiembre la respuesta espectral de la vegetación disminuye su vigorosidad debido a la disminución de precipitaciones disminuyen en el periodo seco.

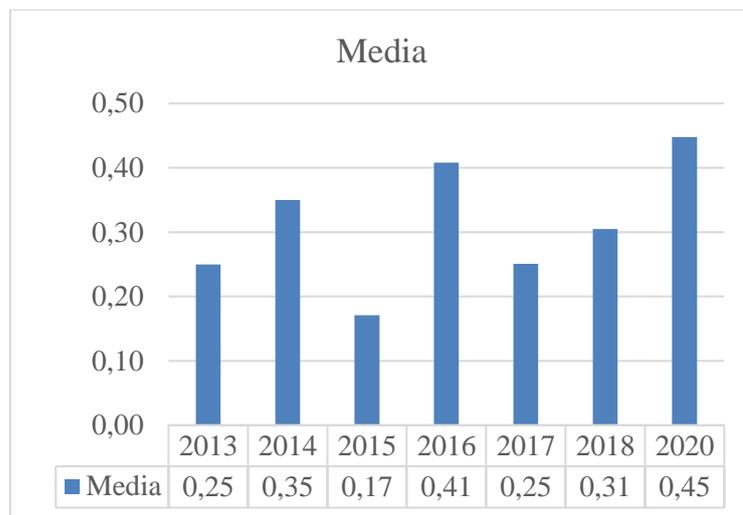


Gráfico 17-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 17-3) que en los años 2013 y 2017 tienen una media de 0,25, la media más alta es en el año 2020 con un valor de 0.45 y la media más baja fue del año 2015 con un valor de 0,17.

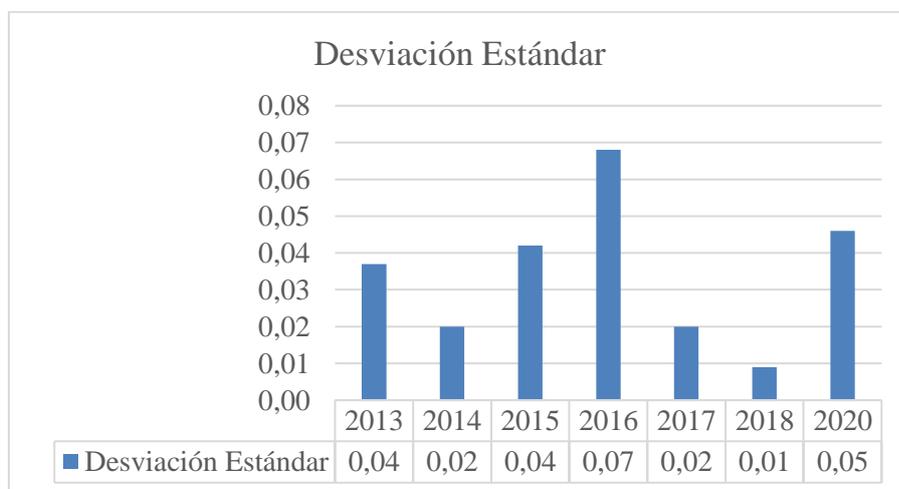


Gráfico 18-3: Valores de la Desviación estándar del ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se aprecia en el (Gráfico 18-3) que en el año 2013 y 2015 mantienen valores de 0,04 al igual que en los años 2014, 2017 con valores de 0,02, el año 2018 tiene un valor de 0,01 siendo el más bajo y el más alto es el año 2016 con 0,07.

3.2.2.7. Variables estadísticas del mes de julio

Se muestra en la (Tabla 7-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de julio para el ecosistema HsNn02.

Tabla 7-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de julio.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,25	0,40	0,32	0,05
2014	0,37	0,61	0,47	0,07
2015	0,16	0,30	0,22	0,04
2017	0,26	0,36	0,32	0,03
2018	0,23	0,29	0,25	0,02
2019	0,16	0,29	0,25	0,04
2020	0,34	0,51	0,41	0,05

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

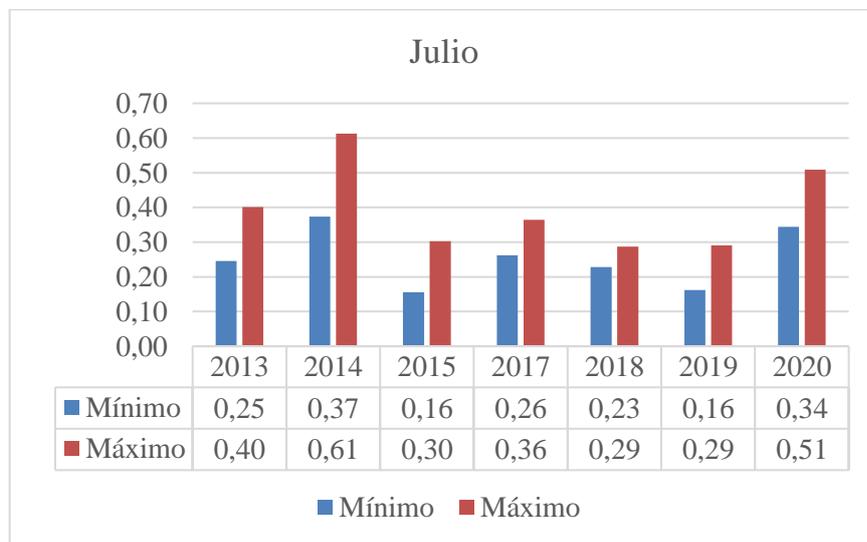


Gráfico 19-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se aprecia en el (Gráfico 19-3) los valores mínimos y máximos del EVI, en cuanto a los valores mínimos del EVI es mayor para el año 2014 con 0,37 y menor para los años 2015 y 2019 con 0,16. En cuanto a los valores máximos del EVI los años 2018 y 2019 poseen el mismo valor de 0,29 los mismos que son los años con menor valor y el año con mayor valor es el 2014 con 0,61.

(Chamba, 2015: p. 44) Afirma que la disminución del EVI en los meses de julio se ve reflejada por zonas de reforestación y al inicio de la época seca.

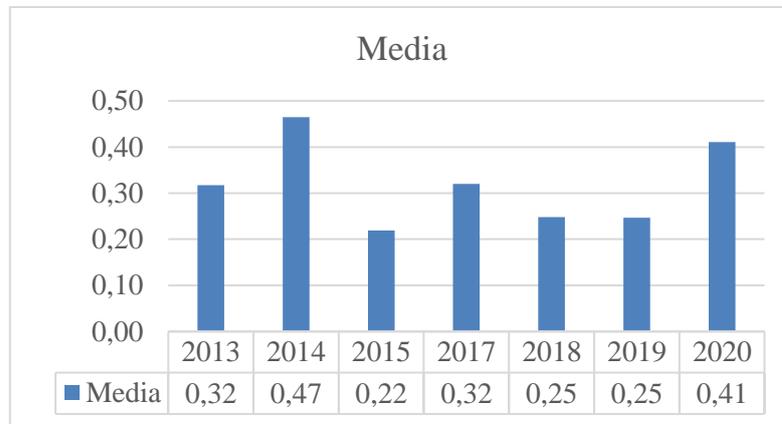


Gráfico 20-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Gráfico 20-3) se aprecia la media del Ecosistema Herbazal utrahúmedo subnival del páramo siendo el valor 0,22 correspondiente al año 2015 el más bajo y el año 2014 posee el valor más alto de la media siendo 0,47.



Gráfico 21-3: Valores de la Desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de julio.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 21-3) que los años 2013, 2020 mantienen valores de 0,05 al igual que los años 2015, 2019 con valores de 0,04; el año 2014 posee un valor de 0,07 el año 2017 tiene valores de 0,03 y existe un descenso para el año 2018 a 0,02 siendo este el más bajo del mes de julio y el año 2014 es el más alto con 0,07.

3.2.2.8. Variables estadísticas del mes de agosto

Se muestra en la (Tabla 8-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de agosto para el ecosistema HsNn02.

Tabla 8-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de agosto.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,24	0,29	0,28	0,02
2014	0,14	0,22	0,18	0,02
2015	0,16	0,25	0,22	0,03
2016	0,20	0,28	0,25	0,03
2017	0,26	0,67	0,46	0,16
2018	0,36	0,50	0,41	0,04
2019	0,29	0,53	0,41	0,09
2020	0,29	0,52	0,38	0,06

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

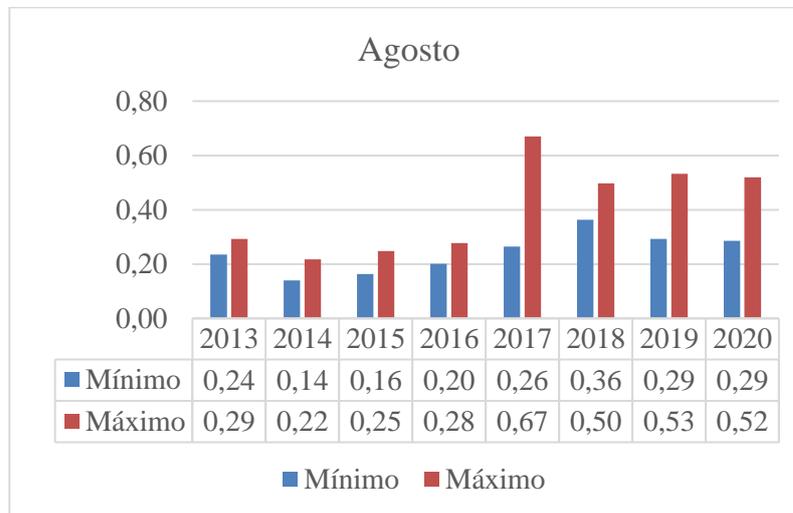


Gráfico 22-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Gráfica 22-3) se puede observar que el valor mínimo más alto es del año 2018 con 0,36 y el valor menor es 0,14 del año 2014. El valor máximo más alto es del año 2017 con 0,67 y el valor bajo es del año 2014 con 0,22, valores similares a los obtenidos por (Duran et al., 2022: pp. 276-277)

realizado en un estudio análogo dentro de las mismas condiciones similares que presentó un valor de 0,26 promedio anual.

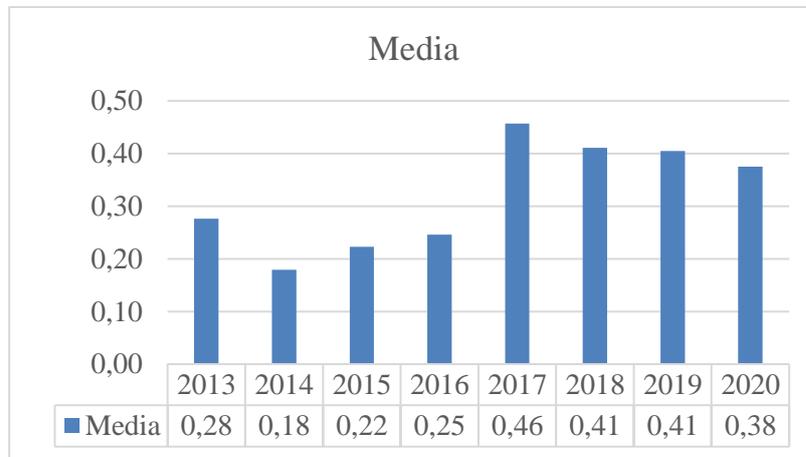


Gráfico 23-3. Valor de la media del HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como se muestra en el (Gráfico 23-3) la media más alta para este mes le corresponde al año 2017 con 0,46 en el año 2018 y 2019 sufre un descenso a 0,41 y el valor más bajo es del año 2014 con 0,18.



Gráfico 24-3. Valores de la Desviación estándar del mes de agosto para el ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se aprecia en la (Gráfica 24-3) en el año 2013 inicia con un valor de 0,02 y se mantiene en el año 2014, las mismas son los años que poseen menor valor del mes, en el 2015 y 2016 tenemos un leve ascenso con valores iguales de 0,03, para el 2017 tenemos una elevación notable de 0,16

siendo este el año con mayor valor del mes de agosto, en el año 2018 vemos que hay una baja a 0,04 y sube para el 2019 a 0,09 y para el 2020 finaliza con un leve descenso a 0,06.

3.2.2.9. Variables estadísticas del mes de septiembre

Se muestra en la (Tabla 9-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de septiembre para el ecosistema HsNn02.

Tabla 9-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de septiembre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,25	0,35	0,29	0,04
2014	0,14	0,22	0,19	0,03
2015	0,11	0,41	0,21	0,10
2016	0,26	0,45	0,36	0,05
2017	0,23	0,38	0,31	0,05
2018	0,26	0,74	0,49	0,14
2019	0,30	0,42	0,35	0,04
2020	0,27	0,35	0,30	0,03

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

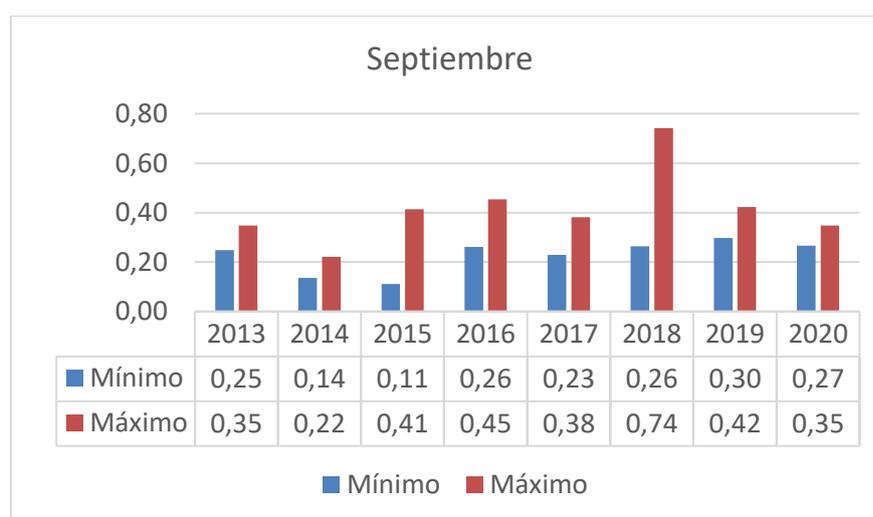


Gráfico 25-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de septiembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Gráfico 25-3) podemos observar el valor máximo, el año con el valor más alto es el año 2018 con 0.74. y el más bajo es del año 2014 con 0,22. El valor mínimo más alto es el año 2019 con 0,30 y el más bajo es el año 2015 con 0,11. (Muñoz, Cipriotti y Radic, 2017: pp. 22-23) afirma que estos valores se incrementan en el mes de septiembre, debido al inicio de temporada de crecimiento de la vegetación y a la presencia de la época lluviosa.

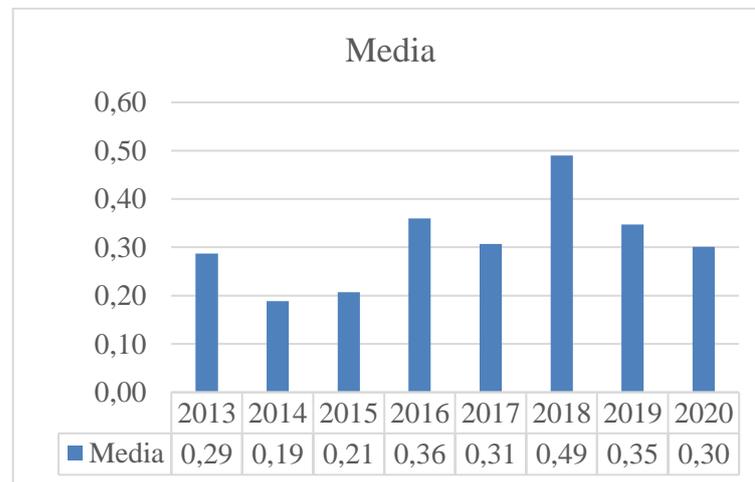


Gráfico 26-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de septiembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se observa en el (Gráfico 26-3) la media con mayor valor es el año 2018 con 0,49 y la media con menor valor corresponde al año 2014 con 0,19.

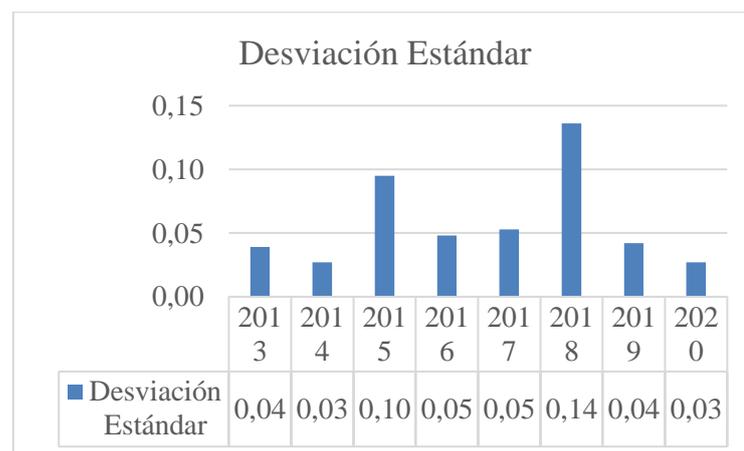


Gráfico 27-3. Valores de la desviación estándar del ecosistema HsNn02 del mes de septiembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Gráfica 27-3) observamos que los años 2014, 2020 mantienen valores de 0,03 estos son los años con menor valor, así mismo los años 2013, 2019 se mantienen con 0,04, para el 2016 y 2017

son valores de 0,05, el año 2015 posee un valor de 0,10 y el año con mayor valor es el 2018 con 0,14.

3.2.2.10. Variables estadísticas del mes de octubre

Se muestra en la (Tabla 10-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de octubre para el ecosistema HsNn02.

Tabla 10-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de octubre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,20	0,28	0,23	0,02
2014	0,37	0,60	0,46	0,07
2015	0,31	0,46	0,37	0,04
2016	0,24	0,30	0,26	0,02
2017	0,42	0,63	0,50	0,07
2018	0,30	0,37	0,33	0,02
2019	0,36	0,56	0,46	0,07
2020	0,28	0,34	0,30	0,02

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

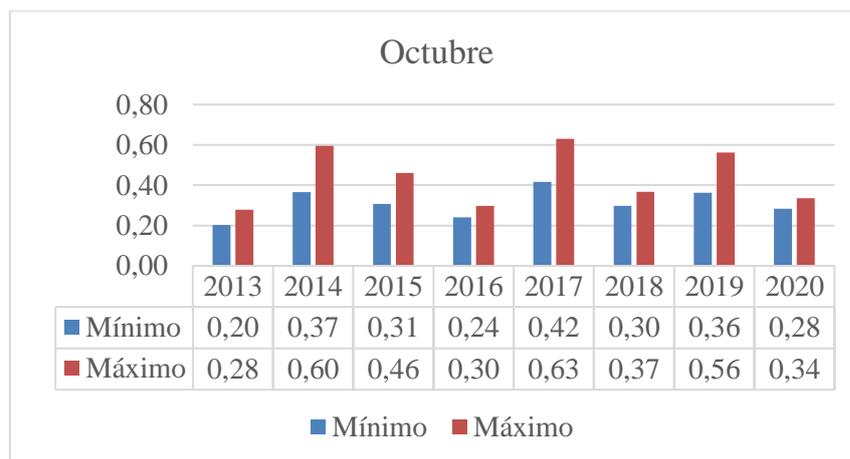


Gráfico 28-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de octubre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Apreciamos en el (Gráfico 28-3) los valores mínimos y máximos del EVI, en cuanto a los valores mínimos del EVI es mayor para el año 2017 con 0,42 y menor para los años 2013 con 0,13. En

cuanto a los valores máximos del EVI el año con mayor valor es 2017 con 0,63 y con menor valor es el año 2013 con 0,28. Estos resultados obtenidos coinciden ampliamente con los obtenidos con (Borja D., 2020: p. 47) ya que afirma que el incremento de precipitación incide en el crecimiento de la vegetación.

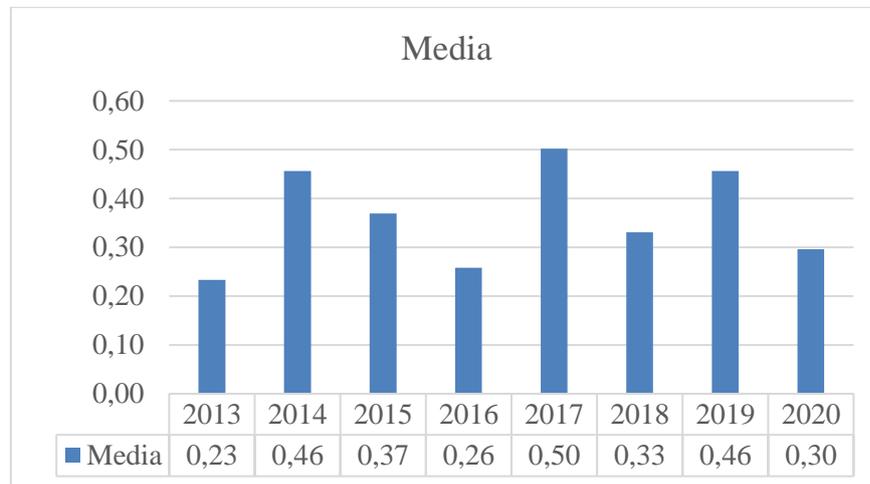


Gráfico 29-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de octubre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 29-3) la media alta para el mes de octubre es el año 2017 con 0,50 y la media menor es para el año 2013 con 0,23.



