



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i4.3632>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

***Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021***

***Monitoring of the vegetation of the paramo through the intersection of the ndvi and evi indices of the Cebadas River micro-basin, province of Chimborazo, period 2021***

***Monitoramento da vegetação do paramo através do cruzamento dos índices ndvi e evi da microbacia do rio Cebadas, província de Chimborazo, período 2021***

Martha Vasco-Lucio <sup>I</sup>  
[martha.vasco@esPOCH.edu.ec](mailto:martha.vasco@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-1377-7305>

Diego Cushquicullma-Colcha <sup>II</sup>  
[diegofc10@correo.ugr.es](mailto:diegofc10@correo.ugr.es)  
<https://orcid.org/0000-0001-6265-8164>

Guicela Ati <sup>III</sup>  
[guicela.ati@esPOCH.edu.ec](mailto:guicela.ati@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9779-2758>

Luz María Orna-Puente <sup>III</sup>  
[maria.orna@esPOCH.edu.ec](mailto:maria.orna@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-7429-3764>

**Correspondencia:** [martha.vasco@esPOCH.edu.ec](mailto:martha.vasco@esPOCH.edu.ec)

\***Recibido:** 29 de agosto de 2023 \***Aceptado:** 20 de septiembre de 2023 \* **Publicado:** 13 de octubre de 2023

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.

## Resumen

El monitoreo de vegetación para determinar el estado de la misma se ha utilizado en distintas investigaciones con el objetivo de establecer el nivel de conservación que posee, es así que el presente estudio se elaboró en base a la teledetección para lo cual se utilizó imágenes satelitales Landsat 8 Collection 1 Tier Compuesto NDVI de 32 días y las imágenes Landsat 8 Collection 1 Tier Compuesto EVI de 32 días, del periodo enero a diciembre del 2021, del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI) para establecer la salud de la cobertura vegetal presente en el páramo de la microcuenca del río Cebadas, para lo cual se procedió a intersecar las capas de los índices y reclasificar sus valores de acuerdo a los rangos de interpretación de cada índice espectral obtenido para el índice NDVI y EVI en donde se identificó valores superiores a 0,5 que muestra el buen estado de la vegetación de páramo de la zona, por otra parte el mes de enero presentó 288 hectáreas equivalentes al 0,65% del páramo con presencia de vegetación dispersa o suelo desnudo, alrededor de 37873 hectáreas (85,95%) correspondiente a la vegetación medianamente sana y 5904 Ha (13,4%) de vegetación muy saludable, mientras que al compararlo con el mes de diciembre se pudo observar una disminución de suelo desnudo a 104 hectáreas correspondiente al 0,24%, para vegetación medianamente saludable se obtuvo 37129 hectáreas (84,26%) y finalmente en cuanto a la vegetación de categoría muy saludable se evidenció un incremento en su superficie al registrarse 6832 hectáreas (15,5%); cambios que se deberían a los esfuerzos por conservar el páramo y mantener los servicios ecosistemas que proveen a la población.

**Palabras Claves:** Monitoreo; Ndvi; Evi; Vegetación.

## Abstract

Vegetation monitoring to determine its state has been used in different investigations with the objective of establishing the level of conservation it has, so this study was prepared based on remote sensing for which Landsat satellite images were used. 8 Collection 1 Tier 32-day NDVI Composite and Landsat 8 Collection 1 Tier 32-day EVI Composite images, from January to December 2021, from the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI) to establish the health of the vegetation cover present in the moor of the Cebadas River micro-basin, for which the layers of the indices were intersected and their values reclassified according to the interpretation ranges of each spectral index obtained for the index. NDVI and EVI where values

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

---

greater than 0.5 were identified, which shows the good state of the moor vegetation in the area. On the other hand, the month of January presented 288 hectares equivalent to 0.65% of the moor with the presence of scattered vegetation. or bare soil, around 37,873 hectares (85.95%) corresponding to moderately healthy vegetation and 5,904 hectares (13.4%) of very healthy vegetation, while when comparing it with the month of December a decrease in soil could be observed bare to 104 hectares corresponding to 0.24%, for moderately healthy vegetation, 37,129 hectares (84.26%) were obtained and finally, in terms of very healthy category vegetation, an increase in its surface was evident by registering 6,832 hectares (15, 5%); changes that would be due to efforts to conserve the moor and maintain the ecosystem services they provide to the population.

**Keywords:** Monitoring; Ndvi; Evi; Vegetation.

### Resumo

O monitoramento da vegetação para determinar seu estado tem sido utilizado em diversas investigações com o objetivo de estabelecer o nível de conservação que ela possui, por isso este estudo foi elaborado com base no sensoriamento remoto para o qual foram utilizadas imagens do satélite Landsat.8 Coleção 1 Tier 32-day NDVI Composite e imagens compostas EVI de 32 dias da coleção Landsat 8 Collection 1 Tier, de janeiro a dezembro de 2021, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Vegetação Aprimorado (EVI) para estabelecer a saúde da cobertura vegetal presente na charneca do Microbacia do rio Cebadas, para a qual foram cruzadas as camadas dos índices e seus valores reclassificados de acordo com as faixas de interpretação de cada índice espectral obtido para o índice NDVI e EVI onde foram identificados valores superiores a 0,5, o que mostra o bom estado da vegetação da charneca na zona. Por outro lado, o mês de Janeiro apresentou 288 hectares equivalentes a 0,65% da charneca com presença de vegetação dispersa ou solo nu, cerca de 37.873 hectares (85,95%) correspondendo a vegetação moderadamente sã e 5.904 hectares (13,4%) de vegetação muito sã, enquanto ao comparar com o mês de dezembro observou-se uma diminuição do solo descoberto para 104 hectares correspondendo a 0,24%, para vegetação moderadamente sã, 37.129 hectares (84,26% ) foram obtidos e finalmente, em termos de vegetação de categoria muito saudável, ficou evidente um aumento na sua superfície ao registrar 6.832 hectares (15, 5%); mudanças que seriam devidas aos esforços para conservar a charneca e manter os serviços ecossistêmicos que prestam à população.

