



# ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA

MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF LAND USE AND VEGETATION COVER IN THE ILLANGAMA RIVER MICRO-BASIN

**Cristina García Culqui <sup>(1)</sup>; Michael Hachi Pazmiño <sup>(2)(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador.

<sup>(2)</sup> Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda – Ecuador.

<sup>(3)</sup> Universidad Internacional Iberoamericana, Campeche – México.

Email: [michaelxhp1792@gmail.com](mailto:michaelxhp1792@gmail.com)

<https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.173>

**Resumen:** Esta investigación tuvo como objetivo realizar un análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal de la microcuenca del Río Illangama durante el período 1996 - 2021, su incidencia social y ambiental, para el desarrollo sostenible de la misma. La metodología utilizada fue no experimental, tuvo un enfoque de estudio cualitativo con alcance descriptivo. Se realizó la clasificación supervisada de imágenes satelitales, con seis clases. Se empleó el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación que evidenciando que en el año 1996 el valor bajo fue de -0,41 y el valor alto a 0,48, mientras que, en el año 2021 el valor bajo fue de -0,7 y el valor alto de 0,54. El área poblada en el 2021 en la microcuenca del Río Illangama disminuyó. Se determinó que, del año 1996 al 2021 ha crecido la zona de páramo sobre la cobertura denominada área sin cobertura vegetal en la zona alta de la microcuenca. Durante el lapso de 25 años se ha perdido en la microcuenca el tipo de vegetación densa y poco densa, sin embargo, han aumentado los reservorios de agua. La población principalmente se dedicaba a la agricultura, expandiendo sus cultivos y viviendas hacia la cuenca alta, no obstante, debido a mayores estrategias de conservación tanto de páramos como de bosques, se han ido controlando estas actividades.

Recibido: 13 de junio de 2021

Online: 7 de noviembre de 2022

Publicado como artículo científico en la Revista de Investigación Talentos 9 (2), 101-116

Acceptado: 7 de noviembre de 2022

Publicación Vol 9 (2): 01 de Julio de 2022

**Palabras Clave:** *bandas espectrales, clasificación supervisada, desarrollo, estudio multitemporal, Illangama, imagen satelital, Landsat, microcuenca, NDVI.*

**Abstract:** *The objective of this research was to carry out a multi-temporal analysis of the dynamics of land use and vegetation cover of the Illangama River micro-basin during the period 1996 - 2021, its social and environmental impact, for its sustainable development. The methodology used was non-experimental, it had a qualitative study approach with a descriptive scope. The supervised classification of satellite image was carried out, with six classes. Normalized Differential Vegetation Index was used, showed that in 1996 the low value was -0.41 and the high value was 0.48, while in 2021 the low value was -0.7 and the high value of 0.54. In 2021 the populated area in the Illangama River micro-basin had decreased. It was determined that, from 1996 to 2021, the moorland has grown over the coverage called area without vegetation cover on the upper area of the micro-basin. During 25 years, dense and sparse vegetation have been lost in the micro-basin, however, water reservoirs have increased. The community was mainly dedicated to agriculture, expanding their crops and homes towards the upper basin, nevertheless, due to greater conservation strategies for both moors and forests, these activities have been controlled.*

**Keywords:** *spectral bands, supervised classification, development, multi-temporal study, Illangama, satellite image, Landsat, micro-watershed, NDVI.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los estudios multitemporales son análisis de tipo espacial que se realizan a través de la comparación de interpretaciones de las coberturas en imágenes satelitales, mapas o fotografías aéreas de una misma superficie de terreno en distintos periodos de tiempo. De esta manera, permite la evaluación de los cambios suscitados en las coberturas del suelo que han sido previamente clasificadas, para así determinar su evolución del medio natural o las consecuencias de la acción humana sobre aquel medio. Constituyéndose como un método eficaz en el comparación y estimación de cambios acontecidos en un periodo de tiempo determinado (Veloza, 2017).

La realización de un análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del Río Illangama resulta un tema de gran significancia debido al aumento demográfico acelerado que ha tenido la sociedad en los últimos decenios. Para (Gil y Morales, 2016), la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido una herramienta útil en la asistencia a estudios ambientales y el grado de afectación o variación ocurridos en determinados ecosistemas, ya sea por eventos naturales o por el uso descomedido que el hombre ha dado a su entorno.

En las últimas décadas Ecuador ha experimentado cambios en cuanto al uso de suelo y cobertura vegetal, la provincia Bolívar

no ha sido la excepción, aquí se encuentra la microcuenca del Río Illangama. El avance de la frontera agrícola, el crecimiento aligerado de la población y con ello, las actividades que estas desarrollan, ha concurrido en cambios ecológicos que llevan consigo consecuencias al ambiente y a la sociedad; siendo importante el conocimiento de las dinámicas en el sistema territorial basándose en un periodo de tiempo determinado. Generalmente, los modelos de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal son una buena opción, ya que, ayudan a establecer los patrones de cambio existentes en cuanto a variables biofísicas, socioeconómicas y espaciales (Pinos, 2016).

La presente investigación se enmarca en el objetivo 15 de desarrollo sostenible de la Agenda 2030, denominado: Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, parar e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad. El 30% de la superficie terrestre está cubierta por bosques, mismos que proporcionan seguridad alimentaria, refugio y son primordiales para combatir el cambio climático. Sin embargo, las actividades humanas y el pasar de los años han ido modificando estos espacios (Naciones Unidas, 2018).

En cuanto al análisis multitemporal, una vez realizado la revisión bibliográfica se destaca el estudio ejecutado por (Salinas et al., 2020) donde utilizando imágenes satelitales correspondientes a los años 1987 y 2017 se realizó un análisis multitemporal en San Fernando, Tamaulipas. Los resultados determinaron una disminución en la

cobertura vegetal e incremento de suelo de uso agrícola sin que el mismo esté asociado al aumento de los asentamientos humanos. Otra investigación efectuada por (Puala et al. 2018) enfatiza el cambio que ha sufrido la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, en Ecuador, debido al cambio climático y las actividades antrópicas. De igual manera se usó imágenes satelitales a partir del año 1962 hasta el año 2010.