Gráfico 30-3: Valores de la desviación estándar del mes de octubre del ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como se muestra en la (Gráfica 30-3) que los años con menor valor de la desviación estándar son 2013, 2016, 2018 y 2020 que mantienen valores de 0,02, los años con valores más altos del mes son 2014,2017, 2019 con 0,07.

3.2.2.11. Variables estadísticas del mes de noviembre

Se muestra en la (Tabla 11-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de noviembre para el ecosistema HsNn02.

Tabla 11-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de noviembre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,28	0,39	0,33	0,04
2014	0,22	0,50	0,35	0,09
2015	0,28	0,44	0,35	0,06
2016	0,09	0,24	0,18	0,05
2017	0,21	0,72	0,40	0,22
2018	0,26	0,41	0,32	0,05
2019	0,32	0,64	0,50	0,13

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

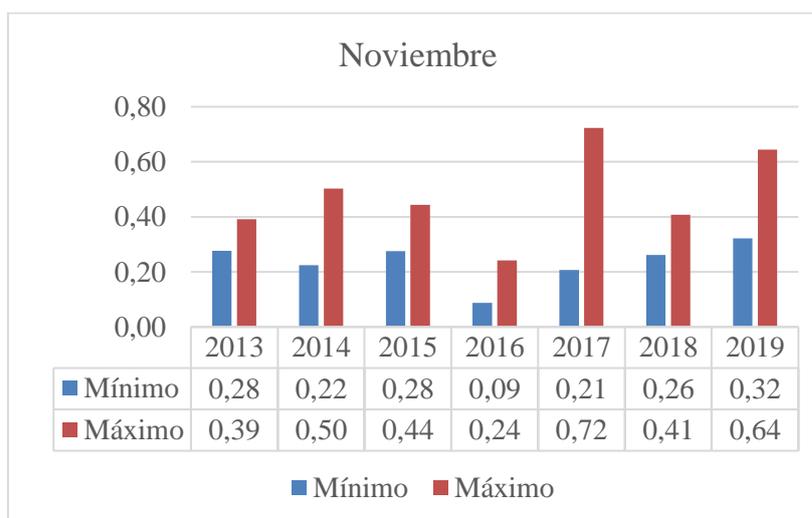


Gráfico 31-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de noviembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el siguiente (Gráfico 31-3) se observa los valores mínimos y máximos del EVI, en cuanto a los valores mínimos es mayor en el año 2019 con 0,32 y menor en el año 2016 con 0,09 en los valores máximos es mayor en el año 2017 con 0,72 y menor con 0,24 en el año 2016. Según (Borja Escobar, 2020: p. 45) estos valores incrementan debido al inicio de la segunda temporada de lluvia, esto en un estudio realizado en condiciones de altitud similares.

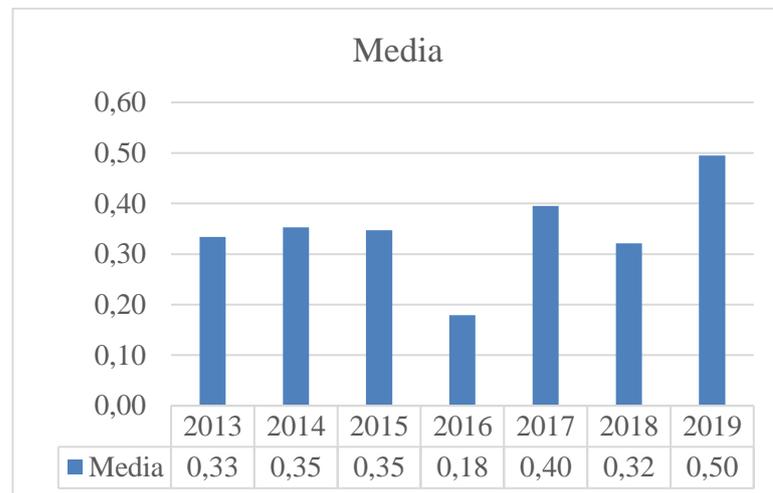


Gráfico 32-3. Valor de la media del Ecosistema HsnN02 del mes de noviembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 32-3) que la media con menor valor es del año 2016 con 0,18 y con mayor valor corresponde al año 2019 con 0,50.



Gráfico 33-3. Valores de la Desviación estándar del mes de noviembre del ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Gráfica 33-3) observamos que el año con menor valor es el 2013 con 0,04, para el 2014 existe un leve ascenso de 0,09 y desciende nuevamente en el año 2015 a 0,06, para el 2016

encontramos un valor de 0,05 y la misma también encontramos en el año 2018. El año con mayor valor es el 2017 con 0,22 y en el año 2019 desciende a 0,13.

3.2.2.12. Variables estadísticas del mes de diciembre

Se muestra en la (Tabla 12-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de diciembre para el ecosistema HsNn02.

Tabla 12-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema HsNn02, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de diciembre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,22	0,30	0,25	0,02
2014	0,22	0,35	0,27	0,05
2015	0,24	0,63	0,38	0,12
2016	0,29	0,54	0,40	0,08
2017	0,38	0,52	0,43	0,05
2018	0,21	0,78	0,38	0,21
2019	0,22	0,50	0,30	0,10
2020	0,40	0,64	0,49	0,07

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

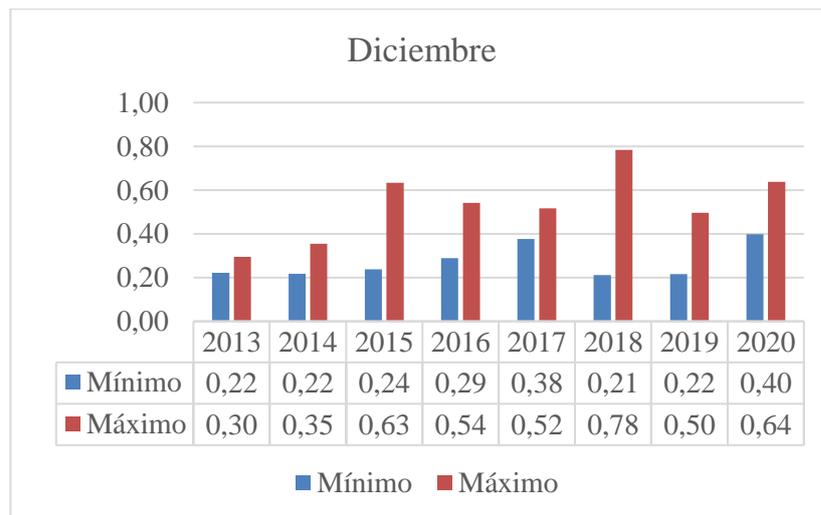


Gráfico 34-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02 del mes de diciembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como se aprecia en la (Gráfica 34-3) el valor mayor para el mínimo le corresponde al año 2020 con 0,40 y el valor menor es para el año es para el año 2018 con 0,21; los años 2013-2014-2019 tienen el mismo valor de 0,22. Para el máximo el valor mayor es para el año 2018 con 0,78 y el valor menor le corresponde al año 2013 con 0,30. Los resultados obtenidos concuerdan con los de (Maita, 2015; citado en Borja, 2020) que afirma que en los meses de agosto a diciembre son los meses con mayor actividad fotosintética.

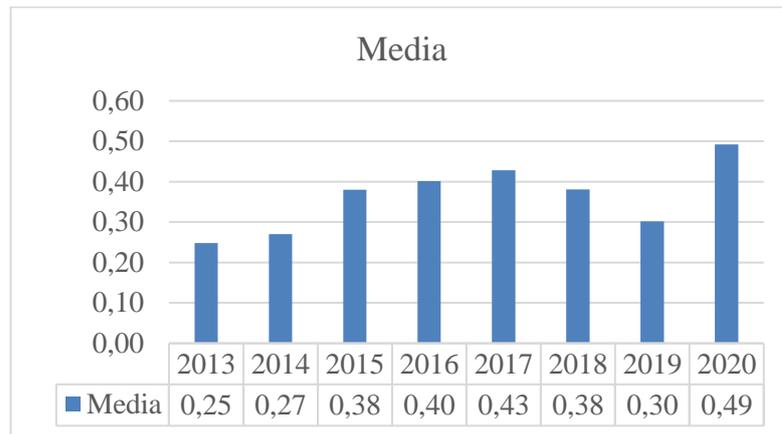


Gráfico 35-3. Valor de la media del Ecosistema HsNn02.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Gráfico 35-3) se muestra los valores de la media, la misma nos muestra que el valor máximo es para el año 2020 con 0,49 y el año con menor valor es el 2013 con 0,25.

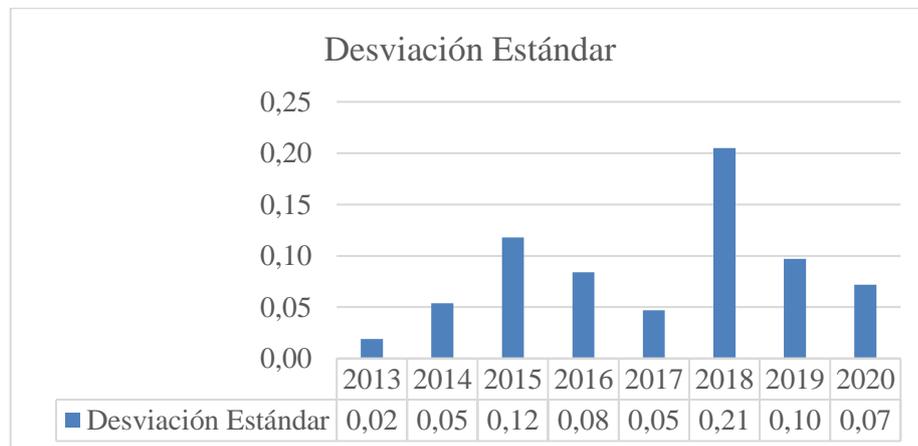


Gráfico 36-3. Valores de la Desviación estándar para el ecosistema HsNn02 del mes de diciembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con la (Gráfica 36-3) muestran un mismo valor de 0,05 los años 2014 y 2017, para el año 2013 tenemos un valor de 0,02 siendo este el más bajo del mes, por lo tanto, el año que sobresale es el 2018 con 0,21.

3.3. Cálculo mensual del EVI del ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo en el período 2013-2020.

3.3.1. Cálculo mensual del EVI

Al igual que en el anterior ecosistema cada cálculo se lo realizó de forma mensual, donde se tomaron todos los meses de enero de los años 2013 al 2020 y se continuó realizando de esa manera para cada mes, como se observa en las siguientes (Figura 6-3), (Figura 7-3) y (Figura 8-3), se lo pudo hacer utilizando la herramienta Ráster Calculator, mencionado anteriormente.

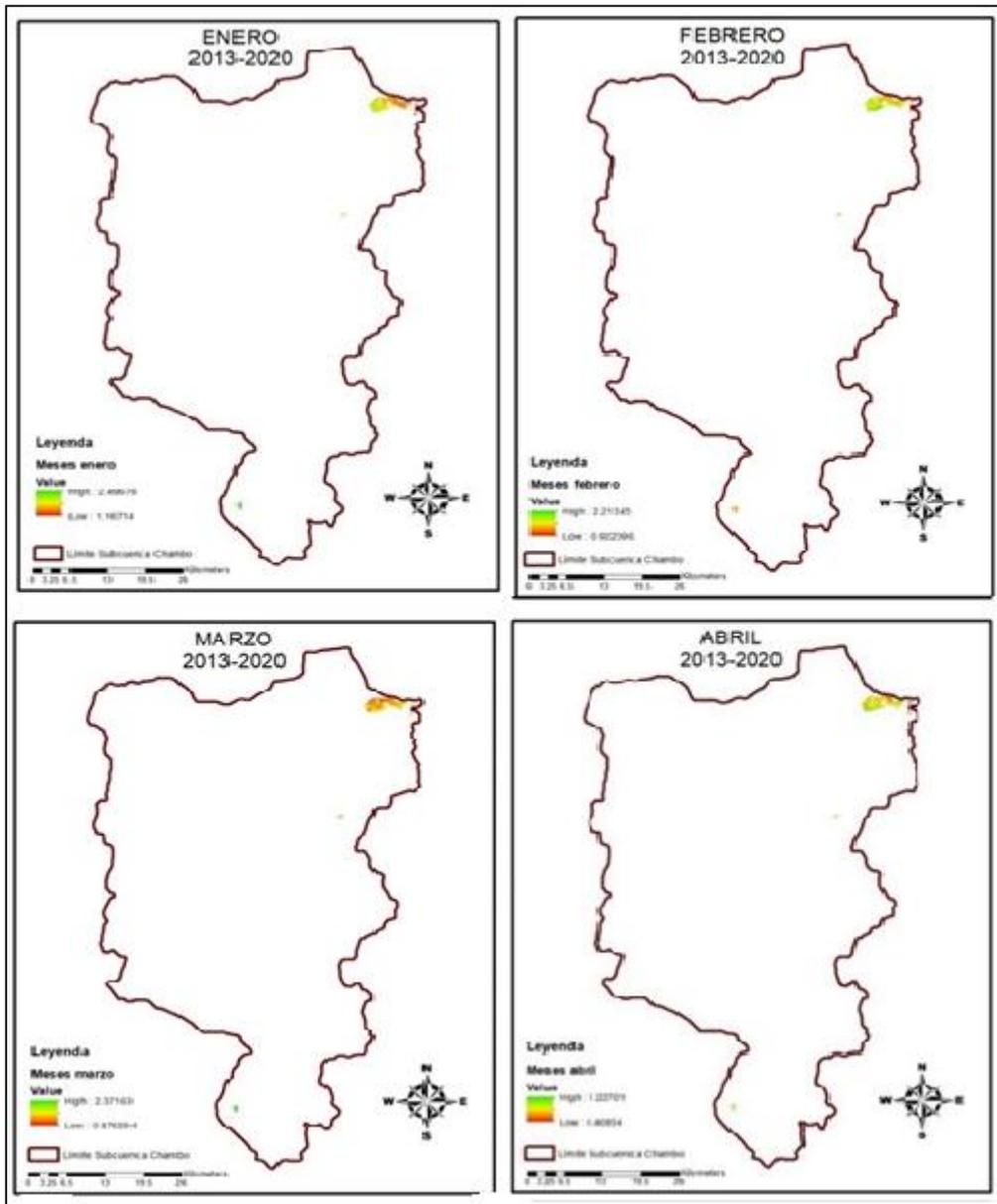


Figura 6-3. Cálculo del EVI en el ecosistema BsSn01, de los meses enero, febrero, marzo y abril, en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

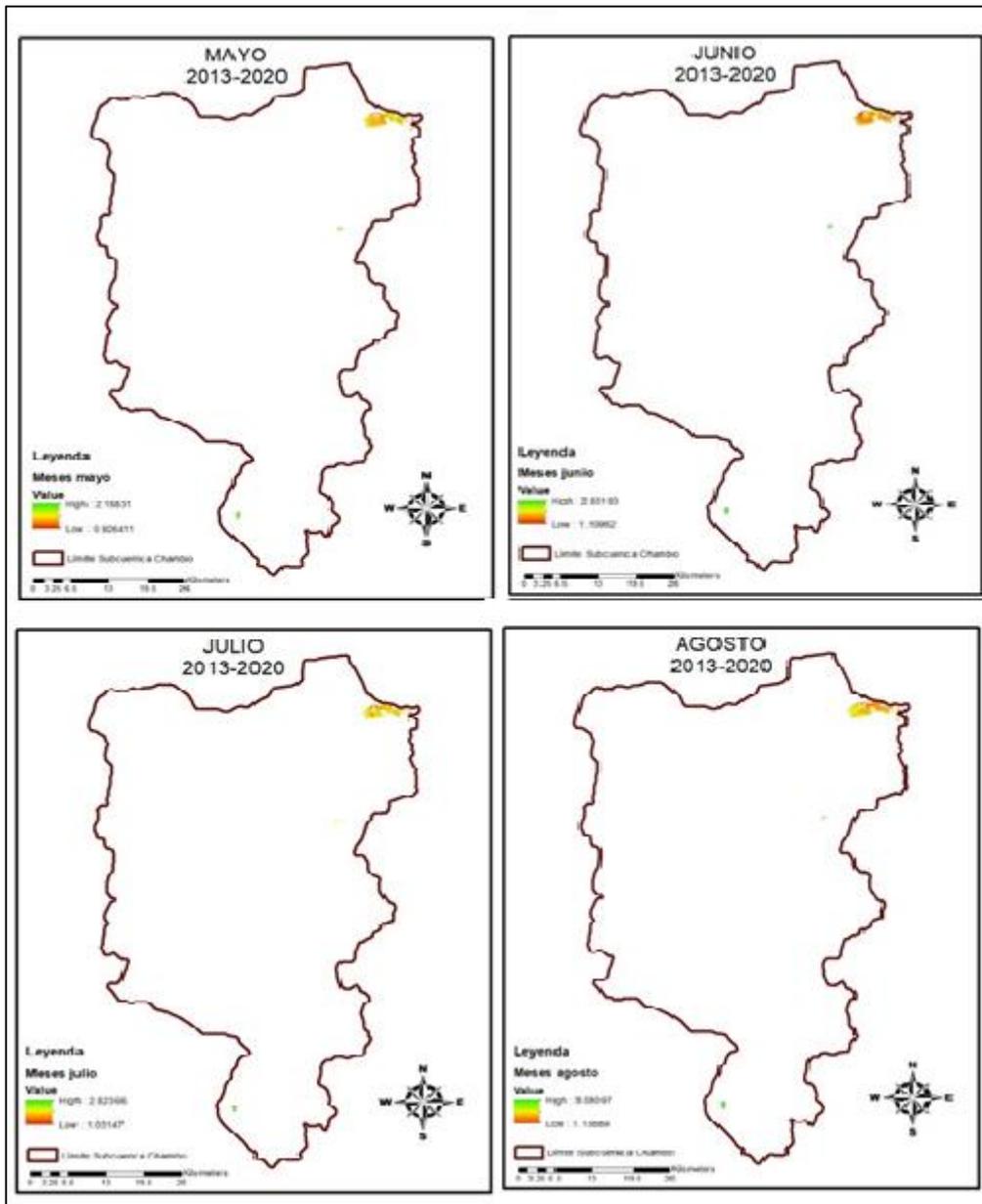


Figura 7-3. Cálculo del EVI en el ecosistema BsSn01, de los meses mayo, junio, Julio y agosto, en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Figura 7-3) se observa el Índice de vegetación mejorada del ecosistema Bosque siempreverde del páramo correspondientes a los meses de mayo, junio, julio y agosto, en el periodo de estudio 2013-2020.

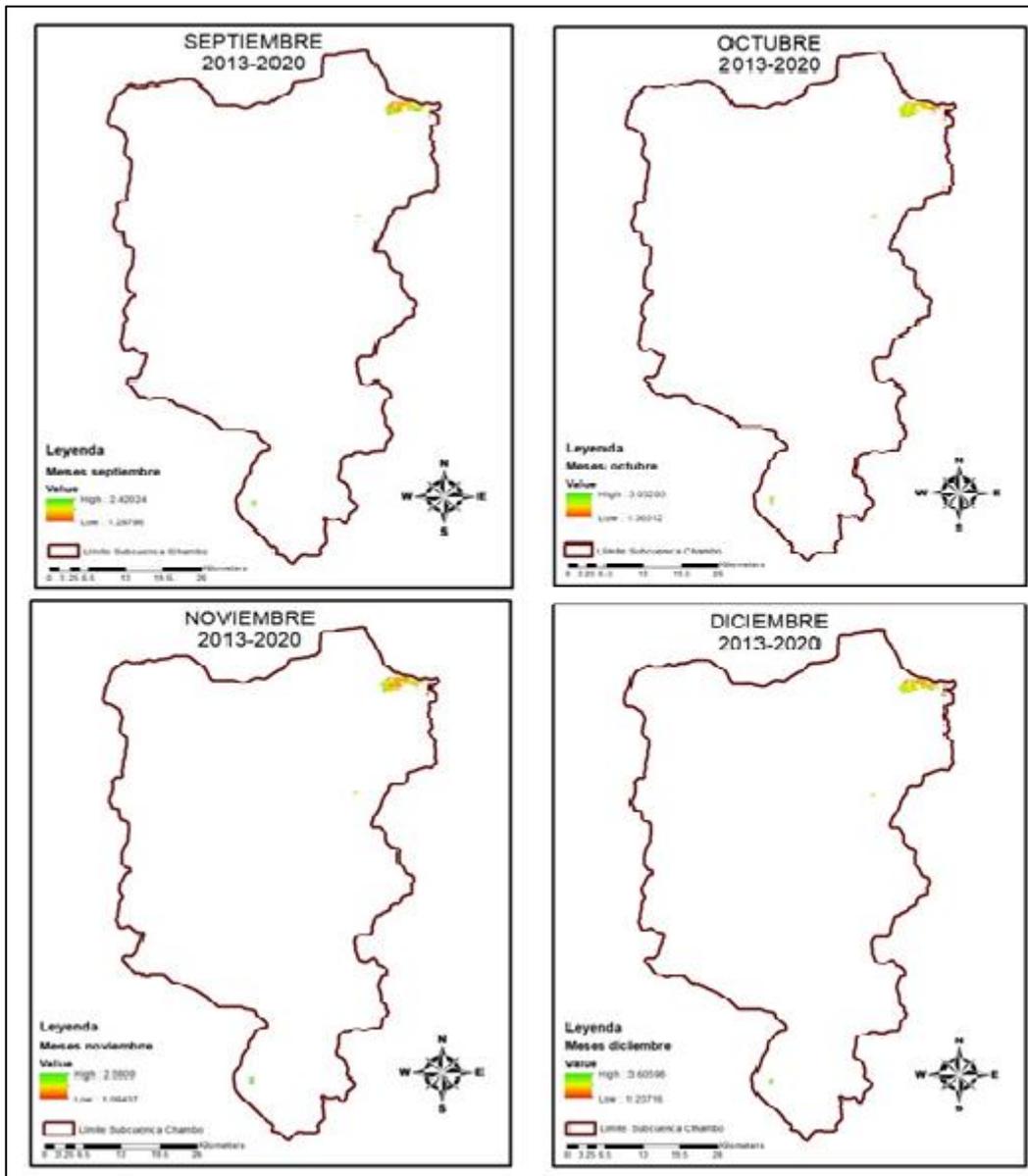


Figura 8-3. Cálculo del EVI en el ecosistema BsSn01, de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Figura 8-3) se observa el Índice de vegetación mejorada del ecosistema Bosque siempreverde del páramo correspondientes a los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el periodo de estudio 2013-2020.