**Palavras-chave:** Monitoramento; Ndvi; Evi; Vegetação.

## Introducción

A nivel mundial se habla de la necesidad que existe de conservar la naturaleza, antiguamente se interpretaba el termino conservación específicamente en algunos territorios sin embargo, actualmente se consideran los territorios como patrimonio natural, en los cuales se manejan términos de uso sostenible de los recursos naturales, debido a que la perdida de territorios afecta no solo a la biodiversidad sino también a la disponibilidad de los servicios ecológicos que perjudican a la población en general (Aguilar & Ramirez, 2015). El Ecuador se caracteriza por su gran riqueza florística y faunística, lo cual está asociado a la variedad de bioclimas, relieve, suelos, entre otros factores, que hacen posible la interacción entre organismos en entornos naturales, sin embargo, debido a la permanente presión del ser humano sobre el uso de los recursos naturales, los ecosistemas se ven altamente amenazados. Con la información recopilada en los diferentes mapas de vegetación que posee el ministerio del ambiente se tiene como principal objetivo la generación de una base de datos espacial actualizada de los ecosistemas del Ecuador, lo que contribuye a la formulación de nuevas políticas, estrategias y proyectos ambientales que buscan la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (MAE, 2012). Por lo cual el monitoreo de la cobertura vegetal es fundamental para establecer los cambio o transformaciones de la composición florística y los bosques a través del tiempo, de esta forma se podrá determinar la mortalidad y sobrevivencia de las especies vegetales (Palacios, 2009). Por otro lado, Muñoz, (2013) manifiesta que la cobertura vegetal fue uno de los primeros focos de la investigación de la evaluación y manejo de recursos naturales, usando imágenes de satélite.

Es así que el uso de los sensores remotos permite estudiar de manera continua y a diferentes escalas las variaciones espacio-temporales de las extensiones superficiales, así como definir estrategias de remediación y restauración de dichos ecosistemas (Rodriguez et al., 2022). Por lo que Santana, (2017) expone que la teledetección es una técnica que consiste en la adquisición de información sobre la superficie terrestre a través de sensores instalados en plataformas espaciales, aviones o drones. Agregando a la idea anterior citamos a Ochoa, (2023) quien manifiesta que la teledetección se puede utilizar para medir la densidad de la vegetación, la cobertura de la superficie del agua y la clorofila en las plantas, además de utilizarse para detectar cambios en la vegetación debido a factores como la contaminación y el cambio climático.

La estimación de la cobertura vegetal en distintos lugares del planeta es un tema que ha despertado el interés de la sociedad actual, en este ámbito el procesamiento de imagen resulta muy útil para

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

---

monitorear zonas forestales y analizar sus parámetros. La utilización de imágenes satelitales con distintas clases espectrales para estimar la cobertura vegetal mediante el cálculo de índices de vegetación es una metodología ampliamente utilizada en la actualidad debido a su precisión, a la rapidez con la que los satélites escanean grandes áreas, a su bajo costo ya que los costos referentes a construcción, lanzamiento y operación de un satélite se dividen para los miles de usuarios que compran las imágenes, facilitan la detección de cambios lentos en una zona de estudio, entregan información confiable y repetible con precisión medible, y al ser información digital es fácilmente analizable y comparable (Torres, y otros, 2014). La utilización de imágenes satelitales resulta fundamental para conocer el estado de la vegetación mediante el cálculo de índices espectrales de esta forma se compara la vegetación con baja actividad fotosintética que generalmente se encuentra en mal estado de conservación, con respecto a una buena actividad fotosintética que implica vegetación en buen estado de conservación, además de zonas con muy alta actividad fotosintética que representan un muy buen estado de conservación (SÁNCHEZ, 2023).

En el marco del presente proyecto de investigación titulado “Determinar el uso eficiente de especies vegetales altoandinas biopurificadoras para la conservación del recurso hídrico en la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo”, a través del monitoreo de vegetación por teledetección mediante imágenes satelitales se podrá determinar el estado de salud de la cobertura vegetal, además de la determinación del tipo de vegetación existente de acuerdo a los rangos de clasificación del Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI) y el Índice de vegetación mejorado (EVI), que en conjunto nos darán un solo resultado del estado de la vegetación del páramo de la microcuenca del río Cebadas, que contribuye al proyecto debido a que se basa en el estudio de las especies vegetales.

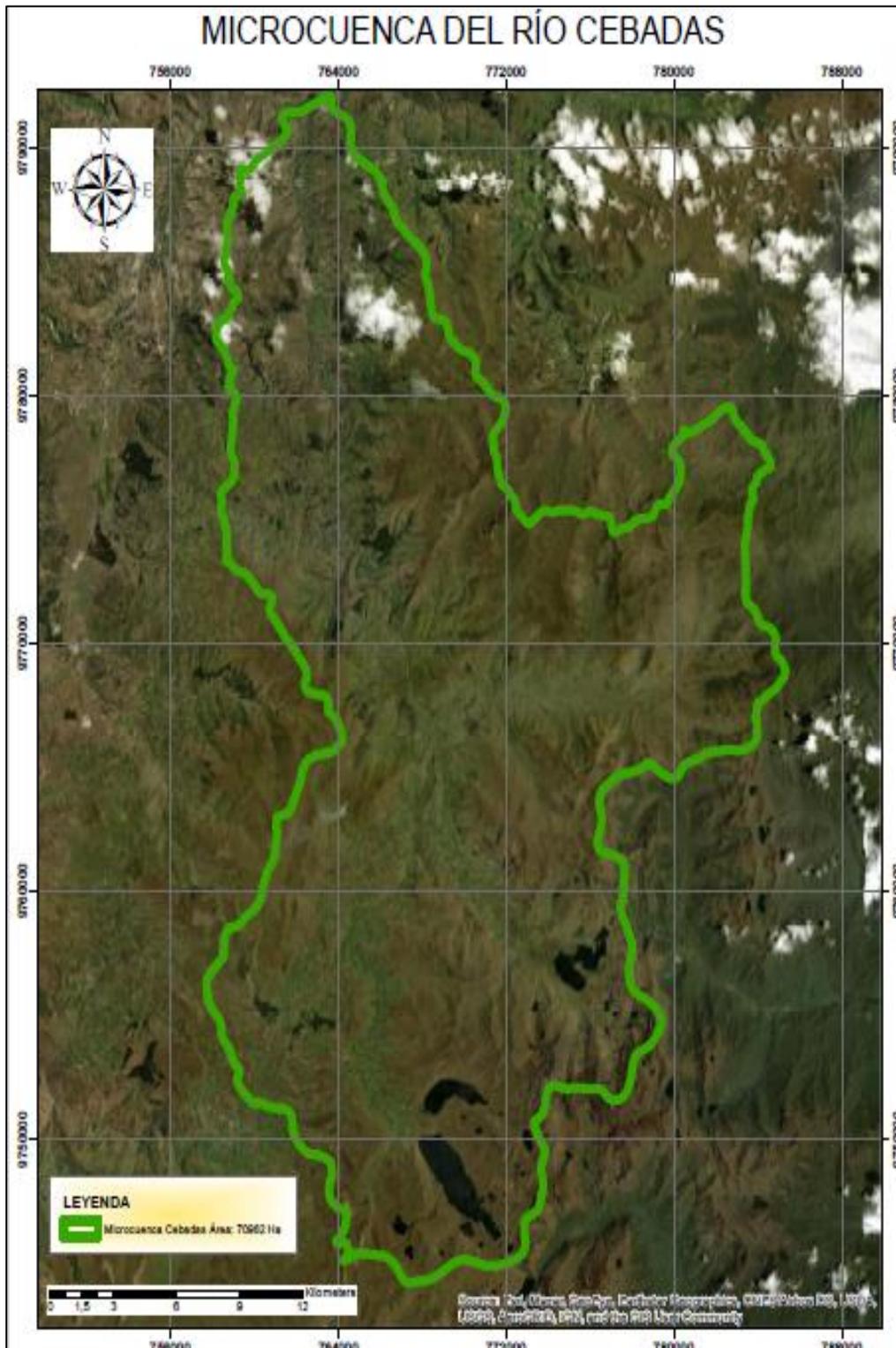
## **Metodología**

### **Localización**

La zona de estudio corresponde al páramo que cuenta con 44065 Hectáreas dentro de la microcuenca del río Cebadas ubicada en las parroquias Cebadas y Pungalá de los cantones Guamote y Riobamba respectivamente, de la provincia de Chimborazo, que es parte de la Subcuenca del río Chambo, la misma que limita al Norte con la parroquia La Matriz Guamote, al Sur Achupallas, al Este con Zuña y al Oeste Guamote La matriz, Palmira y Tixán; la microcuenca cubre alrededor de 70962,4 hectáreas.

### **Figura 1.** Mapa de la Microcuenca del río Cebadas (Zona de estudio)

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021



Métodos

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

---

### **Descarga de imágenes satelitales mensuales del año 2021 del índice espectral NDVI y EVI**

El presente estudio en primer lugar se realizó a través de la utilización de la plataforma Google Earth Engine Explorer en donde se procedió a la selección y descarga de imágenes satelitales Landsat 8 Collection 1 Tier Compuesto NDVI de 32 días y las imágenes Landsat 8 Collection 1 Tier Compuesto EVI de 32 días, del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI) ya calculados en la misma plataforma, correspondiente al año 2021 en periodos mensuales de enero a diciembre.

### **Reclasificación de los valores de los índices espectrales y extracción del páramo**

Las imágenes fueron descargadas para su posterior manejo en Arc Gis 10.8 donde se realizó la extracción de cada imagen mensual por la cobertura vegetal correspondiente a páramo de la microcuenca del río Cebadas previamente recortada de la zona de estudio mediante ArcGis. Los raster resultantes fueron proyectados a coordenadas geográficas WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S y se estableció el tamaño de la celda a una resolución de 20x20, para observar de mejor manera todos los detalles de la imagen. Consecutivamente en el software ArcGis se procedió a reclasificar en 3 clases los valores de los índices NDVI y EVI, obteniendo así valores altos, medios y bajos en cada uno de los mapas según el periodo de estudio.

### **Intersección de los índices NDVI y EVI**

Posteriormente las capas ráster se las transformó en polígonos mediante la herramienta “raster to polygon”, las capas resultantes de los índices calculados NDVI y EVI se procedió a intersecar entre ellos, para obtener únicamente aquellos polígonos que comparten la misma clase o rango en ambos índices, para esto se seleccionó Geoprocessing, intersect y se ingresaron las capas del NDVI Y EVI de cada mes en estudio, en el cual se escogieron los polígonos que coinciden entre sí, es decir los de clase 1 con 1, 2 con 2 y 3 con 3, para finalmente ser exportados sin borde para que sean visibles y por ultimo analizados. Por último, se procedió a unir el resto del páramo dentro de la categoría 2 debido a que la vegetación del páramo se encuentra generalmente en buen estado.

### **Resultados y discusión**

Con el procesamiento de las imágenes satelitales en el software ArcGis se obtuvieron valores máximos que corresponden a la mayor ganancia de vigorosidad, el medio a la ganancia de vigorosidad (mensual o anual), el mínimo expresa una ganancia mínima de vigorosidad y la desviación estándar muestra la variabilidad de los datos del Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI), los

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

cuales se observan en la tabla 1. en donde el mes de enero muestra el valor mas alto o máximo de 0,751, seguido por el meses de diciembre y mayo con 0,75 y 0,729 respectivamente estos datos exponen que existe en la zona vegetación saludable como es señalado por Pinta et al., (2021) al definir que los valores altos del indice presentan mayor reflectancia por lo que se detecta mayor vigorosidad y alta densidad de vegetación, mientras que los valores mas bajos del índice se observan en los meses de enero y diciembre con -0,05; denotandose así que los valores mínimos van de -0,05 a 0,027 lo cual de acuerdo al estudio realizado por Paula et al., (2018) los valores bajos del indice NDVI se deberia a la presencia de nubes propios de las imágenes satelitales, ademas de agua, nieve, rocas o incluso terreno desnudo.

**Tabla 1.** Valores máximos y mínimos del indice NDVI año 2021.

| <b>ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADO (NDVI)</b> |                                  |               |              |                                |
|--|----------------------------------|---------------|--------------|--------------------------------|
| <b>Meses<br/>(Año 2021)</b>                                  | <b>Clasificación estadística</b> |               |              |                                |
|  | <b>Máximo</b>                    | <b>Mínimo</b> | <b>Medio</b> | <b>Desviación<br/>estándar</b> |
| <b>Enero</b>   | 0,751                            | -0,059        | 0,346        | 0,177                          |
| <b>Febrero</b>   | 0,673                            | -0,107        | 0,219        | 0,174                          |
| <b>Marzo</b>   | 0,636                            | 0,017         | 0,082        | 0,077                          |
| <b>Abril</b>   | 0,601                            | 0,001         | 0,072        | 0,070                          |
| <b>Mayo</b>  | 0,729                            | 0,002         | 0,102        | 0,120                          |
| <b>Junio</b>   | 0,514                            | 0,012         | 0,060        | 0,051                          |
| <b>Julio</b>   | 0,645                            | 0,027         | 0,132        | 0,108                          |
| <b>Agosto</b>  | 0,584                            | 0,007         | 0,049        | 0,045                          |
| <b>Septiembre</b>  | 0,580                            | -0,066        | 0,072        | 0,080                          |
| <b>Octubre</b>   | 0,599                            | 0,014         | 0,079        | 0,078                          |
| <b>Noviembre</b>   | 0,688                            | 0,019         | 0,174        | 0,141                          |
| <b>Diciembre</b>   | 0,75                             | -0,05         | 0,346        | 0,17                           |

A continuación, en la tabla 2. se observa que el valor máximo del Índice de vegetación mejorado (EVI), se encuentra en el mes de mayo con 0,883 seguido por enero con un valor de 0,755, mientras que los valores mínimos del índice van de -0,013 a 0,066, los valores bajos del indice EVI al igual

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

que el índice NDVI se debe primordialmente por la nubosidad que presentan las imágenes satelitales como lo indica Maita Chamba, (2015) mismo que evidencio problemas de nubosidad en su estudio sobre titulado “Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los Ecosistemas del sur del Ecuador” al persistir principalmente en las zona occidental y oriental de la Cordillera de los Andes, con una ocurrencia de píxeles inválidos entre 80 al 100 %, por lo mismo manifiesta que se debería profundizar con estudios en áreas con alta nubosidad. El índice de vegetación mejorado permite monitorear el estado de la vegetación en donde aumenta la sensibilidad en zonas con altas densidades de biomasa (HORNA DURÁN, 2021).

**Tabla 2.** Valores máximos y mínimos del índice EVI año 2021.

| <b>ÍNDICE DE VEGETACIÓN MEJORADO (EVI)</b> |                                  |               |              |                                |
|--|----------------------------------|---------------|--------------|--------------------------------|
| <b>Meses<br/>(Año 2021)</b>                | <b>Clasificación estadística</b> |               |              |                                |
|  | <b>Máximo</b>                    | <b>Mínimo</b> | <b>Medio</b> | <b>Desviación<br/>estándar</b> |
| <b>Enero</b>                               | 0,755                            | -0,013        | 0,296        | 0,104                          |
| <b>Febrero</b>                             | 0,689                            | -0,026        | 0,248        | 0,090                          |
| <b>Marzo</b>                               | 0,634                            | 0,066         | 0,230        | 0,045                          |
| <b>Abril</b>                               | 0,596                            | 0,012         | 0,203        | 0,048                          |
| <b>Mayo</b>                                | 0,883                            | 0,010         | 0,219        | 0,081                          |
| <b>Junio</b>                               | 0,528                            | 0,066         | 0,207        | 0,039                          |
| <b>Julio</b>                               | 0,659                            | 0,043         | 0,255        | 0,062                          |
| <b>Agosto</b>                              | 0,533                            | 0,063         | 0,202        | 0,043                          |
| <b>Septiembre</b>                          | 0,685                            | -0,031        | 0,209        | 0,065                          |
| <b>Octubre</b>                             | 0,583                            | 0,066         | 0,223        | 0,063                          |
| <b>Noviembre</b>                           | 0,753                            | 0,042         | 0,258        | 0,087                          |
| <b>Diciembre</b>                           | 0,75                             | -0,013        | 0,29         | 0,10                           |

A continuación, se observa la tabla 3. la cual se estableció para realizar la reclasificación en 3 clases de cada índice mensual, estos rangos fueron tomadas como referencia para la interpretación basada en los índices de vegetación de Merg, C. et al (2011).

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

**Tabla 3.** Rangos de interpretación basados en los índices de vegetación Merg, C. et al (2011).

| Rango      | Interpretación   | Clase |
|------------|--|-------|
| -0,3 a 0,1 | Suelo desnudo, agua, rocas, nieve, vegetación dispersa   | 1     |
| 0,11 a 0,4 | Vegetación moderada (arbustos, prados) y páramo (húmedo) | 2     |
| 0,41 a 1   | Vegetación densa o vigorosa (alta humedad)               | 3     |

Las capas reclasificadas de los índices NDVI y EVI se intersecaron obteniendo la unión de los polígonos que coinciden entre sí de acuerdo a la clase 1, 2 y 3, que fueron interpretadas de acuerdo a la tabla 4. Estos índices son utilizados ampliamente para realizar caracterizaciones para conocer el funcionamiento ecosistémico, ambos índices se emplean como estimadores lineales de la fracción de radiación fotosintéticamente activa que es interceptada por la vegetación (Reyes et al., 2015).

**Tabla 4.** Interpretación de acuerdo a la clase

| Clase | Interpretación                            |
|-------|---|
| 1     | Presencia de rocas, sin cobertura vegetal |
| 2     | Vegetación medianamente sana              |
| 3     | Vegetación muy saludable                  |

Posteriormente se obtuvo como resultado una sola capa de polígonos de enero a diciembre del 2021, para lo cual se procedió a interpretar los valores de acuerdo a la Tabla 5 que es la combinación de las tablas 3 y 4 anteriormente mencionadas, con un parámetro de coloración para desarrollar de mejor forma la interpretación.

**Tabla 5.** Rangos de interpretación de la vegetación de la microcuenca basados en la tabla 3 y 4

| Rango      | Interpretación (Tabla 3)                               | Clase | Interpretación (Tabla 4)                  | Coloración interpretación   |
|------------|--|-------|---|---|
| -0,3 a 0,1 | Suelo desnudo, agua, rocas, nieve, vegetación dispersa | 1     | Presencia de rocas, sin cobertura vegetal |  |

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

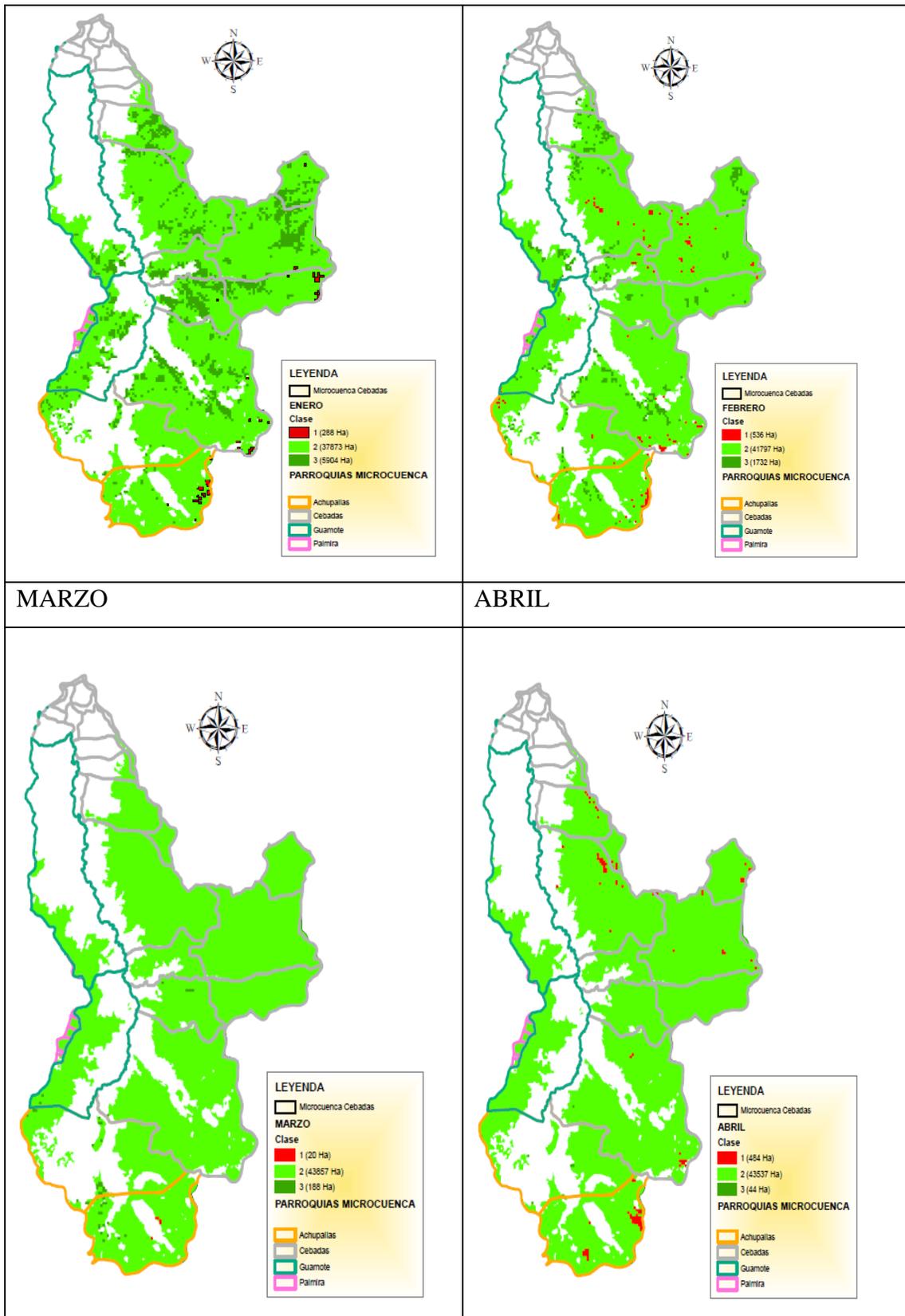
|                   |  |   |                              |   |
|-------------------|--|---|------------------------------|---|
| <b>0,11 a 0,4</b> | Vegetación moderada (arbustos, prados) y páramo (húmedo) | 2 | Vegetación medianamente sana |  |
| <b>0,41 a 1</b>   | Vegetación densa o vigorosa (alta humedad)               | 3 | Vegetación muy sana          |  |

La figura 2. representa los mapas finales con la unión de los índices NDVI y EVI que al intersecarlos consiguen arrojar datos más precisos del estado de salud y tipo de vegetación presente en el páramo de la microcuenca del río Cebadas, información que posteriormente fue combinada con las parroquias dentro de la microcuenca, es así que para la clase 1 que corresponde al rango de -0,3 a 0,1 que se interpreta como suelo desnudo, agua, nieve, rocas o vegetación dispersa lo cual para el mes de enero se determinó 288 hectáreas distribuidas en las parroquias de Cebadas y Achupallas como se observa en la figura 2., lo mismo ocurre con los meses de abril con 484 Ha, junio con 28 Ha, julio con 8 Ha, septiembre con 692 Ha y diciembre con 104 Ha; por otro lado los meses de febrero con 536 Ha y mayo con 1060 Ha comparten valores bajos del índice en las parroquias de Achupallas, Cebadas y Guamote, mientras que el mes de agosto obtuvo 172 Ha de la clase 1 distribuidas en las parroquias de Achupallas, Cebadas y Palmira, finalmente se observó al mes de marzo con 20 Ha distribuidas en la parroquia Achupallas, octubre con 12 Hectáreas en la parroquia Guamote y noviembre con 76 Ha en la parroquia Cebadas.

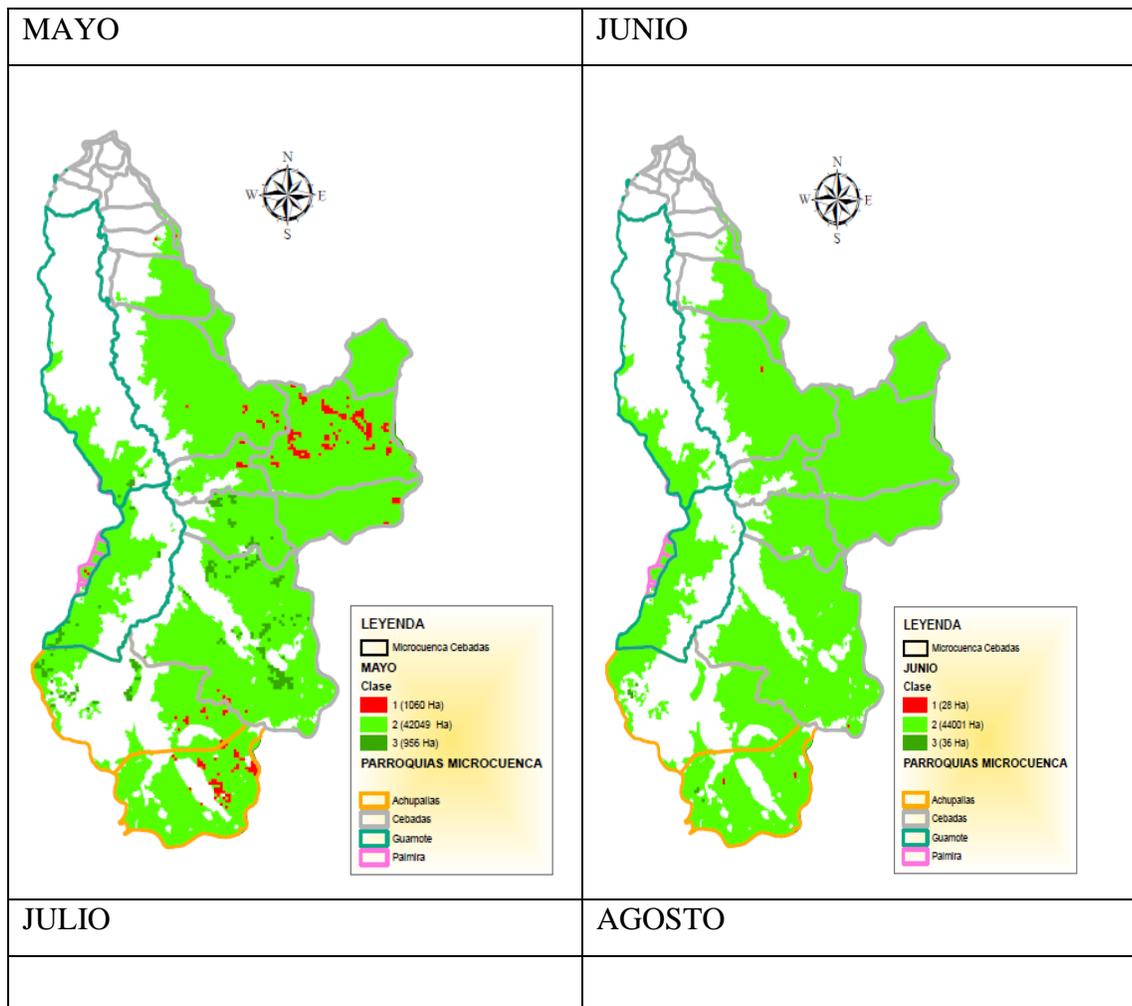
**Figura 2.** Mapas finales del estado de la vegetación periodo Enero - Diciembre 2021

| ENERO | FEBRERO |
|-------|---------|
|       |         |

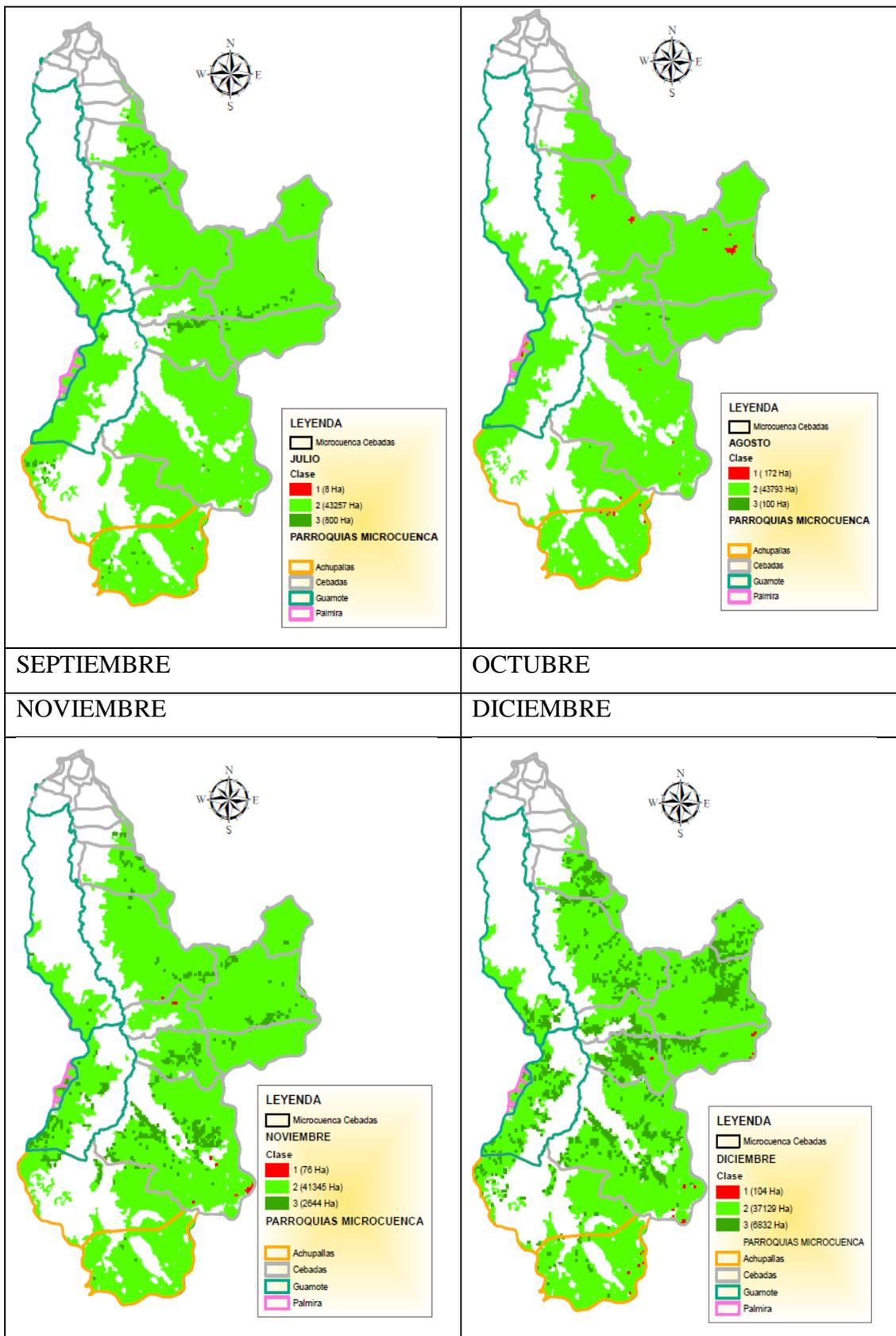
Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021



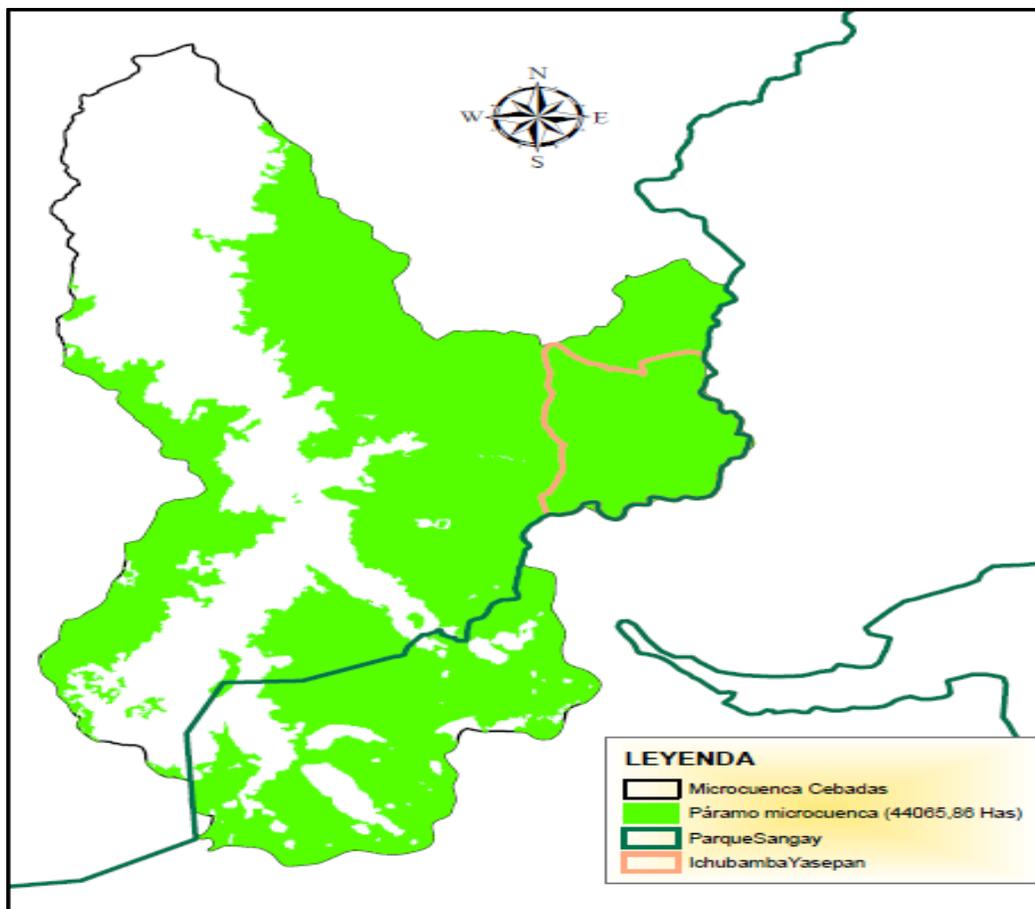
Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021



Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021



**Figura 3.** Mapa de las zonas conservadas de la microcuenca del río Cebadas.



Como se puede observar en la Tabla 6. Se obtuvo como resultado la mayor superficie correspondiente a la clase 1 con coloración roja que muestra la presencia de suelo desnudo, agua, nieve o rocas en el mes de mayo con alrededor de 1060 hectáreas que representa el 2,41% del total del páramo de la microcuenca. Por otra parte para la clase 2 simbolizada por el color verde que representa la presencia de vegetación medianamente sana de acuerdo a la combinación de los índices espectrales se puede observar que el mes de junio obtuvo una superficie de 44001 hectáreas correspondiente al 99,85% lo cual representa que este mes obtuvo la presencia de la mayor superficie de vegetación medianamente sana en el 2021, mientras que la clase 3 con tono verde oscuro presentó en el mes de diciembre una superficie de 6832 hectáreas que corresponde al 15,5% del páramo de la microcuenca que pertenece a la presencia de cobertura vegetal muy sana de acuerdo a los índices NDVI y EVI.

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

Además se puede determinar que el mes de enero obtuvo 288 hectáreas con presencia de vegetación dispersa, sin cobertura vegetal o a su vez agua y rocas, lo cual se encuentran dentro de las parroquias de Cebadas y Achupallas dentro de las cuales se encuentran el área protegida Ichubamba Yasepan y parte del Parque Nacional Sangay (Figura 3) lo que coincide con la presente investigación debido a que en estas áreas se ha preservado y conservado la variedad de cobertura vegetal existente por lo que en el mes de diciembre se observa una superficie de 104 (Ha) un valor menor al presentado en enero del mismo año. En cuanto a la categoría correspondiente a la vegetación medianamente sana se observa en el mes de enero una superficie de 37873 hectáreas que a diciembre del mismo año en estudio aumentó a 41345 hectáreas lo que sin duda demuestra la mejora del estado de salud de las especies vegetales de la zona. Finalmente, para el caso de la clase 3 que simboliza la existencia de vegetación muy saludable en el mes de enero se determinó 5904 hectáreas que a diciembre incremento a 6832 hectáreas esto muestra como la cobertura vegetal en buen estado ha incrementado a través del tiempo como se observa en la figura 12 en donde se ubica la actual área protegida Ichubamba Yasepan que posee gran cantidad de vegetación lo cual es confirmado por SHUNTA, (2022) al expresar que esta área protegida aloja gran variedad de flora lo cual se encuentra distribuido en diferentes pisos altitudinales en los cuales se ha identificado 16 familias botánicas, por otro lado esta zona es definida como una área de biodiversidad de importancia justamente por la riqueza de sus ecosistemas como lo señala Cushquicullma et al., (2021).

**Tabla 6.** Clasificación del estado de la vegetación según superficie (Ha)

| AÑO 2021       | ESTADO DE LA VEGETACIÓN                        |             |                                 |              |                        |       |
|----------------|--|-------------|---------------------------------|--------------|------------------------|-------|
|                | 1  |             | 2                               |              | 3                      |       |
| MES            | Vegetación dispersa /<br>sin cobertura vegetal |             | Vegetación<br>medianamente sana |              | Vegetación<br>muy sana |       |
|                | Ha   | %           | Ha                              | %            | Ha                     | %     |
| <b>Enero</b>   | 288  | 0,65        | 37873                           | 85,95        | 5904                   | 13,40 |
| <b>Febrero</b> | 536  | 1,22        | 41797                           | 94,85        | 1732                   | 3,93  |
| <b>Marzo</b>   | 20   | 0,05        | 43857                           | 99,53        | 188                    | 0,43  |
| <b>Abril</b>   | 484  | 1,10        | 43537                           | 98,80        | 44                     | 0,10  |
| <b>Mayo</b>    | <b>1060</b>                                    | <b>2,41</b> | 42049                           | 95,42        | 956                    | 2,17  |
| <b>Junio</b>   | 28   | 0,06        | <b>44001</b>                    | <b>99,85</b> | 36                     | 0,08  |

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

|                   |     |      |       |       |             |              |
|-------------------|-----|------|-------|-------|-------------|--------------|
| <b>Julio</b>      | 8   | 0,02 | 43257 | 98,17 | 800         | 1,82         |
| <b>Agosto</b>     | 172 | 0,39 | 43793 | 99,38 | 100         | 0,23         |
| <b>Septiembre</b> | 692 | 1,57 | 42589 | 96,65 | 784         | 1,78         |
| <b>Octubre</b>    | 12  | 0,03 | 43421 | 98,54 | 632         | 1,43         |
| <b>Noviembre</b>  | 76  | 0,17 | 41345 | 93,83 | 2644        | 6,00         |
| <b>Diciembre</b>  | 104 | 0,24 | 37129 | 84,26 | <b>6832</b> | <b>15,50</b> |

### Conclusiones

Se determinó que el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) obtuvo valores del rango superiores a 0,5 al igual que el Índice de Vegetación Mejorado (EVI) lo cual evidencia que la vegetación del páramo de la microcuenca del río Cebadas se encuentra en buen estado de salud, estos índices han sido muy utilizados en varias investigaciones para conocer el estado de la vegetación a través de imágenes satelitales.

Con la intersección de los índices NDVI y EVI se concluye que el mes de enero obtuvo para la clase 1 determinada como vegetación dispersa o suelo desnudo alrededor de 288 hectáreas que representan 0,65% del páramo de la microcuenca, para la clase 2 correspondiente a la vegetación medianamente sana se determinó 37873 hectáreas que conforman el 85,95%, mientras que para la clase 3 de vegetación muy saludable se observa 5904 Ha equivalente al 13,4%; por otra parte para el mes de diciembre la clase 1 obtuvo 104 hectáreas al 0,24%, en la clase 2 resultó 37129 hectáreas al 84,26% y la clase 3 obtuvo 6832 hectáreas al 15,5%; pudiendo observarse así que con el paso del tiempo la vegetación de la clase 1 a disminuido de enero a diciembre, por otra parte en la clase 3 de la cobertura vegetal en buen estado a aumentado de enero a diciembre lo cual se debe al trabajo continuo para la conservación del páramo y sus servicios ecosistémicos.

### Referencias

- Aguilar-Garavito, M., & Ramirez, W. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres (Issue August).
- Cushquicullma Colcha, D. F., Lara Vásconez, N. X., Vaca Cárdenas, P. V., Vistín Guamantaqui, D. A., & Ati Cutiupala, G. M. (2021). Vertebrados Terrestres en Zonas con Alto Potencial de

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

---

Recarga Hídrica del Páramo de Ichubamba Yasepan. Polo Del Conocimiento, 6(11), 878–897.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3306>

HORNA DURÁN, S. D. (2021). ANÁLISIS DE TENDENCIAS TEMPORALES DEL ÍNDICE MEJORADO DE LA VEGETACIÓN (EVI) EN TRES ECOSISTEMAS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO DURANTE EL PERÍODO 2013-2020. In Infopl.net. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15931/1/33T00312.pdf>

Maita Chamba, J. A. (2015). Dinámica espacio temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los Ecosistemas del sur del Ecuador. In Proceedings of the National Academy of Sciences (Vol. 3, Issue 1). <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:EM+Demystified:+An+Expectation-Maximization+Tutorial#0%0Ahttps://www2.ee.washington.edu/techsite/papers/documents/UWEETR-2010-0002.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/srep22311%0Ahttp://www.life.umd.edu>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental [en línea]. Quito: 2012. [Consulta: 10 septiembre 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/4184340-Sistema-de-clasificacion-de-los-ecosistemas-del-ecuador-continental.html>

Muñoz Aguayo, P. (2013). Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. <file:///C:/Users/Inspiron%20P66F/Downloads/Tema%20Indicess%20de%20vegetacion%20C3%B3n,%20Pedro%20Mu%C3%B1oz%20A.pdf>

Ochoa, F. (2023, enero 24). Teledetección para el monitoreo de la vegetación acuática. El blog de franz. <https://acolita.com/teledeteccion-para-el-monitoreo-de-la-vegetacion-acuatica/>

Palacios, W. A. (2009). Elementos para el monitoreo de la flora y la vegetación. In Cinchonia (Vol. 9, pp. 105–108).

Paula, P. A., Zambrano, L., & 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. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.252>

Pinta Escobar, M. F., Velasteguí Cáceres, J. D., Noboa Silva, V. F., Lara Vásquez, N. X., & Cushquicullma Colcha, D. F. (2021). Multitemporal Analysis of the Vegetation Cover of the

Monitoreo de la vegetación del páramo mediante la intersección de los índices ndvi y evi de la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, periodo 2021

---

Chambo River Sub-basin During the Period 2015-2020. 6(12), 434–449.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i12.3376>

Reyes-Díez, A., Alcaraz-Segura, D., & Cabello-Piñar, J. (2015). Implicaciones del filtrado de calidad del índice de vegetación EVI para el seguimiento funcional de ecosistemas. *Revista de Teledetección Asociación Española de Teledetección*, 11–29.  
<https://www.researchgate.net/publication/364848711%0AESTADO>

Rodriguez, W., Escartin, E., & Valcarce Ortega, R. M. (2022). STADO ACTUAL DEL EMPLEO DE LA TELEDETECCIÓN PARA EL ESTUDIO DE LAS VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS ECOSISTEMAS RELACIONADOS CON EL AGUA. October.  
<https://www.researchgate.net/publication/364848711%0AESTADO>

SÁNCHEZ YANCHA, V. E. (2023). EVOLUCIÓN DEL BOSQUE SIEMPRE VERDE MONTANO ALTO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHAMBO APLICANDO EL INDICE DE VEGETACIÓN MEJORADO EN EL PERIODO 2013 AL 2020.

Santana, D. (2017). Procesado de datos SAR del satélite Sentinel-1 para el estudio de zo-nas costeras.

SHUNTA, S. J. M. (2022). ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA A DIFERENTES ALTITUDES EN EL PÁRAMO DEL ÁREA PROTEGIDA ICHUBAMBA YASEPAN CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.