



Análisis Multitemporal de la Cobertura Vegetal de la Subcuenca del Río Chambo Durante el Periodo 2015 A 2020

Multitemporal Analysis of the Vegetation Cover of the Chambo River Sub-basin During the Period 2015-2020

Análise Multitemporal da Cobertura Vegetal da Sub-bacia do Rio Chambo durante o Período 2015-2020

María Fernanda Pinta-Escobar ^I
pinta.fernanda@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3490-5129>

Julia Desiree Velasteguí-Cáceres ^{II}
julia.velastegui@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6825-0853>

Vilma Fernanda Noboa-Silva ^{III}
vilma.noboa@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3164-7304>

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

Diego Francisco Cushquicullma-Colcha ^V
dagoeco@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6265-8164>

Correspondencia: pinta.fernanda@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 30 de Octubre de 2021 ***Aceptado:** 20 de Noviembre de 2021 * **Publicado:** 08 de Diciembre de 2021

- I. Ingeniera Forestal. Investigadora Independiente Ecuador.
- II. Master of Science in Geospatial Technologies. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- III. Magíster en Desarrollo local y comunitario. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- IV. Magister en Ciencias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- V. Ingeniero en Ecoturismo, Proyecto de investigación DIMATEZ, Ecuador.

Resumen

Los cambios en la cobertura vegetal, son sin duda una problemática mundial debido a la expansión de las actividades productivas y el impacto que causa a los servicios eco sistémicos de los páramos y bosques, en este contexto el presente estudio calcula la superficie con cambios y permanencias en la cobertura vegetal en el periodo 2015 al 2020 ocurrido en la Subcuenca del río Chambo. Se usaron 6 imágenes satelitales landsat 8 de la plataforma Google Earth Engine, y haciendo uso del software de geoprocésamiento Arcgis versión 10.8 y la herramienta algebra de mapas se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), luego se realizó la clasificación supervisada usando el clasificador de máxima verosimilitud para catalogar 5 clases de coberturas, finalmente se determinó las áreas con transición y permanencia. Los resultados indican que el año 2016 presenta mayor reflectancia detectando mayor vigorosidad y presencia de densidad alta de vegetación. Se concluye además que en la mayor parte del territorio (61%) no sufrió cambios, mientras que el 39% sufrió transiciones entre las diferentes clases con un total de 139397 hectáreas. La clase vegetación dispersa presentó ganancias superficiales en mayor proporción pasando de 129.080,48 ha en 2015 a 152.619,419 ha en 2020 existiendo un aumento de 23538,939 ha. Esta clase comprende en su mayor parte zonas agrícolas y pastizales que en el año 2015 representaba 35,96% y para el año 2020 alcanzó un 42,52% evidenciando un incremento de 6,56% de cambio.

Palabras claves: Imágenes landsat 8; clasificación supervisada; matriz de transición; vegetación dispersa.

Abstract

Changes in vegetation cover are undoubtedly a global problem due to the expansion of productive activities and the impact it causes on the ecosystem services of the moors and forests, in this context the present study calculates the surface with changes and permanence in the vegetation cover in the period 2015 to 2020 occurred in the Chambo River Sub-basin. Six landsat 8 satellite images were used from the Google Earth Engine platform, and using the Arcgis version 10.8 geoprocessing software and the map algebra tool, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated, then the supervised classification was performed using the maximum likelihood classifier to catalog 5 classes of coverage, finally the areas with transition and permanence were determined. The results indicate that the year 2016 presents

higher reflectance detecting greater vigor and presence of high density of vegetation. It is also concluded that in most of the territory (61%) it did not undergo changes, while 39% underwent transitions between the different classes with a total of 139397 hectares. The dispersed vegetation class presented surface gains in a higher proportion, going from 129,080.48 ha in 2015 to 152,619,419 ha in 2020, with an increase of 23,538,939 ha. This class comprises mostly agricultural areas and pastures, which in 2015 represented 35.96% and by 2020 reached 42.52%, showing an increase of 6.56% of change.

Key words: Landsat 8 images; supervised classification; transition matrix; sparse vegetation.