3.3.2. Análisis descriptivo de las series temporales del índice de vegetación mejorado

En las siguientes tablas se detallan los diferentes valores, mínimos, máximos, media y desviación estándar para el ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo de la subcuenca del río Chambo en los periodos 2013-2020.

3.3.2.1. Variables estadísticas del mes de enero

Se muestra en la (Tabla 13-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de enero para el ecosistema BsSn01.

Tabla 13-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de enero.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2014	0,13	0,37	0,20	0,04
2015	0,12	0,36	0,16	0,03
2016	0,18	0,54	0,30	0,05
2017	0,18	0,60	0,39	0,07
2018	0,12	0,58	0,26	0,08
2019	0,16	0,59	0,25	0,05
2020	0,10	0,55	0,21	0,04

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

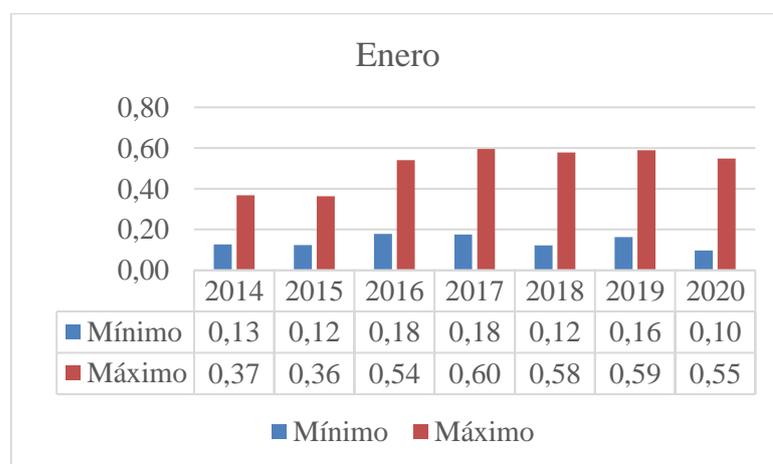


Gráfico 37-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se puede observar en el (Gráfico 37-3) un comportamiento del EVI en el ecosistema Bosque siempreverde durante los periodos 2013- 2020, los valores mínimos del EVI son mayores para los años 2016 y 2017 con 0,18 para el año 2020 el valor más bajo es de 0,10, mientras tanto los valores máximos del EVI se dan para el año 2017 con 0,60 y presenta un valor más bajo de 0,36 en el año 2015 (Maita, 2015: p.37) menciona que el incremento del EVI es debido a los programas de reforestación que aumenta entre 0 y 5% en el índice.

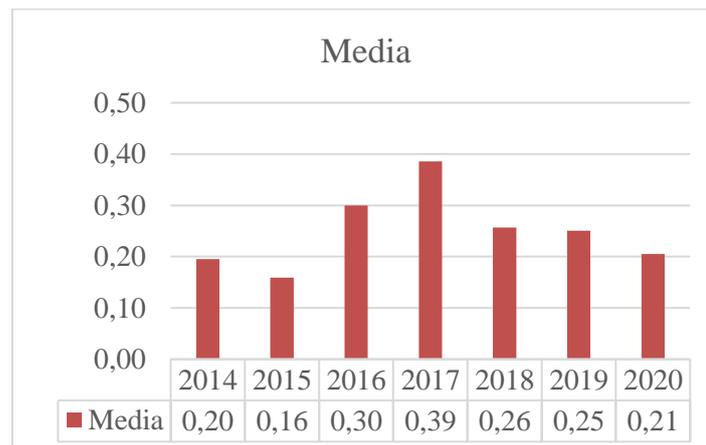


Gráfico 38-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la (Gráfica 38-3) presente se observa en el año 2017 una media de 0.39, mientras que el año 2015 es de 0.16, notablemente se incrementa su valor para el año 2016 de 0.30, en los siguientes años 2018 es de 0,26 en el año 2019 se nota un leve descenso a 0,25 y en el 2020 disminuye a 0.21.



Gráfico 39-3. Valor de la desviación estándar del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se observa en el (Gráfico 39-3) que para los años 2016 y 2019, un valor de 0,05, los años 2014 y 2020 también mantienen valores iguales de 0,04 el año con menos valor es el 2015 con 0,03 y el más alto es el año 2018 con un valor de 0,08.

3.3.2.2. Variables estadísticas del mes de febrero

Se muestra en la (Tabla 14-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de febrero para el ecosistema BsSn01.

Tabla 14-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de febrero.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2014	0,11	0,61	0,27	0,09
2015	0,13	0,70	0,41	0,08
2016	0,09	0,57	0,19	0,04
2018	0,05	0,70	0,29	0,11
2019	0,07	0,64	0,25	0,06
2020	0,09	0,32	0,19	0,02

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

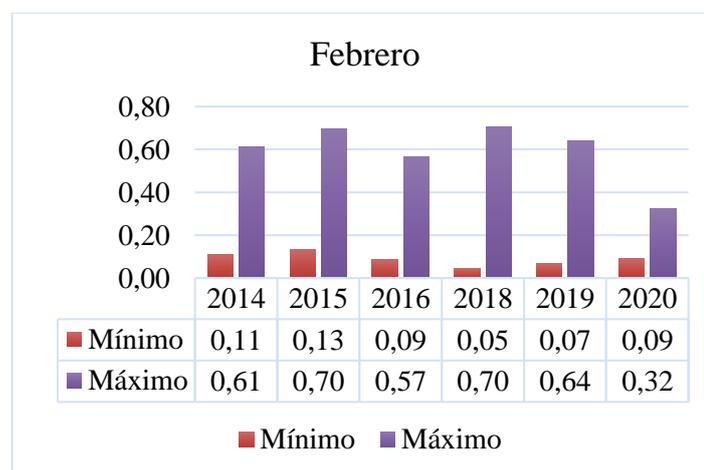


Gráfico 40-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se observa en el (Gráfico 40-3) los diferentes cambios del EVI en el ecosistema Bosque siempre verde del páramo para los periodos 2013-2020 en cuanto a los valores mínimos del EVI es mayor durante el año 2015 con 0.13 y para el año 2018 su valor más bajo es de 0,05 y se mantiene valores

de 0,09 en los años 2016 y 2020, paulatinamente se comparó los valores máximos para dicho ecosistema, lo que representa el mayor para los año 2015 y 2018 de 0,70, mientras que para el año 2020 su valor bajo es de 0,32, estos resultado son similares a los analizados por (Chamba, 2015: pp. 24-25) quien obtuvo un rango de valores mínimos de 0,086 a 0.908 en un estudio realizado en el mismo ecosistema en el Sur del Ecuador, donde demuestra que existe un componente estacional muy marcado a lo largo del año con los valores máximos.

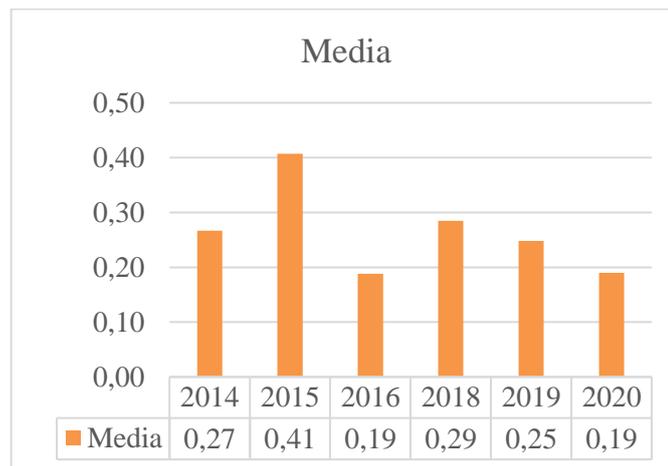


Gráfico 41-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el (Gráfico 41-3) se observa en los años 2016 y 2020 una media de 0.19, siendo estos los valores más bajos del mes, mientras que el año con mayor valor es el 2015 de 0.41.



Gráfico 42-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como observamos en el (Gráfico 42-3) para el año 2018 un valor de 0,11 que es el más alto, en el año 2019 desciende a 0,06 y para el año 2020 encontramos un valor de 0,02 siendo el más bajo del mes de febrero.

3.3.2.3. Variables estadísticas del mes de marzo

Se muestra en la (Tabla 15-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de marzo para el ecosistema BsSn01.

Tabla 15-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de marzo.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2014	0,15	0,53	0,22	0,04
2015	0,00	0,67	0,23	0,11
2016	0,07	0,61	0,22	0,07
2017	0,18	0,70	0,30	0,06
2018	0,18	0,63	0,22	0,06
2020	0,17	0,48	0,26	0,04

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

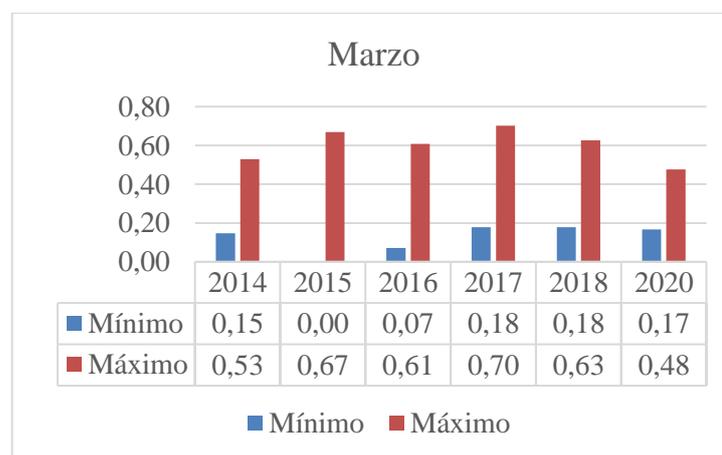


Gráfico 43-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la siguiente figura se observa las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema Bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos se puede observar que los valores más altos corresponden a los

años 2017 y 2018 con 0,18 mientras que el valor más bajo se presenta en el año 2015 con 0, por otra parte, observamos el valor máximo más alto para el año 2017 con 0,70 y en el año y 2020 se presenta el valor más bajo con 0,48, (Wang, 2002; citado en Ferrer, 2017: p. 11), menciona que este índice indica el estado de salud de la vegetación sin embargo también permite evaluar las fases de crecimiento de la vegetación a lo largo del año.

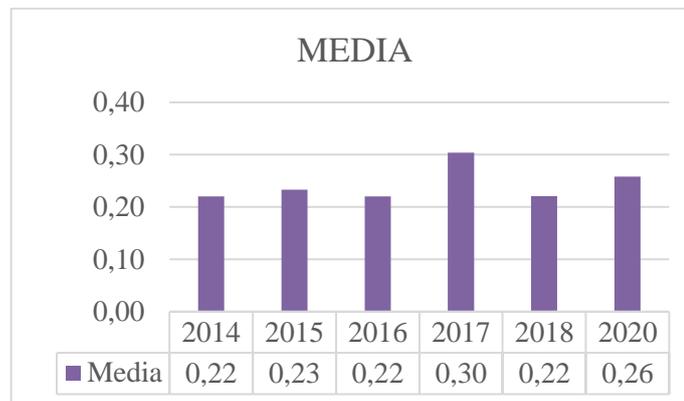


Gráfico 44-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con la media se observa en el (Gráfico 44-3) los años 2014,2016 y 2018, un valor de 0.22, siendo estos los años con menor valor mientras que para el año 2020 asciende a 0.26, en el año 2017 encontramos el valor más alto con 0,30.



Gráfico 45-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01 del mes de marzo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Para la presente (Gráfica 45-3) se observa para los años 2014 y 2017 los valores más bajos de 0,04, para los años 2017, 2018 se mantuvieron valores de 0,06 en el 2016 se observa un valor de 0,07 y el año con mayor valor es el 2015 con 0,11.

3.3.2.4. Variables estadísticas del mes de abril

Se muestra en la (Tabla 16-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de abril para el ecosistema BsSn01.

Tabla 16-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de abril.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,05	0,61	0,28	0,11
2016	0,11	0,32	0,18	0,03
2018	0,15	0,56	0,24	0,06
2020	0,13	0,76	0,31	0,09

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

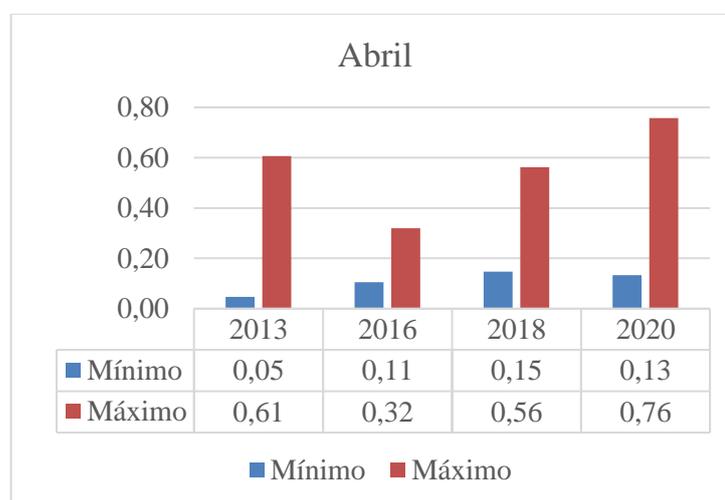


Gráfico 46-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el siguiente (Gráfico 46-3) se observa las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema Bosque siempreverde del páramo,

en el análisis de los valores mínimos se puede observar que el valor más alto corresponde al año 2018 con 0,15 mientras que el valor más bajo es para el año 2013 de 0,05, seguido observamos el valor máximo más alto es para el año 2020 con 0,76 y el año con valor más bajo es el 2016 con 0,32, (Hofstede et al., 1998; citado en Nolivos y Vásquez, 2006: p. 94), manifiesta que la precipitación es uno de los componentes que determina la vegetación, este tipo de bosques se encuentran en zonas de condensación por lo que la niebla es más frecuente y su humedad alta crea microclimas ideales para las briofitas y epífitas.

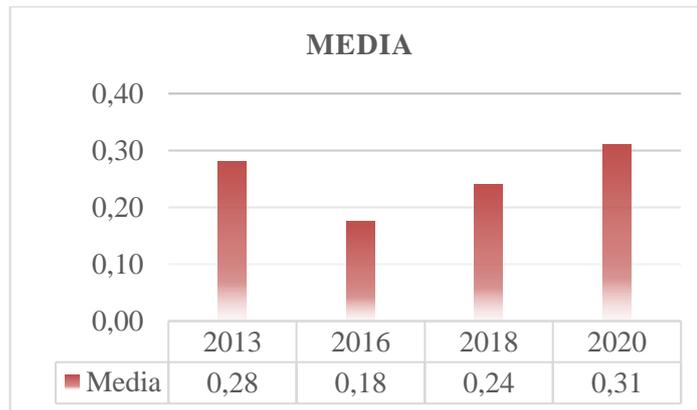


Gráfico 47-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 47-3) en el año 2013 una media de 0,28, mientras que para el año 2016 desciende a 0,18 la misma que tiene el valor más bajo, en el año 2018 nuevamente asciende un poco a 0,24 y finalmente en el año 2020 se observa como aumenta notoriamente a 0,31 siendo el año con la media más alta.



Gráfico 48-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01 del mes de abril.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Podemos apreciar en el (Gráfico 48-3) que para el año 2013 el valor más alto de 0,11 disminuye notablemente para el año 2016 a 0,03 siendo la más baja y asciende en el año 2018 a 0,06 finalmente en el año 2020 se tiene un valor de 0,09.

3.3.2.5. Variables estadísticas del mes de mayo

Se muestra en la (Tabla 17-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de mayo para el ecosistema BsSn01.

Tabla 17-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de mayo.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,10	0,40	0,19	0,04
2014	0,08	0,41	0,16	0,03
2015	0,10	0,59	0,25	0,06
2016	0,13	0,86	0,26	0,05
2019	0,17	0,50	0,27	0,04
2020	0,10	0,81	0,33	0,10

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

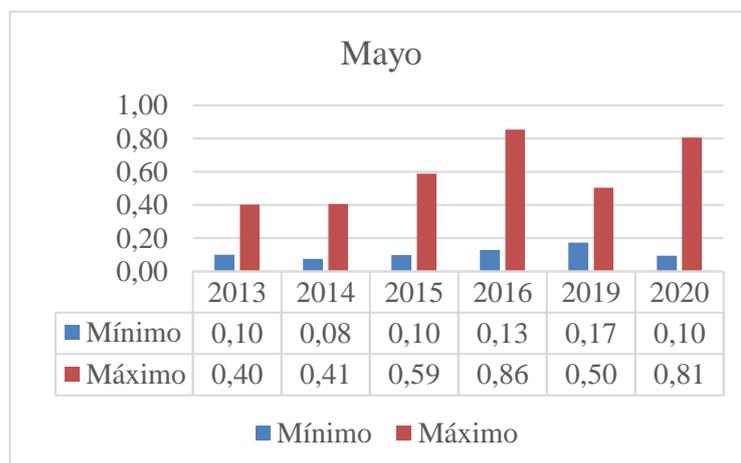


Gráfico 49-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el siguiente (Gráfico 49-3) se observa las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema Bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos, observamos que el valor más alto corresponde al año 2019

con 0.17 mientras que el valor más bajo se presenta en el año 2014 con 0,08, para los años 2013, 2015 y 2020 podemos mirar que poseen el mismo valor de 0,10, por otra parte, vemos que el valor máximo más alto es para el año 2016 con 0,86 y el año 2013 presenta el valor más bajo con 0.40 para el año 2014 existe un pequeño ascenso a 0,41. (Salta, 2012: pp. 4-5), menciona que frente a las variaciones de lluvia existentes, la vegetación también presenta variación y estabilidad baja, pudiendo deberse a la capacidad de detención de radiación y captura de carbono de estos bosques.

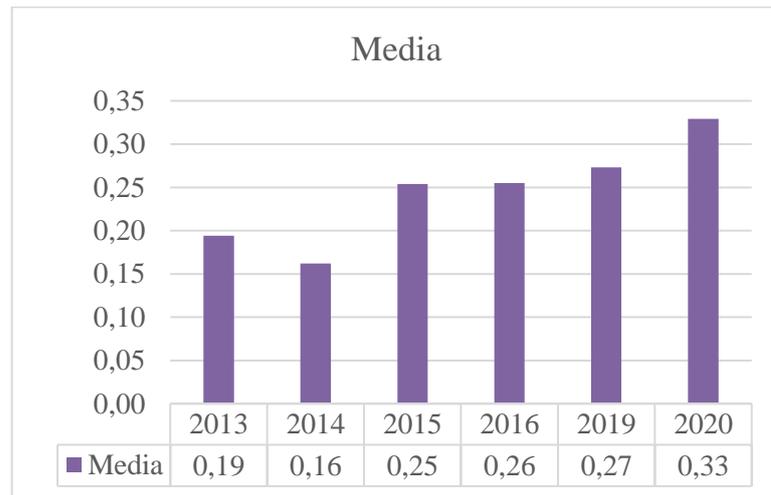


Gráfico 50-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01 del mes de mayo.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 50-3) para el año 2013 tiene un valor más bajo de 0.19, mientras en el año 2014 desciende a 0,16, para los años 2015, 2016 y 2019 se nota un leve ascenso de 0,25; 0,26; 0,27 seguidamente, la media representativa es en el año 2020 de 0.33.



