

VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN MONTECRISTI, PROVINCIA DE MANABÍ (PERÍODO 2010 – 2021)

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF THE PLANT COVER OF THE MONTECRISTI CANTON, PROVINCE OF MANABÍ. (PERIOD 2010 – 2021)

Karla Sara Barragán Triana^{1*}

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado, Ecuador, Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-5100-7005> Correo: barragan-karla4638@unesum.edu.ec

Jorge Washington Mieles Giler²

² Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado, Ecuador, Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4739-8968> Correo: jorge.mieles@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: barragan-karla4638@unesum.edu.ec

Resumen

El comportamiento humano en relación con el uso del suelo suele tener efectos negativos sobre este recurso, resultando en la pérdida de fertilidad y su degradación. Esto, a su vez, conlleva a una disminución de la cobertura vegetal. Se utilizaron cuatro imágenes Landsat 7 correspondientes a los años 2010, 2015, 2020 y 2021. Los resultados obtenidos revelan que los valores del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) presentan tendencias similares en las coberturas de los años 2015 a 2021. En este análisis, se destaca la presencia de vegetación escasa y dispersa. En 2015, esta categoría experimentó un aumento del 0,98% en comparación con 2010, totalizando aproximadamente 28,866.9 hectáreas y abarcando una extensión total de 72,964.76 hectáreas. Sin embargo, aún se encuentra a solo 4,437 hectáreas de cubrir toda la extensión territorial estudiada. La tasa de pérdida más significativa se observa en 2015, con un -9.6% de vegetación densa. Se evidencia que la presión de las actividades humanas sobre la cobertura del suelo ha generado un aumento considerable de la vegetación escasa y dispersa. El análisis espacial permitió identificar las áreas con reducción o aumento durante los años de estudio.

Palabras clave: Análisis multitemporal; cobertura vegetal; variabilidad espacial

Abstract

Human behavior in relation to land use often has negative effects on this resource, resulting in the loss of fertility and its degradation. This, in turn, leads to a decrease in vegetation cover. Four Landsat 7 images were used corresponding to the years 2010, 2015, 2020 and 2021. The results obtained reveal that the values of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) present similar trends in the coverage of the years 2015 to 2021. In this analysis, the presence of scarce and dispersed vegetation stands out. In 2015, this category experienced an increase of 0.98% compared to 2010, totaling approximately 28,866.9 hectares and covering a total area of 72,964.76 hectares. However, it is still only 4,437 hectares away from covering the entire territorial area studied. The most significant loss rate is observed in 2015, with -9.6% of dense vegetation. It is evident that the pressure of human activities on soil cover has generated a considerable increase in scarce and scattered vegetation. The spatial analysis allowed us to identify the areas with reduction or increase during the study years.

Keywords: *Multitemporal analysis; vegetation cover; spatial variability*

Fecha de recibido: 19/12/2023

Fecha de aceptado: 05/03/2024

Fecha de publicado: 06/03/2024

Introducción

A lo largo de la evolución, los seres humanos han mantenido una continua relación con la naturaleza para atender sus necesidades fundamentales, esta influencia en el entorno ha sido tan significativa que en la actualidad se cuestiona la existencia de algún ecosistema natural que no haya sido sometido a alteraciones, ya sean de magnitud considerable o más sutiles.

Ecuador, en las últimas décadas, ha experimentado fuertes cambios en su cobertura vegetal natural y uso de suelo, estas dinámicas son complejas y ocasionan transformaciones inesperadas en la estructura y funcionalidad del ambiente; poniendo en riesgo la sostenibilidad de generaciones futuras (Pinos, 2016).

El cantón Montecristi ha asumido un crecimiento acelerado en áreas urbanas sin una planificación adecuada, invasiones violentas de la ladera del cerro, explotación inadecuada y la destrucción de los recursos naturales (Baque, 2018); conduciendo al deterioro y pérdida de vegetación lo que intensifica una de las principales vulnerabilidades del cantón como son los deslizamientos de tierras.