Guaranda, capital de la provincia Bolívar se encuentra ubicada en la sierra centro del Ecuador. Según lo menciona (Guerrón y Terán , 2014), los sitios que más extrañan los antiguos habitantes del cantón son los vados del Río Guaranda o Illangama, donde se realizaban actividades de recreación. Entre las principales actividades que realizaban en el lugar, se destaca: la pesca, elaboración de melcochas y rompopo, bañarse en sus aguas y compartir alimentos con familiares y amigos.

Sin embargo, con el pasar de los años estas prácticas han sido eliminadas completamente a causa primeramente de la contaminación de las aguas del río Illangama por las actividades humanas (Guerrón y Terán, 2014). En este contexto, cabe indicar que el cantón Guaranda es el que mayor producción aporta a la provincia Bolívar, pues, es aquí donde se realiza la mayoría de actividades, destacándose las agrícolas y ganaderas, por otro lado, cuenta con la mayor área urbana de la provincia (Torres, 2016).

Por otro lado, la población que habita la microcuenca del río Illangama se dedica principalmente a actividades agrícolas,

siendo este su sustento económico. Más del 80% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura (Monar et al., 2016). Dicha zona de estudio presenta superficies de suelo con pendientes marcadas. Los suelos de esta región son andisoles, es decir de origen volcánico; caracterizados por horizontes A profundos con altos contenidos de materia orgánica, generalmente 10% (Gallagher et al., 2017).

El avance agrícola y urbano en zonas previamente consideradas rurales ha desencadenado cambios tanto en el uso del suelo como en la cobertura vegetal, sean estas modificaciones pequeñas o grandes, la sociedad y el ambiente se ven afectados.

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal periodo 1996-2021 de la microcuenca del Río Illangama, su incidencia social y ambiental, para el desarrollo sostenible de la misma.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

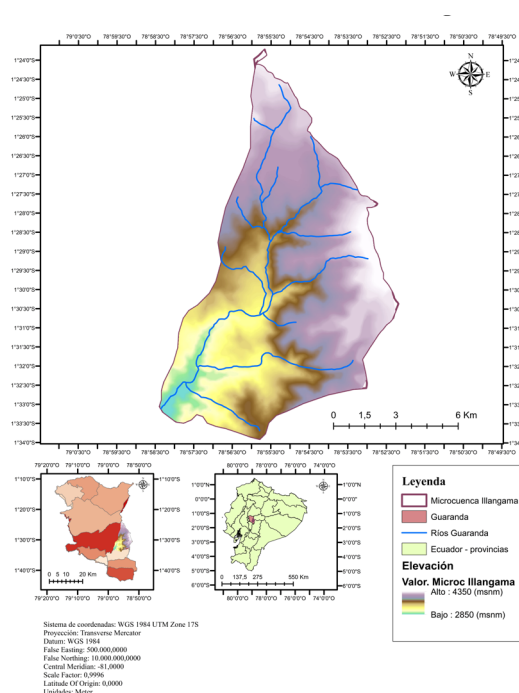
### Ubicación

La presente investigación se realizó en la microcuenca del Río Illangama perteneciente en la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar. Ubicada en la parte nororiental de mencionada provincia, la microcuenca cuenta con una superficie de 118,2 km<sup>2</sup>, su altitud va desde 2800 a 4500 msnm, con

temperaturas generalmente entre los 6 a 12°C y precipitaciones que oscilan entre 1000 y 2000 mm/año (González et al., 2017). A continuación, en la Figura 1, se indica la ubicación de la microcuenca en estudio.

**Figura 1**

*Ubicación de la microcuenca del Río Illangama*



### Tipo de Investigación

El estudio es no experimental, ya que, según lo indica (Hernandez, 2017) son estudios que se efectúan sin la manipulación premeditada de variables y en los que netamente se observan los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente analizarlos. En este tipo de investigación no es posible influir en la o las variables ya que las mismas ya sucedieron, de igual manera sus efectos. En este contexto, se habla de las dinámicas de uso de suelo y cobertura vegetal que han producido entre los años 1996 y 2021 en la microcuenca del río Illangama.

El enfoque del estudio es cualitativo, debido a que se busca descubrir la esencia del fenómeno de la naturaleza con datos recolectados en 25 años (Baena, 2017).. La investigación posee un alcance descriptivo, ya que se ha recopilado información sobre las actividades humanas desarrolladas y la influencia sobre la cobertura y uso de suelo. En este tipo de estudios la recopilación de información se efectúa de manera independiente o conjunta para el posterior análisis de datos (Ramos, 2020).

### **Población y Muestra**

La población o universo que se ha determinado para el estudio es la microcuenca del Río Illangama, la muestra, al ser una parte representativa de la población y, para fines de la presente investigación se ha optado por utilizar el muestreo no probabilístico por conveniencia para facilitar el acceso a la información, hábitos, opiniones, y puntos de vista sobre el sitio. De esta manera se trabajó con toda la microcuenca antes mencionada.

### **Recolección de Información**

Para la recolección de información se utilizaron fuentes primarias y secundarias. Con apoyo de la técnica de observación, fichas de campo y registro fotográfico, se efectuaron varias visitas de campo a la zona de estudio para identificar de primera mano las variables presentes. Por otro lado, se revisó bibliografía de fuentes secundarias las cuales apoyan a la fiabilidad de conceptos con relación al estudio realizado, asimismo de las principales características sociales y

ambientales de la zona.

