



*Tendencias Temporales del Índice Mejorado de la Vegetación (Evi) en tres Ecosistemas de la Subcuenca del Rio Chambo Durante el Periodo 2013 A 2020*

*Temporal Trends of the Improved Vegetation Index (Evi) in three Ecosystems of the Chambo River Sub-basin During the 2013-2020 Period*

*Tendências temporais do Índice de Vegetação Melhorado (Evi) em três ecossistemas da sub-bacia do rio Chambo durante o período 2013-2020*

Shirley Dayana Horna-Duran<sup>I</sup>  
[dayahorna40@gmail.com](mailto:dayahorna40@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-6189-3725>

Jonny Israel Guaiña-Yungán<sup>II</sup>  
[jonny.guaina@epoch.edu.ec](mailto:jonny.guaina@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0456-7429>

Norma Ximena Lara-Vásconez<sup>III</sup>  
[norma.lara@epoch.edu.ec](mailto:norma.lara@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-8381-0401>

Pedro Vicente Vaca-Cárdenas<sup>IV</sup>  
[pedrocefafree@yahoo.com](mailto:pedrocefafree@yahoo.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-5420-1014>

Diego Francisco Cushquicullma-Colcha<sup>V</sup>  
[diego.cushquiculma@epoch.edu.ec](mailto:diego.cushquiculma@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6265-8164>

**Correspondencia:** [dayahorna40@gmail.com](mailto:dayahorna40@gmail.com)

Ciencias Naturales  
Artículo de Investigación

\***Recibido:** 01 de Noviembre de 2021 \***Aceptado:** 18 Diciembre de 2021 \* **Publicado:** 05 de Enero de 2022

- I. Investigadora independiente
- II. Magister en informática empresarial, Facultad de Recursos Naturales (FRN), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- III. Magister en Ciencias, Facultad de Recursos Naturales (FRN), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniero en Ecoturismo, Facultad Ciencias del Medio Ambiente, Universidad Indoamerica, Ecuador.
- V. Ingeniero en Ecoturismo, Instituto de Investigaciones (IDI), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

La presente investigación monitorea el estado de la vegetación a través del índice de vegetación mejorado EVI en un periodo de tiempo de siete años (2013 al 2020), aumentando su sensibilidad en altas densidades de biomasa. La metodología que se utilizó para el primer objetivo se basó en la descarga de imágenes satelitales Landsat 8 de la plataforma Google Earth Engine del área de estudio ubicada en la Subcuenca del río Chambo, luego se calculó el índice EVI empleando del software ArcGIS 10.8. Para establecer las tendencias se ingresaron los valores del índice espectral en el software TREND. Los resultados mostraron un valor máximo del EVI promedio anual en el ecosistema Arbustal siempre verde y herbazal del páramo de 0.28 para el año 2015 y mínimo de 0.26 para el año 2020. El ecosistema Herbazal del páramo el valor más alto de EVI fue 0.28 correspondiente al año 2015 - 2017 y su valor mínimo 0.25 para el año 2013 - 2018. Finalmente, el ecosistema Herbazal y Arbustal siempre verde subnival del páramo, presentó un valor máximo de 0.24 para el año 2014 y valor mínimo de 0.22 para el año 2013. Al analizar la serie de tiempo se concluye que el ecosistema Arbustal siempre verde y herbazal del páramo posee tendencias no significativas decrecientes para los meses febrero, agosto y octubre y crecientes en los meses abril y mayo. El Herbazal del páramo presenta tendencias no significativas creciente para abril, mayo y junio. En el caso del herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo las tendencias no significativa creciente corresponden a los meses mayo y julio; y decreciente para el mes de octubre todos estos cambios se deben a factores climáticos, ambientales y antrópicos.