En este contexto es necesario la aplicación de técnicas para evaluar la vegetación como el Índice de Vegetación de Diferenciación Normalizado, mejor conocido por sus siglas NDVI, el cual integra medidas de reflectancia permitiéndonos determinar una variabilidad de la vegetación (Chuvieco, 1996). El objetivo principal de este estudio es determinar la variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal del cantón Montecristi durante el período 2010 – 2021.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El Cantón de Montecristi se encuentra ubicado al centro oeste de la Provincia de Manabí, convirtiéndose en el eje articulador de las actividades comerciales y económicas entre las poblaciones de Manta y Portoviejo. El casco cantonal posee un relieve relativamente bajo con respecto a las otras formaciones que se asientan en las faldas del cerro Montecristi, cerro representativo del cantón. El clima de la zona es desértico tropical, la humedad es media equivalente en porcentaje del 77% y la temperatura media anual varía entre 23,7°C y 26,2°C. (PDOT Montecristi, 2016, p. 43)



Figura 1. Localización del área de estudio.

Para evaluar la disminución de la cobertura vegetal en el Cantón Montecristi, se examinaron imágenes desde 2010 hasta 2021, obtenidas a través de satélites LANDSAT 7. Estas imágenes fueron analizadas mediante el software ArcGIS V 10.5 for Desktop, un sistema de Información Geográfica que facilita la delimitación y cartografía de áreas con pérdida de cobertura vegetal. Las imágenes se mantuvieron con una resolución de 10m a 60m, no presentaron una cobertura nubosa superior al 10% y fueron sometidas a correcciones atmosféricas.

Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Una vez obtenidas las imágenes satelitales, se lleva a cabo el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que, según Orlando y López (2019), es un indicador ampliamente utilizado para la determinación de la vegetación, mostrando eficacia en el análisis y monitoreo de las condiciones vegetativas y su dinámica en la cobertura terrestre. El NDVI se deriva a partir de la respuesta de la vegetación en relación con el espectro electromagnético. La fórmula utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

Donde:

VIS = Rojo Visible

NIR = Infrarrojo Cercano

La tabla teórica que se utilizará dentro del índice NDVI varía en su valor entre -1 y 1. El NDVI posee un gran valor en términos ecológicos, ya que es un buen estimador de pérdida de cobertura vegetal.

Tabla 1: tabla teórica.

#	Rango	Categoría
1	-1 y 0	Cuerpos de agua
2	0,1 y 0,25	Vegetación débil y escasa
3	0,25 y 0,55	Vegetación media
4	0,55 y 1	Vegetación densa

La paleta de colores utilizada dentro de la investigación es verde oscuro, verde claro, amarillo, terracota, rojo.

Estimación de la tasa porcentual anual de pérdida de cobertura vegetal a partir de los datos extraídos de los mapas y las imágenes de satélite

Con los mapas finales de vegetación se calculará el área que ocupa la cobertura vegetal en cada año del período estudiado y la pérdida de los mismos. Se llevó a cabo un análisis de cambio de uso de tipo "posclasificación", siguiendo la metodología propuesta por Chuvieco (2000). Se creó una matriz de cambio que detalla la dinámica en el uso del suelo y la cobertura vegetal durante el período analizado. Además, se calculó la tasa de pérdida de cobertura para el intervalo de tiempo de interés utilizando una adaptación de la fórmula propuesta por Palacio-Prieto et al., (2004):

$$Tpc = \left(\left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1 \right) * 100$$

Donde:

Tpc = Tasa de pérdida de cobertura anual en porcentaje

n = Años del periodo de análisis

S1 = Área arbolada del año inicial

S2 = Área arbolada del año final

Resultados y discusión

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Las imágenes analizadas en esta investigación corresponden a los años 2010, 2015, 2020 y 2021. Para calcular el índice, se empleó una técnica basada en la combinación de las bandas infrarrojo cercano y rojo visible. Una vez aplicada esta técnica a las imágenes satelitales, se refleja la clasificación establecida.