Gráfico 51-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con el (Gráfico 51-3) muestran un mismo valor de 0,04 en los años 2013 y 2020, para el año 2014 observamos el valor más bajo de 0,03 y el valor que sobresale es el año 2020 con 0,10.

3.3.2.6. Variables estadísticas del mes de junio

Se muestra en la (Tabla 18-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de junio para el ecosistema BsSn01.

Tabla 18-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de junio.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,16	0,63	0,24	0,08
2014	0,23	0,59	0,34	0,05
2015	0,08	0,63	0,18	0,05
2016	0,05	0,80	0,20	0,09
2017	0,15	0,38	0,28	0,04
2018	0,02	0,44	0,18	0,07
2020	0,07	0,74	0,18	0,09

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

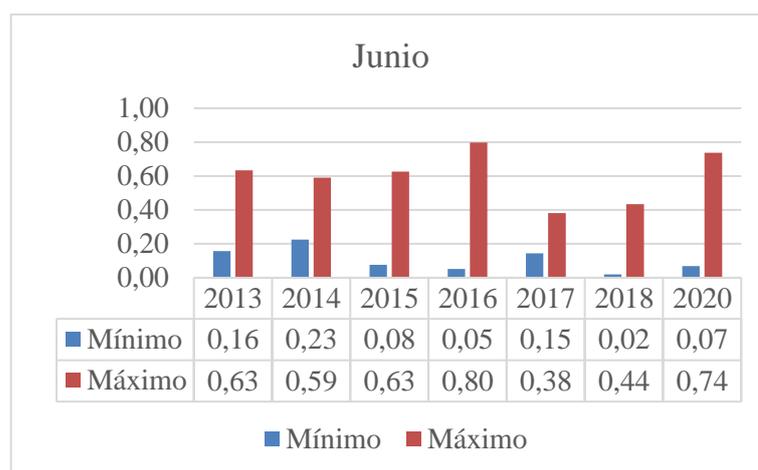


Gráfico 52-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Podemos apreciar en el (Gráfico 52-3) las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema Bosque siempre verde del páramo,

en el análisis de los valores mínimos se puede observar que el valor más alto es para el año 2014 de 0,23 mientras que el valor más bajo se presenta en el año 2018 con 0,02, por otra parte, observando los valores máximos el más alto es para el año 2016 con 0,80; en los años 2013 y 2015 mantienen valores de 0,63 y el valor más bajo es para el año 2017 de 0,38, valores que concuerdan con los de (Chamba y Armando, 2015: p. 24) con un rango de 0,051 a 0,906, lo que significa que su vegetación tiene un componente temporal muy marcado y muy desigual a lo largo del año.

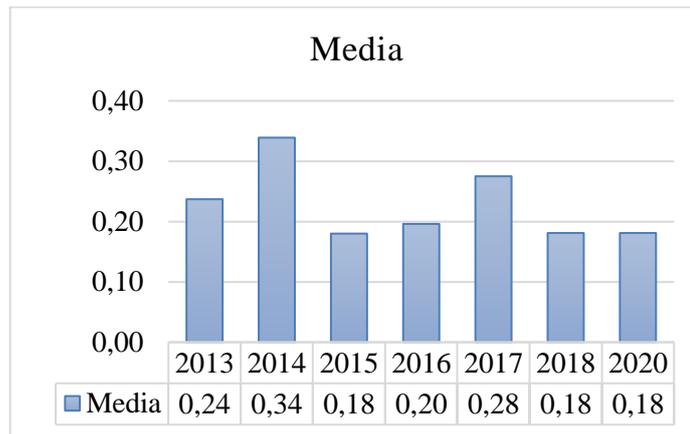


Gráfico 53-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

La media del (Gráfico 53-3), son los más bajos para los años 2015, 2018 y 2020 con un mismo valor de 0.18, mientras en el año 2014 posee la media más alta de 0.34, se puede ver que para el año 2017 su valor es de 0,28.

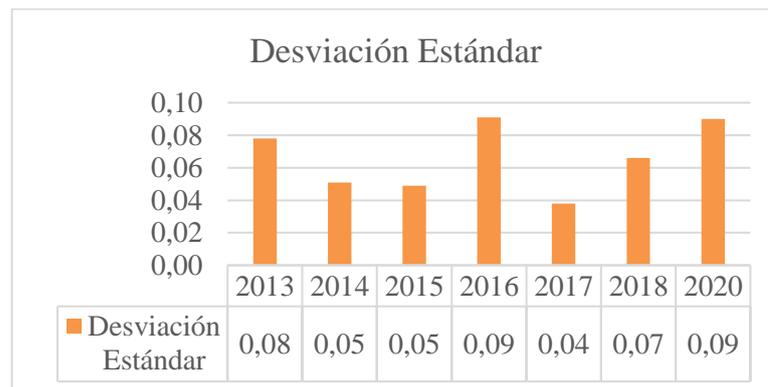


Gráfico 54-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, para el mes de junio.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con el (Gráfico 54-3) tienen un mismo en los años 2014, 2015 de 0,05, los años 2016 y 2020 también tienen valores iguales de 0,09 colocándolos como los más altos del mes de junio y finalmente el año con menor valor es el 2017 con 0,04.

3.3.2.7. Variables estadísticas del mes de julio

Se muestra en la (Tabla 19-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de julio para el ecosistema BsSn01.

Tabla 19-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de julio.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,17	0,53	0,31	0,05
2014	0,12	0,85	0,31	0,07
2015	0,04	0,67	0,29	0,12
2017	0,08	0,68	0,19	0,05
2018	0,14	0,71	0,21	0,07
2019	0,16	0,69	0,22	0,06
2020	0,04	0,81	0,40	0,10

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

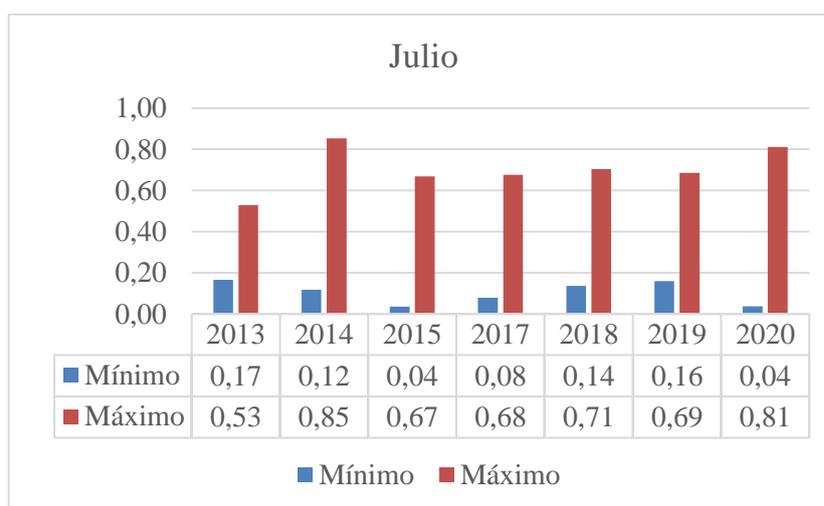


Gráfico 55-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se puede apreciar en el (Gráfico 55-3) las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos observamos que se mantiene valores de 0,04 en los años 2015 y 2020 que son los más bajos y que el valor más alto corresponde al año 2013 con 0.17 mientras el valor máximo más alto corresponde al año 2014 con 0,85 y el más bajo es para el 2013 con 0,53. (Borja, 2020: p. 64) menciona que en esta zona predomina el clima pluvial húmedo, así, el EVI en esta área puede deberse a esta particularidad climática.

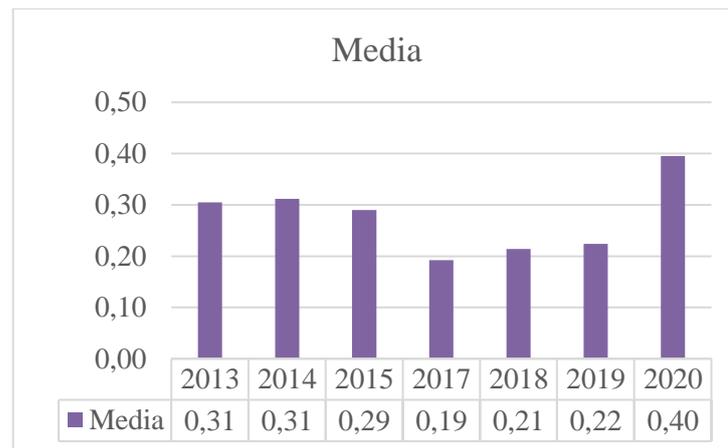


Gráfico 56-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como se observa en el (Gráfico 56-3) para los años 2013, 2014 tienen un mismo valor de 0.31, mientras en el año 2015 de 0.29, desciende su valor en el año 2017 con 0,19 siendo el más bajo y asciende en el año 2018 a 0,21 y en 2019 a 0,22 la media representativa es en el año 2020 con 0,40.



Gráfico 57-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En el presente (Gráfico 57-3) en los años 2013, 2017 vemos valores iguales de 0,05, para los años 2014 y 2018 asciende a 0,07, en el año 2019 se observa una poca disminución de 0,06, para el año 2020 asciende notablemente a 0,10 pero el año que sobresale es el 2015 con un valor de 0,12.

3.3.2.8. Variables estadísticas del mes de agosto

Se muestra en la (Tabla 20-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de agosto para el ecosistema BsSn01.

Tabla 20-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de agosto.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,14	0,33	0,20	0,02
2014	0,12	0,38	0,20	0,04
2015	0,12	0,30	0,19	0,02
2016	0,09	0,42	0,20	0,03
2017	0,06	0,77	0,21	0,07
2018	0,10	0,61	0,32	0,06
2019	0,13	0,86	0,21	0,07
2020	0,13	0,76	0,26	0,08

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

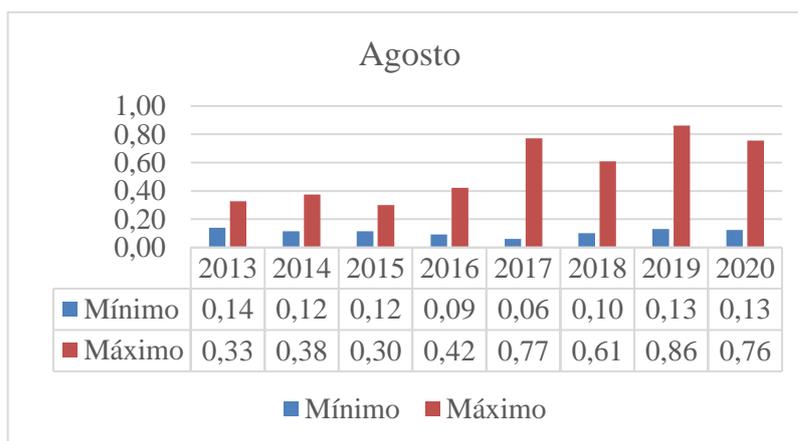


Gráfico 58-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se puede apreciar en el (Gráfico 58-3) las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos se puede observar que los años 2014 y 2015 mantienen valores de 0,12 al igual que los años 2019, 2020 de 0,13; el valor más alto corresponde al año 2013 con 0.14 mientras que el valor más bajo se presenta en el año 2017 con 0,06, por otra parte, observando el valor máximo más alto es para el año 2019 con 0,86 y el más bajo es el año 2015 con un valor de 0,30. Estos resultados concuerdan con (Anaya, Chuvieco y Palacios, 2008: p. 18) en el cual menciona que en la época lluviosa del mes de agosto, el verdor de la biomasa va en aumento, gracias a los cambios de su precipitación.

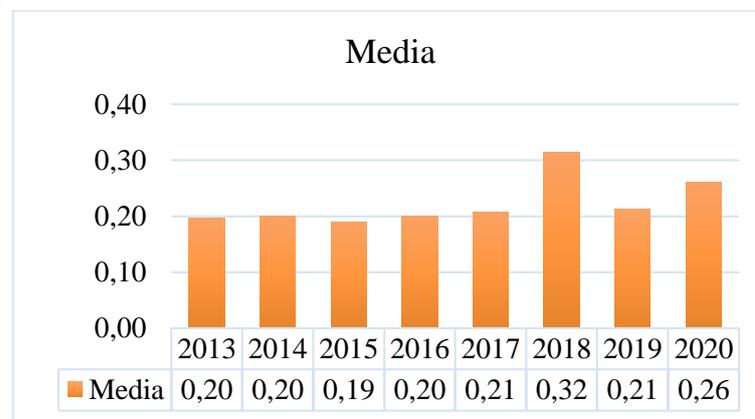


Gráfico 59-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en la (Gráfica 59-3) para los años 2013, 2014 y 2016 tienen un mismo valor de 0.20, al igual que los 2017, 2019 con 0,21 mientras en el año 2015 tiene el valor más bajo de 0.19 y la media representativa es en el año 2018 de 0.32.

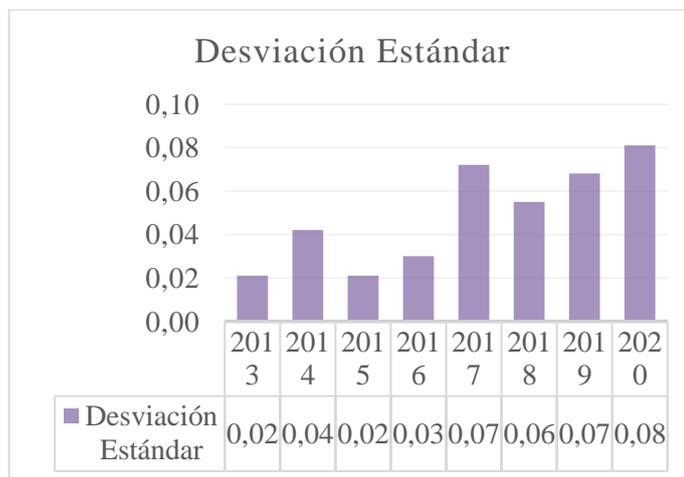


Gráfico 60-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se puede apreciar en el (Gráfico 60-3), un mismo valor para los años 2013, 2015 de 0,02 los mismo que son los más bajos del mes, para los años 2017 y 2019 también se observa que tienen un mismo valor de 0,07 para el año 2020 se mira un leve ascenso a 0,08 siendo este el más alto.

3.3.2.9. Variables estadísticas del mes de septiembre

Se muestra en la (Tabla 21-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de septiembre para el ecosistema BsSn01.

Tabla 21-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de septiembre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,11	0,43	0,20	0,03
2014	0,10	0,46	0,19	0,04
2015	0,05	0,58	0,23	0,07
2016	0,10	0,59	0,23	0,05
2017	0,10	0,75	0,39	0,07
2018	0,11	0,69	0,26	0,09
2019	0,14	0,61	0,23	0,06
2020	0,10	0,57	0,19	0,06

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

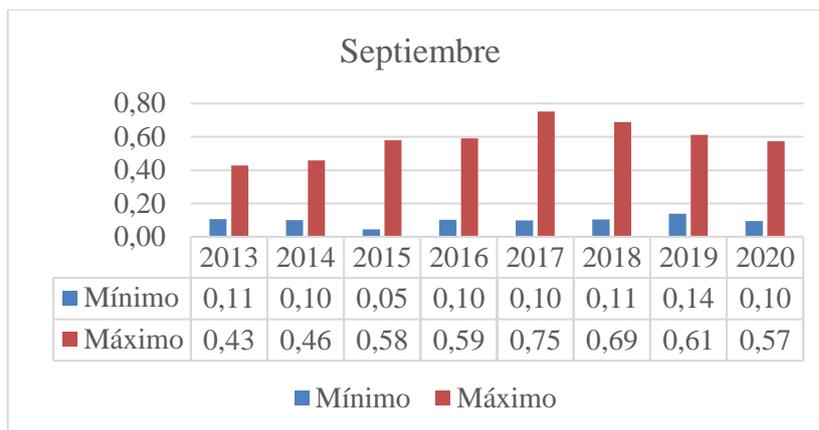


Gráfico 61-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Observamos en el (Gráfico 61-3) las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos observamos valores iguales en los años 2014, 2016, 2017 y 2020 de 0,10, al igual que los años 2013, 2018 con 0,11 el año con el valor más alto es para el 2019 con 0,14 y el más bajo para el año 2015 con un valor de 0,05 seguido observando los valores máximos el más alto es para el año 2017 con 0,75 y más bajo para el año 2013 de valor 0,43.

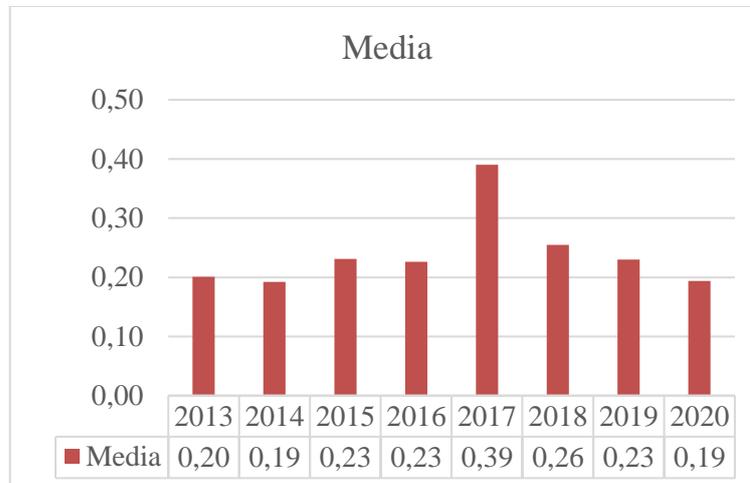


Gráfico 62-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con la media se observa en el (Gráfico 62-3) los años 2015, 2016 y 2019, un mismo valor de 0.23, mientras que para los años 2014 y 2020 descienden a 0.19, poniéndolos como los más bajos del mes de septiembre, en el año 2017 encontramos el valor más alto con 0,39.



Gráfico 63-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020, para el mes de septiembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se puede observar en la (Gráfica 63-3), valores iguales en los años 2015, 2017 de 0,07 y disminuye para los años 2019 y 2020 a 0,06 el año que sobresale es el 2018 con 0,09 y el de menor valor es el año 2013 con 0,03.

3.3.2.10. Variables estadísticas del mes de octubre

Se muestra en la (Tabla 22-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de octubre para el ecosistema BsSn01.

Tabla 22-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de octubre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,06	0,36	0,18	0,04
2014	0,14	0,75	0,41	0,06
2015	0,18	0,57	0,33	0,07
2016	0,18	0,47	0,22	0,02
2017	0,12	0,76	0,27	0,11
2018	0,16	0,32	0,19	0,01
2019	0,10	0,53	0,23	0,06
2020	0,20	0,33	0,25	0,02

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

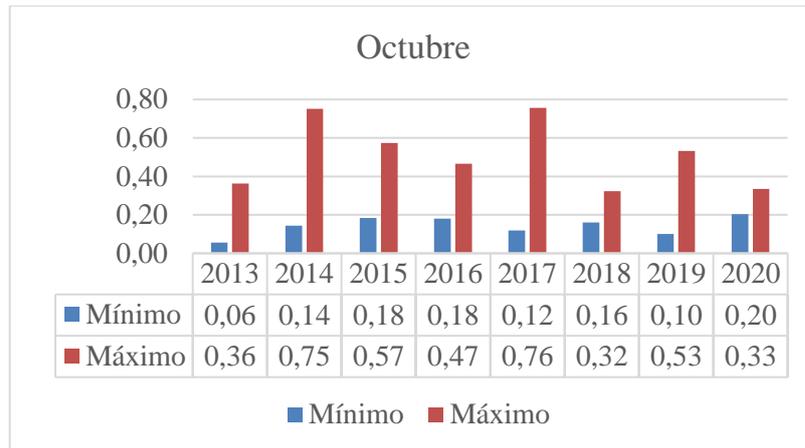


Gráfico 64-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la siguiente (Gráfica 64-3) se observa las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos se puede observar que los años 2015 y 2016 mantienen valores de 0,18 y el valor más alto corresponde al año 2020 con 0,20 y el valor más bajo se presenta en el año 2013 con 0,06, por otra parte, observando el valor máximo más alto es para el año 2017 con 0,76 y el más bajo es para el año 2020 con un valor de 0,33.

