



Monitoreo del estado de vegetación de una plantación forestal mediante el índice mejorado de la vegetación (evi) en la parroquia de Palmira, provincia de Chimborazo, durante el periodo 2017 a 2021

Monitoring of the state of vegetation of a forest plantation through the improved vegetation index (evi) in the parish of Palmira, province of Chimborazo, during the period 2017 to 2021

Monitorização do estado da vegetação de uma plantação florestal através do índice de vegetação melhorada (evi) na freguesia de Palmira, província de Chimborazo, durante o período 2017 a 2021

Shirley Dayana Horna Durán ^I
dayahorna40@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6189-3725>

Fabian Marcelo Remache Reinoso ^{II}
fabianforestal1991@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-7320-1025>

Norma Ximena Lara Vásconez ^{III}
norma.lara@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8381-0401>

Paula Alejandra Abdo Peralta ^{IV}
paula.abdo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9383-9168>

Correspondencia: dayahorna40@gmail.com

Ciencias Técnica y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de marzo de 2023 * **Aceptado:** 12 de abril de 2023 * **Publicado:** 05 de mayo de 2023

- I. Ingeniera Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Instituto de Investigaciones (IDI), Ecuador.
- II. Ingeniero Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Instituto de Investigación (IDI), Ecuador.
- III. Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- IV. Magíster en Sistema de Información Geográfica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.

Resumen

El presente estudio se realizó mediante imágenes satelitales de Landsat 8 para determinar su monitoreo de índice de vegetación mejorado (EVI) en un periodo de tiempo para los años (2017 al 2021), para la metodología se trabajó en la plataforma Google Earth Enginee posteriormente se descargó las imágenes satelitales Landsat 8 y mediante el software ArcGIS se evidencio el análisis del monitoreo de la vegetación. Para los resultados del EVI se calculó valores mínimos, máximos, media y desviación estándar se obtiene un valor mínimo de 0.07 y un valor máximo de 0.25 para el año 2017, posteriormente en el año 2018 se evidencio su valor mínimo de 0.03 y su valor máximo de 0.35, para el año 2019 se mostró un valor mínimo de 0.09 y un máximo de 0.25, en el año 2021 demostrando un mínimo de 0.13 y un máximo de 0.20, Por último en el año 2021 se muestra un valor mínimo de 0.08 y un valor máximo de 0.26, Se comparó el EVI promedio dando un total en el periodo de los 5 años un valor mínimo de 0.08 y un valor máximo de 0.26. por lo tanto, el monitoreo y uso de cobertura del suelo está cambiando a un ritmo acelerado y cada día aumenta; este cambio se debe en gran parte a los cambios socioeconómicos y demográficos radicales de los últimos años.

Palabras Clave: evi; monitoreo; imágenes satelitales.

Abstract

The present study was carried out using Landsat 8 satellite images to determine its monitoring of the improved vegetation index (EVI) in a period of time for the years (2017 to 2021), for the methodology we worked on the Google Earth Enginee platform, later it was downloaded the Landsat 8 satellite images and through the ArcGIS software the analysis of vegetation monitoring was evidenced. For the results of the EVI, minimum, maximum, mean and standard deviation values were calculated, obtaining a minimum value of 0.07 and a maximum value of 0.25 for the year 2017, later in 2018 its minimum value of 0.03 and its maximum value were evidenced. of 0.35, for the year 2019 a minimum value of 0.09 and a maximum of 0.25 was shown, in the year 2021 demonstrating a minimum of 0.13 and a maximum of 0.20, Finally in the year 2021 a minimum value of 0.08 and a maximum value of 0.26, the average EVI was compared giving a total in the 5-year period a minimum value of 0.08 and a maximum value of 0.26. therefore, the

monitoring and use of land cover is changing at an accelerated rate and is increasing every day; this change is due in large part to radical socioeconomic and demographic changes in recent years.

Keywords: evi; monitoring; satellite images.

Resumo

O presente estudo foi realizado utilizando imagens do satélite Landsat 8 para determinar seu monitoramento do índice de vegetação melhorada (EVI) em um período de tempo para os anos (2017 a 2021), para a metodologia que trabalhamos na plataforma Google Earth Enginee, posteriormente baixou-se as imagens do satélite Landsat 8 e através do software ArcGIS constatou-se a análise do monitoramento da vegetação. Para os resultados do EVI foram calculados os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão, obtendo valor mínimo de 0,07 e valor máximo de 0,25 para o ano de 2017, posteriormente em 2018 seu valor mínimo de 0,03 e seu valor máximo foram evidenciados. valor máximo de 0,26, o EVI médio foi comparado dando um total no período de 5 anos um valor mínimo de 0,08 e um valor máximo de 0,26. portanto, o monitoramento e uso da cobertura da terra está mudando em ritmo acelerado e aumentando a cada dia; essa mudança se deve em grande parte às mudanças socioeconômicas e demográficas radicais dos últimos anos.

Palavras-chave: evi; monitoramento; imagens de satélite.

Introducción

Las imágenes satelitales pertenecientes a la teledetección pasiva es una herramienta y son utilizados en la toma de decisiones tanto conservación como biodiversidad, ya que por medio del análisis se puede monitorear y vigilar las áreas (Gómez et al., 2013)

Los índices espectrales de la vegetación y las imágenes satelitales derivadas de ellos cuentan con la capacidad para convertir la señal producida por su radiación absorbida por la vegetación a determinadas longitudes de onda en magnitudes cuantificables. Los índices de vegetación en la actualidad demuestran una alta relación con parámetros como el índice de área foliar (LAI), la radiación fotosintéticamente activa absorbida (APAR) por la vegetación y otros factores relacionados con la cubierta vegetal, utilizando con frecuencia para estimar la biomasa y monitorear la degradación de la vegetación sobre grandes áreas (Javzandulam et al., 2005).