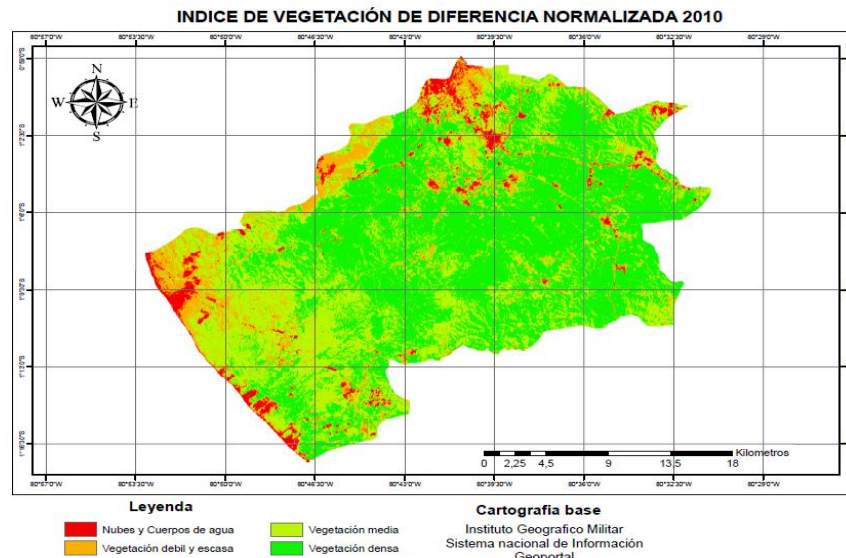


Figura 2. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada 2010.

En la Figura 2, que muestra la imagen del año 2010, se evidencia una reflectancia con un rango de 0,55 a 1, indicando vegetación densa que cubre en gran medida la extensión del Cantón. Asimismo, se aprecia vegetación de tipo medio con un rango de 0,25 a 0,55. Por otro lado, se observan leves indicios de vegetación débil o escasa, así como cuerpos de agua.

Luego de analizar el año 2015, expresado en la figura 3 donde se pueden notar un cambio de vegetación, la mayoría del territorio estudiado presenta vegetación débil y escasa, definida entre un rango de 0,1 a 0,25 esta vegetación corresponde a arbustos y praderas. También se notan reflectancias de vegetación media que

pertenece a vegetación leñosa, plantaciones arbustivas, plantaciones de escasos crecimientos y bosques xerófilos, esta vegetación se encuentra entre un rango de 0,25 a 0,55 en la clasificación del NDVI.

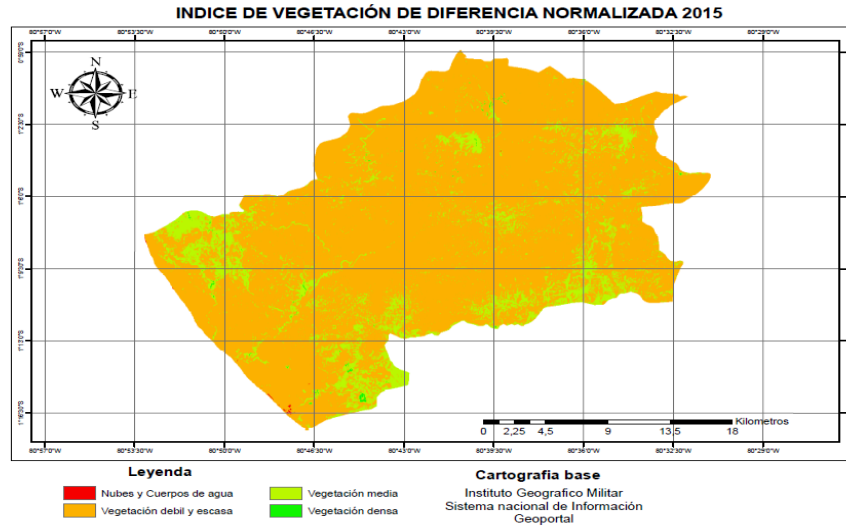


Figura 3. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada 2015.