### ***Selección y Descarga de Imágenes Satelitales***

En esta fase se procedió a la selección y descarga de las imágenes satelitales Landsat 5 y 7 correspondientes a los años de estudio y zona en específico. Mencionadas imágenes fueron escogidas del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Dicho portal dispone de variedad de base de datos históricos y actuales de los diferentes satélites Landsat. Las imágenes fueron elegidas conforme diferentes parámetros que se enfocaron en la calidad visual de cada una, es decir, que las condiciones climáticas y de nubosidad no afecten en la nitidez de la misma, el porcentaje de nubosidad escogido fue < 30%.

### ***Indicadores Sociales***

Para la presente investigación se ha tomado en consideración diferentes indicadores sociales dentro de la microcuenca del Río Illangama, entre estos están:

- Acceso a servicios básicos (electricidad, agua, saneamiento)
- Vías y accesos
- Concentración de poblados
- Vivienda
- Pobreza
- Movimientos migratorios

La información necesaria fue recabada de bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2016), y de

diversos archivos tipo shapefile (\*.shp) del repositorio de la Universidad Tecnica de Ambato, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2016); Ministerio del Ambiente (2016); ESRI (2022).

### Procesamiento de Imágenes Satelitales

Para iniciar con el procesamiento de imágenes satelitales se efectuó un corte de las imágenes satelitales descargadas, conforme el borde de la microcuenca Illangama. Posteriormente se procedió a realizar la clasificación supervisada, para ello, se escoge primero una imagen y se debe tener en consideración los puntos a continuación mencionados:

- Reconocimiento e identificación del área de estudio en mapas
- Determinación de la leyenda preliminar de las diferentes coberturas vegetales, en base al protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013-2014 (MAE & MAGAP, 2015)
- Se utilizó el nivel II que corresponde a:
  - i. Bosque nativo,
  - ii. Mosaico agropecuario,
  - iii. Vegetación arbustiva y herbácea,
  - iv. Páramo,
  - v. Cuerpo de agua natural,
  - vi. Zona poblada,
  - vii. Infraestructura,
  - viii. Glaciar,
  - ix. Área sin cobertura vegetal.

- Teniendo en cuenta estos dos puntos anteriormente mencionados, se procede a la creación de polígonos en cada imagen satelital.
- Se crean las firmas espectrales

### Post Procesamiento de Imágenes Satelitales

Obtenida la clasificación supervisada de las dos imágenes satelitales, fueron exportados en formato *shapefile (\*.shp)* para la realización de los mapas temáticos en software ArcGIS. Seguidamente se realizó el cálculo del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado NDVI, para ello se utilizaron las bandas 5 y 4 tanto para la imagen satelital Landsat 5 como para Landsat 7. Para el efecto se empleó *map algebra y raster calculator*. Posteriormente, se desarrolló una reclasificación con un intervalo de cuatro clases.

Finalmente, se realizaron 4 mapas temáticos.

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

$$NDVI = \frac{(Banda 5 - Banda 4)}{(Banda 5 + Banda 4)}$$

Donde:

NIR y R corresponden a la reflectancia en el infrarrojo cercano y la banda roja del espectro respectivamente.

Para la interpretación del NDVI se tomó en consideración que, los valores de NDVI próximos a 0,1 revelan zonas desérticas con vegetación exigua, mientras que, los valores

próximos a 0,9 indican zonas con gran densidad de vegetación (Earth Observing System, 2019).

- 0,1 - 0,2: planta muerta, objeto inanimado, suelo desnudo
- 0,2 - 0,33: planta enferma
- 0,33 – 0,66: planta medianamente sana
- 0,66 – 1: planta muy sana

Según (Earth Observing System, 2019) los valores negativos determinan entornos naturales acuáticos, estos pueden ser masas de agua como: zonas encharcadas, lagos y áreas con superficies de agua son reconocidos bajo este intervalo negativo. Valores positivos cercanos a cero identifican áreas desnudas de vegetación. A medida que mencionado índice alcanza valores positivos más cercanos a 1, la densidad de la vegetación será mayor y se podrá identificar masas boscosas o cultivos en crecimiento demás, para el análisis de las variables sociales en la microcuenca Illangama, se incluyeron/consideraron/tomaron en cuenta, los indicadores sociales antes mencionados, para la caracterización social de la población en la zona de estudio