Según (Y. Shen & Bax, 2010) el Índice de Vegetación Mejorado EVI es 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)

Los sensores remotos multiespectrales e hiperespectrales juegan un importante papel sobre los efectos del calentamiento global, reducción de la biodiversidad o de la degradación de los habitats.(Bohn et al., 2012)Se cuenta con diversidad de imágenes satelitales para un seguimiento a la variabilidad espacial temporal de la vegetación como son los productos del satélite Landsat, existe una base de datos desde el año 1984 hasta la actualidad. De igual manera a través de las imágenes se obtienen áreas de recuperación forestal debido a planes de restauración, o cambios en los factores ambientales que condicionan el desarrollo de la vegetación (Aber et al., 2001) la generación de mapas de coberturas y usos de suelo se relacionan con la composición y estructura como la presencia de abundancia y distribución de especies o comunidades (Kerr & Ostrovsky, 2003). Por ello, el procesamiento de imágenes satelitales requiere un conocimiento profundo de cómo afectan estos factores y la consideración explícita de como varia e influye la calidad de los datos.(Justice et al., 2002).

Conjuntamente, los atributos funcionales son fáciles de monitorear, de forma cualitativa y cuantitativa cualquier índice de vegetación derivado de la detección por satélite obtienen subrogados de la productividad, la estacionalidad y la fenología de la ganancia de carbono.(Alcaraz-Segura et al., 2011)

Este índice se fundamenta entre la diferencia entre la absorción de la radiación visible (especialmente la roja) que realizan las clorofilas durante la fotosíntesis, y la elevada reflexión de la radiación infrarroja cercana motivada por la estructura celular del parénquima esponjoso de las hojas. Chuvieco (2005) menciona que los sensores son predecibles formando 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.

Los estudios multitemporales mediante técnicas de Teledetección como herramientas para monitorear detectar cambios de cobertura en un determinado periodo de tiempo deduciendo la evolución del medio natural o sus repercusiones de la acción humana sobre el medio (Rebollo, 2012)El procesamiento de las imágenes también debe aplicarse a múltiples escalas espaciales

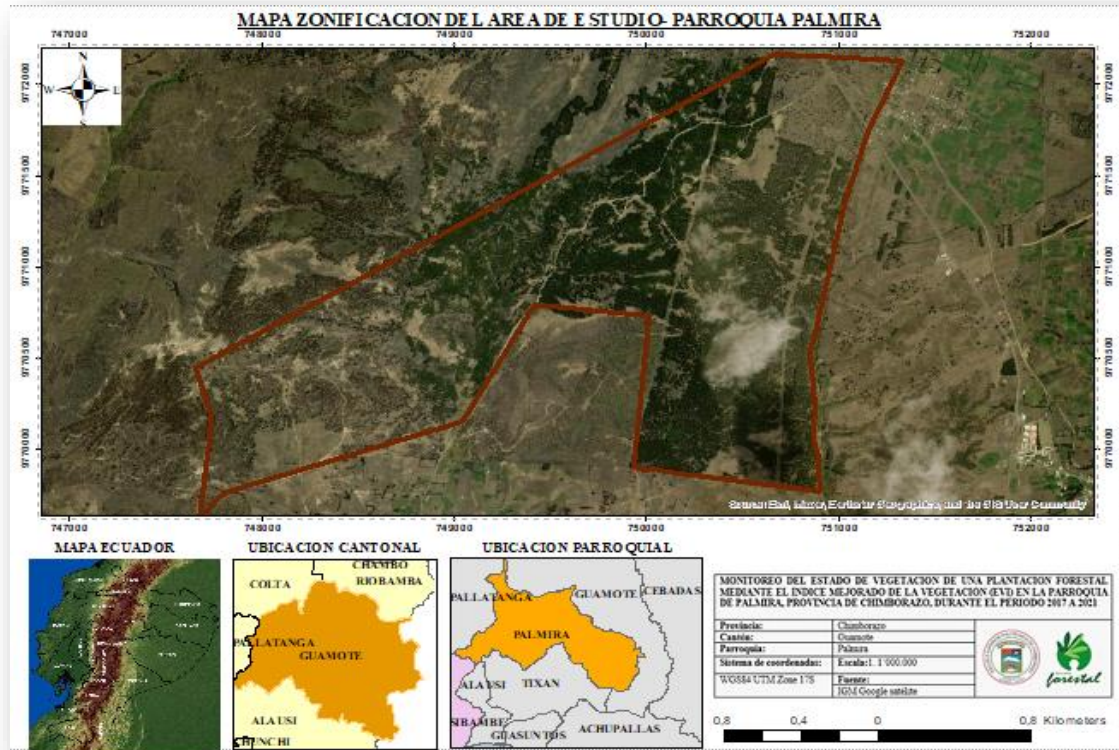
utilizando diversos métodos, como el análisis de texturas a diferentes tamaños de ventana, ventanas móviles y/o agregación de píxeles, lo que permitiría trabajar con la escala más adecuada en cada caso y desarrollar modelos de biodiversidad en contextos específicos.

Metodología

a. Localización

La parroquia Palmira se ubica en los Andes Ecuatorianos, en la provincia de Chimborazo, cantón Guamote. Sus coordenadas geográficas con: Latitud 1° 73' 30", Longitud 78° 46' 49" y Altitud de 2560-4200 msnm.(Instituto Geográfico Militar, 2015). Limita al norte con la parroquia Cebadas y la Matriz (Guamote), al sur la parroquia Tixán, al este la parroquia Cebadas y al Oeste el cantón Guamote y Pallatanga, tiene una extensión de 27.451,29, su población a la proyección del INEC, 2015 de 14270 habitantes. De acuerdo a su clima corresponde a un invierno frío en los meses de octubre a mayo, verano cálido seco y ventoso de junio a septiembre. La mayoría del área contiene pendientes pronunciadas en ciertos casos sobrepasan el 50% y en cuanto a comunidades sus pendientes superan el 10%.

Precipitaciones 681,35 mm. Velocidad del viento 13,46m/s Nubosidad 3,17 horas/día. Humedad relativa 96,8% El viento es muy fuerte y existe continuas heladas y granizadas complementándose



con fuertes vientos.