Dentro del año 2015 se encuentran reflectancias de vegetación densa y cuerpos de agua de manera muy leve en la parte sur oeste del cantón, Posterior a esto se realizó el análisis del año 2020 donde podemos, en la figura 4 que sigue prevaleciendo la vegetación débil y escasa, sin embargo, dentro de este año ya se establecen reflectancia de vegetación densa.

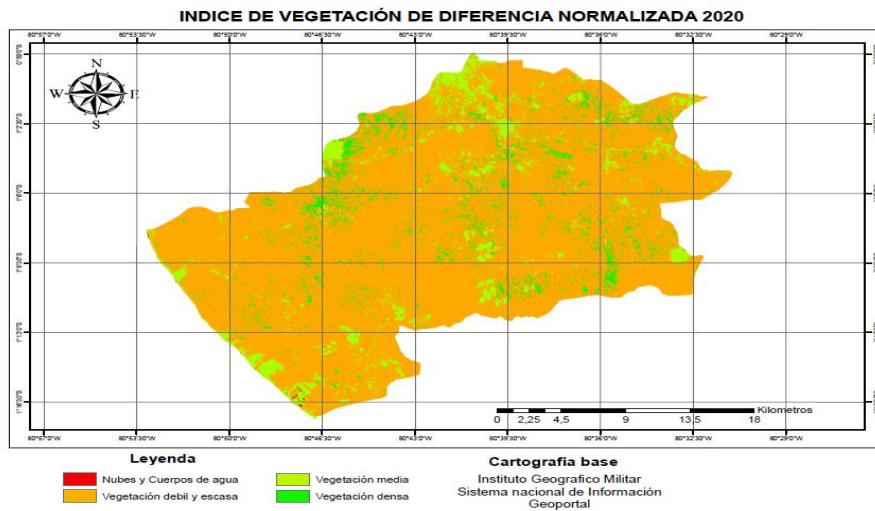


Figura 4. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada 2020.

La vegetación densa representa a las plantas en crecimiento, bosques húmedos, siempre verdes son por lo general las zonas más claras en reflectancia, ya que tienden a emitir mucha radiación solar en el infrarrojo cercano y poca en el rojo, por esto la vegetación densa se encuentra en un rango de 0,55 a 1.

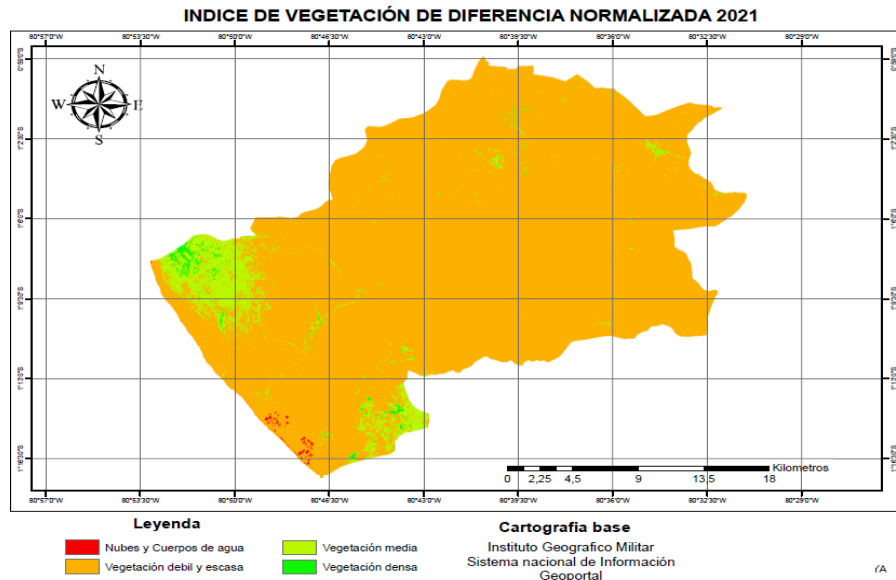


Figura 5. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada 2021.