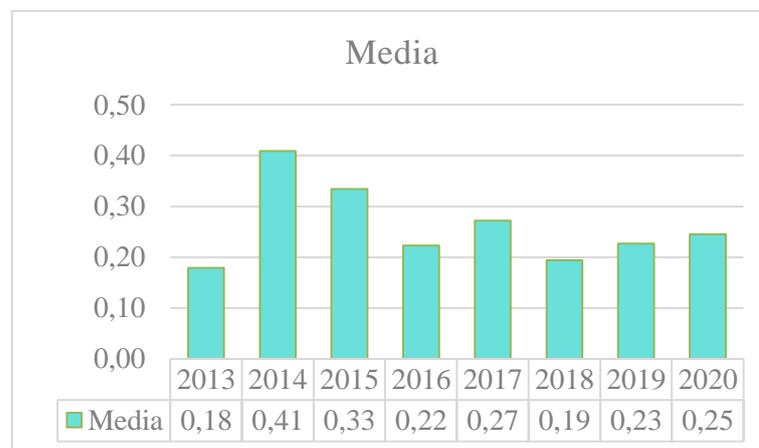


Gráfico 65-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como se observa en la (Gráfica 65-3) para el año 2013 se tiene un valor de 0,18 siendo la más baja, para el año 2014 tenemos la media representativa ya que asciende notablemente a 0,41 posterior en el año 2015 disminuye su valor a 0,33 y se puede observar que va descendiendo para el año 2016 a 0,22 nuevamente asciende para el 2017 con 0,27, se puede ver que para el año 2020 su valor es de 0,25.



Gráfico 66-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, del mes de octubre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

De acuerdo con el (Gráfico 66-3) miramos que el valor más bajo es para el año 2018 de 0,01 en los años 2016 y 2020 se observa un ligero ascenso a 0,02, el año 2017 es el que sobresale en el mes de octubre con un valor de 0,11 se observa valores iguales en los años 2014 y 2019 con 0,06 y en el 2017 un valor de 0,07.

3.3.2.11. Variables estadísticas del mes de noviembre

Se muestra en la (Tabla 23-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de noviembre para el ecosistema BsSn01.

Tabla 23-3. Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de noviembre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,14	0,40	0,20	0,03
2014	0,07	0,60	0,24	0,07
2015	0,12	0,62	0,33	0,09
2016	0,09	0,65	0,30	0,08
2017	0,12	0,88	0,23	0,07
2018	0,17	0,60	0,25	0,05
2019	0,17	0,61	0,29	0,06

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

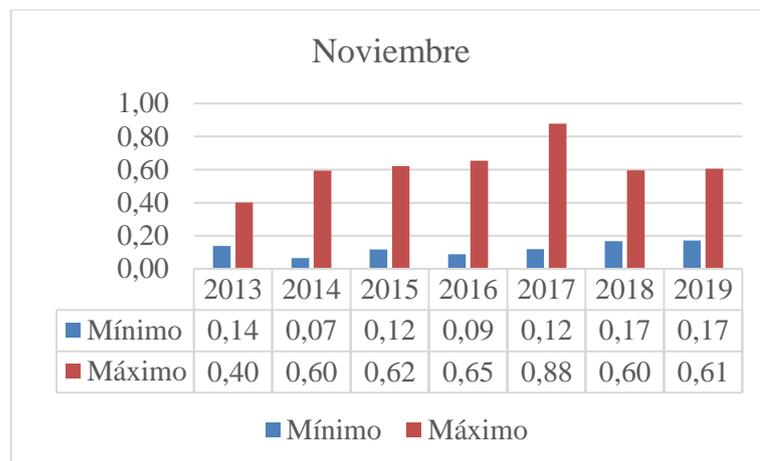


Gráfico 67-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

En la siguiente (Gráfica 67-3) se observa los diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos se puede observar que los valores más altos corresponden a los años 2018 y 2019 con valores de 0,17 y los años que mantienen el mismo valor son 2015, 2017 con 0,12 el valor más bajo se presenta en el año 2014 con 0,07, por otra parte, observando el valor máximo más alto es para el año 2017 con 0,88 y el más bajo es el año 2013 con un valor de 0,40. Afirma (Buytaert et al., 2006: p. 49), que es debido a la existencia de valores altos del EVI por lo que la vegetación que presenta es vigorosa y abundante.

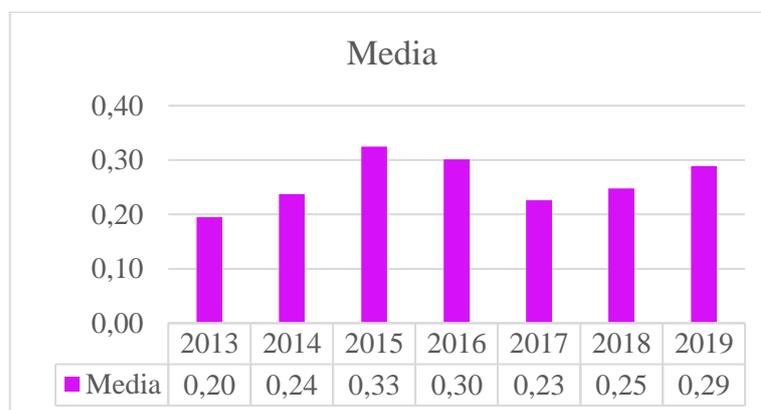


Gráfico 68-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Como podemos observar en la (Gráfica 68-3) la media más baja para el año 2013 con 0,20 y en el año 2014 hay un leve ascenso a 0,24, en el año 2015 encontramos la media más alta con 0,33, para el 2016 descendiendo a 0,30, en el 2017 encontramos un valor de 0,23 y en los siguientes años asciende a 0,25 en el 2018 y 0,29 para el 2019.



Gráfico 69-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

La (Gráfica 69-3) muestra valores iguales en los años 2014, 2017 de 0,07 en el año 2015 se encuentra el valor más alto con 0,09 para el 2016 disminuye a 0,08 y continúa así para el año 2018 a 0,05 y hay un ligero ascenso para el 2020 a 0,06, podemos decir que el año con el valor más bajo es el 2013 con 0,03.

3.3.2.12. Variables estadísticas del mes de diciembre

Se muestra en la (Tabla 24-3) los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar del mes de diciembre para el ecosistema BsSn01.

Tabla 24-3: Estadísticos descriptivos del ecosistema BsSn01, de los valores mínimos, máximos, medias y desviación estándar de diciembre.

Años	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
2013	0,13	0,37	0,20	0,04
2014	0,12	0,36	0,16	0,03
2015	0,07	0,64	0,35	0,11
2016	0,11	0,71	0,39	0,09
2017	0,15	0,61	0,38	0,07
2018	0,07	0,62	0,21	0,07
2019	0,10	0,55	0,21	0,04
2020	0,01	0,92	0,18	0,12

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

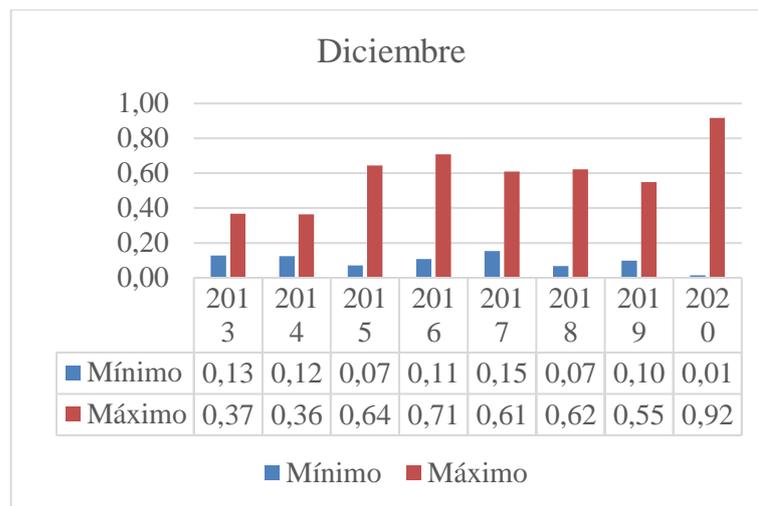


Gráfico 70-3. Valores mínimos y máximos del EVI en el Ecosistema BsSn01 del mes de diciembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se aprecia en el (Gráfico 70-3) las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el periodo de tiempo desde el 2013 a 2020 para el ecosistema bosque siempreverde del páramo, en el análisis de los valores mínimos se puede observar que el valor más alto es para el año 2017 con 0,15 y el más bajo el año 2020 con 0,01 por otra parte, observando el valor máximo más alto es para el año 2020 con 0,92 y el más bajo es el año 2014 con un valor de 0,36.

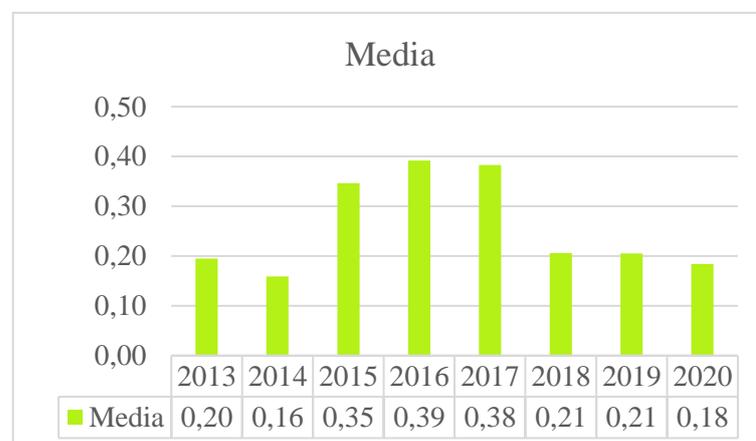


Gráfico 71-3. Valor de la media del Ecosistema BsSn01.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Se presenta en el (Gráfico 71-3) en los años 2018 y 2019 una media de 0,21, mientras que el año 2020 disminuye a 0,18, el año que tuvo mayor valor fue el 2016 con 0,39, el año 2017 no tuvo mucha diferencia ya que su valor es de 0,39, finalmente observamos que el año con menor valor es el 2014 con 0,16.



Gráfico 72-3: Valores de la Desviación estándar para el ecosistema BsSn01, para el mes de diciembre.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Podemos observar en el (Gráfico 72-3) que el valor mayor es para el 2020 con 0,12 se puede mirar que no existe mucha diferencia con el año 2015 ya que este tiene un valor de 0,11, en los próximos años vemos que va descendiendo, para el 2016 se tiene 0,09 en los años 2017 y 2018 con 0,07, en el 2019 y 2013 tienen un valor de 0,04 y finalmente el valor menor es para el año 2014 con 0,03.

3.4. Comparación del EVI promedio anual por ecosistema

En la presente (Tabla 25-3), se muestra la comparación del EVI promedio anual de cada ecosistema estudiado en esta investigación en el periodo 2013-2020. Se tomó en cuenta la precipitación histórica obtenida en el estudio Informe cuatrimestral de la subcuenca del río Chambo, obtenida por (Lara, 2021, pp. 5-6).

Tabla 25-3: Comparación del EVI promedio mensual por ecosistema.

Meses	Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo	Bosque siempreverde del páramo	Pp/historica
Enero	0,29	0,25	59,42
Febrero	0,34	0,26	94,53
Marzo	0,30	0,24	109,23
Abril	0,31	0,25	120,09
Mayo	0,32	0,24	105,16
Junio	0,31	0,23	99,77
Julio	0,32	0,28	86,83
Agosto	0,32	0,22	67,67
Septiembre	0,31	0,24	77,39
Octubre	0,36	0,26	84,66
Noviembre	0,35	0,26	84,54
Diciembre	0,36	0,26	54,49
Promedio	0,324	0,249	86,981

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.4.1. Comparación del EVI mensual en la época seca y lluviosa del Ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

Se observa en el (Gráfico73-3) que el índice de vegetación mejorada disminuye en el mes de abril con 0,31 en la época lluviosa cuando la precipitación es mayor con un valor de 109 mm, mientras que en el mes de octubre el índice aumenta a 0,36 en la época seca cuando la precipitación disminuye a 84,7 mm.

Se distingue que el EVI es inversamente proporcional a la precipitación, esto se debe a las prácticas agrícolas realizadas en el ecosistema, debido a que la época de siembra empieza en la época lluviosa y el EVI disminuye, mientras que en la época seca el EVI aumenta obteniendo una vegetación más sana.

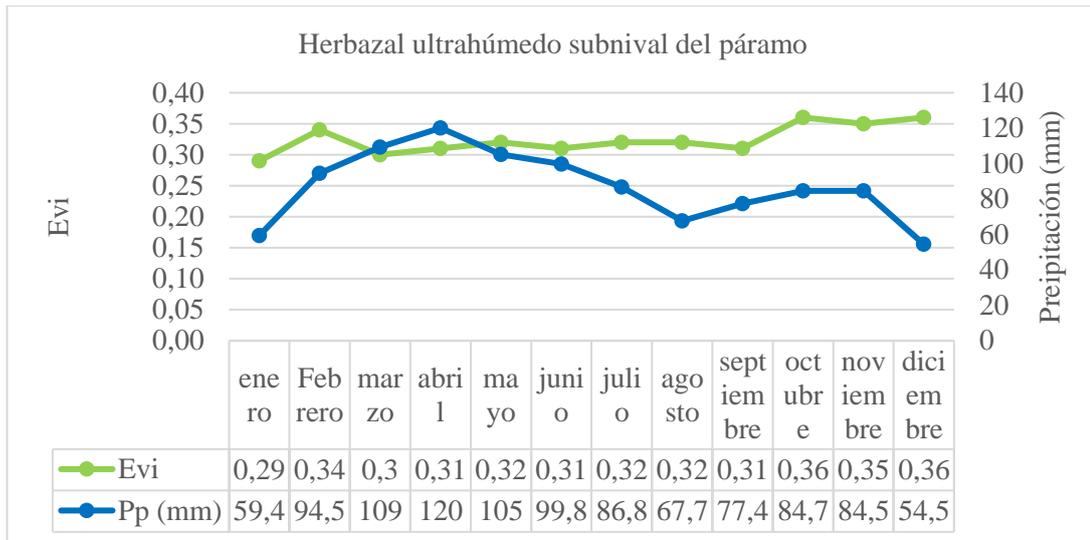


Gráfico 73-3: Comparación del EVI mensual del Ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.4.2. Comparación del EVI mensual del Ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Se observa en el (Gráfico74-3) que el índice de vegetación mejorada (Evi) disminuye en el mes de agosto con 0,22 cuando la precipitación es de 67,67 mm, mientras que en el mes de julio el índice aumenta con 0,28 cuando la precipitación es de 86,83 mm. Estos datos no muestran una relación entre el Evi y la precipitación debido a que la vegetación aumenta independientemente de la cantidad de precipitación en el bosque siempre verde del páramo afirma (Gallegos y Barriga, 2019: p. 130).

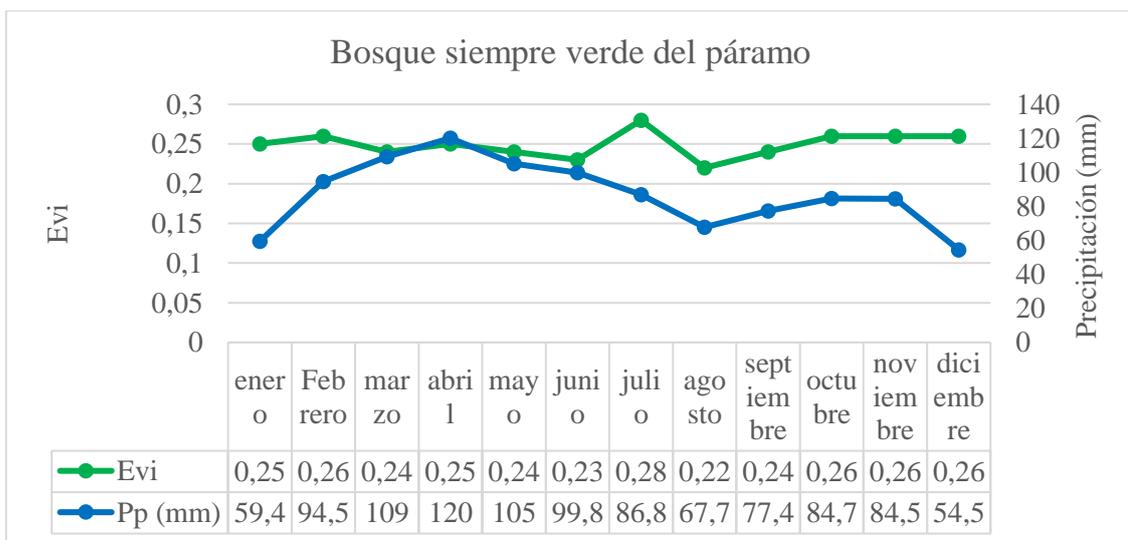


Gráfico 74-3: Comparación del EVI mensual del Ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.5. Análisis de la serie de tiempo mediante la metodología Mann Kendall Simple

Utilizamos el software TREND para realizar el análisis de las tendencias temporales de EVI, para ello se utilizó la prueba de tendencia Mann-Kendall, se analizó los resultados y procedimos a extraer los valores de los meses mencionados de cada año de estudio correspondientes a los dos ecosistemas comparando los diferentes gráficos temporales durante los periodos 2013-2020 con la finalidad de conocer su comportamiento del índice EVI.

3.5.1. Análisis de meses Sin Tendencia del ecosistema HsNn02.

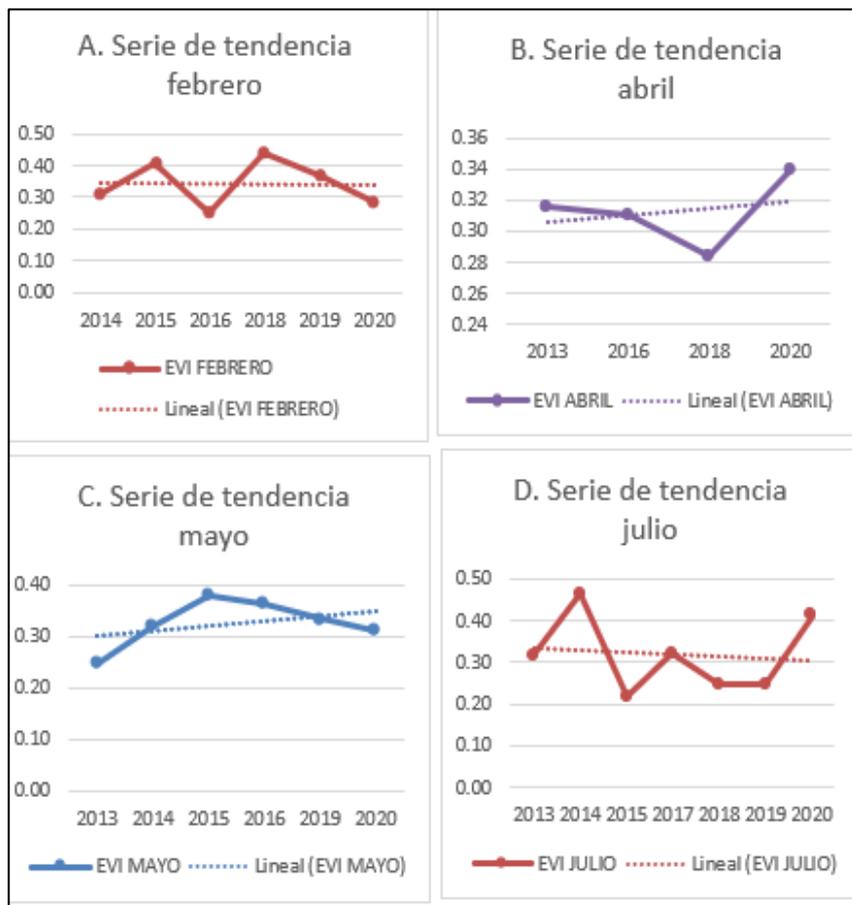


Figura 9-3. Series sin tendencia de los meses enero a diciembre, para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

A continuación, en la (Figura 9-3) se observa el análisis de los meses Sin tendencia del ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo en el período 2013-2020, obteniendo como resultado los meses de febrero, abril, mayo y julio.

El estudio de los meses (Figura 9-3) de febrero (A) en los años 2014, 2015, existe una constante con un valor EVI de 0,31, a diferencia del año 2016 donde existe un descenso a 0,25, continuamos con el mes de abril (B) donde existe un valor de EVI de 0,32 en los años 2013, 2016 y desciende su valor a 0,28 en el año 2018. Para el mes de mayo (C) iniciamos con un EVI de 0,25 en el año 2013 y asciende su valor a 0,38 en el año 2015 y disminuye su valor desde el año 2016 de 0,36 a 0,31 en el año 2020. Finalmente, para el mes de julio (D) se nota que para el año 2014 cuenta con un valor pico de 0,47 y desciende notablemente en el año 2015 a 0,22 en los años 2018 y 2019 observamos valores constantes del EVI de 0,25.

Tabla 26-3: Resultados sin Tendencia del Test Mann Kendall para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

MESES	CALCULO <i>Z</i>	TENDENCIA $\alpha= 0,05$	SIGNIFICANCIA
Febrero	0	0,49	ST
Abril	0	0,294	ST
Mayo	0	0,49	ST
Julio	0	0,588	ST

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El análisis de Mann – Kendall Simple de los meses mencionados muestra que no cuenta con una tendencia significativa, el presente estudio se realizó con una confiabilidad del 95% y un $\alpha= 0,05$ y presenta el siguiente análisis (Tabla 26-3).

3.5.2. Análisis de Tendencias No Significativas Crecientes, ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

En la (Figura 10-3) se observa el análisis de la serie de tendencia no significativa creciente del ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo en el período 2013-2020, obteniendo como resultado los meses de enero y marzo.