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

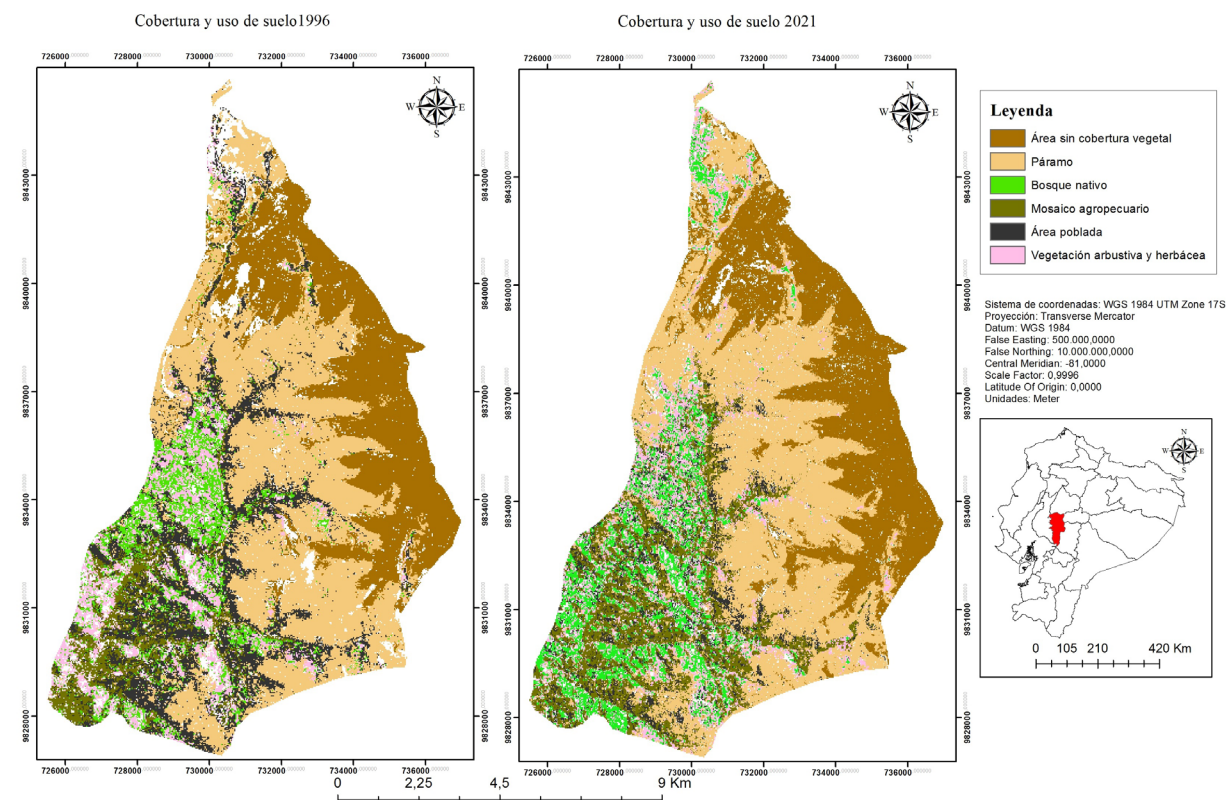
Para determinar el cambio en el uso de suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca del Río Illangama durante el periodo 1996-2021, se realizó la clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat correspondientes a los años 1996 y 2021 como se observa en la Figura 2. La elección de las seis clases se fundamenta en el protocolo metodológico

para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013-2014 (MAE & MAGAP, 2015) y conforme a las características presentes en la microcuenca del río Illangama.

En su investigación (Alvear, 2018) determina que acorde al análisis multitemporal, la zona de la microcuenca del río Escudillas ha sufrido deforestación a la vez que incrementa la actividad agropecuaria. En estudios similares en Pasto Colombia los autores (Corponariño, 2004) (Castillo y Pinta, 2005) determinan que a través del tiempo han desaparecido cientos de hectáreas de páramo y bosque. En la microcuenca Illangama se puede divisar que del año 1996 al año 2021 ha crecido la zona de páramo sobre la cobertura denominada área sin cobertura vegetal en la zona alta de la microcuenca. Por otro lado, el área de bosque nativo ha tenido un aumento de su cobertura en el año 2021 a relación del año 1996 principalmente en la zona baja de la microcuenca Illangama. El mosaico agropecuario se ha mantenido regular durante los años de estudio en la zona baja, sin embargo, en la zona media ha tenido un crecimiento desde el año 1996 a 2021. El área poblada ha disminuido para el año 2021 en la zona alta, media y baja de la microcuenca de estudio. Por último, ha aumentado la vegetación arbustiva y herbácea. Estos datos se reflejan en la Tabla I.

**Figura 2**

*Clasificación supervisada*



**Tabla I**

*Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo*

Descripción de cobertura	Área (km <sup>2</sup> ) 1996	% año 1996	Área (km <sup>2</sup> ) 2021	% año 2021	Diferencia de crecimiento (km <sup>2</sup> )	Diferencia (%)	TAC (km <sup>2</sup> /año)
Área sin cobertura vegetal	27,09	25,5%	24,68	23,3%	-2,41	-2,3%	-0,10
Páramo	40,33	38,0%	43,01	40,5%	2,68	2,5%	0,11
Bosque nativo	7,38	7,0%	9,44	8,9%	2,06	1,9%	0,08
Mosaico agropecuario	7,60	7,2%	12,00	11,3%	4,40	4,1%	0,18
Área Poblada	15,41	14,5%	6,80	6,4%	-8,61	-8,1%	-0,34
Vegetación arbustiva y herbácea	8,28	7,8%	10,15	9,6%	1,87	1,8%	0,07
<b>Total</b>	<b>106,07</b>	<b>100%</b>	<b>106,07</b>	<b>100%</b>			



La tabla indica los resultados de la clasificación supervisada en relación a los años de estudio.

En base a los resultados generados en la Tabla I, se menciona la Tasa anual de cambio (TAC), siendo esta el número de kilómetros cuadrados por cada año; en relación a ello se tiene que, entre los años de 1996 y 2021 ha existido una pérdida de  $-0.10 \text{ km}^2/\text{año}$  correspondiente al área sin cobertura vegetal, de igual manera, en el caso del área poblada existe una pérdida de  $-0,34 \text{ km}^2/\text{año}$ . Mientras que, ha existido un aumento de  $0,11 \text{ km}^2/\text{año}$  para la cobertura de páramo, un  $0,08 \text{ km}^2/\text{año}$  para la cobertura de bosque nativo, un  $0.18 \text{ km}^2/\text{año}$  para mosaico agropecuario y un aumento de  $0,07 \text{ km}^2/\text{año}$  para la vegetación arbustiva y herbácea.

Cabe mencionar que, en la Provincia Bolívar siempre ha existido la presión y la expansión de suelos para favorecer la producción agropecuaria, sin duda, comprometiendo los páramos y las áreas de protección. Estos cultivos de altura hacen que la capa de vegetación desaparezca por un periodo de tiempo, ya que, el suelo es arado antes de proceder a la siembra. Por otro lado, el uso de las pajas de páramo (*Calamagrostis effusa*) para la realización de canastas artesanales ha jugado un rol importante en la mujer rural bolivarense, que veía a este elemento como medio de sustento económico (GAD Guaranda, 2020).