En la figura 5, se detalla el año 2021, donde se denota una persistencia de casi la totalidad del territorio con vegetación débil y escasa, varios de los cambios de reflectancia se muestran en el área suroeste del cantón, donde expresa rasgos de vegetación media y densa. A comparación del año 2020 disminuye la presencia de vegetación densa en la parte céntrica del cantón y de vegetación media en la parte noreste donde se establecían rasgos energéticos de dichas vegetaciones

- Tasa porcentual anual de pérdida de cobertura vegetal

La tasa porcentual anual de pérdida de cobertura vegetal, fue el resultado de la aplicación de la fórmula aritmética estimada por Chuvieco (2000), tomando en cuenta las dinámicas naturales de cambios de las coberturas analizadas, se muestra la tabla 1 donde se establecen la clasificación estimada en el NDVI, donde se reflejan las hectáreas, los porcentajes en relación al área y la tasa porcentual anual, el área actual utilizada en el estudio es de 73009,13 ha. Esta tasa porcentual es expresada en porcentajes, los valores negativos describen formaciones que pierden cobertura vegetal y los valores positivos las que gana superficie.

Tabla 1. Matriz de área de vegetación y sus porcentajes.

Clasificación	Áreas de vegetación		Tasa porcentual
	AREA (ha ⁻¹)	Porcentaje en relación al área.	
2010			
Vegetación escasa y dispersa	7167,65	9,8%	
Vegetación media	24645,39	33,8%	
Vegetación densa	38169,56	52,3%	
2015			
Vegetación escasa y dispersa	36034,17	49,4%	0,98
Vegetación media	36605,65	50,1%	0,93
Vegetación densa	324,94	0,4%	-9,6
2020			
Vegetación escasa y dispersa	2987,26	4,1%	-0,09
Vegetación media	64331,76	88,1%	0,94
Vegetación densa	3645,69	5,0%	0,99
2021			
Vegetación escasa y dispersa	68151,47	93,3%	0,99
Vegetación media	3433,83	4,7%	-0,70
Vegetación densa	380,67	0,5%	-0,12

El año 2010 no fue establecido con tasa porcentual ya que fue el año inicial del estudio y fue tomado como área arbolada de año final, a partir de estos datos expuestos se calcula de los años 2015, 2020, 2021.

También se estableció un porcentaje en relación al área total del estudio, donde se estimó el porcentaje al que pertenece cada vegetación. En el caso de la vegetación densa durante el año 2015 disminuyó aproximadamente el -9,6% equivalente a 37.844,62 ha-1, y la vegetación escasa y dispersa aumentó en un 0,98% en comparación al año 2010 siendo un aproximado de 28866,9 ha-1, reflejando una extensión total de 72964, 76 ha-1, estando a solo 4437 ha-1 de abarcar toda la extensión territorial estudiada.