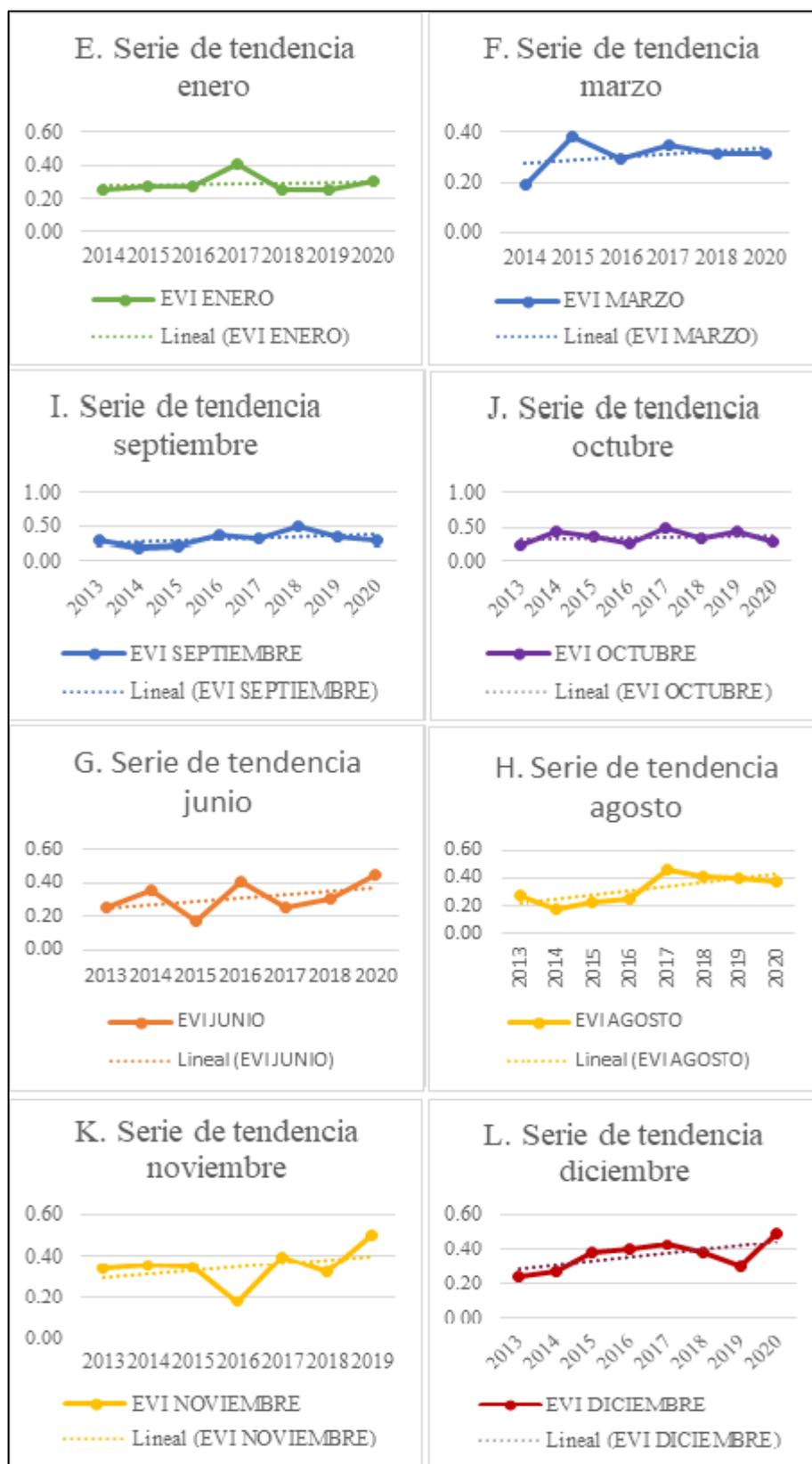


Figura 10-3. Serie de tendencias no significativas crecientes para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El estudio de los meses (Figura 10-3) de enero (E) iniciamos en el año 2014 con un valor EVI de 0,25 y para los años 2015, 2016 existe un leve ascenso y se tienen valores constantes de 0,28 al igual que en los años 2018, 2019 donde son constantes con un valor de 0,26 a diferencia del año 2017 donde existe un valor pico de 0,41, seguimos con el mes de marzo (F) donde iniciamos con el año 2014 con un valor EVI muy bajo de 0,19 y asciende notablemente para el año 2015 a 0,38, en los años 2018 y 2020 existe constancia en sus valores de 0,31, para el mes de junio (G) muestra un valor alto EVI de 0,41 en el año 2020 y un EVI bajo en el 2015 de 0,17, se observa en el mes de agosto (H) un repunte de un valor 0,46 y en los años 2018, 2019 un valor EVI constante de 0,41, por otra parte para el mes de septiembre (I) el valor EVI más alto es para el año 2018 con 0,49 mientras que en los años 2014 y 2015 existe valores EVI constantes de 0,19, se puede diferenciar en el mes de octubre (J) que su valor más alto es para el año 2017 con 0,50 y el más bajo es de 0,23 para el año 2013, seguidamente observamos el mes de noviembre (K) donde el EVI más bajo es en el año 2016 con 0,18 y para el año 2019 su valor EVI crece notablemente a 0,50, los años 2014 y 2015 mantienen un EVI constante de 0,35, para finalizar vemos en el mes de diciembre (L) que el año 2013 inicia con un valor bajo de 0,25 y va ascendiendo de a poco hasta llegar al año 2019 a un valor EVI de 0,49.

En la siguiente (Tabla 27-3) se detallan los resultados de Tendencias no significativas crecientes obtenidos en el Test de Mann Kendall, para el período 2013-2020.

Tabla 27-3: Resultados de Tendencias No Significativas Crecientes del Test Mann Kendall para el ecosistema HsNn02, período 2013-2020.

MESES	CALCULO Z	TENDENCIA $\alpha= 0,05$	SIGNIFICANCIA
Enero	0,751	0,588	TNSC
Marzo	0,188	0,49	TNSC
Junio	1,051	0,588	TNSC
Agosto	1,113	0,686	TNSC
Septiembre	1,113	0,686	TNSC
Octubre	0,247	0,686	TNSC
Noviembre	0,751	0,588	TNSC
Diciembre	1,732	0,686	TNSC

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El análisis de Mann – Kendall Simple de los meses mencionados muestra que no cuenta con una tendencia significativa, el presente estudio se realizó con una confiabilidad del 95% y un $\alpha= 0,05$ y presenta el siguiente análisis (Tabla 27-3).

3.6. Series de tendencias desde enero a diciembre para el ecosistema Bosque Siempreverde del Páramo.

3.6.1. Análisis de meses Sin Tendencia, período 2013-2020.

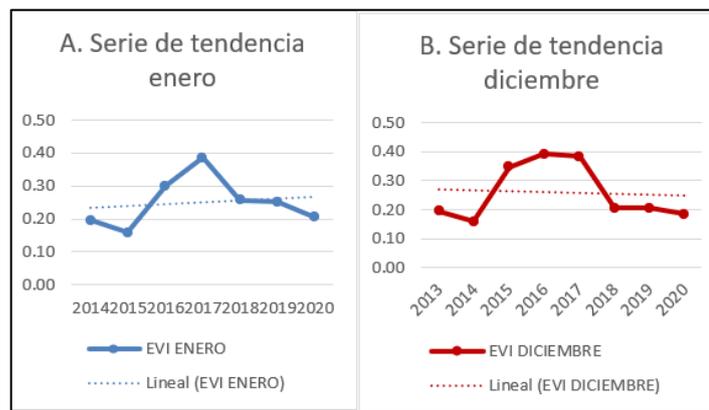


Figura 11-3. Serie sin tendencias para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2021

En la (Figura 11-3) se observa en el mes de enero (A) en los años 2018 y 2019 existe una constante con un valor EVI de 0,25, a diferencia para el año 2017 donde se observa un pico de un valor de 0,39, mientras tanto para el mes de diciembre (B) mostrando una constante que va desde el año 2018 al 2019 un valor EVI de 0,21, para el año 2020 existe un leve descenso a 0,18 y su valor EVI más alto es el año 2016 con 0,39.

En la siguiente (Tabla 28-3) se detallan los resultados Sin tendencias obtenidos en el Test de Mann Kendall, para el período 2013-2020.

Tabla 28-3: Resultados Sin Tendencia del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

MESES	CALCULO Z	TENDENCIA $\alpha= 0,05$	SIGNIFICANCIA
Enero	0	0.588	ST
Diciembre	0	0.686	ST

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El análisis de Mann – Kendall Simple de los meses mencionados muestra que no cuenta con una tendencia significativa, el presente estudio se realizó con una confiabilidad del 95% y un $\alpha= 0,05$ y presenta el siguiente análisis (Tabla 28-3).

3.6.2. Análisis de meses con Tendencias no significativas decrecientes, período 2013-2020.

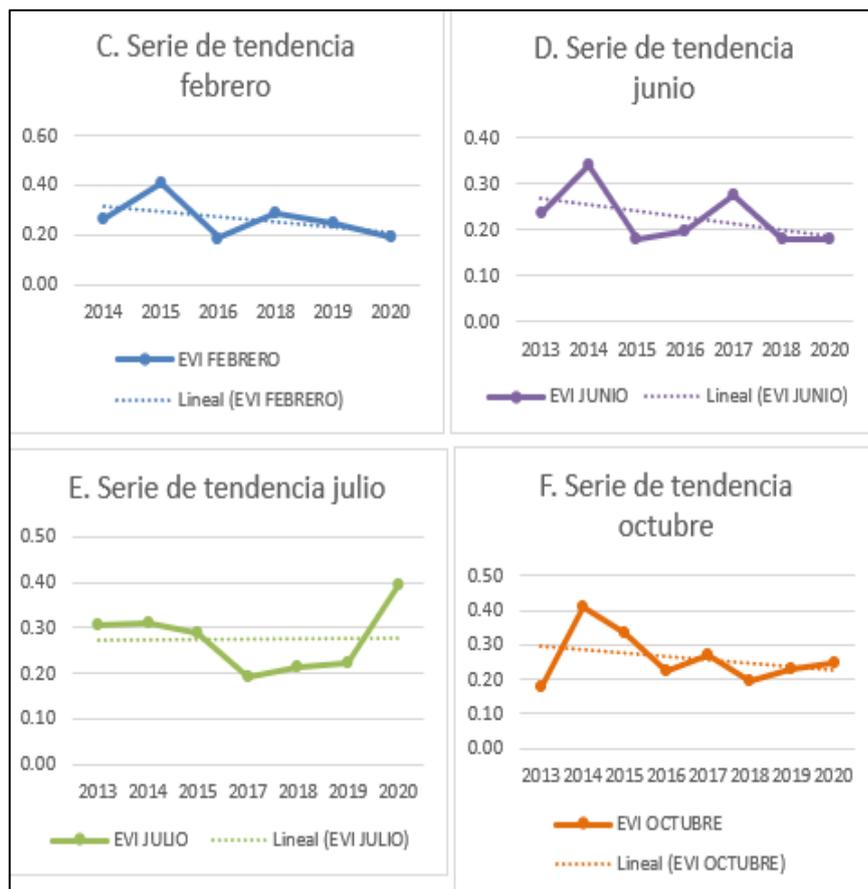


Figura 12-3. Análisis de Tendencia no significativas decrecientes del ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El estudio de los meses (Figura 12-3) de febrero (C) iniciamos en el año 2014 con un valor EVI de 0,27 y asciende notablemente para el año 2015 a 0,41 siendo el valor EVI más alto, en el año 2016 su descenso es notorio ya que llega a un valor de 0,19 y nuevamente asciende a 0,29 en el 2018, seguimos con el mes de junio (D) donde su pico es el año 2014 con un valor EVI de 0,34 y permanece constante en los años 2015, 2018 y 2020 su valor de 0,18, seguidamente en el mes de julio (E) el EVI es constante en los años 2013 y 2014 con un valor de 0,31 para el año 2017 hay una baja a 0,19y en el año 2020 asciende notablemente a 0,40, finalizamos con el mes de octubre (F) donde su valor pico es el año 2014 con un EVI de 0,41 y va descendiendo hasta el año 2016 a un EVI de 0,22, pero para el año 2020 alcanza un valor EVI de 0,25.

En la (Tabla 29-3) se detallan los resultados de Tendencias no significativas decrecientes obtenidos en el Test de Mann Kendall, para el período 2013-2020.

Tabla 29-3: Resultados con Tendencias no significativas decrecientes del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01.

MESES	CALCULO Z	TENDENCIA $\alpha= 0,05$	SIGNIFICANCIA
Febrero	-0.939	0.49	TNSD
Junio	-1.051	0.588	TNSD
Julio	-0.15	0.588	TNSD
Octubre	-0.124	0.686	TNSD

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El análisis de Mann – Kendall Simple de los meses mencionados muestra que no cuenta con una tendencia significativa, el presente estudio se realizó con una confiabilidad del 95% y un $\alpha= 0,05$ y presenta el siguiente análisis (Tabla 29-3).

3.6.3. Análisis de meses con Tendencias no significativas crecientes, período 2013-2020.

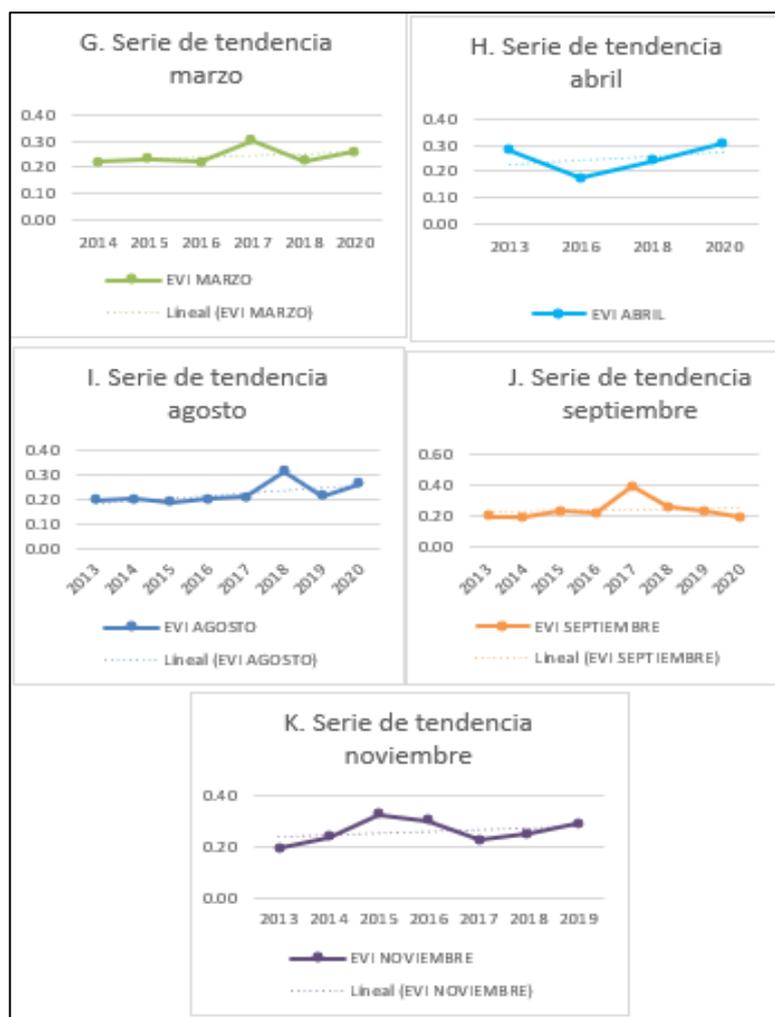


Figura 13-3. Análisis de Tendencias no significativas crecientes del ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

Para la (Figura 13-3) se observa en el mes de marzo (G) un EVI mayor de 0,30 en el año 2017 a diferencia de los años 2016 y 2018 donde se mantienen constantes con 0,22, en el mes de abril (H) iniciamos con el año 2013 un EVI de 0,28y desciende en el año 2016 a 0,18y para el año 2020 asciende notablemente a 0,31, por otra parte para el mes de agosto (I) existe un pico en el año 2018 con 0,32 y para los años 2013, 2014, 2015 y 2016 mantienen un valor constante de 0,20, en el mes de septiembre observamos valores constantes en los años 2015 y 2016 de 0,23 y en el año 2017 se observa una cumbre con un valor de 0,39, para concluir en el mes de noviembre el valor EVI más alto es para el año 2015 con un valor de 0,33, baja hasta el año 2017 a un valor de 0,23 y asciende nuevamente hasta el año 2019 a 0,29.

En la siguiente (Tabla 30-3) se detallan los resultados con Tendencias no significativas crecientes obtenidos en el Test de Mann Kendall, para el período 2013-2020.

Tabla 30-3: Resultados con Tendencias no significativas crecientes del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01.

MESES	CALCULO Z	TENDENCIA $\alpha= 0,05$	SIGNIFICANCIA
Marzo	0.564	0.49	TNSC
Abril	0.34	0.294	TNSC
Agosto	1.856	0.686	TNSC
Septiembre	0.371	0.686	TNSC
Noviembre	0.601	0.588	TNSC

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El análisis de Mann – Kendall Simple de los meses mencionados muestra que no cuenta con una tendencia significativa, el presente estudio se realizó con una confiabilidad del 95% y un $\alpha= 0,05$ y presenta el siguiente análisis (Tabla 31-3).

3.6.4. Análisis de meses con Tendencia significativa creciente, período 2013-2020.

En este análisis se obtuvo como resultado el mes de mayo.

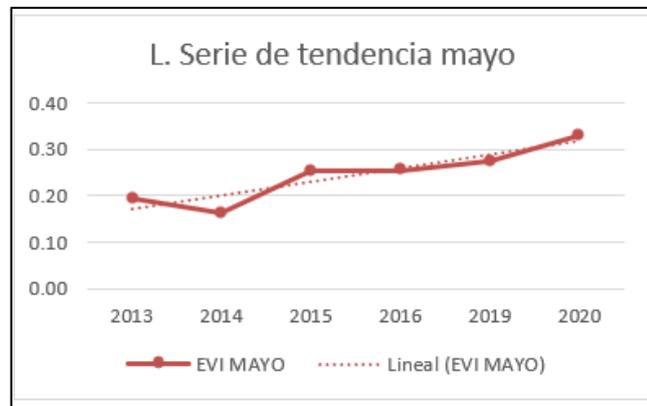


Figura 14-3. Análisis de Tendencia significativa creciente del ecosistema BsSn01, período 2013-2020.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El resultado de serie de tendencia significativa creciente corresponde sólo al mes de mayo (Figura 14-3) (L), en cuanto a su valor Z es de (2,254), iniciamos con el año 2013 donde encontramos un EVI de 0,19 y descende su valor a 0,16, para los años 2015 y 2016 sus valores permanecen constantes en 0,25 y sigue subiendo su valor hasta el año 2020 a 0,33, siendo este el valor EVI más alto.

En la (Tabla 31-3) se detallan los resultados de Tendencias significativas crecientes obtenidos en el Test de Mann Kendall, para el período 2013-2020.

Tabla 31-3: Resultados con Tendencia significativa creciente del Test Mann Kendall para el ecosistema BsSn01.

MESES	CALCULO Z	TENDENCIA $\alpha= 0,05$	SIGNIFICANCIA
Mayo	2.254	0.49	TSC

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

El análisis de Mann – Kendall Simple del mes mencionado muestra que no cuenta con una tendencia significativa, el presente estudio se realizó con una confiabilidad del 95% y un $\alpha= 0,05$ y presenta el siguiente análisis (Tabla 31-3).

3.7. Elaboración de una propuesta de medidas para el manejo y conservación de los dos ecosistemas.

Una vez determinada el índice de vegetación mejorada (EVI) de los ecosistemas HsNn02 y BsSn01 se realizó un esquema en el cual se muestran las propuestas enfocadas en un plan de manejo y conservación de los ecosistemas en estudio (Tabla 32-3).

Tabla 32-3: Esquema general de manejo y conservación de ecosistemas

Ecosistema	Actividad	Especificaciones
HsNn02	Manejo y conservación	Se planteó anexar nuevas zonas al ecosistema por medio del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, además por medio de los Gad's promover campañas de educación ambiental enfocado a la preservación de páramos, haciendo hincapié en la importancia del recurso hídrico por el piso bioclimático del ecosistema.
BsSn01	Manejo y conservación	Promover campañas de educación ambiental enfocado a la preservación de páramos, haciendo hincapié en la importancia del recurso hídrico y el almacenamiento de CO ₂ . De esta manera, el proyecto Dimatez de la ESPOCH aporta con estudios académicos e impulsar a entidades privadas a sumarse al proyecto de conservación para ambos ecosistemas.

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.7.1. Alternativa a la conservación de especies de los ecosistemas

Como una alternativa se presenta un plan de reforestación tomando en cuenta las especies nativas y endémicas de cada ecosistema (Tabla 33-3).

En cuanto se refiere a los ecosistemas Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo y Bosque siempreverde del páramo se planteó una reforestación y forestación de las áreas sin generación, siempre y cuando este controlada.