De una u otra forma el páramo se ha visto desprotegido; el uso de especies de flora como el musgo (*Bryophyta*) era comúnmente utilizado en los hogares de los pobladores

en la época de navidad. Es por ello que, el Ministerio de Ambiente de ese entonces activa la campaña “No arranques la piel de los bosques”, la cual buscó hacer conciencia en los pobladores sobre el uso de materiales alternativos, pues, el musgo, bromelias, líquenes y helechos eran usados y extraídos de manera no sustentable. La campaña sigue en vigencia, la extracción de estas especies está tipificado como delito en el artículo 427 del Código Orgánico Integral Penal (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2021b). Una de las estrategias de conservación de páramos es la iniciativa Socio Bosque, misma que fue creada en el año 2008. Básicamente, el Estado otorga un incentivo económico a las familias a cambio de la conservación o mantenimiento de páramos o bosques nativos (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2021a).

El crecimiento de los páramos en la zona alta de la microcuenca Illangama en los últimos 25 años, se debe principalmente al adecuado manejo que se han venido dando en los mismos. Dada la problemática ambiental y, el deshielo que ha sufrido el nevado Chimborazo, aledaño a la zona de estudio, se han fomentado políticas de conservación de páramos en el país y en la Provincia Bolívar. Señalando que, como metas al año 2025 la municipalidad del cantón se ha comprometido con la gestión del recurso agua, que conlleva el uso y protección sostenible tanto de los páramos como de los bosques, apuntando a un avance del 20% para el año indicado (GAD Guaranda, 2020).

Mencionada meta, se llevará a cabo por medio de programas que fortalezcan las capacidades en cuanto al cuidado del ambiente de las comunidades locales. Como indicadores, se exterioriza que, para el año 2025 las comunidades deben estar capacitadas y se debe revelar el aumento de número de hogares que posean acceso a agua de calidad y demás servicios básicos indispensables para una sana convivencia (GAD Guaranda, 2020).

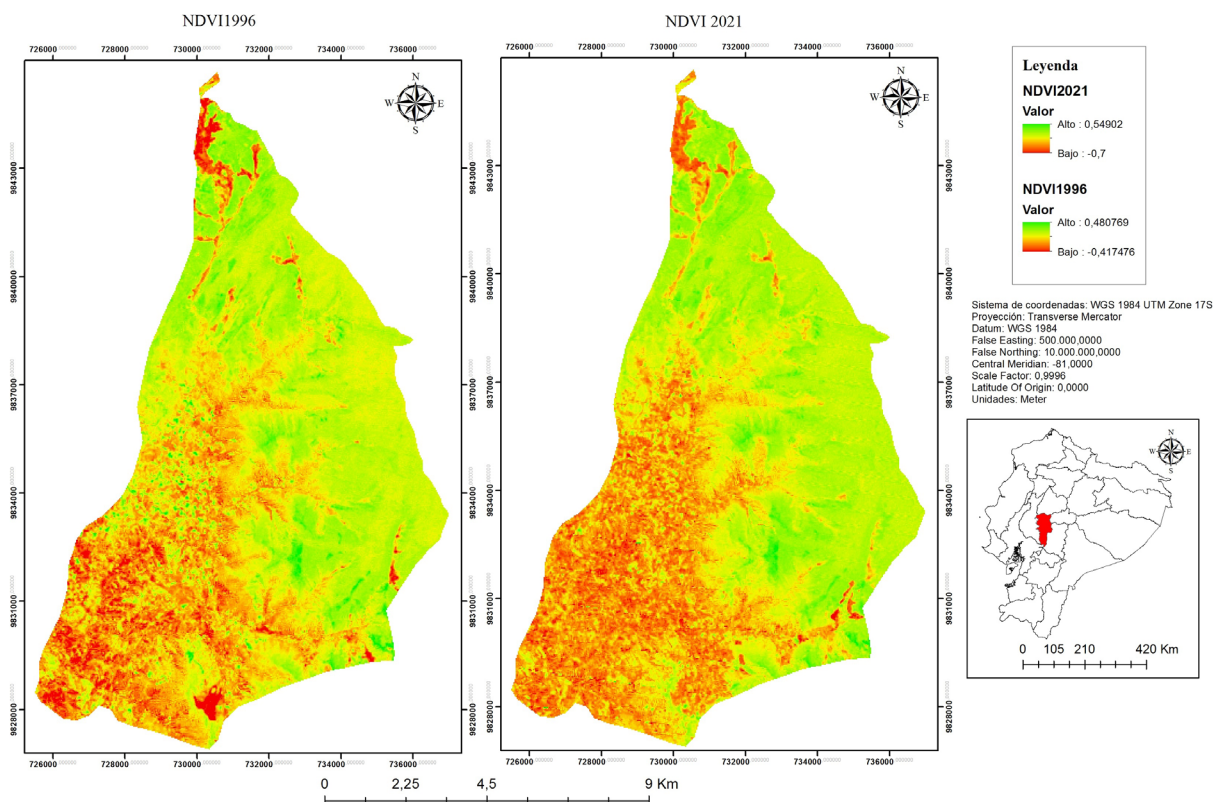
Para cumplir con el segundo objetivo se calculó también el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI) en la microcuenca del Río Illangama, como se visualiza en la Figura 3. Se obtuvo como resultados que, en el año 1996 el valor bajo de NDVI corresponde a -0,41 y el valor alto a

0,48. En el año 2021 el valor bajo fue de -0,7 y el valor alto de 0,54.

Esta explicación de protección y resurgimiento del páramo en la zona de estudio en este periodo de tiempo se da gracias a las estrategias de conservación de paramos impulsadas por el gobierno nacional a través del Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica. Se indica de esta manera, al proyecto denominado K011 MAE- Proyecto Socio Bosque de Conservación, donde está inmersa la provincia Bolívar. Siendo su objetivo el de conservar los remanentes de páramos, bosque nativo y otras formaciones vegetales nativas en propiedad privada del Ecuador, con la participación voluntaria de los propietarios de éstas zonas (Ministerio del Ambiente, 2018).