Resumo

Mudanças na cobertura vegetal são, sem dúvida, um problema global devido à expansão das atividades produtivas e ao impacto que causa nos serviços ecossistêmicos das charnecas e florestas, neste contexto o presente estudo calcula a superfície com mudanças e permanências na cobertura vegetal na região. período de 2015 a 2020 ocorreu na sub-bacia do rio Chambo. Seis imagens de satélite de 8 terras foram utilizadas a partir da plataforma Google Earth Engine, e usando o software de geoprocessamento Arcgis versão 10.8 e a ferramenta de álgebra de mapas, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi calculado e a classificação supervisionada foi realizada usando o classificador de máxima verossimilhança para catalogar 5 classes de cobertura, finalmente foram determinadas as áreas de transição e permanência. Os resultados indicam que o ano de 2016 apresenta maior refletância detectando maior vigor e presença de alta densidade de vegetação. Conclui-se também que na maior parte do território (61%) não sofreu alterações, enquanto 39% realizaram transições entre as diferentes classes com um total de 139.397 hectares. A classe de vegetação dispersa apresentou ganhos de superfície em maior proporção, passando de 129.080,48 ha em 2015 para 152.619.419 ha em 2020, com aumento de 23.538.939 ha. Esta classe é composta majoritariamente por áreas agrícolas e pastagens, que em 2015 representava 35,96% e em 2020 atingiu 42,52%, apresentando um acréscimo de 6,56% de variação.

Palavras-chave: Landsat 8 images; classificação supervisionada; matriz de transição; vegetação dispersa.

Introducción

A escala mundial se generan cambios en la cobertura vegetal producto de distintas actividades, principalmente las económicas que generan problemas ambientales (Acosta y Suárez, 2020: p. 12). El uso de la tierra y la cobertura vegetal está sometida a cambio constantes (Rivas y Torres 2019: p. 25), siendo estos los principales problemas que aquejan a la humanidad (López, 2006: citados en Pineda, 2011: p. 3). Los cambios en su gran parte son degradación del terreno, conversión de la cobertura del terreno e intensificación en el uso de la tierra, los mismos que van disminuyendo su fertilidad del mismo modo incrementa la presencia de contaminación (Rivas y Torres, 2019: p. 25) y son la causa del cambio climático global (Pinos, 2016: p. 8). En Ecuador mediante la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) se indica que en el año 2017 existe un cambio considerable de su cobertura vegetal natural que disminuyó a 332.418 ha de páramo, representando un decrecimiento anual del -12,01 % y 5.675,402 de montes y bosques que corresponde un decrecimiento de -1,70% (INEC, 2017, pp: 5-8).

En la subcuenca del río Chambo se evidencia cambios notorios a lo largo del tiempo en 25 años, se ha perdido el 24,3 % de la superficie total de páramo, por diversos factores como el avance de la frontera agrícola, la reforestación con especies exóticas y la quema del pajonal, todos estos elementos deterioran las zonas de recarga hídrica y los recursos naturales presentes. Cabe mencionar que con la reforma agraria de los años 60 y 70 se inició al proceso de expansión de las actividades agrícolas hacia zonas altas, por lo tanto, los campesinos e indígenas de la Sierra iniciaron a ocupar las zonas de baja productividad y con alta pendiente (Comité de la Subcuenca del Río Chambo, 2015: p. 35).

Las áreas de importancia hídrica se ubican en el margen oriental de la sub cuenca principalmente en la parroquia Cebadas (Lara et al., 2021). Con la finalidad de priorizar áreas de interés y generar medidas de conservación, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a través del Instituto de Investigaciones ejecuta el proyecto *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo ambiental por teledetección en zonas con alto Potencial de Recarga Hídrica en el margen oriental de la Subcuenca del Río Chambo - DIMATEZ*, (Lara et al., 2021: p. 127).

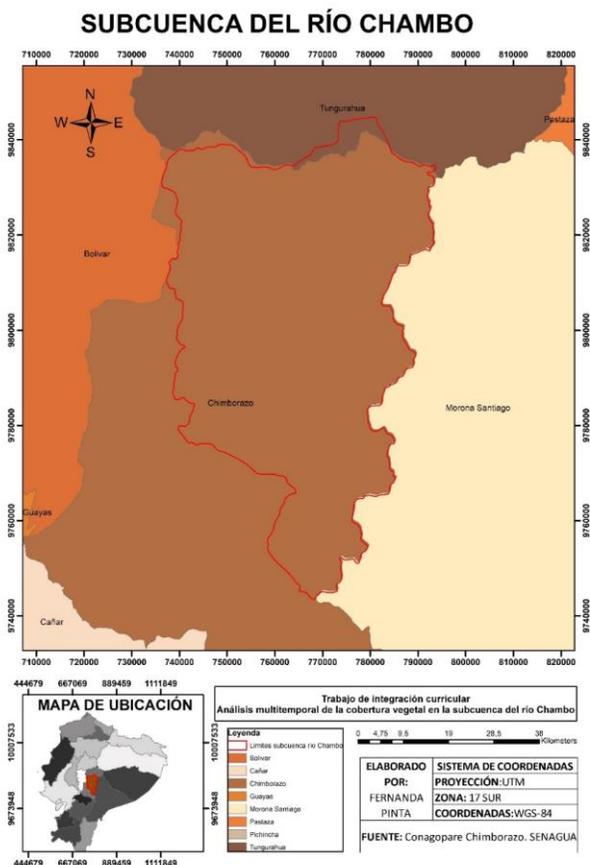
De esta manera el estudio de análisis de cobertura vegetal usando sensores remotos y sistemas de información geográfica mediante el análisis del índice espectral NDVI y la clasificación de coberturas vegetales y su transición, para detectar cambios, convirtiéndose en una herramienta

útil para plantear alternativas y medidas que garanticen la conservación y un manejo sostenible y sustentable de los recursos presentes en la zona.

Métodos

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la subcuenca del río Chambo que forma parte de la cuenca alta del río Pastaza, su principal afluente es el río del mismo nombre (Comité de la Subcuenca del Río Chambo, 2015: p.32). En la subcuenca se encuentran 33 ríos de tamaño muy variable, que drenan a un cauce principal denominado río Chambo (Andrade, 2019: p.34; Consejo de Cuenca, 2016). Se localiza en la zona centro del Ecuador, cuyas coordenadas proyectadas en UTM Zona 17 sur/ Datum WGS 84 son 783487Este - 9817400 Sur, con un rango altitudinal que va desde los 3600 msnm a 4600 msnm (Córdova, 2018: p. 22)..



Mapa 1. Zona de estudio

Metodología

Para el cálculo del índice espectral denominado índice de vegetación diferencial normalizada (NDVI), se recopiló imágenes satelitales de la colección de landsat 8 (*Compuesto Landsat 8 Collection 1 Tier 1 Annual TOA Reflectance Composites*), desde la plataforma de Google Earth Engine, luego con la herramienta “raster calculator” del software Arc gis versión 10.8 se calculó el NDVI que se utiliza para la identificación de la vegetación verde en la superficie y la observación de su distribución espacial, así como su avance a lo largo del tiempo (Ariza et al., 2018: p.112). Se utilizaron dos bandas, el infrarrojo cercano (NIR) y rojo (RED) el número de la banda difiere según el sensor (Vivanco y Torres, 2018: p. 41). Cuya fórmula se detalla a continuación:

Fórmula 1

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

El valor del NDVI varía de -1 a +1, un NDVI < 0 se corresponden a clases no vegetales; valores del índice cercanos a 0,1 indican zonas desérticas, vegetación escasa, por el contrario si se tiene valores cercanos a 0,9 son zonas con alta densidad de vegetación (Ariza et al., 2018: p.112).

La clasificación supervisada se efectuó utilizando el clasificador de máxima verosimilitud y consistió en la aplicación de la herramienta “*Maximum Likelihood Classification*” en la cual se ingresaron 100 puntos de control de zonas geo referenciadas in situ en formato shapefile y el archivo de firmas espectrales en formato “gsg” generada con la herramienta Create Signatures, se obtuvieron 5 clases.

El cambio fue analizado mediante la matriz transicional que consiste en generar tablas elaboradas a partir de la sobreposición de los mapas que determinan tasas de cambio para cada capa vectorial (Camacho et al., 2015: p.93). Cada matriz contiene filas y columnas con el periodo de estudio respectivamente (Rojas et al., 2019: p.10). Las áreas que no sufrieron cambios (persistencias) entre tiempo 1 y tiempo 2, se muestran en la diagonal principal de la tabla, en cambio los elementos fuera de la diagonal principal pertenecen a las transiciones ocurridas entre categorías (Niño, 2020: p.27).

La suma de todos los valores de las filas conduce al total representado como T1, que incorpora la proporción de las categorías en el año 1, y la suma de los valores en la columna conduce al total representado como T2 que representa la proporción de las categorías en el año 2. La última fila de la matriz representa las ganancias, mientras que las pérdidas se representan en la columna. Para la sobre posición de mapas se utilizó la herramienta “intersect”.

Resultados y Discusión

El valor promedio más alto del NDVI en la Subcuenca del río Chambo corresponde al año 2016 con 0,873, seguido del año 2015 con un valor de 0,839, el año 2019 se presenta como el periodo con el valor máximo más bajo del índice espectral con 0,710 que indica que la actividad fotosintética bajó por la disminución de la cantidad de pluviosidad en el año en mención. El valor promedio mínimo más bajo se presenta en el año 2016 con -0,693

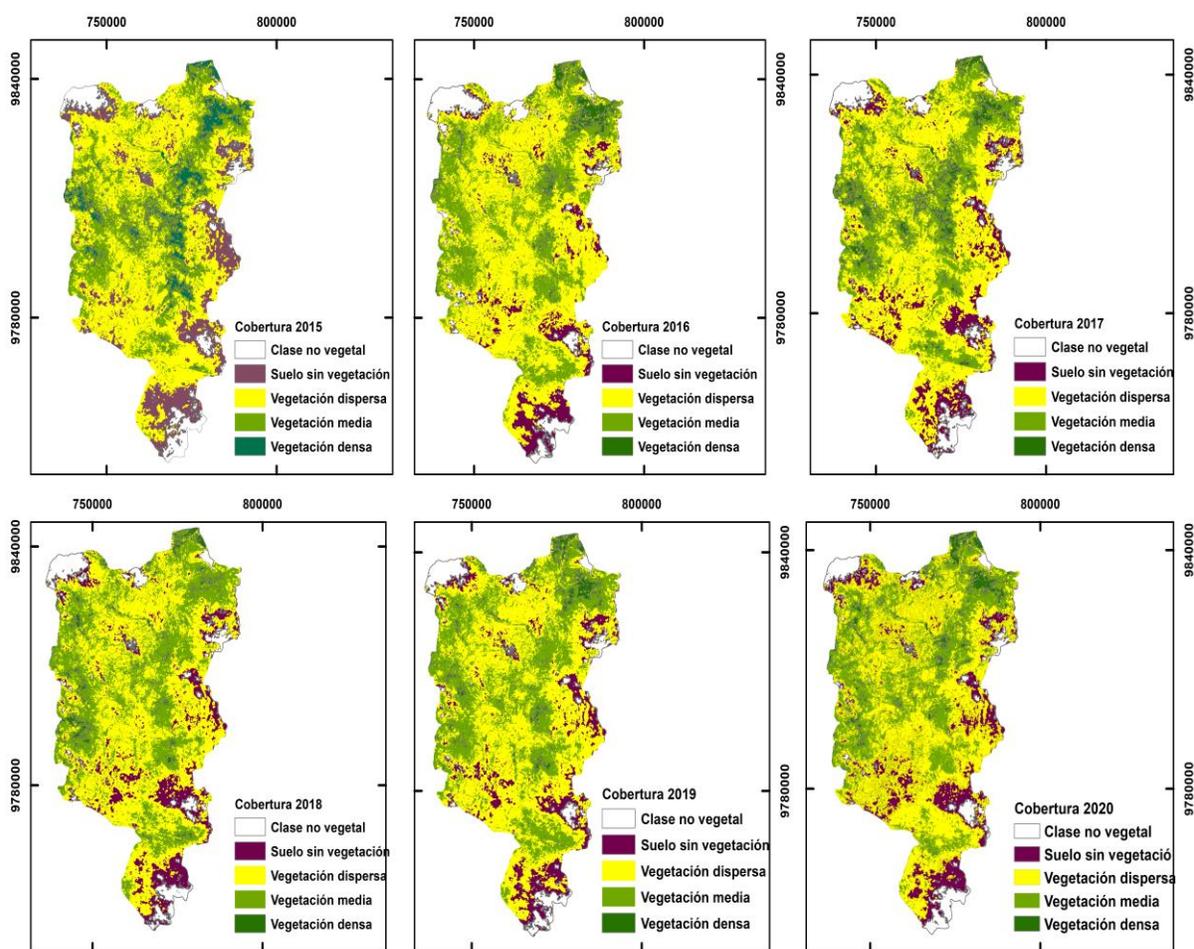
Los valores más altos del NDVI mayores a 0, 40 se ubican al noroeste de la subcuenca en el cantón Penipe y al borde del Parque nacional Sangay que muestra arbustales y bosques, la parte central de la Subcuenca el NDVI exhibe valores intermedios, debido a la presencia de zonas pobladas correspondiente al cantón Riobamba en las parroquias rurales de San Luis, Punín, y Flores, estos sectores se caracterizan por ser eminentemente agrícolas con suelos cultivados y predios en barbecho que tienen un rango de entre 0.15-0.25.

Los valores bajos (0.1) del NDVI se concentran en la Reserva Producción de Fauna Chimborazo debido a la presencia hielo, rocas y principalmente suelo desnudo, Guamote y Alausí presentan puntuaciones similares.

En los valores de NDVI existe una variación de un año a otro, atribuyendo los cambios a los valores del índice y la variación climática anual, durante el año 2016 se obtuvo el valor máximo más alto, debido a la precipitación promedio anual de 544,1 mm y una temperatura de 24,6°C, mientras que el año 2019 presentó una baja en su reflectividad (0,710) con valores climáticos asociados a precipitación (491,3mm) y temperatura (24,1°C) inferiores a los del año 2016. Se corrobora la existencia de una variación en el índice espectral debido a la influencia del clima como menciona Alcazar et al. (2008: p.114), las transiciones analizadas en el índice espectral NDVI son producto de los cambios o influencia de precipitación, temperatura o influencia del cambio climático, además las variaciones en el clima en zonas de estudio tienden a bajar o subir los valores del índice espectral.

Por otra parte, Paula et al., (2018, p. 131), indica que el cambio climático, altera la temperatura generando cambios muy extremos, siendo éste, un factor que afecta a la frágil estabilidad de las formaciones vegetales andinas en la zona baja de la subcuenca del río Chambo correspondiente a Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Cabe recalcar que existen otros factores que inciden en el desarrollo de la vegetación por ende la energía absorbida y reflejada por ellas, tendrá una variación a lo largo del espectro electromagnético.

La reclasificación supervisada identificó cinco clases, las mismas que corresponden a clase no vegetal, suelo sin vegetación, vegetación dispersa, vegetación media, y vegetación densa.



Mapa. 2. Clasificación de coberturas

Durante el año se obtuvo los siguientes valores correspondientes a las 5 clases, la vegetación dispersa fue la clase que obtuvo mayor superficie (129.080,48) ocupando más del 35 % del área de la subcuenca, seguido de la clase vegetación media con 89.117,64 ha correspondiente a 24,83%. Entre tanto la clase no vegetal ocupó un área de 26.266,92 ha, mientras que suelo sin vegetación alcanzó las 743,76 ha. Finalmente, el tipo vegetación densa presente un valor porcentual de 8,84% con una superficie de 31.713,52 ha.

En el periodo correspondiente al año 2020 se determinó que la mayor parte la ocupa la clase vegetación dispersa con 152.619,419 ha, seguido de vegetación media correspondiendo a una extensión de 89.463,36 ha, por otra parte, suelo sin vegetación presentó 74.515,1014 ha equivalente a (20,76%). La clase vegetación densa se presenta en menor proporción (19.799,52) figurando el 5,52% del total de área estudiada, finalmente la clase no vegetal obtuvo 22.524,92.

La clase con mayor cobertura corresponde a vegetación dispersa categorizada como clase 3 que para el año 2015 ocupa 129.080,48 hectáreas mientras que en el año 2016 ocupa 148.488,214 ha; paralelamente para el año 2017 ocupa un área con 138.988,96 ha; durante el año 2018 presenta 132.846,894 ha; para el penúltimo año corresponde a 136.471,11 (ha). En el último año de estudio (2020) la cobertura de tipo vegetación dispersa llega a un valor de 152.619,419 ha, existiendo un crecimiento sostenido durante los 6 años de estudio.

La clase vegetación media en el periodo de estudio presenta un ligero incremento para los años 2018 y 2019, para los mismos años la vegetación dispersa decrece, es decir la vegetación sufre una transición que tiende a acrecentar las áreas con vegetación que realiza la fotosíntesis y es detectado por el índice NDVI, también se aprecia que para 2020 el fenómeno se invierte y se agrandan las zonas con vegetación dispersa.

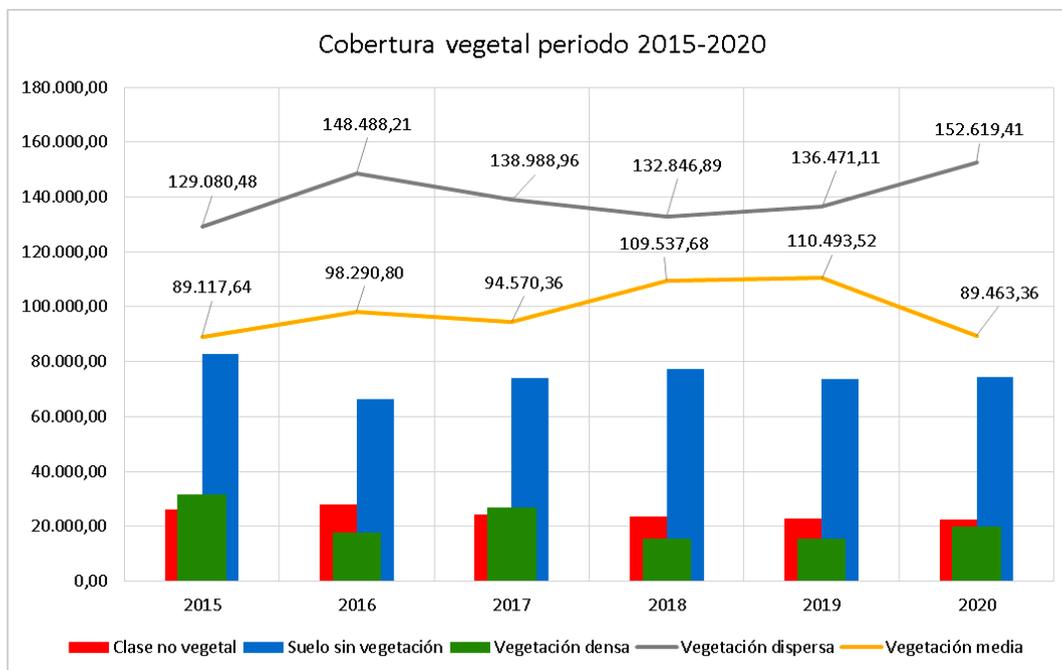


Figura 1. Cambio de cobertura en el periodo de estudio.

Análisis de las transiciones

El resultado del análisis muestra que la ganancia absoluta más representativa se exhibe en la clase vegetación dispersa que pasa de ocupar el 35,96% en 2015 a 42,52% en 2020, demostrando que las áreas con vegetación natural con densidad media y alta están sufriendo alteraciones ya sea por intervenciones antrópicas, eventos naturales o efectos del cambio climático y a su vez las áreas con poca vegetación ganan espacio y las vuelven vulnerables a la erosión.

El análisis multi temporal evidencia el aumento de vegetación dispersa representada por la zona netamente agropecuaria, similar a lo enunciado por Camacho et al. (2015: p.109) que en su estudio desarrollado en México determinó que las zonas agrícolas del territorio incrementaron su superficie en un periodo de 1993 y 2002, mientras que las áreas cubiertas por vegetación natural decrecieron considerablemente. Además, se coincide con el estudio desarrollado por Zambrano (2016: p.44) en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo en la que atribuye las transiciones a los cambios de temperatura cada vez más extremos derivados del cambio climático, factores que afectan la frágil estabilidad de las coberturas vegetales andinas.

Tabla 1. Matriz de transición de cobertura vegetal entre año 2015 y 2020.

| MATRIZ DE CAMBIO | | CLASE NO VEGETAL | SUELO SIN VEGETACIÓN | VEGETACIÓN DISPERSA | VEGETACIÓN MEDIA | VEGETACIÓN DENSA | Pérdidas | Pérdidas % |
|----------------------|----|------------------|----------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| CLASE NO VEGETAL | 10 | 18.299,76 | 7.347,48 | 597,84 | 18,96 | 2,88 | 7.967,16 | 30,33 |
| SUELO SIN VEGETACIÓN | 20 | 3.836,12 | 51.932,14 | 26.682,82 | 288 | 4,68 | 30.811,62 | 37,24 |
| VEGETACIÓN DISPERSA | 30 | 367,8 | 14.585,20 | 91.058,44 | 22.026,48 | 1.042,56 | 38.022,04 | 29,46 |
| VEGETACIÓN MEDIA | 40 | 19,44 | 643,44 | 32.211,40 | 47.864,48 | 8.378,88 | 41.253,16 | 46,29 |
| VEGETACIÓN DENSA | 50 | 1,8 | 6,84 | 2.068,92 | 19.265,44 | 10.370,52 | 21.343,00 | 67,30 |
| Ganancias | | 4.225,16 | 22.582,96 | 61.560,98 | 41.598,88 | 9.429,00 | | |
| Ganancias % | | 18,76 | 30,31 | 40,34 | 46,50 | 47,62 | | |

La transición de coberturas determinó las ganancias de vegetación dispersa, comparando con el estudio realizado por Damian et al. (2018: p.8) referente a las ganancias cuyas transiciones más significativas resultan cuando el cultivo gana cobertura y reemplaza a vegetación boscosa y en términos de pérdidas el ecosistema páramo pierde cobertura, tomando un remplazo el cultivo. En relación al estudio realizado por Fernández (2019: p. 62) en la cuenca baja del río Chambo que determina que las transiciones afectan principalmente a bosque y páramo y el cambio se atribuye a las actividades como la deforestación.

Entre las transiciones más relevante está el cambio de suelo sin vegetación a la vegetación dispersa que cubre una superficie de 26682,82 ha, se visualiza además el cambio de vegetación dispersa a suelo sin vegetación que correspondiente a zonas urbanas, calles, suelo desnudo con una superficie de 14585,2 ha. La transición de cobertura con mayor superficie fue de vegetación media representada por arbustos, herbazales o plantación forestal a vegetación dispersa correspondiente a zona agropecuaria con un total de cambio 32.211,4 ha. Se concuerda con

Pinos, (2016: p.8) que menciona que el avance de la frontera agrícola es sustancial al igual que aumento de zonas urbanas.

Fernández, (2019, p. 62) indica que la transición afecta directamente a los bosques y al páramo información que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio puesto que la vegetación media y densa representada por vegetación nativa sufrieron cambios representativos a tipo de vegetación dispersa representada por zona agropecuaria con superficies de 32211,4 ha y 2068,92 ha respectivamente

Se debe considerar además los factores climáticos como elementos de alteración en el manto terrestre visibilizado en la variación del índice espectral.. En este contexto se ratifica lo mencionado por Tiria et.al., (2018: p.299) en su estudio desarrollado en Colombia que el calentamiento global tiene incidencia en la transformación ecológica del paisaje debido a la emisión de gases de efecto invernadero que afecta al aumento de temperatura, causando cambio de cobertura.

Conclusiones

- El año 2016 presenta mayor reflectancia al momento de detectar vegetación, debido a que el valor máximo se aproxima a +1, indicando mayor vigorosidad y presencia de densidad alta vegetación, que permitió identificar las clases vegetales de la Sub cuenca
- El análisis multi temporal determina cambios en las 5 clases, principalmente en la vegetación dispersa que presento ganancias sustanciales pasando de 129.080,48 ha en 2015 a 152.619,419 ha en 2020 existiendo un aumento de 23.538,939 ha. Esta clase comprende en su mayor parte zonas agrícolas y pastizales que en el año 2015 representaba 35,96% y para el año 2020 alcanzó un 42,52% evidenciando un incremento de 6,56% de cambio.
- La transición constante que soporta la sub cuenca del Chambo pone en riesgo a los ecosistemas ya que se evidencia avance de la zona agropecuaria representada por vegetación dispersa. Se concluye que la mayoría del territorio (61%) con un total de 219.525,3 ha, no sufrió cambios en su cobertura vegetal, mientras que el 39% sufrió transiciones entre las diferentes clases con un total de 139.397 hectáreas.

Referencias

1. Acosta Rivera, K. N., & Suárez Ramírez, E. F. (2020). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ, GENERADO POR ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS [UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS]. In *Angewandte Chemie International Edition*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28390?show=full>
2. Alcazar, D., Baldi, G., Durante, P., & Garbulsky, M. F. (2008). Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. *Ecosistemas*, 17(3), 108–117. <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>
3. Andrade Valdospinos, A. F. (2019). Recarga Potencial Del Acuífero De La Sub-Cuenca Del Río Chambo Bajo Una Perspectiva De La Hidrología Física [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21034>
4. Ariza Ortiz, A., Roa Melgarejo, O. J., Serrato, P. K., & León Rincón, H. A. (2018). Uso de índices espectrales derivados de sensores remotos para la caracterización geomorfológica en zonas insulares del Caribe colombiano. *Perspectiva Geográfica*, 23(1), 105–122. <https://doi.org/10.19053/01233769.5863>
5. Camacho Sanabria, J. M., Pérez, J. I. J., Pineda Jaimes, N. B., Cadena Vargas, E. G., Bravo Peña, L. C., & Sánchez López, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93–112. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.211435>
6. Comité de la Subcuenca del Río Chambo. (2015). Aportes a la planificación para la gestión integral de los recursos hídricos. 128. <http://cesa.org.ec/wp-content/uploads/2018/07/aportes-a-la-planificacic3b3n-para-la-girrh-presentado-3.pdf>
7. Consejo de Cuenca. (2016). Subcuenca Chambo. Agua Chambo. <https://subcuencachambo.wordpress.com/about/#:~:text=La subcuenca del río Chambo,Andes ecuatorianas%2C zona muy encajonada.>
8. Córdova, M. (2018). DETERMINACIÓN DE LA FIRMA ESPECTRAL DEL ESTRATO HERBAZAL - ARBUSTAL DEL PÁRAMO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA

DE

CHIMBORAZO].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8767/1/33T0189.pdf>

9. Damian, D., Márquez, C. O., García, V. J., Rodríguez, M. V., & Recalde, C. G. (2018). Transiciones sistemáticas en el uso y la cobertura del suelo en una microcuenca alto andina , Ecuador 1991-2011. *Revista Espacios*, 39(32), 1–8. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p08.pdf>
10. Fernández Fierro, A. A. (2019). Evaluación multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del Río Chambo [Escuela Superior Politecnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11161>
11. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua , pp:5-8.
12. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf
13. Lara Vásconez, N. X., Cushquicullma, Colcha, D. F., Guaiña Yungán, J. I., Espinoza, V. M., & Ati Cutiupala, G. M. (2021). Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la subcuenca del Río Chambo mediante los sistemas de información geográfica y el análisis multicriterio. *Polo Del Conocimiento*, 6(6), 122–148. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2745>
14. Niño Martínez, Y. M. N. (2020). Análisis Multitemporal Mediante Imágenes De Sensores Remotos Para La Determinación De Los Cambios De Uso De Suelo En El Municipio De San Francisco De Sales, Cundinamarca (Colombia) Entre Los Años 90’S Y 2018” [Universidad Nacional de La Plata]. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/111198/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. Paula, P., Zambrano, L., & Paulina, P. (2018). Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático (Multitemporal Analysis of vegetation change at Chimborazo Reserve as a result of climate change). *Enfoque Ute*, 9(2), 125–137. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>

16. Pineda Pastrana, O. (2011). ANÁLISIS DE CAMBIO DE USO DE SUELO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN EL MUNICIPIO DE VALLE DE SANTIAGO [CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA Y GEOMÁTICA]. [https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda Pastrana%2C Oliva-Maestra en Geomática.pdf](https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%20Oliva-Maestra%20en%20Geomática.pdf)
17. Pinos Arévalo, N. (2016). Prospective land use and vegetation cover on land management - Case canton Cuenca. *Estoa*, 5(9), 7–19. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
18. Rivas Aquino, Patricia Denis Torre Pillpa, M. I. (2019). “Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo-Satipo-Junín, durante los años 2015 – 2018”. [Universidad Cesar Vallejo]. In Universidad Privada del Norte. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39901/TORRE_PM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
19. Rojas Briceño, N. B., Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J. L., Oliva Cruz, S. M., & Salas López, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 1–34. <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>
20. Tiria Forero, L. N., Bonilla Castillo, J. S., & Bonilla Castillo, C. A. (2018). Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguízamo, Putumayo (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(2), 286–300. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n2.70441>
21. Vivanco Pérez, N. S., & Torres Saquinga, V. L. (2018). COMPARACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 USANDO IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 7, LANDSAT 8 Y MODIS EN QUITO [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO]. In Tesis. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
22. Zambrano, L. (2016). ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO [Escuela Superior Politecnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/5753/3/33T0160.pdf>

© 2021 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/>).