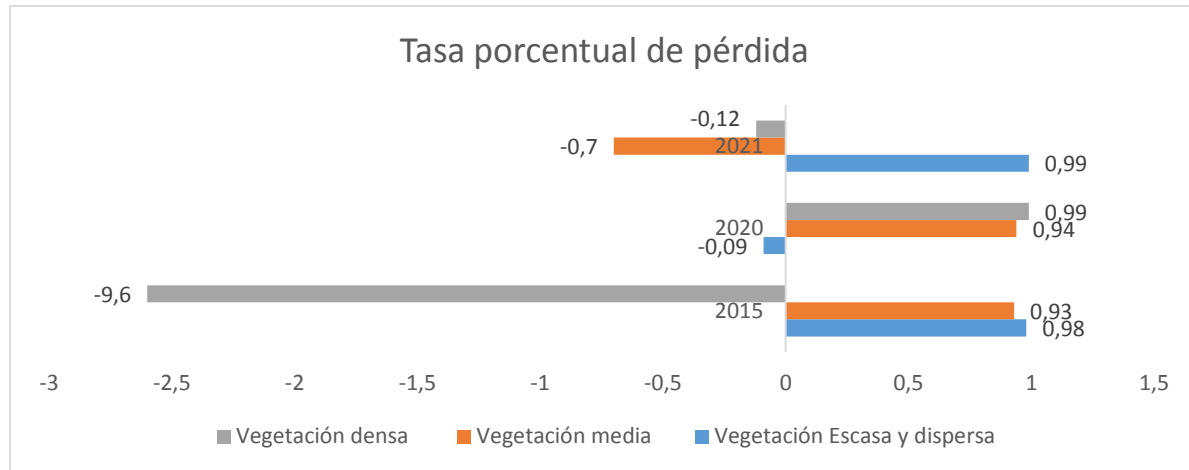


Figura 6. Tasa porcentual de pérdida.

En el año 2020 refleja una tasa porcentual de pérdida en la vegetación escasa y dispersa con un $-0,09$ equivalente a $33046,91 \text{ ha}^{-1}$, y aumento de cobertura en vegetación densa del $0,99\%$ lo que representa a $3320,75 \text{ ha}^{-1}$ y de vegetación media un $0,94\%$ lo que representa $60897,93 \text{ ha}^{-1}$.

Para el año 2021 la vegetación densa y media disminuyen en cobertura con el $-0,12\%$ y $-0,7\%$ respectivamente dándole paso al aumento de la vegetación escasa y dispersa reflejándose de manera más rigurosa con un aumento del $0,99\%$ equivalente a $65164,21 \text{ ha}^{-1}$.

La variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal en el Cantón Montecristi refleja la complejidad de las interacciones humanas y ambientales. La pérdida de la cubierta vegetal es un detonante directo de la degradación del suelo, y ambos fenómenos están interconectados de manera compleja. Reconocer esta relación crítica es el primer paso para abordar los desafíos ambientales que enfrentamos.

Bajo este contexto Muñoz et al., (2019) en su estudio impacto de la pérdida de vegetación nos muestra que la mayoría de las propiedades del suelo no mostraron fluctuaciones significativas con respecto al tiempo; esto quiere decir que cuatro años no fueron suficientes para registrar cambios importantes. Sin embargo, la condición de degradación de cobertura vegetal densa refleja un $16,8\%$ en el sitio lo que indico que fue el factor más determinante.

Lo que se puede relacionar con Alencar da Silvia (2019), en la variabilidad de cobertura vegetal en Moxotó donde se identificó tres tipos de densidad: baja, mediana y alta. Los resultados indicaron que la vegetación de menor densidad es la más abundante en el área de la cuenca, y que la vegetación de mayor densidad representa menos del 3% de la vegetación de la cuenca.

Así mismo con los resultados de la investigación que reflejan una tasa de pérdida en el cantón Montecristi con mayor porcentaje en el 2015 con un $-9,6\%$ de la vegetación densa, donde se puede observar que la presión de las actividades antrópicas sobre la cobertura del suelo ha generado un aumento considerable de la

vegetación escasa y dispersa del lugar, el análisis espacial permitió diferenciar las áreas con reducción o aumento durante los años de análisis.

En comparación de lo mencionado se puede establecer que el comportamiento constante anual de pérdida tiene la tendencia de la disminución de la vegetación densa ya que este tipo de vegetación a menudo son más susceptibles a la intervención humana, como la tala para obtener madera, la expansión agrícola, la urbanización. La presión humana puede llevar a una pérdida rápida de árboles y, por lo tanto, a una degradación de la densidad arbórea.