**Figura 3**

*Índice Diferencial Normalizado de Vegetación*



En los dos periodos de años analizados se pueden observar valores negativos, esto quiere decir que está presente reservorios de agua en el entorno, tomando en consideración que, la microcuenca de estudio se encuentra en la zona de páramo y en los límites con las provincias Chimborazo y Tungurahua.

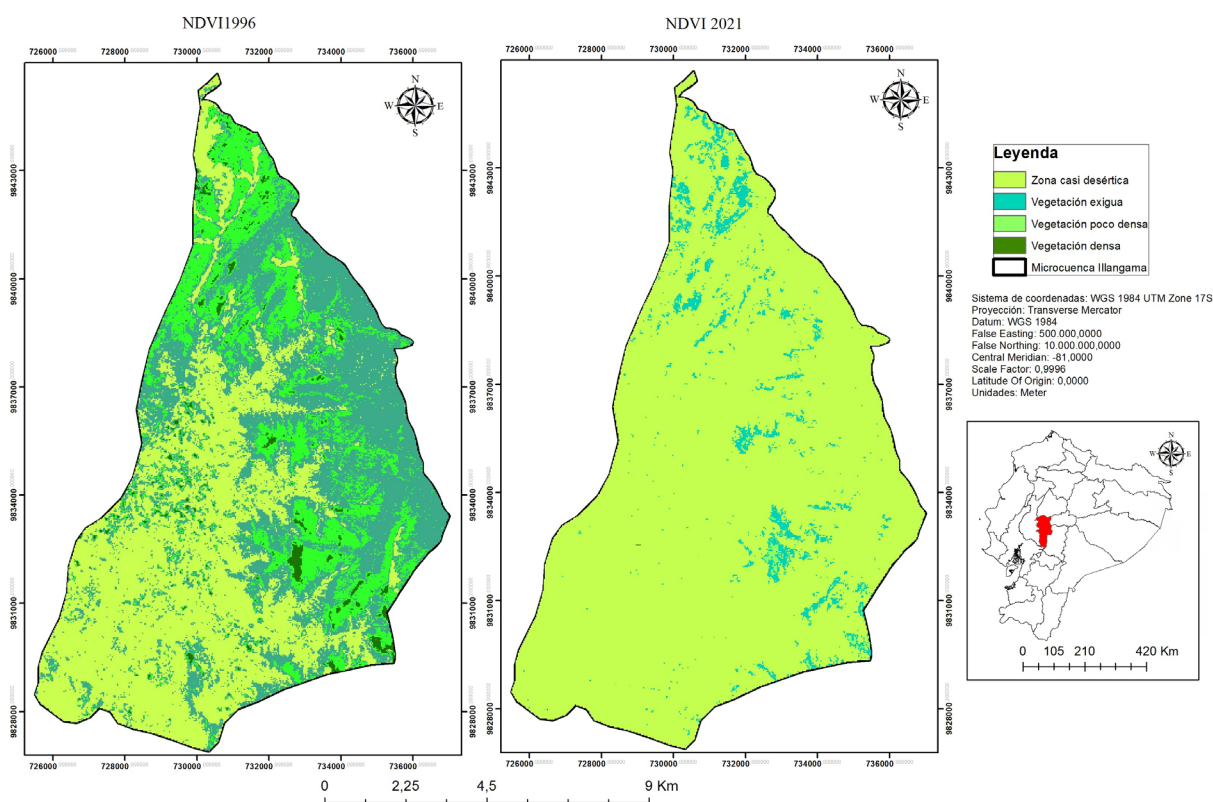
Para el año 1996 el valor bajo corresponde a -0,41, mientras que para el año 2021 el valor es de -0,7. Indicando de esta manera que existe una mayor acumulación del recurso hídrico en el último año, pues, los valores

negativos de NDVI en estos entornos señalan la presencia de mencionado recurso, ya que, el agua tiene reflectancia  $R > IRC$ . Los datos mencionados son comprensibles debido a que los cuidados y renegación de los páramos ha sido un tema de interés en los últimos años.

En relación a los valores altos de NDVI se indica que para el año 1996 es de 0,48, mientras que para el año 2021 es de 0,55. Se han mantenido relativamente constantes y su valor indica la presencia de vegetación medianamente sana.

**Figura 4**

*Reclasificación*



Tomando en cuenta que, la vegetación para los dos años de estudio es medianamente sana, se exhiben la reclasificación de los datos obtenidos mediante el cálculo del NDVI, para lo cual se ha tomado en consideración cuatro clases, visualizadas en la Figura 4.

Para el año 1996, se identifica como primera clase la zona casi desértica, siendo áreas donde el valor de NDVI correspondía a 0,1. La clase dos es denominada vegetación exigua con valores de 0,2. La clase tres corresponde a vegetación poco densa, con valores de

NDVI de 0,3. Y la clase cuatro se denomina vegetación densa y concierne a valores de 0,4. En relación al año 2021, la primera clase, zona casi desértica, corresponde a valores de 0,1 a 0,2 del NDVI. La segunda clase, vegetación exigua, pertenece a valores de 0,3. La tercera clase, vegetación poco densa, corresponde a valores de 0,4. La última clase, vegetación densa, representa a valores de 0,5.

En el transcurso de 25 años solamente ha quedado en la microcuenca del Río Illangama zonas casi desérticas y zonas con vegetación exigua, a diferencia del año 1996 donde al menos había rastros de vegetación densa y poco densa.

En cuanto a la dinámica social, se evidencia que, el área poblada para el año 2021 en la microcuenca del Río Illangama ha disminuido, sin embargo, como se observa en la Figura 5, aún están presentes comunidades como Carbón Chinipamba, Padre Rumi, Pucará Pamba, Quindigua Alto y Quishuar. Las viviendas de estas comunidades se encuentran dispersas, no forman manzanas como en el sector urbano. Estos espacios construidos se encuentran inmersos en los ecosistemas naturales, donde en ellos se cultiva, por un lado y, por otro lado, se conserva los ecosistemas.