Mapa 1: Ubicación de la plantación en la parroquia Palmira

b. Métodos

En este estudio se realizó mediante la plataforma Google Earth Engine el cual es una plataforma basada en la nube para el análisis científico y la visualización de conjuntos de datos geospaciales en el que almacena por varias décadas de imágenes históricas, permite descargar y compartir múltiples conjuntos de datos así como clima y sensores regionales y globales en tiempo real (Liu et al., 2018) El uso de estas tecnologías nuevas dentro de GEE permitiendo descubrir recientemente que la cobertura arbórea de las tierras secas supera las estimaciones en más de un 40% (Bastin 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 Reflectance Composites), creando a partir de todas las escenas en cada período anual empezando el primer día del año continuando hasta el último día del año imágenes ortorectificadas de Tier 1. Landsat-8 captura imágenes de las Tierras superficie en 11 bandas espectrales del espectro electromagnético a 30 m de resolución espacial (15 m para banda pancromática y 100 m para infrarrojos térmicos (Skakun et al., 2017) En la pestaña Add computation, Per-Píxel Math expression, se introdujo la fórmula del EVI
$$=2.5*(img1["B5"]-img1["B4"]) / (img1["B5"]+6*img1["B4"]-(7.5*img1["B2"])) +1$$
, este índice proporciona una resolución mejorada de alta biomasa, con una capacidad mejorada de monitoreo de la vegetación mediante una señal del fondo de dosel y una disminución de influencias de la atmosfera. las diferentes imágenes de Landsat 8 se descargó con una resolución de 150 para el manejo en ArcGIS estas imágenes son de archivo tipo ráster para este estudio se optó por un tamaño de celda de 5x5 la celda se relaciona con un valor de atributo como, altitud que representa al promedio del valor del atributo en toda la superficie de la celda estimada. Un pixel cuenta con valor de menor unidad en la que se maneja la imagen digital, por lo tanto, el tamaño del pixel y la resolución del ráster entre más pequeño sea el pixel, mayor es la resolución (Kees, 2011) Mediante el software ArcGIS se pudo cortar las imágenes para el área de estudio con la herramienta extrac by mask el cual se extrajo valores mínimos, máximos, media y desviación estándar y se realizó mapas para el análisis del Índice mejorado de vegetación (EVI).

Resultados y discusión

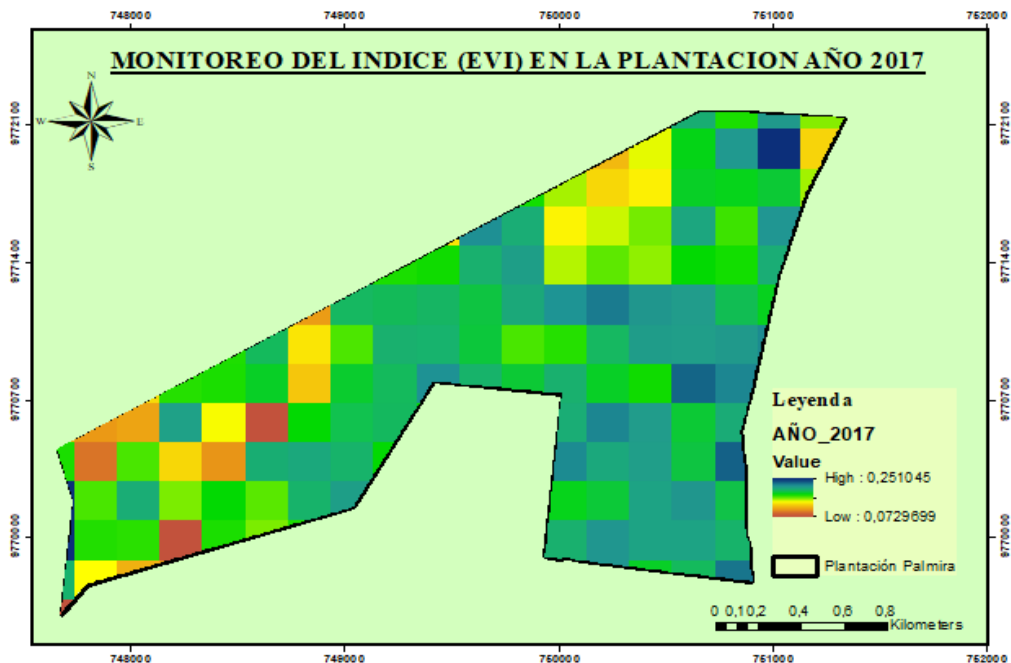
El Índice Mejorado de Vegetación (EVI), a través de sus mapas temporales, consistentes y espaciales, muestran el estado de salud de la vegetación en relación a su contenido de agua, por lo que permite monitorear la biomasa como también su actividad fotosintética.

Para tomar en cuenta el monitoreo que se hizo durante el periodo 2017-2020 y donde muestran el análisis que refleja la situación de la cobertura vegetal en los años donde se observa claramente cada año con sus valores mínimos, máximos media y desviación estándar.

El método EVI es ampliamente utilizado en la teledetección de vegetación, indicando ser eficiente en el monitoreo de cambios espacio temporales en la distribución y cantidad de vegetación (M. Shen et al., 2010) tal que el EVI toma más en cuenta el verdor de la vegetación es decir que tiene una mínima interferencia atmosférica y del suelo

Con el análisis de las imágenes tratamos de extraer la información que proporciona una imagen Para una mejor visualización y de una forma más precisa sobre el comportamiento de las coberturas se realizó gráficos de distribución.

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)



Mapa 2: Índice vegetación mejorado (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2017

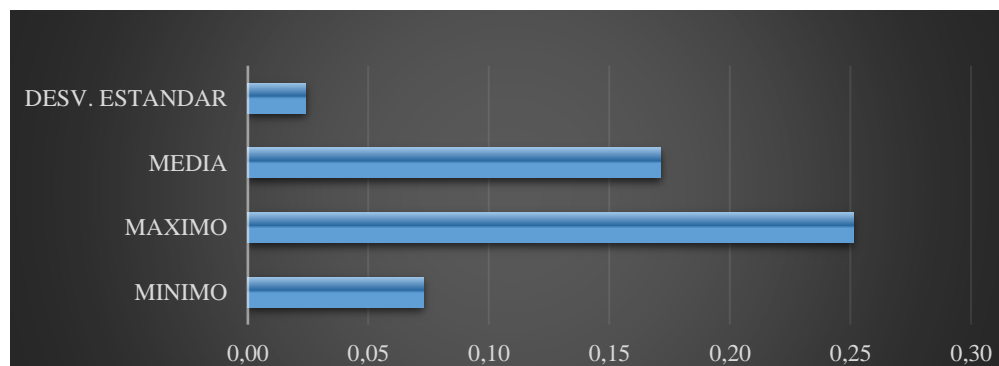
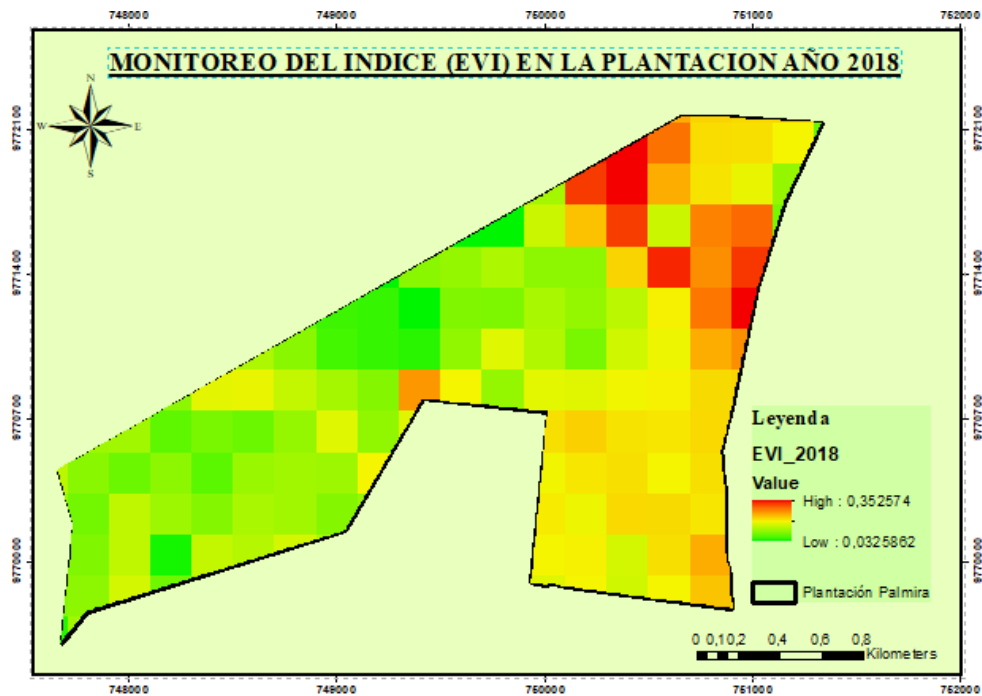


Gráfico 1: Valores del (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2018

Se observa las diferentes variaciones de los valores del EVI durante el año 2017, se analizó los valores mínimos, máximos, media y desviación estándar su valor de 0.07 corresponde al más bajo, mientras que 0.25 tiene el valor más alto 0.17 corresponde a la media y por último la desviación estándar tiene un valor de 0.02. sus valores pueden deberse a que tiene un comportamiento diferente con respecto a los próximos años. Este índice corrige las distorsiones en la luz reflejada causadas por la nubosidad y los aerosoles en la atmósfera que bloquean la visión de los satélites.



Mapa 3: Índice de vegetación mejorado (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2018

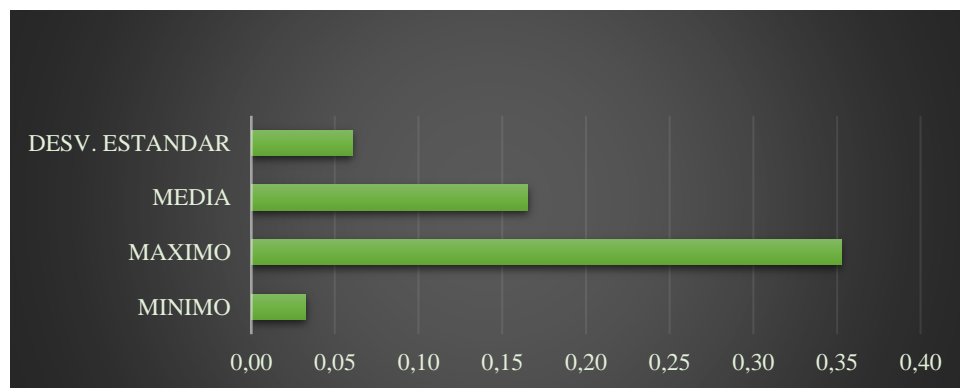
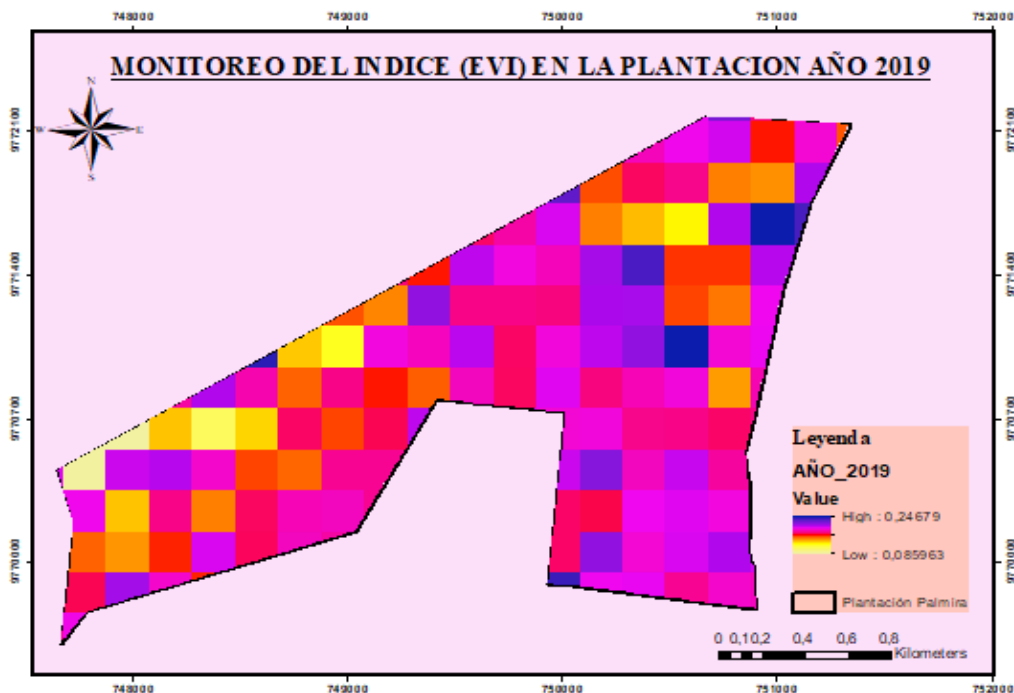


Gráfico 2: Valores del (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2018

En la presente gráfica se obtiene un valor minino de 0.03 y un valor alto de 0.35, para la media se observa 0.17 y la desviación estándar que corresponde a 0.06. Los valores positivos del EVI están asociados a la presencia de vegetación, mientras mayor sea dicho valor más robusta y vigorosa será la vegetación.



Mapa 4: Índice vegetación mejorado (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2019

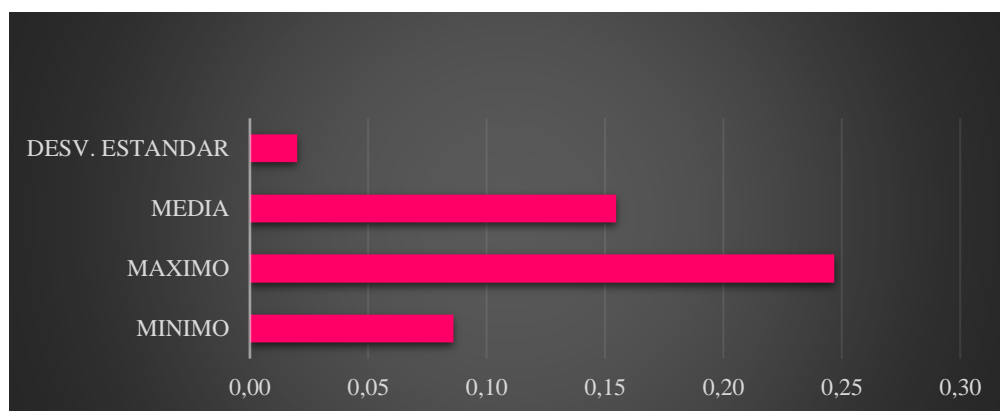
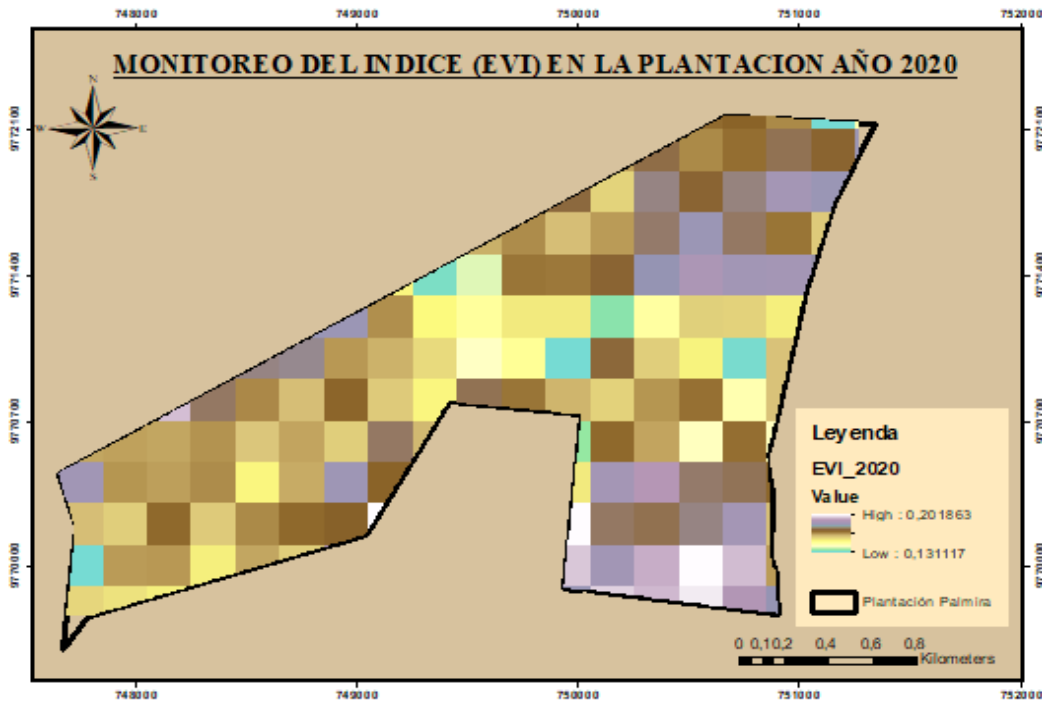


Gráfico 3: Valores del (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2019

En la presente figura para el año 2019 se observa un valor minino de 0.09, su valor máximo corresponde a 0.25 con una media de 0.15 y una desviación estándar 0.02 adicionalmente, permiten

el cálculo del perfil vertical de la misma, incluyendo numerosas variables estructurales de la vegetación, como altura o diámetros de las copas. Esto permite obtener una medida más precisa de algunas variables, como la biomasa o los datos estructurales de la cubierta



Mapa 5: Índice vegetación mejorado (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2020

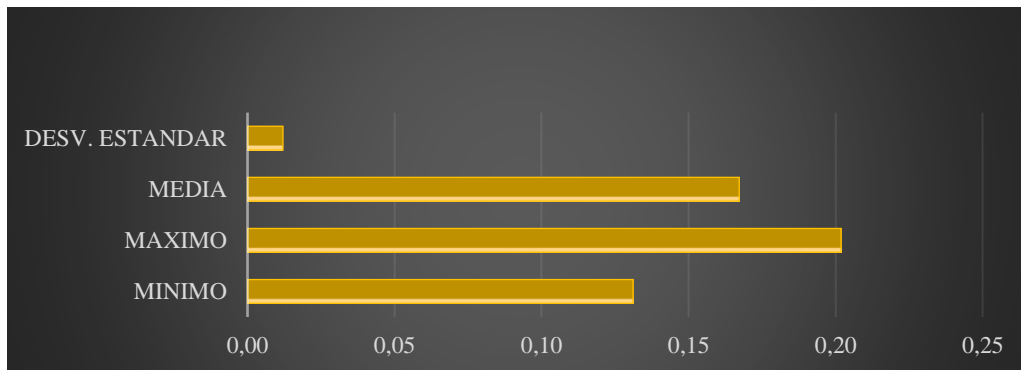
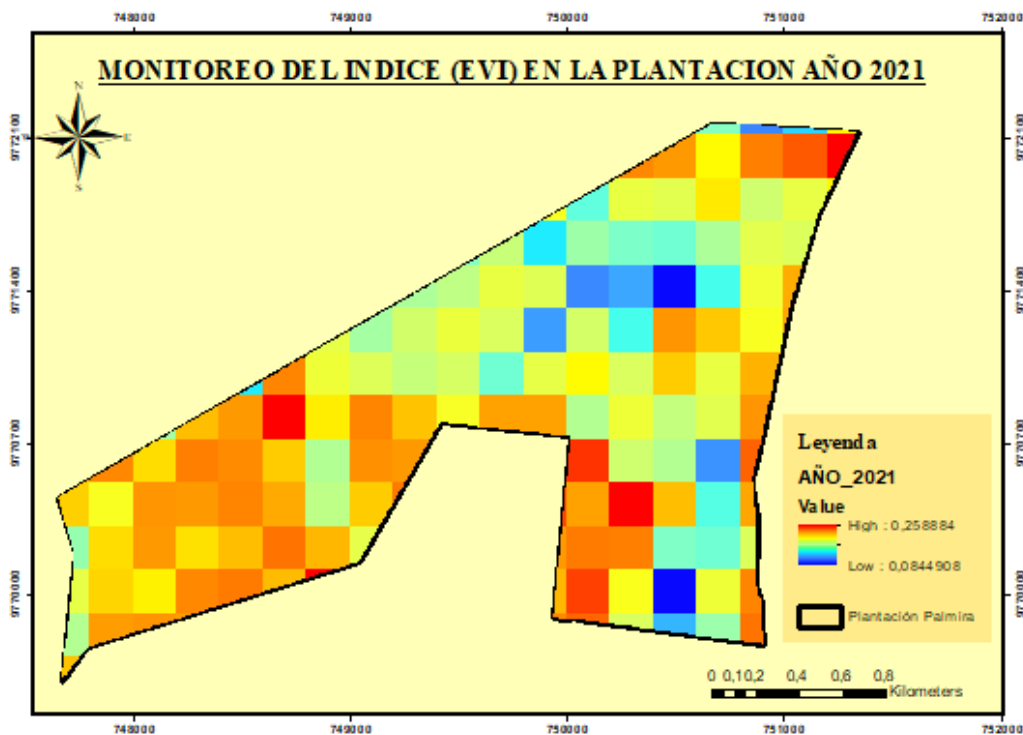


Gráfico 4: Valores del (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2020

Para el año 2020 los valores del índice vegetación mejorado corresponden un valor mínimo de 0.13, mientras que su valor máximo es de 0.20 con una media de 0.17 y una desviación estándar de 0.01 Menciona Ramírez (2018) Las zonas de menor altitud no se ven afectadas por el filtrado,

sin embargo, las regiones de alta montaña muestran variaciones significativas en sus valores del EVI cuando son filtrados por aerosoles, sombras o la presencia de nieve.



Mapa 6: Índice vegetación mejorado (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2021

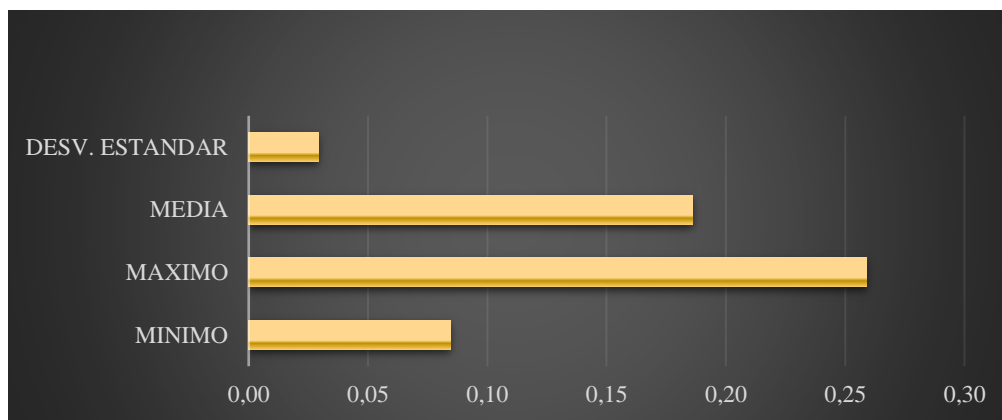


Gráfico 5: Valores del (EVI) en la Plantación Palmira para el año 2021

En la siguiente figura se muestra las distintas variaciones de los valores del EVI durante el año 2021, en el análisis del valor mínimo se puede observar con 0.08 por otra parte, su valor máximo

con 0.26 la media corresponde a un valor de 0.19 y su desviación estándar de 0.03. Gonzaga (2014), determino las variaciones de las coberturas vegetales en la superficie terrestre, en determinados periodos de tiempo, indica también que la teledetección es utilizada como una herramienta importante a la hora de formar indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales.

Comparación del EVI promedio anual

En la siguiente tabla se muestra la comparación del Índice vegetación mejorado (EVI) valores mínimos como valores máximos durante el periodo 2017 al 2021

Tabla 1: Comparación del Evi durante el periodo 2017-2021

	MINIMO	MAXIMO
2017	0,07	0,25
2018	0,03	0,35
2019	0,09	0,25
2020	0,13	0,20
2021	0,08	0,26
EVI PROMEDIO	0,08	0,26

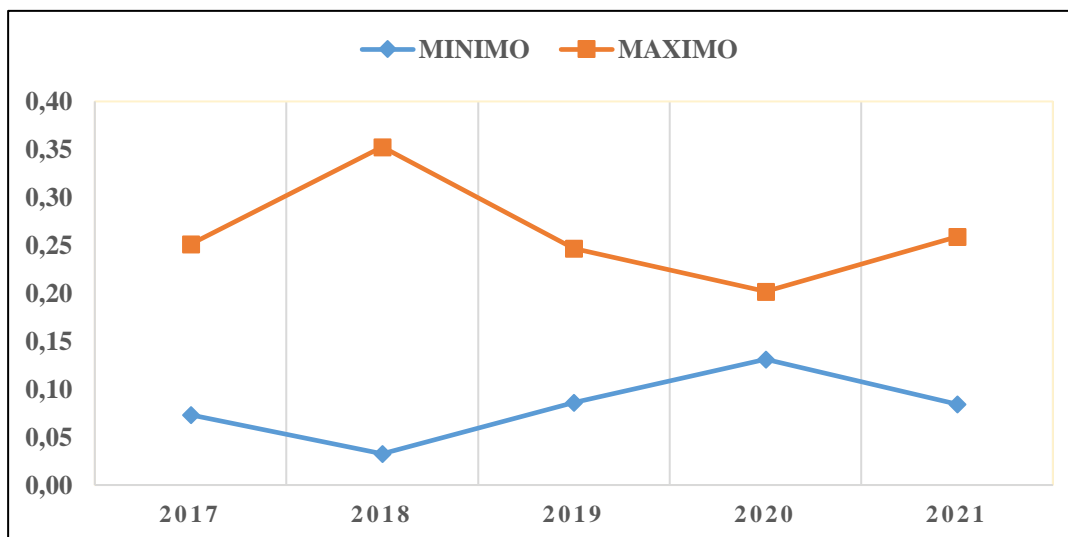


Gráfico 6: Comparación de valores mínimos y máximos de índice de vegetación mejorado (EVI) en la Plantación Palmira

Una vez comparado los promedios anuales del EVI para los años 2017 al 2021, el que presenta mejores resultados en todos los periodos corresponde al año 2018 pudiendo considerar que las imágenes satelitales reconocen mejor el verdor en los árboles y arbustos. Para la parroquia de Palmira en cuanto a plantaciones de pino desde 1986 al 2019 mostró un incremento considerable de aproximadamente 1000 hectáreas en un periodo de tiempo de 33 años.

Según Robalino (2021) en la parroquia Palmira para el año 2019 se obtuvo 78,488 hectáreas en donde se encuentra vegetación con humedad baja, con 531,042 se muestra que existe la presencia de vegetación con humedad media y por último con 704,181 hectáreas las cuales presenta una vegetación con humedad alta. Al igual que en el 44 año anterior se pudo deducir que la delimitación de plantaciones de pino se encuentra en sus etapas iniciales por lo cual existe la presencia de vegetación con humedad baja.

La percepción remota de los índices de vegetación han sido usadas de una forma indirecta para la estimación del comportamiento espectral de la vegetación, compara el estado de vegetación como también la densidad foliar que forma el dosel (Paz Pellat et al., 2014)

Menciona si no existe obstáculos en el terreno, sus raíces se extienden a profundidad, por tanto, se pueden desplazar hacia aquellas zonas del suelo más ricas en humedad o nutrientes sin embargo, pueden existir condiciones intrínsecas del suelo que proporcionen tanto el crecimiento como la evolución (Rees et al., 2010)

Sin embargo, para la provincia de Chimborazo se obtiene un patrón diferenciado entre la zona norte y la zona centro sur de la provincia. Para el periodo analizado en base a los reportes del INAMHI, el área norte presenta un ligero incremento de la precipitación y en la zona centro sur un descenso en los valores de precipitación. Esta variabilidad climática local determina en el territorio patrones de producción, distribución de ecosistemas y disponibilidad de agua para las poblaciones locales (Bustamante, 2017)

La erosión eólica es uno de los impactos más dañinos en la parroquia Palmira, ya que los efectos de los vientos son más fuertes en las áreas empinadas, la parroquia tiene una gran área dependientes elevadas, 50% de la superficie total de la zona geográfica con pendientes mayores a 40-50°, provocando mayor erosión, donde hay mayor dificultad para recuperar tierras para uso productivo. En las comunidades de Palmira, las fuertes pendientes aumenta el riesgo de erosión acelerada por procesos de carácter indistinguible, debido a su estructura de suelos son volcánicos, arcillosos y arenoso, que provocan escurrimiento (GAD Parroquial Palmira, 2015)

El índice de vegetación mejorado (EVI) es un índice de vegetación “optimizado” diseñado para mejorar la señal de la vegetación mediante una sensibilidad mejorada en regiones con gran cantidad de biomasa, a través de un desacoplamiento de la señal de fondo del dosel y una reducción de la influencia de las condiciones atmosférica.

Conclusiones

Al realizar el monitoreo de la vegetación permitió obtener información acerca del comportamiento del índice EVI mediante valores mínimos, máximos, media y desviación estándar. Al calcular el índice mejorado de la vegetación (EVI) utilizando imágenes satelitales Landsat 8 de los años 2017 al 2021 para la Parroquia Palmira se identificó que tiene el mayor promedio EVI del año 2018 de (0.35) pudiendo deberse a que ese año no hubo mayor incremento de precipitaciones El resultado del análisis y monitoreo de la vegetación, permite aseverar que la cobertura vegetal y el uso de suelo están expuestos a cambios en el transcurso del tiempo, como lo es la influencia del cambio climático que incide directamente en las modificaciones. Sin embargo, también es una zona con un alto grado de amenaza debido al cambio del uso de la tierra, la erosión del suelo, deslizamientos de tierra entre otros. La actividad fotosintética en los ecosistemas evaluados es muy variable al largo de todos los años de esta investigación, identificándose con patrones temporales con mayor actividad fotosintética.