De acuerdo con Erasmi, Propastin y Kappas (2009) establece que un comportamiento cíclico anual de la vegetación, son las respuestas clásicas a un ciclo regular de pluviosidad y almacenamiento de agua en el terreno. En este sentido, los valores de NDVI mínimos se registraron entre el periodo seco de febrero a abril, mientras que los valores máximos se observaron en los meses más lluviosos comprendidos entre julio-septiembre. Por otra parte, Olivares et al., (2016) indico que durante inicios de la época lluviosa se presentó un déficit hídrico en la zona de El Tigre que afectó el crecimiento de los cultivos tradicionales y la vegetación de sabana.

Mientras que en la investigación las imágenes tienen un resultado más preciso ya que fueron tomadas en época seca, lo que acentúa el contraste entre las diferentes categorías. Los valores del NDVI expresados en el estudio muestran tendencias idénticas en las coberturas de los años 2015 a 2021, el área estudiada es predominante en pendientes y facilita el escurrimiento superficial en época húmeda (diciembre a abril), por lo que no se observan zonas inundadas. El contraste expresado por el NDVI es coherente con la vegetación presente en la zona de estudio, bosque húmedo como eje central y alrededor matorrales, diferenciadas por medio de las reflectancias.

Conclusiones

Los valores del NDVI expresados en el estudio muestran tendencias idénticas en las coberturas de los años 2015 a 2021, donde se destaca la vegetación escasa y dispersa, tan solo en el año 2015 aumento en un 0,98% en comparación al año 2010 siendo un aproximado de 28866,9 ha-1, reflejando una extensión total de 72964,76 ha-1, estando a solo 4437 ha-1 de abarcar toda la extensión territorial estudiada, a pesar de que en el año 2020 refleja una tasa porcentual de pérdida con un -0,09 equivalente a 33046,91ha-1, el año 2021 se destaca de manera más rigurosa con un aumento del 0,99% equivalente a 65164,21 ha-1.

La tasa de pérdida con mayor porcentaje se refleja en el 2015 con un -9,6% de la vegetación densa, se puede observar que la presión de las actividades antrópicas sobre la cobertura del suelo ha generado un aumento considerable de la vegetación escasa y dispersa.

El contraste expresado por el NDVI es coherente con la vegetación presente en la zona de estudio, bosque húmedo como eje central y alrededor matorrales, diferenciadas por medio de las reflectancias.

Referencias

- Alencar da Silvia, A. K., Parodi, D. M., Nóbrega, R. S., & Opazo, A. D. (2019). Variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal de los años 1984 a 2011 en la cuenca hidrográfica del río Moxotó, Pernambuco. *Dialogo Andino* (58), 139-150. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/rda/n58/0719-2681-rda-58-139.pdf>
- Baque, S. B. (2018). Propuesta de zonificación de uso del suelo en el cantón Montecristi, como síntesis de desarrollo socio económico y ambiental, después del terremoto del 16 de abril del 2016. Obtenido de Universidad Técnica Particular de Loja.
- Chuvieco, E. Martín, M P. Palacios MA. (1996). Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing* 23 (23).
- Chuvieco, E. (2000) Fundamentos de Teledetección espacial, RIALP, 568 pp.
- Erasmí, S., Propastin, P., & Kappas, M. (2009). Spatial Patterns of NDVI Variation over Indonesia and their Relationship to ENSO Warm Events during the Period 1982-2006. *Journal of Climate*, 22, 6612-6623. DOI: 10.1175/2009JCLI2460.1
- GAD Montecristi. (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Montecristi. Obtenido de Diagnostico estrategico: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360001010001_PDOT%20-%20GR%20Montecristi_30-12-2016_20-48-10.pdf
- Muñoz, I. D., López, G., Hernández, M. M., Soler, A. A., y López, G. J. (2019). Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial. *Terra Latinoamerica*.
- Olivares, B., Cortez, A., Lobo, D., Parra, R., Rey, J.C., & Rodríguez, M. F. (2016b). Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado. *Revista Acta Nova*, 7(3), 266-283.
- Pinos, Á. N. (2016). Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca. *Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 5 (9). doi:<https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Orlando Olivares , B., & López Beltrán , M. A. (2019). Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaama. *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(2).