Cabe mencionar que, de 1135 viviendas, únicamente cuentan con energía eléctrica 885, representando al 77,97% del total de viviendas. La gran parte de la población que vive en la zona de estudio se dedica a la agricultura, que son en mayor parte, las personas que aun habitan ahí, mientras que,

otra parte de la población ha tenido que salir a buscar más ingresos económicos para su hogar. Entre estas actividades se encuentra la construcción, comercio y transporte.

La menor cantidad de viviendas se asientan en la comunidad de Quindigua alto, por encontrarse cerca al páramo, mientras que, la mayor cantidad de concentración de poblados se encuentra en la comunidad Padre Rumi, la cual ya se sigue acercando hacia el sector del lago Las Cochas y sus alrededores.

Por otro lado, la cobertura de servicios básicos como son los servicios higiénicos casi no está presente en la zona de estudio, pues solamente se indica que existe esta cobertura en la comunidad Carbón Chinipamba. En mayor cantidad, este servicio básico está presente en la zona limítrofe entre las provincias de Tungurahua y Chimborazo, específicamente las parroquias de Pilahuin y San Juan correspondientemente.

En relación a la vialidad existente en la microcuenca del Río Illangama, se ha podido identificar que en su mayoría están conformadas por caminos de verano y senderos, los cuales conectan a las comunidades entre sí. Las vías de segundo orden están presentes únicamente en la zona norte, es decir, en los sectores de límite con otras provincias. La calidad de las vías no es buena, especialmente en la época invernal.

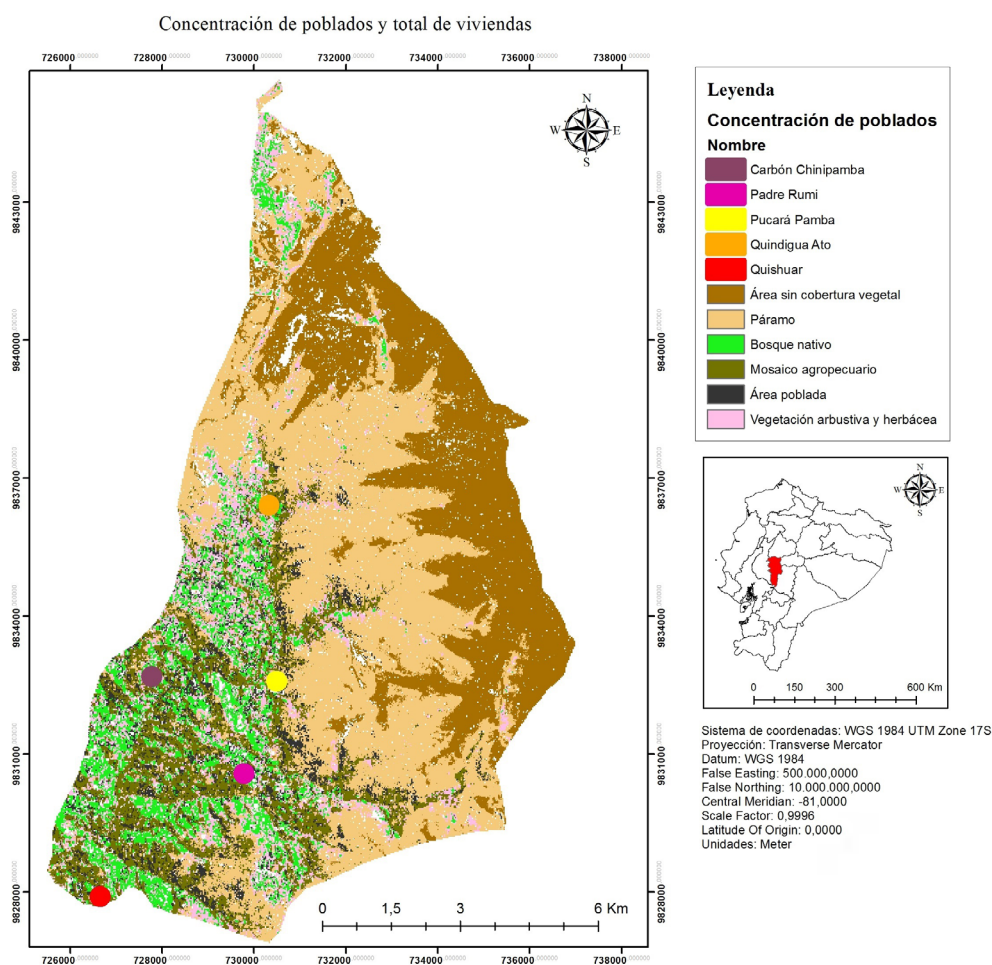
En la zona, la evidente condición de falta de servicios básicos, se contrarresta con lo indicado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón

Guaranda, donde se indica que, la población en las zonas rurales y particularmente donde viven comunidades indígenas padece de manifestaciones de desigualdad y pobreza. Dicha aseveración se da en relación a la pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

y su índice de GINI. El valor del índice de Gini se encuentra entre 0 y 1, siendo cero la máxima igualdad y 1 la máxima desigualdad. Para el sector de estudio, mencionado índice es de 0,39.

**Figura 5**

*Clasificación supervisada 2021 y concentración de poblados*



La disminución de la población en la zona de estudio se debe principalmente a los movimientos migratorios presentes en los últimos años desde el campo a la ciudad. El Gobierno Municipal del cantón Guaranda, no ha tenido un proceso de planificación conveniente, que dirija y regule el crecimiento urbano hacia el futuro (GAD Guaranda, 2020).

En el desarrollo de la investigación se han presentado varias limitaciones, entre ellas el acceso a información actualizada y la colaboración de las instituciones públicas que contienen información, pero se requieren varios trámites para tener el acceso.