Tabla 33-3: Distribución de especies de acuerdo con el ecosistema.

Ecosistema	Actividad	Especies
HsNn02	Reforestación	<i>Calamagrostis ecuadoriensis, Draba spruceana, Festuca asplundii, Geranium siboldioides, Huperzia rufescens, Lachemilla holosericea, Loricaria complanata, Luzula gigantea, Nertera granadensis, Xenophyllum sotarense.</i>
BsSn01	Reforestación	<i>Buddleja incana, B. pichinchensis, Columellia oblonga, Escallonia myrtilloides, Gynoxys acostae, G. cuicochensis, G. hallii, Hesperomeles ferruginea, H. obtusifolia, Myrsine andina, Oreopanax andreanus, Polylepis incana, P. lanuginosa, P. microphylla, P. pauta, P. reticulata.</i>

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.7.2. Actores involucrados

Tabla 34-3: Estudio de involucrados

Diseñar medidas de conservación en los ecosistemas BsNn01 y HsNn02.				
Instituciones	Competencias y Funciones	Interés	Fortalezas	Restricciones
MAATE	COA El artículo 1 del Código Orgánico del Ambiente, establece que sus disposiciones regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.	Protección de herbazales y páramos	Personal especializado. Movilidad. Equipos tecnológicos.	Presencia de la institución limitada. Limitado financiamiento económico.
ESPOCH/FRN	La ESPOCH junto a la Facultad de Recursos Naturales dentro de sus estatutos, indican: Formular planes y proyectos sostenibles mediante trabajo en equipo que resuelvan necesidades en el ámbito forestal considerando leyes y reglamentos emitidos por el MAATE articulado con el Plan Nacional.	Investigación de ecosistemas.	Personal especializado. Equipo técnico. Equipos tecnológicos. Fondos para capacitaciones.	Movilidad. Presencia de la institución limitada.

GAD Cantonal de Penipe	COOTAD Art. 55. b) Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón. d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento j) Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley ambiental y aquellos que establezca la ley.	Conservación de ecosistemas.	Equipo técnico. Fondos para capacitaciones. Movilidad.	Falta de incentivos. Presencia de la institución limitada.
GAD Cantonal de Guano	COOTAD Art. 55. b) Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón. d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento j) Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley ambiental y aquellos que establezca la ley.	Conservación de ecosistemas.	Equipo técnico. Fondos para capacitaciones. Movilidad.	Falta de incentivos. Presencia de la institución limitada.
GAD Cantonal de Alausí	COOTAD Art. 55. b) Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón.	Conservación de ecosistemas.	Equipo técnico. Fondos para capacitaciones.	Falta de incentivos. Presencia de la institución limitada.

	<p>d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento</p> <p>j) Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley ambiental y aquellos que establezca la ley.</p>		Movilidad.	
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------	--

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.7.3. Plan de trabajo general

Para lograr la conservación y reforestación de ambos ecosistemas, se planteó un plan de trabajo tal como se puede observar en la Tabla (35-3).

Tabla 35-3: Plan de trabajo general.

Proyecto	Objetivo	Localización	Proyectos	Meta	Costos (USD)	Responsables
Plan de Manejo y Conservación de los ecosistemas HsNn02 y BsSn01	Manejar de forma técnica los ecosistemas.	Provincia de Chimborazo, subcuenca del río Chambo.	1. Reforestación. 2. Educación ambiental. 3. Investigación.	-A los cinco años realizar una reforestación y forestación controlada. -Al año realizar tres charlas de educación ambiental. -Al año realizar investigaciones académicas por parte de la Universidad.	6024,91	-GAD -MAE -ESPOCH-FRN

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.7.4. Proyecto de reforestación.

3.7.4.1. Reforestación y Forestación.

Con la finalidad de aumentar la vegetación y el índice de vegetación mejorada se planteó reforestar con plantas endémicas y nativas propias de la zona de cada ecosistema, esto realizado con las comunidades cercanas a los ecosistemas (HsNn02 y BsSn01), se plantea anexar a esta actividad al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición por medio de las siguientes actividades:

- Construcción de un vivero
- Capacitación al personal (miembros de la comunidad)
- Técnicas de reproducción de especies nativas y endémicas
- Reforestar las zonas que lo requieran

3.7.4.2. Recurso material y financiero

La ejecución de la propuesta en el Plan de Manejo y Conservación de los ecosistemas Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo y Bosque siempreverde del páramo. Alcanzando un impacto positivo en la preservación de los hábitats. Para lo cual se debe aplicar de forma correcta y oportuna las labores culturales, garantizando una preservación exitosa, manteniendo una guía técnica para alcanzar la meta propuesta (Tabla: 36-3).

Tabla 36-3: Presupuesto reforestación por ecosistema.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor total (USD)
Técnico forestal	1	1412,00	1412,00
Auxiliar de servicios	3	527,00	1581,00
Creación de un vivero			
Azadón	2	13,00	26,00
Sustrato	3	5,00	15,00
Tamizador	1	7,00	7,00
Mangueras	1	12,00	12,00
Fundas (x 100)	2	1,50	3,00
Sarán (4 m x 10 m)	2	60,00	120,00
Pala	2	6,00	12,00
Capacitaciones			
Trípticos	50	0,25	12,50
Refrigerios	50	1,00	50,00
Subtotal			3250,50
Imprevistos (5%)			162,53
TOTAL			3413,03

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.7.5. Proyecto de educación ambiental.

3.7.5.1. Educación Ambiental

Realizar charlas dirigidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica junto con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Penipe, Alausí, Guano para el ecosistema BsSn01 y Guano para el ecosistema HsNn02, con el fin de dar a conocer los beneficios que proporcionan los ecosistemas enfocados en los recursos hídricos, forestación y reforestación, así como también promover su preservación.

3.7.5.2. Recurso material y financiero

La ejecución de la propuesta en el Plan de Manejo y Conservación de los ecosistemas Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo y Bosque siempreverde del páramo. Mediante educación

ambiental, optimizando los recursos económicos, manteniendo una guía técnica para alcanzar la meta propuesta (Tabla: 37-3).

Tabla 37-3: Presupuesto de educación ambiental por ecosistema.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor total (USD)
Educación ambiental, forestación y reforestación			
Primer año			
Capacitación	Jornal	3	62,50
Reforestación	500	0,25	125,00
Segundo año			
Capacitación	Jornal	3	62,50
Reforestación	1000	0,25	250,00
Quinto año			
Capacitación	Jornal	3	62,50
Reforestación	500	0,25	125,00
Subtotal			687,50
Imprevistos (5%)			34,38
TOTAL			721,88

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.7.6. Proyecto de investigación.

3.7.6.1. Investigación

Realizar investigaciones por medio de trabajos de integración curricular a través de la Facultad de Recursos Naturales mediante los diferentes proyectos que se vayan construyendo en el transcurso de los programas de la academia también a través de estos trabajos de integración proponer artículos científicos que sirvan a la comunidad académica estudiantil y población en general que sirvan de modelo de ejecución de proyectos dentro de la provincia.

3.7.6.2. Recurso material y financiero

La ejecución de la propuesta en el Plan de Manejo y Conservación de los ecosistemas Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo y Bosque siempreverde del páramo. Optimizando los recursos académicos para una obtención de investigaciones para alcanzar la meta propuesta (Tabla: 38-3).

Tabla 38-3: Presupuesto de investigación por ecosistema.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor total (USD)
Investigación académica			
Primer año			
Trabajos de Integración	1	4	400
Artículos	1	2	200
Segundo año			
Trabajos de Integración	1	4	400
Artículos	1	2	200
Quinto año			
Trabajos de Integración	1	4	400
Artículos	1	2	200
Subtotal			1800,00
Imprevistos (5%)			90,00
TOTAL			1890,00

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.8. Comprobación de la hipótesis

La determinación de la hipótesis se realizó utilizando el software TREND y la prueba estadística de correlación de rango de Mann Kendall que es una prueba no paramétrica ya que las muestras eran lo suficientemente grandes (generalmente $n_1 > 30$ y $n_2 > 30$). Este test ha demostrado ser conveniente, ya que permite evaluar la dirección de las variaciones y si dicha variación es significativa (Giner et al., 2012: p. 57).

Para establecer las tendencias del índice mejorado de vegetación (EVI), se utilizó la prueba de t de student y para dichas comprobaciones se aplicó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ al (95%) de confiabilidad, donde la variable de estudio a evaluar fue el índice de vegetación obtenida de los ecosistemas estudiados durante un periodo de 7 años.

El resultado de la evaluación no paramétrica determinó un z valor de $< 0,0001$ y este al ser un valor menor al 0,05 planteado, indica una tendencia estadísticamente significativa, rechazamos la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en la cual nos señala que el índice mejorado de vegetación registra tendencias significativas en el período de estudio 2013-2020. Tal como se aprecia en la (Tabla 39-3).

Tabla 39-3: Comprobación de la hipótesis.

Variable	Ecosistemas	n	Media	Mediana	Desv Std	S	P
EVI	BsSn01	12	0,25	0,25	0,02	0,05	< 0,0001
	HsN02	12	0,32	0,32	0,02		

Realizado por: Monteros Orozco, Nataly, 2022.

3.9. Discusión

El estudio de esta investigación se realizó dentro de la subcuenca del río Chambo. Donde estos ecosistemas se caracterizan por su piso bioclimático en el cual predominan vegetación nativa y endémica, tenemos el Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo con especies dominantes como *Huperzia rufescens*, *Nertera granadensis*, *Loricaria complanata*, *Calamagrostis guamanensis*, *C. ecuadoriensis*, *Draba spruceana* y *Xenophyllum sotarense* (Sklenář, 2005, pp. 416-433).

El ecosistema Bosque siempreverde del páramo presenta especies predominantes del género *Polylepis* junto con *Gynoxys spp.* y *Buddleja spp.* (Bader y Ruijten, 2008: pp. 711-723), aunque la

dominancia de estos bosques es variada, en algunos casos forman unidades dominadas por un solo género de *Polylepis* o *Gynoxys* (Hofstede et al., 1998: pp. 99-105); acorde a (Jørgensen et al., 1995: pp. 221-237), las especies típicas de estos bosques, que a menudo se presentan en bajas densidades, son *Escallonia myrtilloides*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Myrsine andina* y *Oreopanax andreanus*.

En el análisis realizado por cada ecosistema mencionado en el estudio de la subcuenca del río Chambo durante el periodo 2013-2020. El ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo, sobresale del ecosistema Bosque siempreverde del páramo por mostrar el EVI más alto dando un valor promedio de (0,324), (Tabla 25-3), Bayancela (2021, pp. 982-1000) afirma que es debido a que se encuentra en proceso de recuperación desde la creación de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Además (Maita, 2015, p. 44) menciona que la mayor actividad fotosintética son en los meses de agosto a diciembre valores que coinciden con los obtenidos por esta investigación (Tabla 25-3). Pudiendo observar dichas variaciones en las curvas crecientes y decrecientes mensuales de Mann Kendall, al analizarla para la época seca y lluviosa en el ecosistema (HsNn02) no existe tendencias significativas.

En el análisis del ecosistema Bosque siempreverde del páramo obtuvo un EVI valor promedio de (0,249), (Tabla 25-3), en el (Gráfico 75-3) se muestran picos en la temporada de lluvia en los meses de marzo y abril, y en la época seca muestran a los meses de agosto, octubre, noviembre y diciembre, teniendo así crecimientos unimodales. Estos resultados coinciden ampliamente con los de Barbosa et al. (2006) y Ramírez y Vallejo, (2008) en el que nos indica que existe una fuerte señal de la respuesta de la vegetación ante el régimen de precipitación propio de una región.

Alvear (2014, p.241) indica que la presencia de lluvia en el cantón, según datos meteorológicos, los meses que presentan mayor precipitación son enero, marzo, abril, mayo, y los meses con menor precipitación pertenecen a febrero, julio, agosto; los mismos que coinciden con los obtenidos en esta investigación para ambos ecosistemas (Gráfico 74-3) y (Gráfico 75-3).

CONCLUSIONES

Al utilizar imágenes satelitales de Landsat 8 para calcular el índice mejorado de vegetación, en el período 2013-2020 se identificó que el ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo posee el mayor promedio EVI de (0,32), esto puede deberse a que este ecosistema posee una alta cobertura vegetal, mientras que para el ecosistema Bosque siempre verde del páramo se observa un promedio EVI menor de (0,25) debido a que este ecosistema posee menor cobertura vegetativa.

Podemos concluir que al analizar la serie de tiempo utilizando la metodología de Mann Kendall simple (MK), el ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo posee tendencias no significativas crecientes en los meses de enero, marzo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre en el periodo 2013-2020; y no existen tendencias no significativas decrecientes. En el ecosistema Bosque siempreverde del páramo los meses que poseen tendencia no significativa decreciente son febrero, junio, julio y octubre; y tendencias no significativas crecientes para marzo, abril, agosto, septiembre y noviembre, podemos decir que todos estos cambios se deben a componentes climáticos y por la actividad humana. En la época seca y lluviosa podemos decir que el ecosistema que presenta tendencias no significativas decreciente es el Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo ya que posee un valor Z de (-1,714).

La metodología utilizada en esta investigación se puede aplicar a cualquier zona con características similares a nuestra área de estudio por su alta fiabilidad, permitiendo la planificación acertada de autoridades ante los cambios producidos en estos tipos de ecosistemas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar la precipitación y temperatura con períodos mayores, de esta forma obtener datos de precipitación y temperatura históricas y como estos han influido en el índice de vegetación mejorada.

Realizar un inventario forestal in situ que recopile información de las especies que conforman los ecosistemas estudiados y analizar la cantidad de carbono que estos contienen, utilizando los sistemas de información geográfica.

Sugerir al Ministerio del Ambiente a través de la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH, la aplicación de este programa para las medidas de manejo y conservación que incluyan a las comunidades aledañas a estos ecosistemas, que permita disminuir el porcentaje de pérdida de cobertura, y así lograr la restauración y regeneración natural de las zonas donde sean necesarias.

GLOSARIO

Ecosistema: Cualquier unidad que incluya todos los organismos en un área dada interactuando con el ambiente físico, de forma que el flujo de energía lleva a definir estructuras tróficas, diversidad biótica y ciclos de materiales (Odum, 1971: p. 84)

Páramo: Ecosistema de montaña que se desarrolla por encima de los bosques andinos, a alturas que pueden ser superiores a los 3000 msnm. Por su ubicación en la zona ecuatorial, tienen clima frío todo el año, y sus suelos de origen volcánico suelen ser muy fértiles (Herrera, 2013: p. 1).

Subnival: Se aplica a zonas de alta montaña que tienen condiciones casi de nieve (DIGALEGO, 2017: p. 3).

Ultrahúmedo: Dicho de un territorio o un clima, que se caracteriza por la abundancia de lluvias y el aire cargado de vapor de agua (RAE, 2001: p. 20).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA; & SOLIS, M. Los páramos andinos del Ecuador, 1984, p. 133.

ANAYA, J.A; et al. Estimación de biomasa aérea en Colombia a partir de imágenes MODIS. *Revista de Teledetección*, vol. 30, 2008, pp. 5-22.

BADER, M; & RUIJTEN, J. A topography-based model of forest cover at the alpine tree line in the tropical Andes. *Journal of Biogeography*, vol. 35, no. 4, ISSN 0305-0270, 2008, pp. 711-723.

BAUTISTA PAMBI, D.A; et al. *Análisis de alternativas de plazas ocupacionales dentro del campo laboral automotriz en las ciudades de Cuenca, Loja y Machala*. S.l.: s.n, 2012, p. 18.

BAYANCELA DELGADO, S.B; et al. *Vertebrados terrestres en el ecosistema Herbazal ultra húmedo subnival de páramo en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. Dominio de las Ciencias, vol. 7, no. 4, ISSN 2477-8818, 2021, pp. 982-1000.

BOHN, V.Y; et al. Análisis de cubiertas vegetales en ambientes naturales del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *JORNADAS NACIONALES DE GEOGRAFÍA FÍSICA*, vol. 9, 2012, pp. 1-12.

BORJA; & ESCOBAR, C.D. *Análisis de la variabilidad espacio-temporal del índice de vegetación mejorado (EVI) y su relación con índices atmosféricos globales en el páramo ecuatoriano*. S.l.: Quito, 2020, p. 87.

BUYTAERT, W; et al. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, vol. 79, no. 1-2, ISSN 0012-8252, 2006, pp. 53-72.

CONSORCIO, CESA-AVSF. *Subcuenca Chambo*. [en línea]. Disponible en: <https://subcuencachambo.wordpress.com/about/>, 2015, párr. 10.

DURAN, DAYANA; et al. *Tendencias Temporales del Índice Mejorado de la Vegetación (Evi) en tres Ecosistemas de la Subcuenca del Río Chambo Durante el Periodo 2013 A 2020*. (Ecuador) Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, vol. 7, no. 1, ISSN 2550-682X, 2022, p. 61. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es>

FERRER; & PARIS, J.R. *Caracterización ambiental de la ruta de NeoMapas: NM27 Páramo, estado Mérida (CNEB g06), 2017, p. 12.*

GALLEGOS CHACON, L.E; & BARRIGA PAREDES, V.Á.M. *Variabilidad temporal de la vegetación en cuatro zonas impactadas por la minería aurífera mediante el EVI en el periodo (1985-2017), 2019, p. 130.*

GINER, C; et al. *Tendencias en el verdor de la vegetación y en la producción primaria bruta de las áreas forestales en la España peninsular (2000-2009).* Revista de Teledetección, vol. 38, 2012, pp. 51-64.

HOFSTEDE, R.G.M; et al. *Geografía, ecología y forestación de la Sierra Alta del Ecuador: Revisión de literatura, 1998, p. 94.*

HUETE, A; et al. *MODIS vegetation indices. Land remote sensing and global environmental change.* Springer New York, 2011, p. 24.

JØRGENSEN, P.M; et al. *A floristic analysis of the high Andes of Ecuador. Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests, 1995, pp. 221-237.*

MAITA CHAMBA, J.A. *Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los Ecosistemas del sur del Ecuador. 2015. (Trabajo de titulación) (Maestría) S.l.: Universidad del Azuay, 2015, pp. 24-25. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4933>.*

MENDOZA RIAÑO, G.E. *Análisis de series de tiempo de índice de vegetación EVI 2006-2011 para caracterizar el cultivo del arroz a partir de imágenes MODIS, 2012, p. 32.*

MUÑOZ, A.R; et al. *Land surface phenology trends of the Isla Grande de Tierra del Fuego from 15 years MODIS data. 2017 First IEEE International Symposium of Geoscience and Remote Sensing (GRSS-CHILE). S.l.: IEEE, ISBN 1538607409, 2017, pp. 1-4.*

NOLIVOS, L; & VÁSQUEZ, K. *LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN LOS BOSQUES ANDINOS DE COTACACHI. Desarrollo con identidad: comunidad, cultura, y sustentabilidad en los Andes, ISSN 9978226117, 2006, pp. 139.*

RAMÍREZ, L; & VALLEJO, B. *Influencia de los Patrones climáticos Globales en la Variabilidad del Clima Durante el Periodo 2000-2016 en los Páramos del Norte de Ecuador.* Universidad Técnica de Norte, 2018, p. 5.

RAMSAY, P.M. *The páramo vegetation of Ecuador: the community ecology, dynamics and productivity of tropical grasslands in the Andes.* Ph. D. Thesis. Bangor: University of Wales, 1992, p. 45.