**Palabras claves:** Ecosistemas; índice espectral; cobertura vegetal; cambios temporales; Mann-kendall.

## Abstract

The present investigation monitors the state of the vegetation through the improved vegetation index EVI in a period of time of seven years (2013 to 2020), increasing its sensitivity at high biomass densities. The methodology used for the first objective was based on the download of Landsat 8 satellite images from the Google Earth Engine platform of the study area located in the Chambo River Sub-basin, then the EVI index was calculated using the ArcGIS 10.8 software. To establish the trends, the spectral index values were entered in the TREND software. The results showed a maximum value of the annual average EVI in the evergreen and grassland bush

ecosystem of the páramo of 0.28 for the year 2015 and a minimum of 0.26 for the year 2020. In the Herbazal ecosystem of the páramo the highest value of EVI was 0.28 corresponding to the year 2015 - 2017 and its minimum value 0.25 for the year 2013 - 2018. Finally, the subnival Herbazal and Evergreen Shrubland ecosystem of the páramo, presented a maximum value of 0.24 for the year 2014 and a minimum value of 0.22 for the year 2013. At the Analyzing the time series, it is concluded that the evergreen and grassland shrub ecosystem of the páramo has non-significant decreasing trends for the months of February, August and October and increasing in the months of April and May. The páramo grasslands show non-significant increasing trends for April, May and June. In the case of the subnival evergreen grassland and shrubland of the páramo, the non-significant increasing trends correspond to the months of May and July; and decreasing for the month of October all these changes are due to climatic, environmental and anthropic factors.

**Key words:** Ecosystems; spectral index; vegetation cover; temporal changes; Mann-kendall

## Resumo

A presente investigação monitora o estado da vegetação através do índice de vegetação melhorado EVI em um período de sete anos (2013 a 2020), aumentando sua sensibilidade em altas densidades de biomassa. A metodologia utilizada para o primeiro objetivo baseou-se no download das imagens do satélite Landsat 8 da plataforma Google Earth Engine da área de estudo localizada na Sub-bacia do rio Chambo, em seguida o índice EVI foi calculado utilizando o software ArcGIS 10.8. Para estabelecer as tendências, os valores do índice espectral foram inseridos no software TREND. Os resultados mostraram um valor máximo do EVI médio anual no ecossistema de arbustos perenes e campestres do páramo de 0,28 para o ano de 2015 e um mínimo de 0,26 para o ano de 2020. No ecossistema Herbazal do páramo o maior valor de EVI foi 0,28 correspondendo ao ano de 2015 - 2017 e seu valor mínimo 0,25 para o ano de 2013 - 2018. Por fim, o ecossistema subnival Herbazal e Evergreen Shrubland do páramo, apresentou um valor máximo de 0,24 para o ano de 2014 e um valor mínimo de 0,22 para o ano de 2013. Na Análise da série histórica conclui-se que o ecossistema arbustivo perene e campestre do páramo apresenta tendências decrescentes não significativas para os meses de fevereiro, agosto e outubro e crescentes nos meses de abril e maio. Os campos do páramo apresentam tendências de aumento não significativas nos meses de abril, maio e junho. No caso das pradarias perenes e arbustivas

subnivais do páramo, as tendências de aumento não significativas correspondem aos meses de maio e julho; e diminuindo para o mês de outubro todas essas mudanças são devidas a fatores climáticos, ambientais e antrópicos.

**Palavras-chave:** Ecosistemas; índice espectral; cobertura vegetal; mudanças temporárias; Mannkendall.

## Introducción

La parte alta de la subcuenca del río Chambo presenta problemas que alteran la capacidad de adaptación para los diferentes usos de la subcuenca. Este problema se vuelve más grave en un contexto del cambio climático. Como parte fundamental de la habilidad de adaptación, propuestas de medidas para la restauración y preservación de los páramos, están encaminadas a prevenir, corregir, mitigar o remediar los impactos y efectos ambientales. Los cambios ambientales afectan a la distribución y dinámica de los ecosistemas; sin embargo, los incendios, la deforestación y el avance de la frontera agrícola, entre otros, han modificado a lo largo del tiempo su estructura y composición, poniendo en peligro la biodiversidad existente en este ecosistema (MAE, 2013, pp.6-10).

El ecosistema posee suficiente capacidad de recuperación ante los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad del ecosistema. Ciertos procesos dinámicos son externos en su origen, como por ejemplo incendios, inundaciones, vientos dañinos, así como heladas, sequías y tormentas. La homogeneidad de una serie de datos climáticos se puede definirse como la uniformidad de un parámetro medible, es decir, que su comportamiento sea casi el mismo a lo largo del tiempo (SER, 2004, p.9).

La pérdida de la biodiversidad es un tema de preocupación y de estudio en todo en el mundo. Una estrategia de mitigación ante el avance de la deforestación y de la degradación de los ecosistemas es la restauración ecológica, que es el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004, p.3). La caracterización funcional de los ecosistemas complementaria de la estructural, presenta algunas características particularmente interesantes en estudios ecológicos. El cambio climático se considera uno de los temas ambientales claves no solo a nivel físico, sino también a nivel ecosistémico, pues constituye una amenaza que afecta a la pérdida de la biodiversidad.