Se deben realizar estudios puntuales y exhaustivos en la Parroquia Palmira, para la determinación de aumento o disminución del EVI pudiendo deberse a variables climáticas, cambio de usos del suelo, entre otros. Lo fundamental es tomar medidas frente a esta problemática ambiental que afecta a nivel global, regional y nacional.

Referencias

1. Aber, J., Neilson, R. P., McNULTY, S., Lenihan, J. M., Bachelet, D., & Drapek, R. J. (2001). Forest Processes and Global Environmental Change: Predicting the Effects of Individual and Multiple Stressors. *BioScience*, 51(9), 735. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0735:FPAGEC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0735:FPAGEC]2.0.CO;2)
2. Alcaraz-Segura, D., EH, B., Lee, S.-J., & Paruelo, J. (2011). Use of Ecosystem Functional Types to represent the interannual variability of vegetation biophysical properties in regional models. *Newsletter of the Climate Variability and Predictability Project (CLIVAR) Exchanges*, 16, 23-27.
3. Bastin, J.-F., Berrahmouni, N., Grainger, A., Maniatis, D., Mollicone, D., Moore, R., Patriarca, C., Picard, N., Sparrow, B., Abraham, E., Aloui, K., Atesoglu, A., Attorre, F., Başsüllü, Ç., Bey, A., Garzuglia, M., García-Montero, L., Groot, N., Guerin, G., & Castro, R. (2017). The extent of forest in dryland biomes. *Science*, 356, 635-638. <https://doi.org/10.1126/science.aam6527>
4. Bohn, V., Forneron, F., & Piccolo, M. (2012, noviembre 11). ANALISIS DE CUBIERTAS VEGETALES EN AMBIENTES NATURALES DEL SUDOESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (ARGENTINA). <https://doi.org/10.13140/2.1.4256.4808>
5. Bustamante, D. P. (2017). ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS PARA EL AÑO 2050 DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO- ECUADOR. *La Granja*, 26(2), Article 2.
6. Chuvieco, E. (2005). *Fundamentos de Teledeteccion Espacial*. Ediciones Rialp, S.A. <http://cursosihlla.bdh.org.ar/Sist.%20Cart.%20y%20Teledet./Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
7. Ferrelli, F., Bustos, M. L., & Piccolo, M. C. (2016). La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201615>

8. GAD Parroquial Palmira. (2015). AD PARROQUIAL PALMIRA. Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorio.
9. Gómez, I. U. H., Ellis, E. A., & Gómez, C. A. G. (2013). Aplicación de teledetección y sistemas de información geográfica para el análisis de deforestación y deterioro de selvas tropicales en la región Uxpanapa, Veracruz. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, 13_1, Article 13_1.
10. Gonzaga Aguilar, C. (2014). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/34487>
11. Instituto Geografico Militar. (2015). Carta Topográfica 1:50.000 de Palmira. http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/enie/ENIEV_A2.htm
12. Javzandulam, T., TATEISHI, R., & SANJAA, T. (2005). Analysis of vegetation indices for monitoring vegetation degradation in semi-arid and arid areas of Mongolia. *International Journal of Environmental Studies*, 62(2), 215-225. <https://doi.org/10.1080/00207230500034123>
13. Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Vermote, E. F., Masuoka, E., Wolfe, R. E., Saleous, N., Roy, D. P., & Morisette, J. T. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, 83(1), 3-15. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00084-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00084-6)
14. Kees, S. (2011). PREDICCIÓN DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN NATURAL DE *Prosopis hassleri* EN LA PROVINCIA DE FORMOSA – ARGENTINA.
15. Kerr, J. T., & Ostrovsky, M. (2003). From space to species: Ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(6), 299-305. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00071-5)
16. Liu, X., Hu, & Wang, S. (2018). High-resolution multi-temporal mapping of global urban land using Landsat images based on the Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing of Environment*, 209, 227-239. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.055>
17. Paz Pellat, F., Romero Sánchez, M. E., Palacios Vélez, E., Bolaños González, M., Valdez Lazalde, J. R., Aldrete, A., Paz Pellat, F., Romero Sánchez, M. E., Palacios Vélez, E., Bolaños González, M., Valdez Lazalde, J. R., & Aldrete, A. (2014). Alcances y limitaciones

- de los índices espectrales de la vegetación: Marco teórico. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 177-194.
18. Ramírez, L., & Vallejo, B. (2018). "INFLUENCIA DE LOS PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN LA VARIABILIDAD DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO 2000-2016 EN LOS PÁRAMOS DEL NORTE DE ECUADOR. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8144>
 19. Rebollo, M. E. (2012). ESTUDIO MULTITEMPORAL PARA LA DETERMINACIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO EN EL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA - BIJAGUAL - MAMAPACHA PARA EL PERIODO 1992 - 2012. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11863/ESTUDIO%20MULTI%20TEMPORAL%20P%C1RAMO%20TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA.pdf;jsessionid=4799914C63BB7A5209A5435E2452673C?sequence=1>
 20. Rees, S., & Doyle, R. (2010). Effect of soil properties on Pinot Noir vine vigour and root distribution in Tasmanian vineyards.
 21. Robalino, J. (2021). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA EVOLUCIÓN DE PLANTACIONES DE PINO ESTABLECIDAS EN LA PARROQUIA PALMIRA, CANTÓN GUAMOTE, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES [Proyecto de Investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15878/1/33T00286.pdf>
 22. Shen, M., Chen, J., Zhu, X., Tang, Y., & Chen, X. (2010). Do flowers affect biomass estimate accuracy from NDVI and EVI? *International Journal of Remote Sensing*, 31, 2139-2149. <https://doi.org/10.1080/01431160903578812>
 23. Shen, 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. <https://doi.org/10.1007/s10858-010-9433-9>
 24. Skakun, S., Roger, J.-C., Vermote, E. F., Masek, J. G., & Justice, C. O. (2017). Automatic sub-pixel co-registration of Landsat-8 Operational Land Imager and Sentinel-2A Multi-Spectral Instrument images using phase correlation and machine learning based mapping. *International Journal of Digital Earth*, 10(12), 1253-1269. <https://doi.org/10.1080/17538947.2017.1304586>
 25. Solano, R. (2010). MODIS VI (MOD13) C5 User's Guide.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).