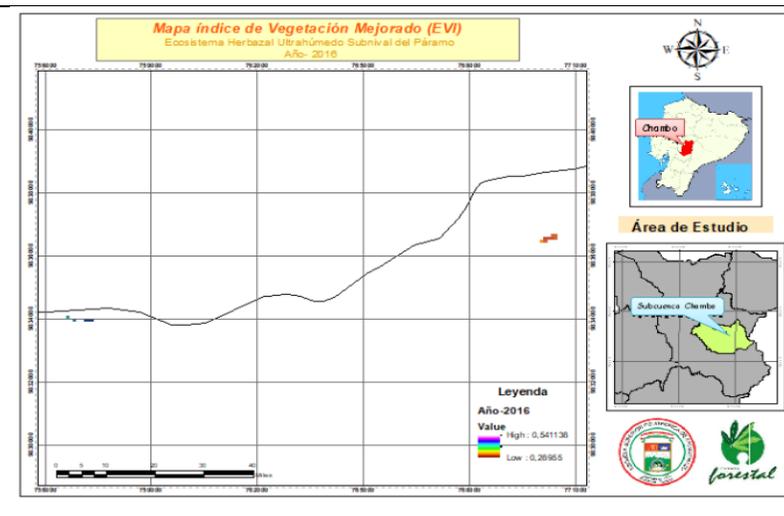
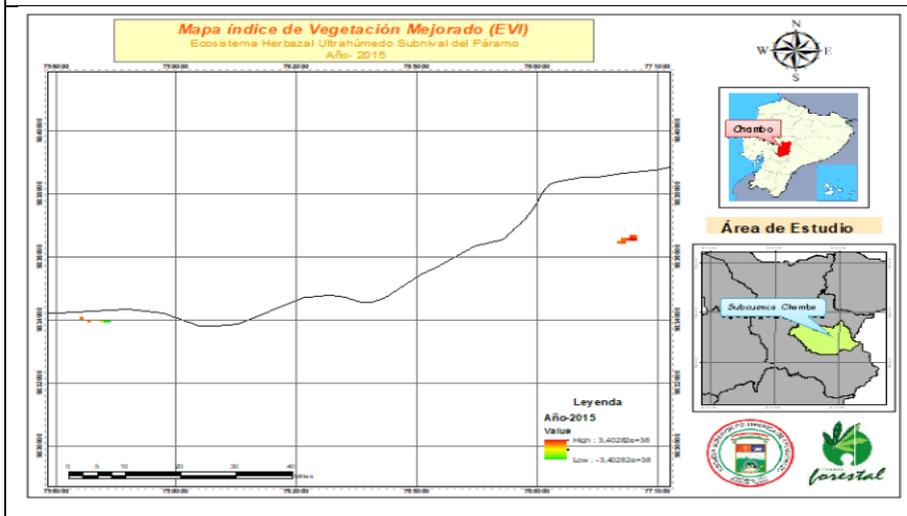
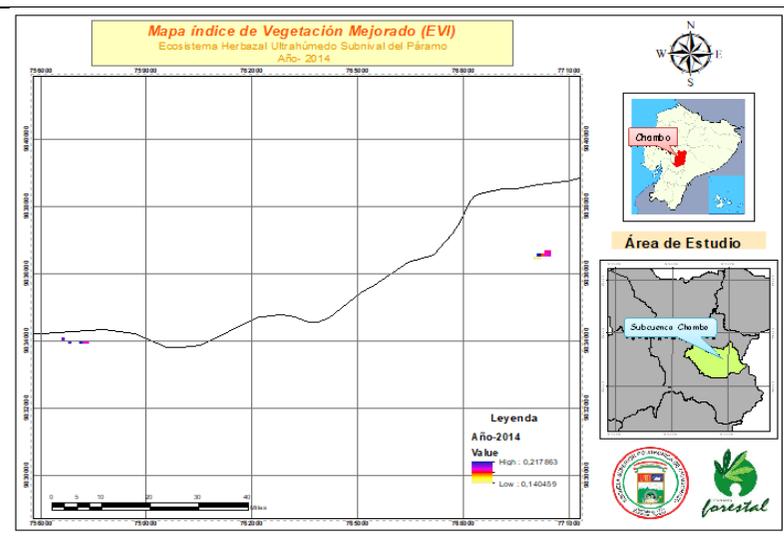
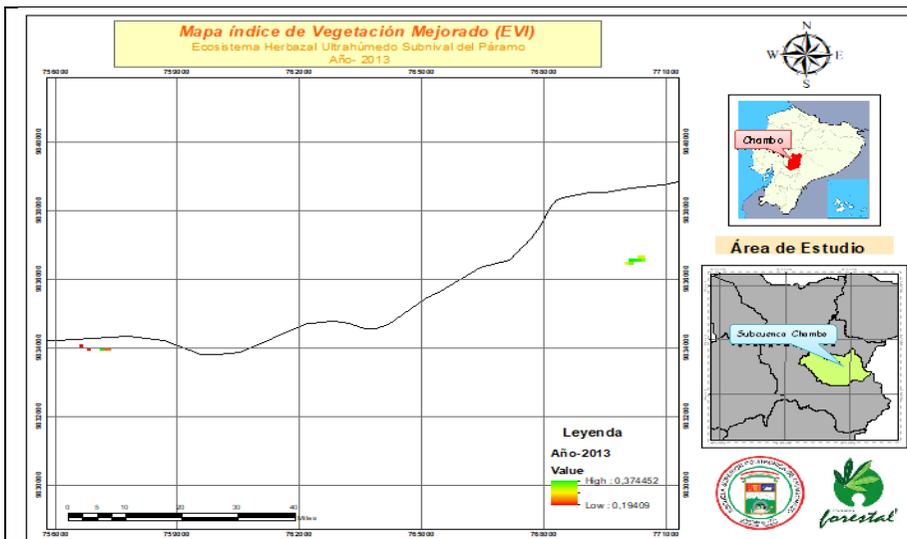
SALTA I, E.A. *Dinámica Temporal de Atributos Funcionales de Cultivos Agrícolas, Bosques Maduros y Secundarios en el Chaco Semiarido,* 2012, pp. 4-5.

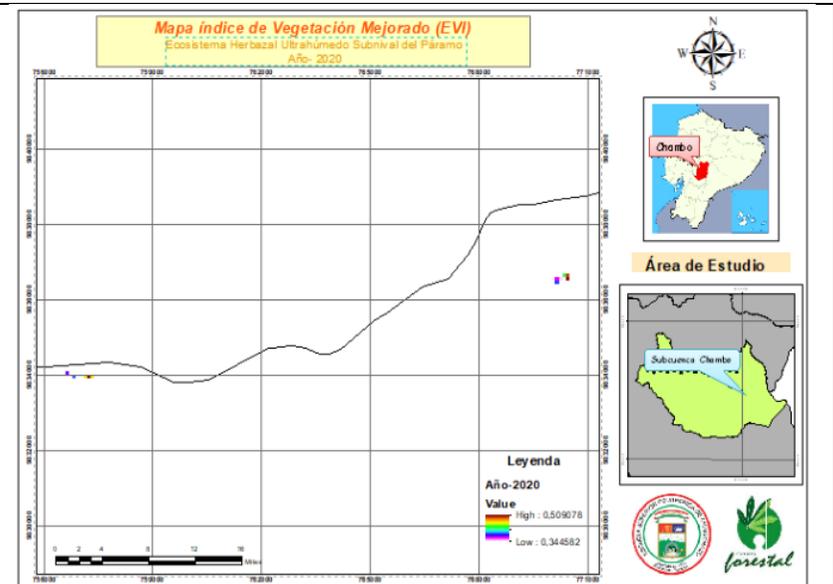
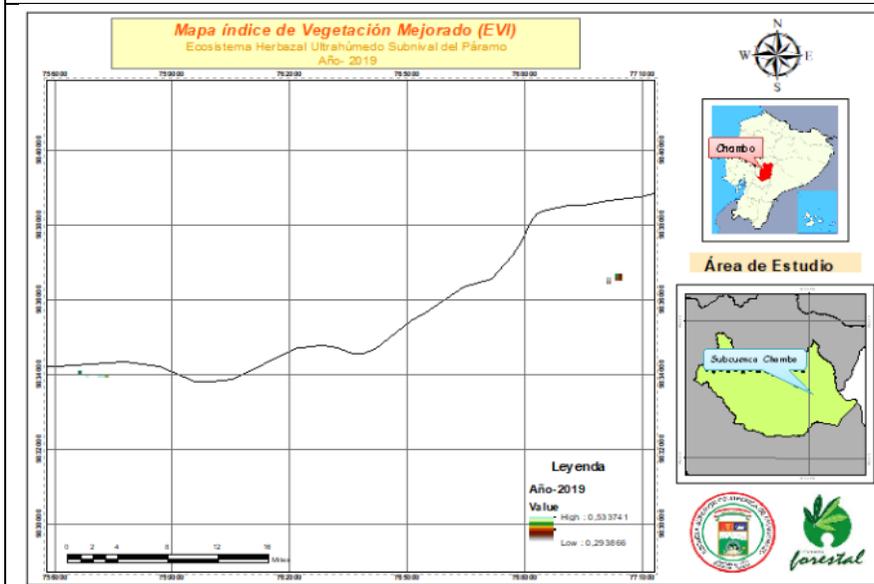
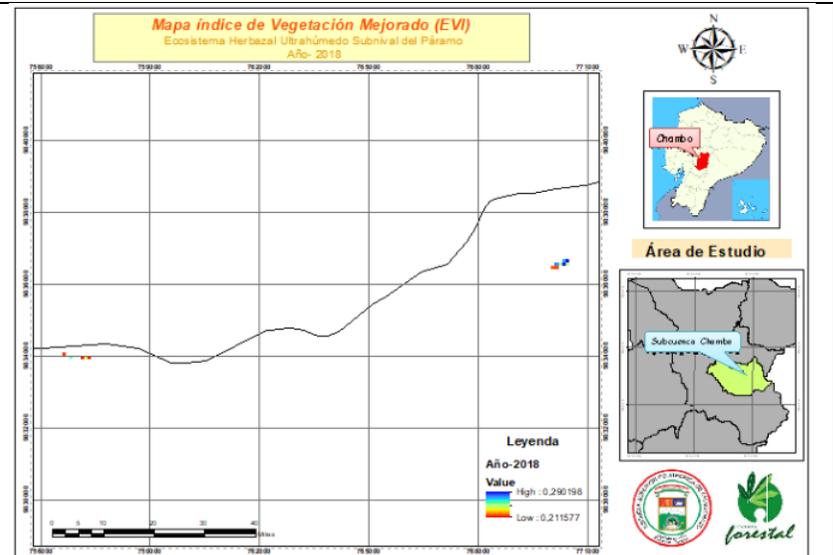
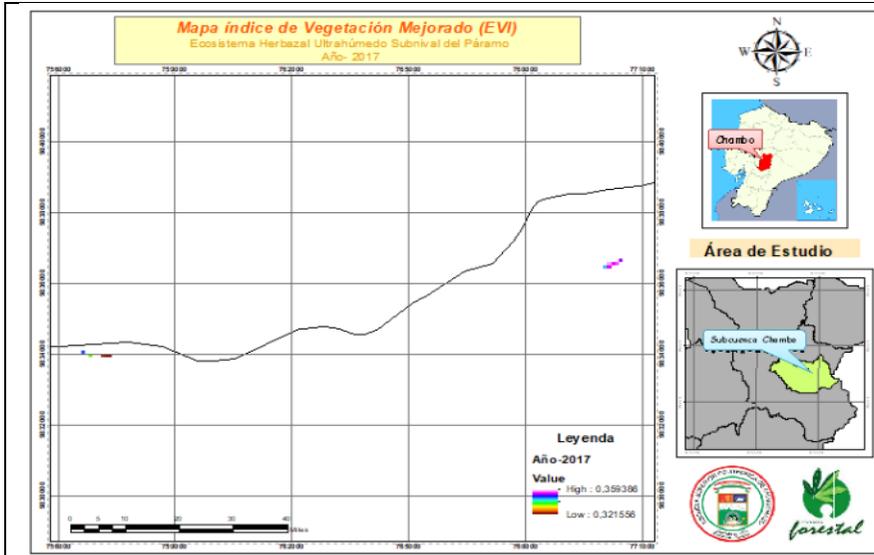
SKLENÁŘ, P; & BALSLEV, H. Superpáramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, vol. 200, no. 5, pp. 416-433. ISSN 0367-2530, 2005, pp. 416-433.



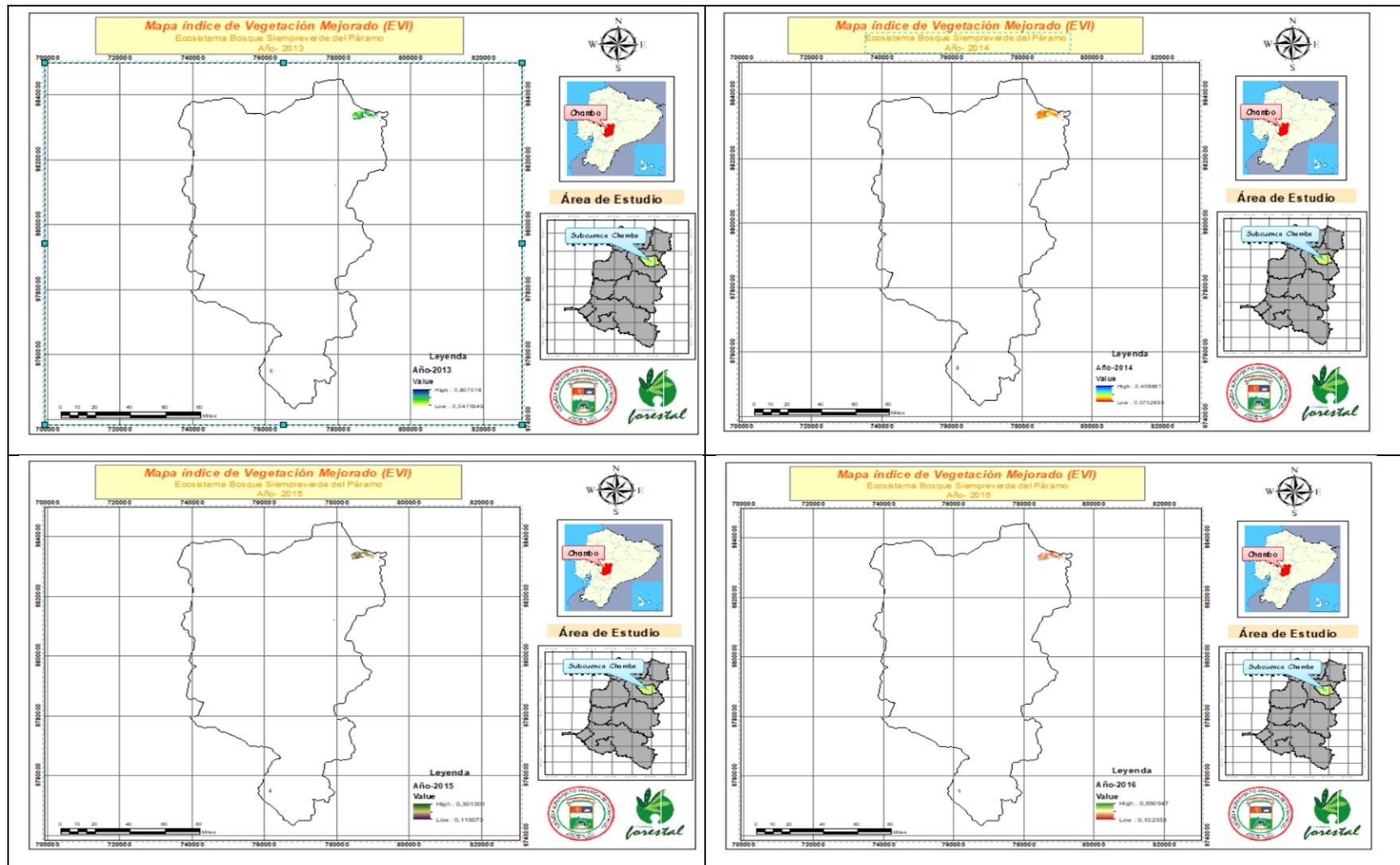
ANEXOS

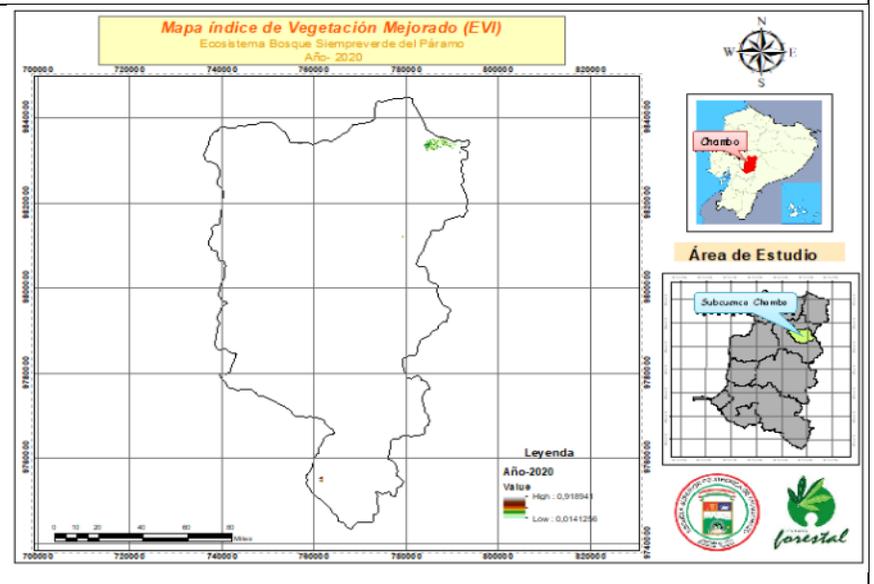
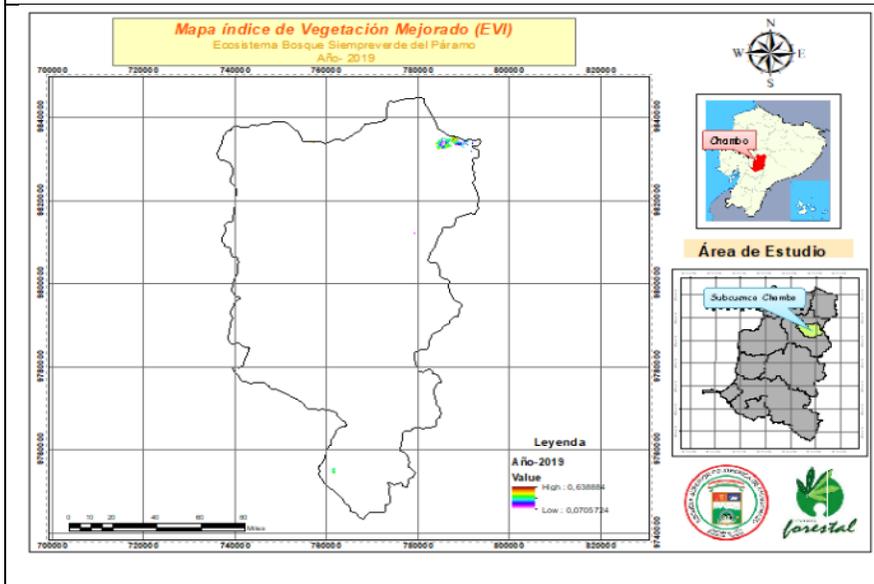
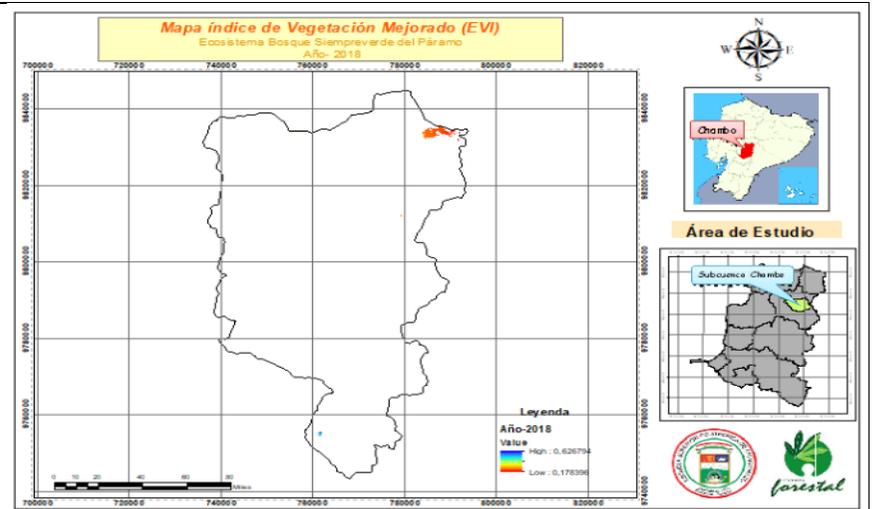
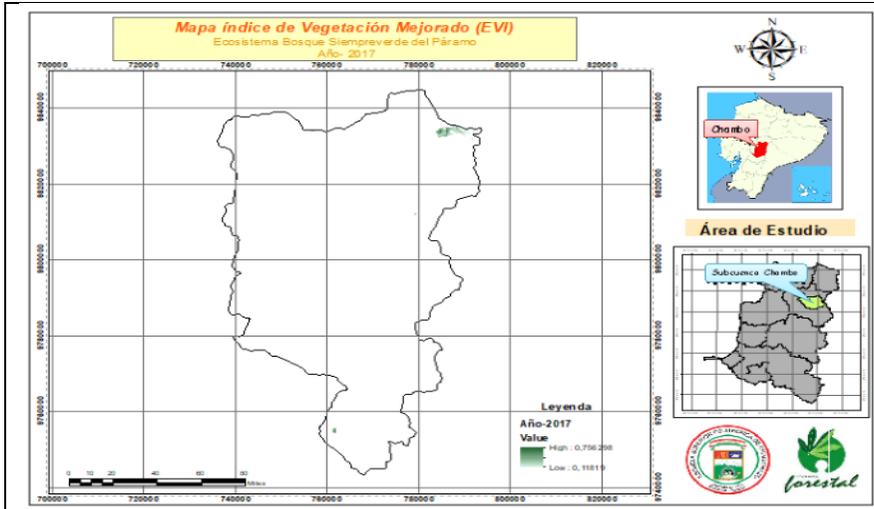
ANEXO A: ECOSISTEMA HERBAZAL ULTRAHÚMEDO SUBNIVAL DEL PÁRAMO





ANEXO B: ECOSISTEMA BOSQUE SIEMPREVERDE DEL PÁRAMO







esPOCH

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: 10 / 11 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Nataly Elizabeth Monteros Orozco
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



2070-DBRA-UTP-2022