Chuvieco (2008) explica que los sensores son predecibles generando herramientas que con el pasar del tiempo vienen mejorando los diferentes tipos de resolución para las imágenes satelitales y espectrales que permiten el cálculo de varios índices de comportamiento de la vegetación, pudiendo estar disponibles en múltiples satélites con resolución submétrica y capacidad hiperespectral.

El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana. Por otra parte Bense (2007, párr. 2-3) establece que el uso de imágenes de áreas multiespectrales para la zonificación permite el manejo localizado en base a mapas en cuanto a la variabilidad de los predios considerando las situaciones edafoclimáticas con el empleo herramientas tecnológicas modernas para la predefinición de cada sector.

De acuerdo a Shen et al. (2010) el Índice de Vegetación Mejorado EVI es ampliamente utilizado en la teledetección de vegetación, siendo eficiente en el monitoreo de cambios espacio - temporal en la distribución y cantidad de vegetación. El método EVI establece el verdor de la vegetación, teniendo una mínima interferencia atmosférica y del suelo (Shen et al., 2010). Por lo tanto, son un indicador del verdor o vigor de la vegetación dentro de un pixel de una imagen satelital (Solano, 2010), para mejorar la señal reflejada de la vegetación de las respuestas espectrales medidas combinando dos o más bandas de longitud de onda, a menudo en las regiones de longitud de onda (Solano et al., 2010, p.38).

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

La Subcuenca del río Chambo forma parte de la Cuenca alta del río Pastaza, su principal afluente es el río del mismo nombre, cuenta con un área de 3589.55 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 339.38 Km. Se encuentra entre las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar en las coordenadas 2°0'0" Latitud Sur 78°00'00" Longitud Oeste. La precipitación promedio anual es de 872,078 mm, presentando una mayor precipitación en el margen oriental de la Subcuenca.

**Mapa 1:** Límites de la Subcuenca del Río Chambo



Fuente: Elaboración propia.

Para este estudio se tomaron tres ecosistemas de la subcuenca de Chambo los cuales son:

1. Arbustal siempreverde y herbazal del páramo conformado por 18880.27 hectáreas
2. Herbazal del páramo conformado por 84092.68 hectáreas.
3. Herbazal y Arbustal siempre verde subnival del páramo conformado 21476.80 por hectárea.

## Metodología

Para este estudio se trabajó con la plataforma de Google Earth Engine, la que permite a los usuarios procesar, visualizar, descargar y compartir diversos conjuntos de datos, productos de clima y sensores remotos globales y regionales en tiempo real (Huntington et al., 2017).

Se usaron imágenes satelitales landsat 8 con reflectancia calculada de la parte superior de la atmosfera (TOA), anuales (LANDSAT 8 COLLECTION 1 TIER ANNUAL TOA) Reflectancea Composites, creado a partir de todas las escenas en cada período anual comenzando desde el primer día del año y continuando hasta el último día del año imágenes ortorectificadas de Tier 1.

En la pestaña Add computation, Per-Píxel Math expression, se introdujo la fórmula del EVI  $= 2.5 * (\text{img1}["B5"] - \text{img1}["B4"]) / (\text{img1}["B5"] + 6 * \text{img1}["B4"] - (7.5 * \text{img1}["B2"]) + 1)$ , que cuenta con una mejorada resolución de alta biomasa, con capacidad mejorada de monitoreo de la

vegetación a través de una señal del fondo de dosel y una reducción en las influencias de la atmosfera

Mediante el software Arc Gis versión 10.8 se cortaron las imágenes para el area de estudio y se extrajeron los valores minimos, máximos, medios y desviación estándar usando la herramienta Clip proceso que se ejecutó para todos los meses de cada año.

Para realizar el análisis de las tendencias temporales de EVI se utilizó la prueba de tendencia de Mann – Kendall Simple con el uso del software TREND, que está diseñado para facilitar pruebas estadísticas para la tendencia, el cambio y la aleatoriedad en series de tiempo hidrológicas. El TREND cuenta con 12 pruebas estadísticas, que se basan en el trabajo de expertos de la OMM y UNESCO, es fácil de utilizar y muestra las distintas pruebas que son relativamente robusto y posible de entender; si el valor de z es igual a 0 significa que no hay tendencia, si es  $> + 1,96$  tiene Tendencia significativa creciente, si  $< - 1,96$  tiene Tendencia significativa decreciente, si  $< + 1,96$  Tendencia no significativa creciente y si  $> -1,96$  tiene Tendencia no significativa decreciente

## Resultados y Discusión

### *Comparación del EVI promedio anual por ecosistema*

En el arbustal siempre verde y herbazal del páramo, se evidencia que el valor más alto para el año 2015 es de 0.28, el valor constante de 0.24 para los años 2013, 2018 y 2019, y el valor más bajo para el año 2020 con 0.26. La composición y estructura de este ecosistema cambia hacia la parte baja de su distribución altitudinal pues la riqueza de especies y promedio de altura de los arbustos y el número de árboles se incrementan (MAE, 2013)

**Tabla N° 1:** Comparación del EVI promedio anual por ecosistema.

<b>AÑOS</b>	<b>ARBUSTAL SIEMPRE HERBAZAL VERDE Y HERBAZAL DEL PÁRAMO</b>	<b>HERBAZAL DEL PÁRAMO</b>	<b>DEL HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPRE SUBNIVAL DEL PÁRAMO</b>
<b>2013</b>	0.24	0.25	0.22
<b>2014</b>	0.25	0.26	0.28
<b>2015</b>	0.28	0.28	0.24
<b>2016</b>	0.25	0.26	0.23
<b>2017</b>	0.27	0.28	0.25
<b>2018</b>	0.24	0.25	0.22
<b>2019</b>	0.24	0.26	0.24

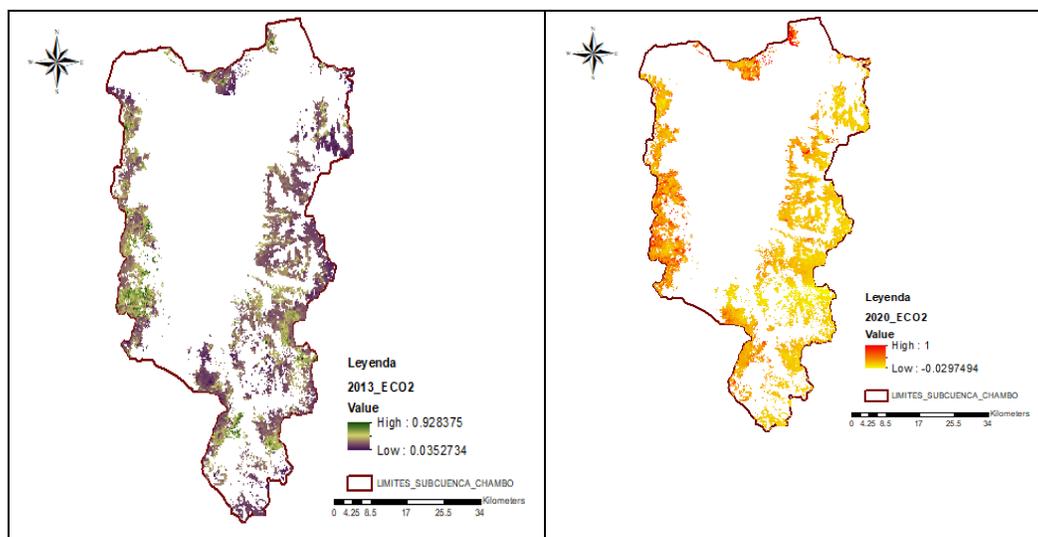
<b>2020</b>	0.26	0.27	0.25
<b>EVI PROMEDIO</b>	0.262	0.268	0.241

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al promedio anual del EVI, se observa un valor alto para los años 2015 y 2018 con 0.28 se muestra una constante en los años 2016 y 2019 con un valor de 0.26 y un valor mínimo para los años 2013 y 2017 con 0.25. El herbazal del páramo es una formación densa dominada por gramíneas, este ecosistema rodea la mayor extensión de los entornos altimontanos en el Ecuador. Su estructura y composición de la vegetación de este ecosistema está influenciada por las quemadas asociadas a la ganadería extensiva. En lugares donde existe una mayor intensidad de quemadas y pastoreo, los herbazales tienen una menor altura, el estrato arbustivo está ausente y muchas de las especies raras son escasas (MAE, 2013).

En el Herbazal y arbustal siempre verde subnival del páramo se observa un valor máximo de 0.28 para el año 2014, mientras tanto, un valor constante para los años 2017 y 2020 con 0.25 y de igual manera en los años 2015 y 2019 con un valor de 0.24, por consiguiente su valor mínimo es de 0.22 para el año 2013. Este ecosistema se caracteriza por poseer una vegetación fragmentada, con suelo desnudo entre los parches de vegetación que se localiza en las cumbres más altas de la cordillera creando un sistema insular restringido al norte del Ecuador (Velázquez et al., 2010).

Mapa N° 2 y 3: Cálculo del Evi año 2013 y 2020 en el Ecosistema Herbazal del páramo



Fuente: Elaboración propia.

Todas estas características descritas anteriormente inciden en los índices espectrales de vegetación, debido a los diversos patrones climáticos, de morfometría y cobertura vegetal (Van Leeuwen et al., 2006). Los valores de precisión se basan únicamente en la información espectral de cada píxel ya que no tiene capacidad para identificar formas, por lo tanto, siempre va a existir un grado de error (Ferrelli et al., 2016).

### ***Comparación de la estación seca y lluviosa del EVI por ecosistema***

Las curvas durante el periodo 2013-2020 mediante el índice de vegetación EVI medio, demostró sus respectivos cambios en cada ecosistema dentro de la estación seca (junio-noviembre) y estación lluviosa (mayo-diciembre)..

En el ecosistema Arbustal siempre verde y herbazal del páramo, se puede observar que en la estación seca para el año 2014 tiene un pico alto con un valor de (0.27) y el menor valor de (0.23) para el año 2013. Para la estación lluviosa resalta un pico alto de (0.30) en el año 2017 y el menor valor que corresponde a (0.23) en el año 2014.

La pérdida de cobertura natural se refleja principalmente en el cambio del calendario agrícola, aumentando el número de días lluviosos y reduciendo el número de días secos, causando malestar a los agricultores debido a las pérdidas de cultivos ya sean por exceso o falta de precipitación (MAE, 2013).

Respecto al herbazal de paramo se aprecia una similitud de las curvas con el anterior ecosistema mencionado. La estación seca tiene una constancia de un valor de (0.28) en los años 2014 y 2017 y una de menor valor para esa estación en el año 2013 con (0.24). El resultado de la sequía ha provocado incendios dando lugar al desgaste del ecosistema. Por otro lado, la estación lluviosa tiene un pico alto para los años 2015 y 2020 con un valor de (0.30) y un valor menor de (0.24) en el año 2014.

Según (MAE, 2014, p.38) debido a esto y a las condiciones climáticas de alta humedad domina una gran cantidad de agua por unidad (80-90% por cm<sup>3</sup>), con una capacidad reguladora hídrica.

En el Herbazal y arbustal siempre verde subnival del páramo se observa que la estación seca tuvo un pico alto entre los años 2014, 2015, 2017 y 2020 un valor constante de (0.24), y un menor valor que se da en el año 2013 de (0.22). La causa se debe especialmente a procesos naturales y antropogénicos, los cuales pueden ser incendios forestales ocasionando alteración para la precipitación y temperatura provocando la recurrencia de sequias (Castro, 2012).

Mientras tanto, para la estación lluviosa se nota un pico que sobresale para los demás años y es un valor de (0.30) en el 2014, y un valor menor notable de (0.19) en el año 2018. El ambiente subnival es extremo y se agudiza incrementa la elevación, estas condiciones climáticas vulneran una presión selectiva fuerte en las plantas sujetas a una enorme variación de temperatura y de humedad que puede incluir congelamiento y descongelamiento del agua en el suelo en un mismo día las especies en este ecosistema desarrollan adaptaciones fisiológicas (MAE, 2013)

Al analizar los resultados obtenidos de cada ecosistema, podemos afirmar que el ecosistema Herbazal de páramo, se destaca entre los dos ecosistemas por mostrar sus valores más altos del EVI dando un promedio de (0.268), puede deberse a un patrón de comportamiento complejo, esta característica se atribuye a que el área se encuentra localizada entre los límites de la provincia de Pichincha y la provincia de amazónica de Napo, es decir la vegetación estaría ligada a los climas húmedos de esa región. Para Borja (2020) pueden ser causadas por anomalías en los patrones climáticos del área de estudio; mientras que Vuille et al. (2000) indica que cuando se presenta un evento climático como altas precipitaciones (como es el caso de la cordillera oriental y las dos épocas) esto podría haber influido sobre la vegetación del área de estudio expresándose en un aumento de EVI.

### ***Analisis de las series de tendencias***

Para el ecosistema arbustal siempre verde herbazal del páramo, los meses que presentan tendencias no significativas decrecientes son febrero, agosto y octubre , así el mes de febrero tiene un valor de Z de -1.879 comenzó con un rango de EVI de 3 para los años 2014 y 2015, pero a partir del siguiente año fue reduciendo hasta terminar con valor EVI de 2 para el 2016, 2017 y 2018, el resultado del mes de agosto con un valor Z (-1.113) pues este presenta dos cambios más pronunciados para el año 2013 y 2015 con un valor de 3, para los años 2014, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 su valor EVI de 2 es constante. Por ultimo tenemos el mes de octubre con valor Z (-0.371)

Según el análisis de Mann- Kendall establece que los meses de abril y mayo poseen una tendencia no significativa creciente lo cual indica que la curva va en aumento a diferencia de las otras variables, siendo estos datos homogéneos. Encontrando para el mes de abril un valor Z de (0.245) mostrando una tendencia constante con un EVI de 2 para los años 2016 y 2018,

umentando en el año 2020 a un EVI 3; mientras que para el mes de mayo encontramos un valor Z (1.217).

Para el ecosistema herbazal del páramo, indica que el mes de febrero con su valor Z (-0.376) tiene un crecimiento con un valor EVI de 3 para el año 2015 con respecto a los otros años es decir 2014, 2016, 2018, 2019, 2020 su valor EVI se mantiene en una constante de 2. Por otra parte, el mes de agosto tiene un valor de Z (-0.376) se puede observar que para los años 2013 y 2018 tuvo un crecimiento con un valor EVI de 3, y mientras tanto, para los años 2014, 2015, 2016, 2017, 2019 y 2020 su valor EVI es constante de 2. Finalmente el mes de octubre tiene un valor de Z (-0.742).

Para el Ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo, se observa que el mes de mayo tiene un valor Z de (1.127) y para el año 2014 su valor EVI es de 1 y en los años 2013, 2015, 2016 y 2019 el valor EVI es de 2. Mientras que para el año 2020 se incrementa a un valor EVI de 3, finalmente para el mes de julio su valor Z es de (0.751). El mes de octubre presenta un análisis de tendencia no significativa decreciente dado que su valor Z es de (-0.72). Se muestra un repunte es el año 2013 donde su valor EVI es de 3, y un valor constate de 2 para los años 2013, 2015, 2016, 2017, 2019 y 2020. Se muestra un valor EVI de 1 en el año 2018, por tanto, el régimen de lluvias se altera, es decir existe tendencia disminución o aumento de precipitación, con llevando a constantes cambios en la vegetación. Pese a eso, no existe un patrón definido que acceda a conocer con regularidad el impacto que estos fenómenos según su área de estudio.

Pudiendo observar dichas variaciones en las curvas crecientes y decrecientes mensuales que nos da la prueba de Mann Kendall; al analizarla para la época seca en los tres ecosistemas no existe tendencias significativas, mientras tanto, para la época lluviosa solo en el ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo se pude notar que existe tendencia decreciente.

Según Paula et al. (2018) el cambio climático, sus diferentes cambios de temperatura son cada vez más extremos, lo que podría ser el caso para que afectara a la frágil estabilidad de las formaciones vegetales andinas. Cabe mencionar que los incendios provocados en los ecosistemas naturales, no acceden a una correcta adaptación, causando que especies y animales migren hacia pisos climáticos superiores para asegurar su estabilidad (Feeley y Silman, 2010). El clima en la subcuenca del río Chambo posee influencia de las masas húmedas provenientes de la cuenca amazónica y de la humedad proveniente desde el océano Pacífico. Bajo estas condiciones la subcuenca del río Chambo muestra una serie de microclimas y condiciones, que van desde muy

húmedas en el Parque Nacional Sangay hasta zonas secas como las que se localizan ciudad de Riobamba o Palmira (Bustamante, 2017).

## Conclusiones

- Al calcular el índice mejorado de la vegetación (EVI) utilizando imágenes satelitales Landsat 8 de los años 2013 al 2020 se identificó que el ecosistema Herbazal del páramo tiene el mayor promedio EVI de (0.27) pudiendo deberse a que este tipo de ecosistema no ha sido intervenido en su mayoría. Mientras que el ecosistema de menor promedio EVI es el Herbazal y arbustal siempre verde subnival del páramo de (0.24) debido a que tiene menor cobertura y el ecosistema Arbustal siempre verde y herbazal del páramo tiene un promedio de (0.26).
- Al analizar la serie de tiempo con la metodología Mann Kendall simple (MK) concluimos que el ecosistema Arbustal siempre verde y herbazal del páramo posee tendencias no significativas decrecientes para los meses febrero, agosto y octubre; y tendencias no significativas crecientes en los meses abril y mayo. Para el ecosistema Herbazal del páramo las tendencias no significativas decrecientes corresponden a los meses anteriores y las tendencias no significativas creciente para abril, mayo y junio. Por último, para el ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo las tendencias no significativa creciente corresponden a los meses mayo y julio; y las tendencias no significativas decrecientes para el mes de octubre todos estos cambios se deben a factores climáticos, ambientales y antrópicos.

## Referencias

1. .Bense, T. (2007). Tutorial. Introduccion a la percepcion remota Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ambito del Mercosur y Primeras Uruguayas. Uruguay.
2. Borja Escobar, C. D. (2020). Análisis de la variabilidad espacio-temporal del índice de vegetación mejorado (EVI) y su relación con índices atmosféricos globales en el páramo ecuatoriano (Bachelor's thesis, Quito, 2020.).
3. Bustamante Calderón, D. (2017). Escenario de cambio climático a nivel de subcuencas hidrográficas para el año 2050 de la provincia de Chimborazo-Ecuador. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 26(2), 15-27.

4. Castro R.G., Loarte G., Romero M., Galeas R. (2012). Modelo de Geoformas del Ecuador Continental, Ed. Proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Quito
5. Chuvieco Salinero, E. (2008). Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio (No. 528.8 CHU).
6. FEELEY, Kenneth J. & SILMAN, Miles R. "Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants". *Global Change Biology*, 2010, vol. 16, no 12, pp. 3215-3222., ISSN 13541013. DOI 10.1111/j.1365-2486.2010.02197.x
7. Ferrelli, F., Bustos, ML y Piccolo, MC (2016). La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Estudios Geográficos*, 77 (281), 469-489.
8. Huntington, J.L., Hegewisch, K.C., Daudert, B., Morton, C.G., Abatzoglou, J.T., McEvoy, D.J., Erickson, T. (2017). Climate Engine: cloud computing and visualization of climate and remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding. *Bulletin of the American Meteorological Society* 98 (11): 2397-2410.
9. MAE. "Sistema de clasificación de los ecosistemas de Ecuador Continental". Igarss 2014, 2014, pp. 235., ISSN 0717-6163.
10. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. "Leyenda Ecosistemas Ecuador 2". Subsecretaría de Patrimonio Natural, 2013, pp. 186.,
11. Paula, P. A., Zambrano, L. y Paula, P. (2018). Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático. *Enfoque UTE*, 9(2), 125-137.
12. SER. (2004). Principios de SER International. EE.UU. Obtenido de [https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER\\_Primer/ser-primer-spanish.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf)
13. Shen, Y. y Bax, A. (2010). SPARTA+: a modest improvement in empirical NMR chemical shift prediction by means of an artificial neural network. *Journal of biomolecular NMR*, 48(1), 13-22.

14. SOLANO, Ramon. et al. "MODIS Vegetation Index User ' s Guide ( MOD13 Series )". The University of Arizona, 2010, vol. 2010, no May, pp. 38.
15. Van Leeuwen, W.J.D., Orr, B.J., Marsh, S.E., Herrmann, S.M., 2006. Multi-sensor NDVI data continuity: Uncertainties and implications for vegetation monitoring applications. *Remote Sens. Environ.* 100, 67–81. doi: 10.1016/j.rse.2005.10.002
16. VELÁZQUEZ, Alejandro. et al. "La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo". Atlas físico-geográfico de la cuenca del Tepalcatepec, 2010, no mapa 13, pp. 28-32.,
17. Vuille, M. y R. S. Bradley. (2000). Mean anual temperatura trends and their vertical structure in the tropical Andes. *Geophysical Research Letters* 27:38885-3888.