#### IV. CONCLUSIONES

Se ha determinado el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del Río Illangama. Mediante el uso de imágenes satelitales correspondientes a los años 1996 y 2021, se ha realizado la clasificación supervisada del área de estudio. La clasificación se realizó en seis clases, concluyendo que, desde el primer año de estudio al segundo, ha aumentado los páramos en 2,5%; el bosque nativo en 1,9%; el mosaico agropecuario en 4,1% y la vegetación arbustiva y herbácea en un 1,8%. Mientras que, ha disminuido el área sin cobertura vegetal en 2,3% y el área poblada en 8,1%.

Se calculó el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación en la microcuenca del Río Illangama, estableciendo que, en el año 1996 el valor bajo de NDVI corresponde a -0,41 el valor bajo y el valor alto a 0,48, mientras que, para el año 2021 el valor bajo fue de -0,7 y el valor alto de 0,54. Los valores negativos significan presencia de reservorios de agua, lo cual indica que, la protección de páramos de las últimas décadas ha rendido frutos. Por otro lado, los valores cercanos a 1 indican presencia de vegetación sana y al tener valores intermedios se indica que es una vegetación medianamente sana. Durante el lapso de tiempo de 25 años se ha perdido en la microcuenca el tipo de vegetación densa y poco densa.

Se ha identificado la incidencia que ha tenido el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal de la microcuenca del Río Illangama en

la parte social y ambiental. Determinando que, en la zona de estudio la población mayormente se dedicaba a la agricultura, expandiendo sus cultivos y viviendas hacia la cuenca alta, sin embargo, debido a mayores estrategias de conservación tanto de páramos como de bosques, se ha ido controlando estas actividades, haciendo que las comunidades del sector busquen alternativas económicas como es el comercio, construcción y transporte. Además, no todas las viviendas de las comunidades como son Carbón Chinipamba, Padre Rumi, Pucará Pamba, Quindigua Alto y Quishuar tienen acceso a la totalidad de servicios básicos.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvear, N. (2018). *Estudio multitemporal de cambio de uso del suelo, en la microcuenca del río Escudillas* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7879>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación* (3rd ed.). Grupo Editorial Patria.
- Castillo, M.; Pinta, J. (2005). *Análisis multitemporal del uso del suelo con relación a la cobertura vegetal protectora de la microcuenca las tiendas, cuenca alta del río pasto*. [Tesis de grado, Universidad de Nariño].

- CORPOÑARIÑO, 2004 Actualización plan de ordenamiento cuenca alta del río Pasto.
- Earth Observing System. (2019). NDVI FAQ: All You Need To Know About Index. Earth Observing System. <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>
- GAD Guaranda. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 - 2025. Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda.
- Gallagher, R., Stehouwer, R., Barrera, V., Alvarado, S., Escudero, L., Valverde, F., Portilla, A., Webber, K., & Domínguez, J. (2017). Yield and Nutrient Removal in Potato-Based Conservation Agriculture Cropping Systems in the High Altitude Andean Region of Ecuador. *Agronomy, Soils & Environmental Qu*, 109(5), 1836–1848. <https://doi.org/doi:10.2134/agronj2016.11.0635>
- Gil, P. A., & Morales, M. E. (2016). Información Espacial, Herramientas De Análisis En La Transformación De Las Coberturas Vegetales. *Ingeniería e Innovación*, 22(4), 15–22. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/1176/1454>
- González, M., Monar, N., González, V., Saltos, R., Chávez, L., & Fierro, S. (2017). Valoración económica de los bienes y servicios ambientales en la microcuenca del río Illangama. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 1–7. <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/reiagro/article/view/117/104>
- Guerrón, A. M., & Terán, S. (2014). Guaranda: lugares y memorias.
- Hernandez, R. (2017). Metodología de la Investigación.
- MAE, & MAGAP. (2015). Proyecto “Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental 2013 - 2014, escala 1:1000.000”. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2018). Ficha Informativa de Proyecto 2018.
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2021a). 18 millones de dólares invertidos en conservación de bosques. Ministerio Del Ambiente Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/18-millones-de-dolares-invertidos-en-conservacion-de-bosques/>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2021b). MAE inicia campaña ¡No arranques la piel de los bosques! en Chimborazo. Ministerio Del Ambiente Agua y Transición Ecológica. MAE inicia campaña ¡No arranques la piel de los bosques! en Chimborazo

- Monar, N., Gonzalez, M., Cruz, E., González, V., Chávez, L., Fierro, S., & Saltos, R. (2016). Calidad del agua de la microcuenca del río Illangama cantón Guaranda, provincia Bolívar-Ecuador. *Revista de Investigación Talentos Volumen, III(1)*. <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/68/101>
- Naciones Unidas. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- Pinos, N. J. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial -Caso cantón Cuenca. *Estoa, 5(9)*. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Puala, P., 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)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.252>
- Ramos, C. (2020). Los Alcances Descriptivos. *CienciAmérica, 9(3)*. <http://201.159.222.118/openjournal/index.php/uti/article/view/336/621>
- Reyes, L., & Carmona, F. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio [Universidad Simón Bolívar]. <http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/6630>
- Salinas, W., Terrazas, M., Mora, A., & Paredes, C. (2020). Análisis multitemporal de cambios de uso de la tierra en San Fernando, Tamaulipas, durante el periodo 1987 a 2017. *CienciaUAT, 14(2)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1298>
- Torres, A. (2016). Influencia de las políticas gubernamentales en la competitividad territorial. Caso Provincia Bolívar período 2006-2014. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12631/TESIS VALERIA TORRES.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12631/TESIS%20VALERIA%20TORRES.pdf?sequence=1)
- Veloza, J. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora “Casa Blanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial municipal [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. [https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files\\_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf](https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf)