

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

**FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS
APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO
DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA
MICROCUCENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO”**

Realizado por:

ANGEL ALEJANDRO ROBALINO MORENO

Director del proyecto:

Mgs. José Gabriel Salazar Loor, Ph.D.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, Diciembre 2021

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ANGEL ALEJANDRO ROBALINO MORENO, con cédula de identidad # 060406500-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink that reads "Angel Robalino". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath.

FIRMA

060406500-3

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Realizado por:

ANGEL ALEJANDRO ROBALINO MORENO

como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

JOSÉ GABRIEL SALAZAR LOOR

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MIGUEL MARTINEZ

SUSANA CHAMORRO

JOHANNA MEDRANO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA



FIRMA

Quito, Diciembre 2021

DEDICATORIA

A Dios, por la salud y la vida, junto a todas las enseñanzas que me ha dado los últimos años lo cual me ha permitido cumplir todos mis objetivos y metas planteadas.

A mi papá y mi mamá, Vinicio y Laura, los cuales me han apoyado continuamente durante todo este proceso, han sido un pilar incondicional durante todo este camino de superación personal, les agradezco mucho por todo y me llena de alegría saber que siempre estarán a mi lado.

A toda a mi familia y amigos de la UNACH y la UISEK, que siempre han estado apoyándome cada día, sus palabras de aliento me han ayudado a seguir adelante en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la a Santísima Virgen María.

A mis amigos de la UNACH y la UISEK.

a mi tutor José Salazar, profesores de la UISEK.

A los Ingenieros Juan Carlos Caicedo, Patricio Santillán, Rut Morocho, Sandra Iturralde,
Christian Aguilar, Cristóbal Serrano y María Fernanda Haro.

Comunidad ArcGis Latinoamérica

15/12/2021 11:00:00

Para someter a:

To be submitted:

Análisis espacio temporal de la dinámica de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal de la microcuenca del Río Chibunga en la provincia de Chimborazo.

Angel Robalino¹, José Salazar^{1*}

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador. 15/12/2021 11:00:00

E-mails: aarobalino.mga@uisek.edu.ec, jose.salazar@uisek.edu.ec

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: José Salazar, Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador.

Teléfono: +593-0998361264; email: jose.salazar@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Espacio temporal, uso de suelo de la microcuenca del Río Chibunga

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Resumen.

El objetivo principal de la presente tesis de investigación fue determinar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal existente entre los años 2001 y 2016 producto de las diferentes actividades antropogénicas existentes en la zona de estudio. La metodología aplicada por medio de sistemas de información geográfica permitió realizar este análisis, junto con el uso de las imágenes de los satélites Landsat 7 y 8, con lo cual se logró definir y cuantificar los cambios de cobertura existentes en la microcuenca.

Así también, para realizar este análisis se utilizó el software ArcGis 10.5, en donde se aplicó el proceso de clasificación supervisada a fin de crear mapas de uso de suelo y cobertura vegetal existente en el área de estudio, tanto para el año 2001 como para el año 2016, de igual forma se complementó estos resultados con la determinación de ganancias y pérdidas para cada tipo de cobertura, obteniéndose así que las mayores pérdidas fueron en los suelos sin cobertura con un 17.73%, seguido de los bosques con pérdidas de 1.22%, de igual forma para la nieve se identificó pérdidas alrededor del 0.07%, mientras que para los cuerpos de agua se evidencia una pérdida del 0.04%. Por otro lado, para el caso de las ganancias de cobertura se identificó que los pastizales se incrementaron con un 6.95%, seguido de las áreas pobladas con un 6.67%, para el caso de los páramos se evidencia un 4.83% de crecimiento y finalmente la cobertura de mosaicos agropecuarios incremento un 0.61%

De igual forma, se identificó la evolución de la cobertura vegetal y uso de suelo dentro de los años 2001 y 2016 por medio del análisis NDVI, para el caso del año 2001 los valores 0.591 a -0.473, mientras que para el año 2016 los valores resultantes oscilan entre 0.638 a -0.145. Indicando la presencia de suelos descubiertos o suelos desnudos para ambos años, pero con la diferencia que para el año 2016 las coberturas vegetales se incrementaron en el área de la microcuenca.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos junto con la respectiva investigación bibliográfica de la evolución histórica del área, se concluyó que las diferentes actividades antropogénicas realizadas en la zona si interfieren en el estado natural de la microcuenca del Río Chibunga.

Palabras clave: Río Chibunga, cambio de uso de suelo, Landsat, cobertura vegetal, clasificación supervisada, análisis espacio temporal, NDVI.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Abstract.

The main objective of this research thesis was to determine the changes in land use and existing vegetation cover between 2001 and 2016 as a result of the different anthropogenic activities in the study area. The methodology applied by means of geographic information systems allowed carrying out this analysis, together with the use of Landsat 7 and 8 satellite images, with which it was possible to define and quantify the changes in existing coverage in the micro-watershed.

Also, to perform this analysis, ArcGis 10.5 software was used, where the supervised classification process was applied in order to create maps of land use and existing vegetation cover in the study area, both for the year 2001 and 2016, likewise these results were complemented with the determination of gains and losses for each type of cover, thus obtaining that the greatest losses were in soils without cover with 17.73%, followed by forests with losses of 1.22%, likewise for snow, losses of around 0.07% were identified, while for water bodies a loss of 0.04% was evidenced. On the other hand, in the case of coverage gains, it was identified that pastures increased by 6.95%, followed by populated areas with 6.67%, in the case of moorlands there was a 4.83% growth and finally the coverage of agricultural mosaics increased by 0.61%.

Similarly, the evolution of vegetation cover and land use was identified within the years 2001 and 2016 through NDVI analysis, for the case of 2001 the values 0.591 to -0.473, while for 2016 the resulting values range from 0.638 to -0.145. Indicating the presence of bare soil or bare soil for both years, but with the difference that for the year 2016 the vegetation covers increased in the area of the micro-watershed.

Finally, based on the results obtained together with the respective bibliographic research of the historical evolution of the area, it was concluded that the different anthropogenic activities carried out in the area do interfere in the natural state of the Chibunga River micro-watershed.

Key words: Chibunga River, land use change, Landsat, vegetation cover, supervised classification, spatial temporal analysis, NDVI.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Introducción.

En el Ecuador durante los últimos años se han desarrollado una serie de estudios a lo largo de todas las microcuencas a nivel nacional, lo cual ha permitido identificar el estado en el que estas se encuentran y si las mismas se han visto afectadas producto de diferentes acciones antropogénicas.

De la misma manera, la microcuenca del Río Chibunga ubicada en la provincia de Chimborazo no es la excepción y ha sido objeto de estudio tanto por parte de la Universidad Nacional de Chimborazo y de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y es que gracias a estos estudios que se ha logrado identificar él cómo se ha visto afectada por el incremento de asentamientos urbanos, deforestación, zonas agrícolas, actividades industriales, actividades ganaderas y de recreación (Ríos et al., 2011). Y es aquí donde nace la problemática debido a todas estas actividades, han contribuido de una u otra forma al deterioro del suelo así como también a la pérdida de su cobertura vegetal.

Es en base a la problemática anteriormente mencionada donde nace la importancia de conocer el estado en el que se encuentra la microcuenca a nivel de uso de suelo y de cobertura vegetal, debido a que estos recursos no solo son utilizados por los ciudadanos del cantón Riobamba, sino también por los habitantes de las zonas aledañas de Calpi, Licán y San Luis (Velóz, 2018). La mayoría de estos recursos son generalmente utilizados para el cultivo de vegetales los cuales posteriormente son vendidos en los diferentes mercados de la ciudad de Riobamba.

Por otro lado, en los últimos años se han realizado esporádicamente diversas actividades en pro de la microcuenca, tanto desde el sector público por entidades como El Gobierno Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, Gobierno Descentralizado del cantón Riobamba, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, ESPOCH, UNACH; así como también por el sector privado, siendo principalmente la Empresa Unión Cementera

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Nacional UCEM, la cual gracias a su Plan de Manejo Ambiental ha logrado controlar la problemática asociada a la microcuenca del Río Chibunga, mientras que desde un punto de vista turístico las medidas aplicadas en la zona han sido los planes de desarrollo del Parque Lineal Chibunga (Velóz, 2018). Sin embargo, a pesar de todas las acciones aplicadas en pro de esta microcuenca, aún queda un largo camino por recorrer.

Por lo tanto, nos preguntamos ¿Existen cambios de uso de suelo y cobertura vegetal a nivel de la microcuenca del Río Chibunga? ¿Cómo podríamos identificar estos cambios de uso de suelo y cobertura vegetal? ¿Qué metodología se podría aplicar? ¿Tiene relación el desarrollo social en el estado de la microcuenca?

Conocer el estado de la microcuenca del Río Chibunga es un factor de gran importancia debido a que en este lugar se encuentran los recursos agua, suelo y biodiversidad (Chitalogro & Llamatumbi, 2021), y es en base a estos recursos que se desarrollan las actividades de subsistencia de los ciudadanos presentes en las poblaciones aledañas.

Una vez dicho esto, es de vital importancia el llevar a cabo este tipo de investigación ya que en el caso de la microcuenca del Río Chibunga no se cuenta con datos sobre el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal, conocer esta información es de vital importancia para cualquier tipo de programa de desarrollo o restauración de microcuencas, debido a que se tendría información certera sobre el estado de esta microcuenca y cómo se ha visto afectada por las diferentes actividades humanas; ahora bien con el fin de desarrollar este estudio se ha visto la necesidad de utilizar metodologías actuales las cuales permiten obtener los resultados deseados, para este tipo de investigaciones es necesario la aplicación y análisis de imágenes satelitales de la zona en estudio, debido a que gracias a estas imágenes junto al desarrollo de estudios multitemporales y la aplicación de modernas técnicas de teledetección, se puede determinar los diferentes cambios de cobertura de uso de suelo y de cobertura vegetal en un tiempo establecido, y es en base a la información resultante la permitirá conocer el estado de evolución de la microcuenca e identificar como las acciones antropogénicas han impactado la

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

zona en estudio (Rebollo, 2012). Los datos resultantes obtenidos en el presente proyecto de tesis permitirán a cualquier persona o entidad ya sea pública o privada llevar a cabo cualquier tipo de programa o actividad en pro del desarrollo y recuperación de la microcuenca y por ende el beneficio de los habitantes presentes en la zona de estudio.

En base a toda la información anteriormente mencionada llegamos a plantearnos la siguiente hipótesis general de investigación: El uso de sistemas de información geográfica junto al análisis multitemporal de imágenes satelitales proveniente de los Satélites Landsat 7 y 8 y la aplicación de técnicas de teledetección; nos permitirá determinar la dinámica de cambio a nivel de uso de suelo y cobertura vegetal existente en la microcuenca del Río Chibunga, producto de las diferentes actividades antropogénicas existentes en la zona, las cuales de una u otra forma han afectado a la microcuenca.

Para lo cual nos propusimos diferentes objetivos, siendo el principal analizar la dinámica de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal existente en la microcuenca del Río Chibunga en la provincia de Chimborazo, con el fin de cumplir el objetivo principal se realizarán tres objetivos específicos los cuales son: Identificar el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal existente dentro de los años 2001 y 2016 en la microcuenca, cuantificar los cambios de uso de suelo que han ocurrido en la microcuenca y finalmente interpretar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal existentes en la microcuenca por medio del cálculo de los índices de vegetación (NDVI).

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Materiales y Métodos.

La presente tesis es una investigación del tipo aplicada, debido a que, a través de la teoría aprendida en clases se puede generar información sobre el estado de la microcuenca del Río Chibunga, dicha información puede ser aplicada por cualquier entidad ya sea pública o privada en la generación de estrategias en pro de la microcuenca.

Materiales

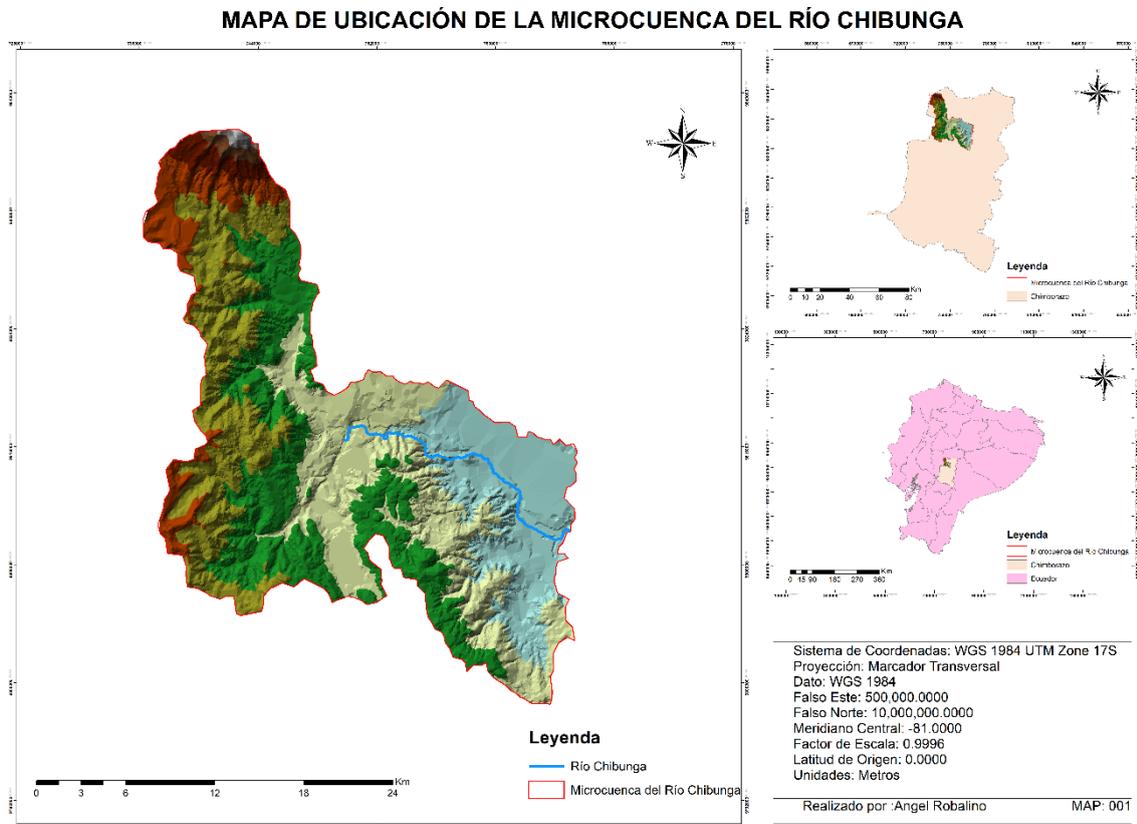
- Software ArcMap 10.5

Determinación del área de estudio

La microcuenca del río Chibunga se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo (Figura 1), esta microcuenca cuenta con un área de 53.000 hectáreas (Haro, 2018), es perteneciente a la subcuenca del río Chambo, a su vez es formada por las vertientes y deshielos del nevado Chimborazo, siendo en la parte alta en donde toma el nombre de río Chimborazo, el cual atraviesa la parroquia San Juan desplazándose hasta los 2900 m.s.n.m. en donde se une al río Sicalpa en el sector de la Unión Cementera Nacional Cemento Chimborazo (UCEM). El Río Chibunga atraviesa toda la ciudad de Riobamba de noroeste a sureste, para finalmente desembocar en el río Chambo (Jaque & Potocí, 2015). Cabe recalcar que este río es de gran importancia para el desarrollo de la ciudad de Riobamba y sus alrededores, debido a que la población utiliza sus recursos para sus actividades de subsistencia, siendo estas la agricultura y la ganadería. Así también es importante mencionar que producto de las diferentes actividades antrópicas existentes, la microcuenca ha visto afectada, provocando así una disminución en cuanto a calidad de fertilidad del terreno se refiere y a su capacidad de retención de agua (Haro, 2018).

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del Río Chibunga, Chimborazo, Ecuador.



Elaborado por: El Autor

Finalmente, durante la visita de campo se obtuvo información sobre la zona en análisis (Morocho, 2018), de igual forma se consultó fuentes secundarias que complementó los datos del área en estudio, así como también se logró adquirir información de partida para el desarrollo de la presente investigación

Adquisición de insumos

Se procedió a la búsqueda y descarga de las imágenes satelitales con las que se desea trabajar, para este caso se determinó usar imágenes satelitales Landsat 7 y 8, dichas imágenes no deberán sobrepasar un porcentaje de cobertura de nubes del 30%, así como tampoco deberán existir errores de bandeamiento (Morocho, 2018). Para realizar estas descargas se ingresó al sitio web USGS Earth Explorer, en donde previo a un registro gratuito se logró descargar las imágenes.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Por otro lado, se definió los lugares dentro del área en estudio, en donde se tomó los puntos de control de las distintas clases de uso de suelo, para la toma de estos puntos se utilizó un Gps, una vez obtenido estos puntos se procederá a realizar la clasificación supervisada de la zona en análisis (Morocho, 2018).

Procesamiento de imágenes satelitales

Mejoramiento de imágenes satelitales

Previo a la clasificación supervisada se debe realizar un mejoramiento de la imagen satelital, el objetivo de este proceso es definir de mejor manera las coberturas de tierra presentes en el área en estudio.

Para el pre procesamiento de las imágenes satelitales, primero se realizó una mejora a la resolución de la imagen o Pansharpening por su nombre en inglés, el cual permite corregir las bandas pancromáticas cuya resolución es de 30m, el resultado de este proceso es una imagen de 15m de mejor resolución, seguido de esto se realizó la corrección atmosférica de radiancia y reflectancia en donde se compenso los efectos de los factores ambientales es decir se eliminó los efectos de aerosoles y dispersión de moléculas, así como también problemas de mal funcionamiento del sensor satelital (HelpGis, 2021).

Seguido de esto se realizó la georeferenciación de las imágenes satelitales Landsat 7 y 8. Posteriormente se utilizó la herramienta *Image Analysis* del software Arcgis 10.5, en este proceso se llevó a cabo la combinación de bandas espectrales de cada imagen, en el caso de la imagen Landsat 7 la composición de bandas será 3-2-1, mientras que para Landsat 8 es de 4-3-2, el resultado de esta composición permite obtener el color natural del área en estudio (Morocho, 2018)

Clasificación Supervisada

Para realizar la clasificación supervisada se debe realizar un reconocimiento previo de la zona en estudio con el fin de definir las coberturas de tierra existentes en el lugar. Este proceso se lo llevo a cabo en pasos anteriores.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

En base a lo anteriormente explicado para realizar la clasificación supervisada, se eligió las clases en las que se clasificaron las imágenes; este procedimiento comienza con la creación de las áreas de entrenamiento y los puntos de control. Cabe recalcar que el número de áreas de entrenamiento variara en base a la homogeneidad de las coberturas.

Siendo para las coberturas homogéneas es decir lagunas, lagos y ciénagas naturales, bosque denso o vegetación de páramo, en donde se requiera un menor número de áreas de entrenamiento, ya que existe una mayor probabilidad de seleccionar muestras puras en la imagen satelital.

Mientras que para el caso de las coberturas con un mayor grado de heterogeneidad en donde se incluye tejido urbano, mosaicos agropecuarios y cultivos, es en donde se presentará una mayor confusión, por lo que el número de áreas de entrenamiento será mayor para lograr una mejor separabilidad de estas durante su clasificación (Chuvieco, 2010).

Para realizar este procedimiento utilizamos la opción “*Training Sample Manager*” del software ArcGis, esta se encuentra dentro de las herramientas “*Image Classification*”, la ventaja de esta herramienta es que permite crear polígonos para la formación de firmas espectrales, seguido de esto se realiza la clasificación supervisada con la herramienta “*Interactive Supervised Classification*”; la cual se encuentra dentro del conjunto de herramientas “*Classification*”. El resultado final de este procedimiento será un Raster de la clasificación supervisada el cual deberá ser transformado a un formato vectorial (Morocho, 2018).

Post-procesamiento

En base los resultados obtenidos, se procede a cortar las imágenes para que se encuentren dentro de los límites del área en estudio, posterior a esto se procede a exportar la imagen obteniéndose así un shapefile de la zona de la microcuenca, este archivo shapefile es compatible con el software ArcGis, el cual nos permitirá realizar las ediciones posteriores (Morocho, 2018).

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Fortalecimiento de resultados

Se procedió a desarrollar mapas temáticos de la zona en estudio y su clasificación de uso de suelo para los años 2001 y 2016 (Morocho, 2018). Para la generación de la leyenda de las coberturas de uso de suelo existentes en la microcuenca, se utilizó la leyenda Nivel 2 de coberturas y uso de tierra establecida por el Ministerio del Ambiente en conjunto con el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAE & MAGAP, 2015), a su vez es importante mencionar que este tipo de leyenda es utilizada por las distintas universidades presentes en la provincia de Chimborazo, al momento de realizar estudios en la microcuenca del Río Chibunga (Iturralde & Fiallos, 2019).

Análisis Multitemporal

Con los mapas temáticos generados anteriormente junto con las áreas y porcentajes calculados resultantes, se procedió a realizar los respectivos análisis y comparaciones para los años 2001 y 2016, el fin de esto es determinar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal existente en la microcuenca del Río Chibunga.

Tasa anual de cambio

Este proceso permite conocer los cambios de uso de suelo a partir de las hectáreas obtenidas en el proceso de clasificación supervisada de la microcuenca del Río Chibunga.

Para esto utilizamos las imágenes obtenidas dentro del proceso de clasificación supervisada en el software ArcGis, abrimos la tabla de atributos para cada imagen y seleccionamos los valores resultantes, estos datos los llevamos a Excel (La Cuarentena, 2021).

Posterior a esto se procede a calcular las hectáreas para cada tipo de cobertura de suelo, para realizar esto se debe aplicar la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Superficie} = (\text{Tamaño del pixel de la imagen clasificada} * \# \text{ de pixeles de cada cobertura}) / 10000$$

Una vez realizado este paso para cada año en estudio se procede a calcular las diferencias de crecimiento. Para obtener las diferencias de crecimiento se realizó una resta entre las

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

superficies de cada tipo de cobertura, una vez obtenido estos valores se calculó la tasa anual de cambio, para esta última se procede a realizar una división entre los datos resultantes de la diferencia de crecimiento sobre el número de años en estudio, para este caso en estudio fueron 15 años (Cruz, 2020).

Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Como último paso del análisis multitemporal se procedió a desarrollar el cálculo NDVI, cabe recalcar que, si bien el NDVI se lo llevara a cabo de manera multitemporal, los índices de vegetación no dejan de ser un proceso de reflectancia espectral, en donde a través diferentes bandas de imágenes satelitales indicaran la presencia de plantas o árboles y el estado en el que se encuentran.

Para este caso en estudio, el NDVI ayudara a diferenciar la vegetación de otros tipos de cubierta terrestre (artificial) y a determinar su estado general. Para realizar este proceso se utilizó la siguiente formula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{Rojo}) / (\text{NIR}+\text{Rojo})$$

Donde NIR es la luz de la banda infrarroja cercana y Rojo es luz de la banda roja visible (EOS, 2020).

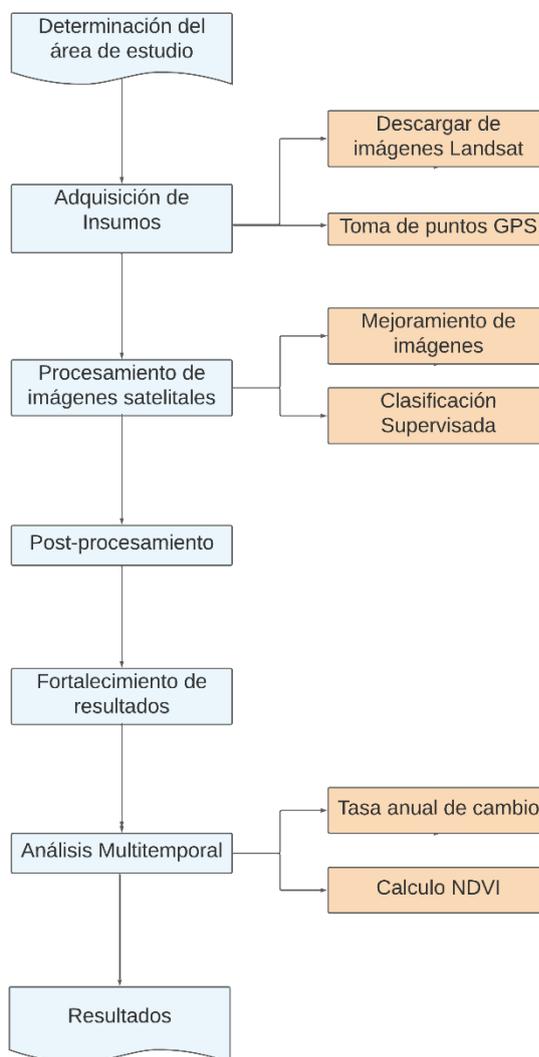
Los valores resultantes del NDVI se encuentran entre -1 a 1 (Morocho, 2018). Los valores negativos están formados principalmente por nubes, agua y nieve, y los valores negativos cercanos a cero están formados principalmente por rocas y suelo descubierto. Mientras que los valores muy pequeños (0,1 o menos) son áreas sin rocas, arena o nieve. Los valores moderados (de 0,2 a 0,3) representan arbustos y praderas, finalmente los valores grandes (de 0,6 a 0,8) indican bosques templados y tropicales (EOS, 2020).

Para realizar este proceso se utilizan las bandas 3 y 4 para la imagen del satélite Landsat 7 (Imagen del año 2001), mientras que para la imagen Landsat 8 (Imagen del año 2016) se utilizan las bandas 4 y 5. Se procede a usar las herramientas de “Arctoolbox”, la opción “Spatial Analyst Tools”, seguido de esto utilizó la opción “Map Algebra” y eligió la herramienta “Raster

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Calculator” (Morocho, 2018).

Figura 2. Diagrama del proceso metodológico.



Elaborado por: El Autor

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

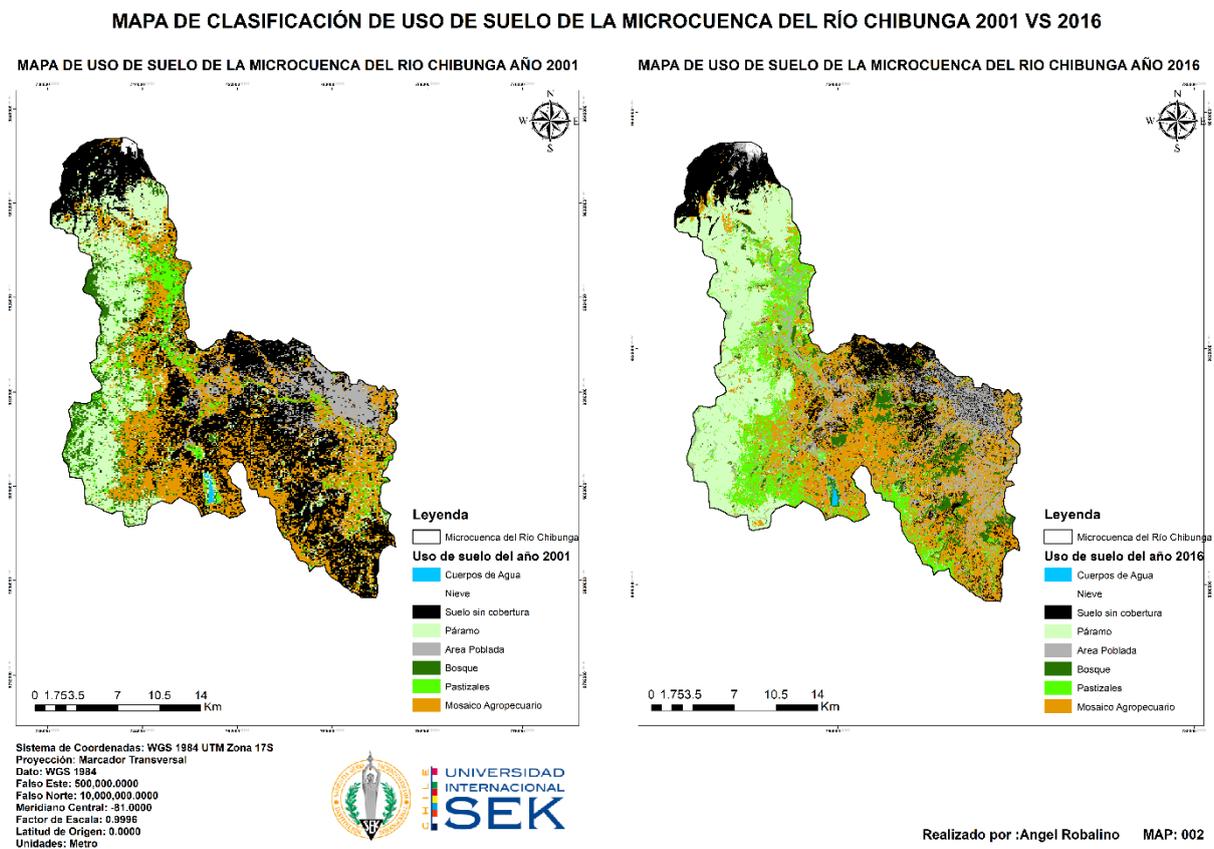
Resultados.

Identificación de cambio de uso de suelo en la microcuenca del Río Chibunga

Clasificación supervisada

Una vez realizado el procesamiento de las imágenes Landsat 7 y 8, junto con la visita a campo para la obtención de puntos de control, se procedió a realizar la clasificación supervisada, en donde se logró identificar las categorías de uso de suelo existente en la microcuenca del Río Chibunga para el año 2001 vs el año 2016 (Figura 3), para esta zona en estudio se identificaron 8 clases de uso de suelo siendo estos: cuerpos de agua, nieve, suelos sin cobertura, páramo, área poblada, bosque, pastizales y mosaicos agropecuarios. Para este proceso se utilizó el software Arcgis 10.5.

Figura 3. Mapa de clasificación de uso de suelo de la microcuenca del Río Chibunga de los años 2001 vs 2016, Chimborazo, Ecuador.



Elaborado por: El Autor

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Una vez realizada la clasificación supervisada se logró identificar que para el año 2001 en la microcuenca del Río Chibunga, la mayor cobertura de uso de suelo es el mosaico agropecuario, esto debido a que la zona de estudio se realizan actividades de cultivo como medio de subsistencia por los ciudadanos del lugar, esta clase uso de suelo es representado en la zona sur y este de la microcuenca, así también se logra identificar que para el año 2001 existía gran cantidad de suelo sin cobertura principalmente en las zonas aledañas a Riobamba, San Luis, Punin, Cacha y Cajabamba. Finalmente, otra clase de uso de suelo a recalcar es el bosque, el cual se encuentra representado en las partes altas de la microcuenca (páramo), específicamente en la zona oeste de la microcuenca del Río Chibunga.

Mientras que para el año 2016 según el proceso de clasificación supervisada se identifica que el mosaico agropecuario se ha incrementado en relación al mapa del año 2001 por lo que continúa siendo la clase de uso de suelo más representativa, de igual forma se logra distinguir que el suelo sin cobertura ha disminuido en relación al año 2001, principalmente en zonas aledañas a San Luis, Punin, Cacha y Cajabamba. Finalmente, comparando este mapa resultante frente al del año 2001 el bosque disminuyó en las zonas altas de páramo, mientras que en la zona este de la microcuenca se incrementó.

Cuantificación de cambio de uso de suelo en la microcuenca del Río Chibunga 2001 vs 2016

Análisis Multitemporal de cambio de uso de suelo

Posterior al proceso de clasificación supervisada se lograron determinar las áreas existentes para cada clase de uso de suelo, obteniéndose así lo siguiente:

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Cuadro 1. Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo de la microcuenca del Río

Chibunga para los años 2001 y 2016.

Clase de uso de suelo	ha (2001)	%	ha (2016)	%	Diferencia de Crecimiento (ha)	Diferencia %	TAC (ha/año)
Cuerpo de Agua	84.96	0.12	63.05	0.16	-21.92	-0.04	-1.46
Nieve	132.37	0.18	96.53	0.25	-35.84	-0.07	-2.39
Suelo sin cobertura	17266.19	14.75	7838.42	32.48	-9427.77	-17.73	-628.52
Páramo	10602.74	24.77	13162.37	19.94	2559.62	4.83	170.64
Área poblada	3536.21	13.32	7075.46	6.65	3539.25	6.67	235.95
Bosque	4297.84	6.87	3648.83	8.08	-649.01	-1.22	-43.27
Pastizales	2832.35	12.27	6520.91	5.33	3688.56	6.95	245.90
Mosaico Agropecuario	14407.92	27.71	14724.16	27.10	316.24	0.61	21.08

Elaborado por: El Autor

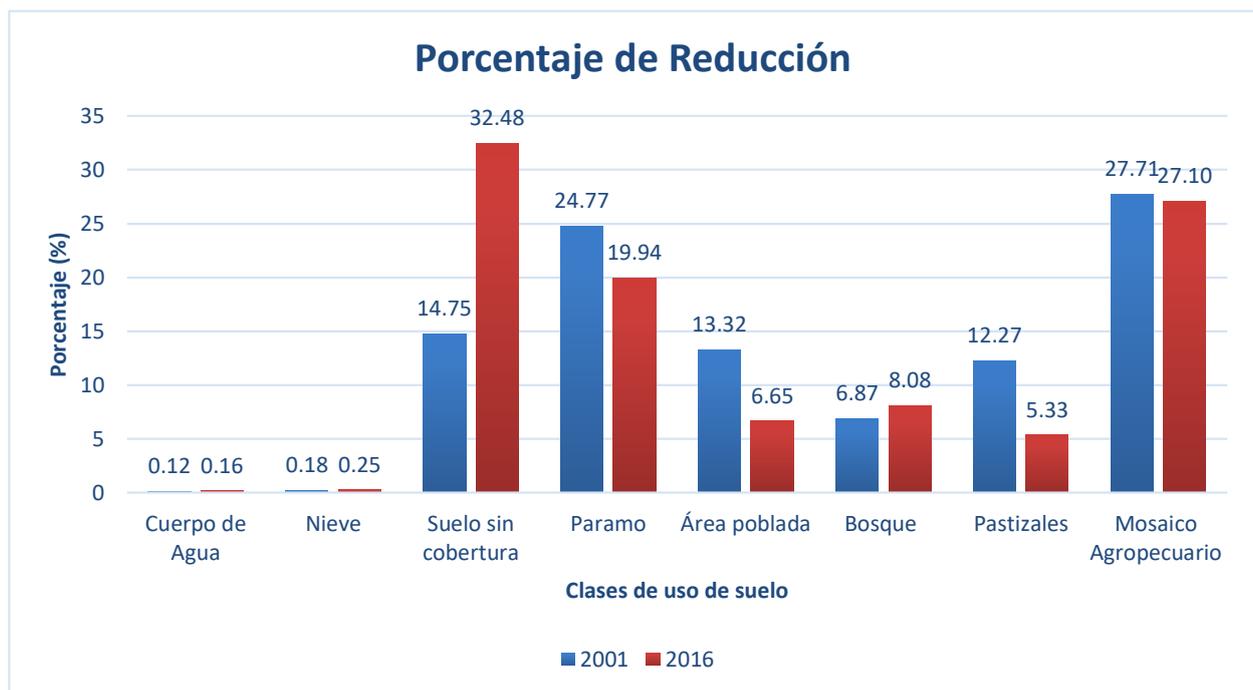
En base a los resultados generados se puede deducir la existencia de cambios entre los años 2001 y 2016 en la microcuenca del Río Chibunga, en el caso de los cuerpos de agua se identifica una reducción de 21.92 ha entre este lapso de tiempo, la nieve cuenta con una disminución 35.84 ha, el suelo sin cobertura obtuvo una disminución de 9427.77 ha, mientras que el páramo obtuvo una ganancia de 2559.62 ha; por otro lado, para el área poblada se definió una ganancia de 3539.25 ha, mientras que para el bosque se obtuvo una pérdida de 649.01, para el caso de los pastizales se incrementó 3688.56 ha y finalmente el mosaico agropecuario obtuvo un crecimiento de 316.2 ha.

De igual forma en base a la tabla 1, podemos identificar la tasa de cambio anual; es decir, el número de hectáreas por cada año, en base a esto se tiene lo siguiente: para el caso de los cuerpos de agua existe una pérdida de 1.46 ha/año, de igual forma en el caso de la nieve existe una pérdida de 2.39 ha/año, así también para el suelo sin cobertura se evidencia una pérdida de 628.52 ha/año, mientras que en el caso del páramo esta tiene un incremento de

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

170.64 ha/año, el área poblada cuenta con una ganancia de 235.95 ha/año, pero en el caso del bosque se obtuvo una pérdida de 43.27 ha/año, caso contrario los pastizales en donde se definió 245.92 ha/año, finalmente el mosaico de agropecuario obtuvo una ganancia de 21.08 ha/año.

Figura 4. Porcentajes de reducción de la microcuenca del Río Chibunga del año 2001 vs 2016, Chimborazo, Ecuador.



Elaborado por: El Autor

En base a la figura resultante se puede definir que el porcentaje de reducción existente en la microcuenca del Río Chibunga para los años en estudio es el siguiente: en el caso del cuerpo de los cuerpos existe una reducción de 0.04%, para la nieve existe una reducción del 0.07%, de igual forma para el suelo sin cobertura se evidencia una pérdida de 17.73%, mientras que para el páramo se registra una ganancia de 4.83 es decir alrededor de 2559.62 ha, de igual forma las áreas pobladas evidencian un crecimiento del 6.67% con un valor de 3539.25 ha, mientras que en el caso de los bosques, existe una pérdida de 1.22%, para los pastizales se muestra un crecimiento del 6.95%, finalmente para el mosaico agropecuario se registra una ganancia del 0.61%.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

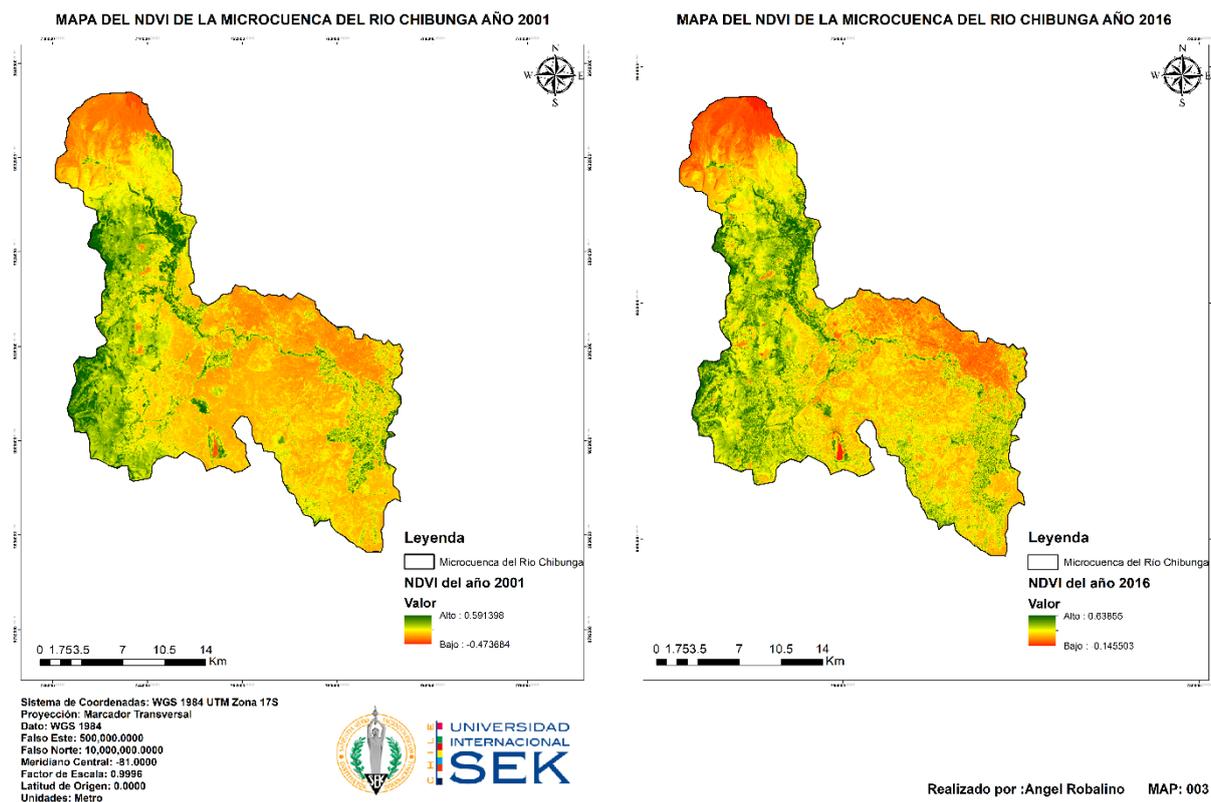
Análisis de variación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la microcuenca del Río Chibunga

NDVI del año 2001 vs el año 2016

Para determinar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), para realizar este proceso se utilizó una Imagen Landsat 7 con fecha 13 de noviembre del año 2001, principalmente haciendo uso de las bandas 4 y 3, mientras que para el caso de la Imagen Landsat 8 con fecha 20 de noviembre del año 2016 se utilizó las bandas 5 y 4, obteniéndose así lo siguiente:

Figura 5. Mapa de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de la microcuenca del Río Chibunga del año 2001 vs 2016, Chimborazo, Ecuador.

MAPA DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA 2001 VS 2016



Elaborado por: El Autor

El valor NDVI obtenido en la microcuenca del Río Chibunga para el año 2001 se encuentra entre 0.591 a -0.473, ahora bien, en base a estos resultados, los valores negativos indican que en el área de estudio existen suelos descubiertos o vegetación muerta

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

principalmente en las zonas urbanas, así como también cuerpos de agua o nieve; mientras los valores positivos, indican la presencia de áreas compuestas de arbustos y praderas; es decir, áreas con vegetación, pero según se evidencia en el mapa es en la zona oeste y suroeste de la microcuenca donde se observa mayor cantidad de vegetación bien desarrollada, densa y húmeda.

En el caso del año 2016 el valor NDVI obtenido para la microcuenca del Río Chibunga se encuentra entre 0.638 a -0.145, en base a los resultados obtenidos para este caso los valores negativos son menores en relación a los datos del año 2001, pero de igual forma indican la presencia de suelos descubiertos o con vegetación muerta en las zonas urbanas, cuerpos de agua y nieve; mientras que los valores positivos son un poco más altos a comparación del año 2001, sobretodo en la zona oeste de la microcuenca, estos datos indicarían una mayor cantidad de vegetación bien desarrollada, densa y húmeda, es decir más plantaciones forestales.

Causas de cambio de uso de suelo en la microcuenca del Río Chibunga

En base a los resultados obtenidos se logró determinar que han existido tanto pérdidas y ganancias para cada tipo de uso de suelo (cuerpos de agua, nieve, suelos sin cobertura, páramo, área poblada, bosque, pastizales y mosaicos agropecuarios). Ahora bien, con el fin de complementar dichos resultados se determinó que las causas de estos cambios de uso son los siguientes:

En el caso de los cuerpos de agua el cual se refleja principalmente en la Laguna de Colta se ha logrado identificar que el motivo de la reducción de su área fue la construcción del Malecón Escénico de la Laguna de Colta, el cual se construyó en el año 2007 pero fue solo hasta al año 2013 en donde se dio su inauguración por motivos de mejoras en su infraestructura (El Comercio, 2019b), producto de esto se generaron impactos ambientales negativos, principalmente en las fases de construcción de infraestructura y servicios, replanteo y nivelación del terreno, así como también la implementación de áreas de recreación, esparcimiento e interpretación. Lo cual ha provocado alteraciones en la morfología de la laguna, afectaciones a

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

especies de flora y fauna y de igual forma a la estructura del suelo (Torres, 2016).

Ahora bien, en el caso de la nieve la cual se evidencia en la zona del nevado Chimborazo se ha logrado identificar que la principal causa de su disminución de cobertura es producto de la variabilidad climática, cabe recalcar que, según estudios realizados previamente, las pérdidas de nieve en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo se lograron evidenciar a partir del año 2000 debido a la influencia de la radiación solar (Paula et al., 2018).

Para el caso de los suelos sin cobertura se logra evidenciar que los mismos han sido ocupados tanto por la expansión urbanística cuyo crecimiento se ha desarrollado de forma descontrolada (Cadena, 2013), así como también por las diferentes actividades agrícolas propias de la zona, siendo este último el caso de Cacha y poblaciones aledañas, en donde se han empleado este tipo de suelos para la producción de quinua, cebada, maíz, papa, mora y frutilla. Cabe recalcar que producto de esta sobreexplotación del recurso suelo, hoy en día se están aplicando programas de recuperación bosques nativos a fin de recuperar las vertientes de agua y el suelo (Quishpi et al., 2015).

Mientras que en el caso del Páramo y en base a los resultados obtenidos se evidencia un crecimiento del mismo, esto producto las diferentes actividades de conservación que se aplican principalmente en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, siendo estas llevadas a cabo por los propietarios de los páramos protegidos de la reserva, los cuales participan activamente en proyectos de reforestación con plantas nativas y capacitaciones de concienciación ambiental y combate contra incendios. Es importante mencionar que como resultados de estas capacitaciones se ha logrado recuperar este ecosistema el cual fue afectado por incendios en años anteriores (El Comercio, 2017).

Para el área poblada se identificó un crecimiento a lo largo de estos 15 años de estudio, esto se evidencia principalmente en el cantón Riobamba en donde el mayor problema en el ámbito del ordenamiento territorial es estructural y por el irrespeto de la normativa establecida, las cuales nadie rige ni controla, estos problemas se resumen en temas de viabilidad y transporte,

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

concentración de los servicios en el área urbana y la total desconexión entre el área urbana y rural (Cadena, 2013). Un claro ejemplo de esto es que según el plan urbano del año 1997 se especifica un área urbana de 2.812 hectáreas, pero debido al crecimiento acelerado y la falta de un control en cuanto a ordenamiento territorial para el año 2017, el área solo del sector urbano bordea las 6.000 hectáreas (Mora, 2017).

Los bosques existentes en la microcuenca del Río Chibunga demuestran un decrecimiento en el tiempo establecido dentro de este estudio, unas de las causas principales son los incendios forestales existentes en la provincia, principalmente en las áreas protegidas aledañas a la Reserva Faunística Chimborazo, según los datos registrados hasta el año 2014 en Chimborazo los incendios forestales han afectado alrededor de 600 hectáreas de bosque y pajonal (MAATE, 2014). Otra de las causas que han afectado directamente a los bosques de la zona es la deforestación, actualmente la provincia de Chimborazo tiene menos del 10% de su área con bosques (González, 2020).

Para el caso de los pastizales y en base a los datos obtenidos en la presente tesis de investigación, se logró determinar que el mismo se ha expandido de gran manera, evidenciándose esto principalmente en las zonas altas del páramo de Chimborazo, las causas principales que han contribuido al crecimiento de los pastizales, son las actividades de desarrollo de cultivos y pastoreo de vacas, las cuales son llevadas a cabo por la población indígena y mestiza aledaña a estas zonas, generalmente producto del “desconocimiento” de buenas prácticas agropecuarias, lo cual ha conllevado al crecimiento de la frontera agrícola. Cabe recalcar que estas actividades al realizarse en zonas aledañas al páramo han provocado la disminución del caudal de agua utilizada por los propios pobladores del área en estudio (El Universo, 2019).

Finalmente, en cuanto al mosaico agropecuario, como se puede evidenciar en los resultados obtenidos este se ha desarrollado en relación al año 2001, ahora bien, al igual que en el caso de los pastizales las malas prácticas agrícolas han conllevado a su desarrollo sobre todo

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

en las comunidades del cantón Colta, principalmente en los terrenos de Alabado Chico.

Actualmente los propios habitantes del sector son conscientes de que estas malas prácticas agrícolas han provocado daños en el suelo y una mala producción, en relación a 50 años atrás en donde se podía observar grandes campos de sembríos mientras que en la parte alta se desarrollaban plantas silvestres (El Comercio, 2019).

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Discusión.

En base a la presente tesis de investigación se ha logrado determinar que han existido cambios significativos de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del Río Chibunga, específicamente se evidencian pérdidas en las áreas de los cuerpos de agua, nieve, suelos sin cobertura y bosques; mientras que los páramos, áreas pobladas, pastizales y mosaicos agropecuarios han incrementado sus áreas de cobertura. Ahora bien todos estas afectaciones son producto de las diferentes actividades antropogénicas propias de la zona en estudio (Ríos et al., 2011), lo cual si bien ayuda en el desarrollo económico de sus habitantes también propicia el deterioro del ecosistema propio de la microcuenca.

El análisis espacio temporal de la zona de estudio a través de las imágenes satelitales Landsat 7 y 8 demostró estas afectaciones en la microcuenca del Río Chibunga, evidenciándose los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal propia del lugar en los años 2001 y 2016. Estos resultados son congruentes estudios realizados en la zona, siendo el primero llevado a cabo en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo, en donde se logró identificar que en dicha área el grado de intervención se ha vuelto continuo al partir del año 1962 producto del incremento de plantaciones agrícolas, actividades ganaderas, repoblaciones forestales con especies exóticas y crecimiento de las comunidades indígenas (Paula et al., 2018). Mientras que estudios realizados por la UNACH en el año 2019 indican que en la zona aun predominan los pastos y cultivos principalmente en los sectores de Cajabamba, San Luis y San Juan (Iturralde & Fiallos, 2019).

La metodología aplicada en la presente tesis de investigación permitió una obtener los resultados deseados de cambios de uso de uso de suelo y cobertura vegetal existente en la zona en estudio, dicha metodología es aplicada continuamente para determinar cambios de cobertura de suelos, ahora bien, en el país el MAATE y el MAGAP ha generado un protocolo metodológico para la elaboración de mapas de cobertura y uso de la tierra en el Ecuador, pero

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

a diferencia de este estudio, dichas entidades solo utilizan imágenes Landsat 8 y RapidEye a fin de generar mapas de actualidad (MAE & MAGAP, 2015). Sin embargo esta metodología aún puede ser aplicada para cualquier estudio multitemporal y en caso de realizar un análisis un lapso tiempo más amplio se puede utilizar imágenes Landsat 5 o 7. Ambas imágenes satelitales son bastante utilizadas en diferentes lugares del mundo, siendo un ejemplo de esto Honduras en donde se utiliza imágenes Landsat 5 a fin de generar estudios de uso de suelo en los diferentes municipios de la zona (Cárcamo & Rejas, 2015). Así también en el año 2018 la UNACH aplicó esta metodología a fin de determinar la influencia de los sistemas de riego presurizado en el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en la población de Palmira (Morocho, 2018).

Finalmente, en base a los resultados obtenidos en el análisis espacio temporal junto con las diferentes visitas al área en estudio, se logró aportar con información certera sobre los cambios de uso de suelo presentes en la microcuenca del Río Chibunga y como estos son producto de la intervención humana, sin embargo, se contó con dos limitaciones, la primera fue al momento de conseguir las imágenes satelitales Landsat de la zona, ya que muchas de ellas se encuentran afectadas por factores climatológicos lo cual impedía obtener imágenes limpias y nítidas del área en análisis, por lo que se recomendaría buscar imágenes de otros satélites y a una mayor resolución; de igual forma otra limitante al momento de realizar este estudio fue la obtención de información histórica del área en estudio, esto con el fin de definir las causas o acciones históricas que contribuyeron a los cambios de cobertura en la microcuenca.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Conclusiones.

Se utilizaron dos imágenes satelitales obtenidas por el USGS Earth Explorer, siendo la primera una Landsat 7 para el año 2001 y la segunda una Landsat 8 perteneciente al año 2016, ambas imágenes se encontraban libres de factores ambientales al momento de ser obtenidas, por lo que en base a esto y a la par de las diversas visitas de campo se logró identificar todas las coberturas de tierra existentes en el área la microcuenca junto con las diferentes ganancias y pérdidas de las mismas, producto de la intervención humana en esta zona.

En base al análisis de ganancias y pérdidas de uso de suelo existente entre el año 2001 al 2016, se identificó que las mayores pérdidas fueron en los suelos sin cobertura con un 17.73%, seguido de los bosques con una pérdida de 1.22%, en el caso de la nieve se perdió alrededor del 0.07%, mientras que para los cuerpos de agua se evidencia una pérdida del 0.04%.

Los datos de ganancias y pérdidas de uso de suelo obtenidos en la presente tesis fueron complementados con información histórica de la zona en estudio, indicando que las principales causas que provocan estos cambios fueron producto de la intervención humana, siendo las actividades de construcción e implementación de infraestructura, crecimiento urbano, malas prácticas agrícolas y ganaderas, junto al calentamiento global las responsables de provocar estos cambios en el suelo de la microcuenca.

Finalmente, a través del cálculo NDVI se pudo complementar los datos obtenidos a través del proceso de clasificación supervisada, en donde se indicaban las afectaciones que han ocurrido en la microcuenca a través de los 15 años en estudio. Ahora bien, para el caso del NDVI del año 2001 los valores obtenidos fueron 0.591 a -0.473, los valores negativos indicaban la presencia de suelos descubiertos, mientras que los valores positivos mostraban mayor cantidad de vegetación bien desarrollada, densa y húmeda, principalmente en la zona oeste y suroeste de la microcuenca. Mientras que para el caso del NDVI del año 2016 los valores resultantes oscilan entre 0.638 a -0.145, siendo los valores negativos los que indican nuevamente suelos sin cobertura, pero a diferencia del año 2001, los valores positivos son

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

mayores, lo cual demuestra que, en el área de la microcuenca, se evidencia una mayor cantidad de vegetación bien desarrollada, es decir una mayor cantidad de especies vegetales y forestales.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Bibliografía.

Cadena, N. (2013). *La Renovación de Riobamba*.

Cárcamo, A., & Rejas, J. (2015). *Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paráiso, en los años 1987 - 2011*.

Chitalogro, V., & Llamatumbi, E. (2021). APLICACIÓN DEL MODELO USLE PARA ESTIMAR CUANTITATIVAMENTE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA. *Universidad Nacional de Chimborazo*.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona: Ariel Ciencia .

Cruz, A. (2020, August 31). *Tasa de uso de suelo ArcGIS Pérdida vs ganancia - YouTube*.
https://www.youtube.com/watch?v=hPcf25411yk&list=PLRJORM_0fJOS5Wbs5MX YkDeU5AoPj5HZl&index=26

El Comercio. (2017). *Ecuador: nueva área protegida conservará los páramos de Chimborazo*. <https://es.mongabay.com/2020/08/nueva-area-protegida-ecuador-ichubamba-yasepan/>

El Comercio. (2019a). *Chimborazo: Comunidad Recupera sus suelos - El Comercio*.
<https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/chimborazo-comunidad-recupera-suelos-terrenos.html>

El Comercio. (2019b). *La cosmovisión inspiró el diseño de este malecón*.
<https://www.elcomercio.com/construir/cosmovision-intercultural-construccion-diseno-andino.html>

El Universo. (2019). *Actividad humana provoca retroceso glacial del Chimborazo en*

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Ecuador / *Ecología* / *La Revista* / *El Universo*.

<https://www.eluniverso.com/noticias/2019/03/21/nota/7244309/actividad-humana-genera-retroceso-glacial-paramos-andinos/>

EOS. (2020a). *NDVI: Preguntas Frecuentes Y Que Necesita Saber*.

<https://eos.com/es/blog/ndvi-preguntas-frecuentes/>

EOS. (2020b). *NDVI (Índice Diferencial Normalizado De Vegetación) Y Clorofila*.

<https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>

González, J. (2020). *El angustioso saldo de la deforestación en el país | Gestión*.

<https://www.revistagestion.ec/sociedad-analisis/el-angustioso-saldo-de-la-deforestacion-en-el-pais>

Haro, M. (2018). Estudio hidráulico del río Chibunga para la determinación de la conductancia entre río-acuífero y zonas de inundación. In *Universidad Nacional de Chimborazo*. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

HelpGis. (2021). *¿Cómo realizar corrección atmosférica de Imágenes Landsat en ArcGIS / Radiancia / Reflectancia? - YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=-fJm6t5xJFc&list=PLRJORM_0fJ0S5Wbs5MXYkDeU5AoPj5HZl&index=13&t=266s

Iturralde, S., & Fiallos, M. (2019). Determinación de la Capacidad de Campo de las Microcuencas de los Ríos Chibunga y Guano. In *Ejercicios de Core en la incontinencia urinaria del adulto mayor*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

Jaque, E., & Potocí, C. (2015). Evaluación del índice de calidad de agua (ICA) de la microcuenca del río Chibunga, en variaciones estacionales, provincia de Chimborazo – Ecuador, durante el periodo 2014. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 1*, 167.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

[http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4077%0Ahttp://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4077/1/236T0132 UDCTFC1.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4077%0Ahttp://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4077/1/236T0132%20UDCTFC1.pdf)

La Cuarentena. (2021, January 16). *Recorte de una imagen ya clasificada en base a un shapefile y calculo de superficie - YouTube*.
[https://www.youtube.com/watch?v=JkdtSIN3gfw&list=PLRJORM_0fJ0S5Wbs5MX YkDeU5AoPj5HZl&index=25&t=619s](https://www.youtube.com/watch?v=JkdtSIN3gfw&list=PLRJORM_0fJ0S5Wbs5MX%20YkDeU5AoPj5HZl&index=25&t=619s)

MAATE. (2014). *SGR realiza plantación en zona afectada por incendio forestal – Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias*.
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-realiza-plantacion-en-zona-afectada-por-incendio-forestal/>

MAE, & MAGAP. (2015). Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013 -2014, Escala 1: 100 000. *Ministerio Del Ambiente Del Ecuador y Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, 1–49. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal SNI 2014/USO DE LA TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf)

Mora, G. (2017). Análisis Del Crecimiento Urbano No Planificado Y Su Incidencia En Los Problemas De Vialidad Y Tránsito De La Ciudad De Riobamba, Provincia De Chimborazo. *Universidad Nacional de Chimborazo*, 112.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

Morocho, R. (2018). Análisis espacio - temporal de la dinámica de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en respuesta al sistema de riego presurizado Atapo-Palmira (2010-2017). *Universidad Nacional de Chimborazo*, 15(40), 6–13.
[http://awsassets.wfnz.panda.org/downloads/earth_summit_2012_v3.pdf%0Ahttp://hdl.handle.net/10239/131%0Ahttps://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion para el aprendizaje Perspectiva alumnos.pdf%0Ahttps://ww](http://awsassets.wfnz.panda.org/downloads/earth_summit_2012_v3.pdf%0Ahttp://hdl.handle.net/10239/131%0Ahttps://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones%20jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion%20para%20el%20aprendizaje%20Perspectiva%20alumnos.pdf%0Ahttps://ww)

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Paula, P. A., Zambrano, L., Paula, P., 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>

Quishpi, L., Quishpi, F., Salas, F., Cruz, A., Escudero, A., Parreno, C., Bonilla, M., Janeta,

D., Mullo, D., & Paul, D. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento*

Territorial de la Parroquia Cacha. 305. [http://app.sni.gob.ec/sni-](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001_PDOT)

[link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001_PDOT](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001_PDOT)

[_Parroquial_Guayllabamba_2015_Final_15-05-2015_11-06-19.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001_PDOT_Parroquial_Guayllabamba_2015_Final_15-05-2015_11-06-19.pdf)

Rebollo, E. (2012). Estudio multitemporal para la determinación de cambios en el uso del

suelo en el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha para el periodo 1992-2012.

Universidad Militar Nueva Granada, 53(9), 1689–1699.

Ríos, A., Mejía, A., & Mendoza, B. (2011). (PDF) *DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA*

LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA.

[https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPUES](https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPUESTA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUENCA_DEL_RIO_CHIBUNGA)

[TA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUENCA_DEL_RIO_CHIBU](https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPUESTA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUENCA_DEL_RIO_CHIBUNGA)

[NGA](https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPUESTA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUENCA_DEL_RIO_CHIBUNGA)

Torres, J. (2016). *Evaluación e impacto ambiental y plan de manejo ambiental del proyecto:*

“Malecón escénico Laguna de Colta” cantón Colta, provincia de Chimborazo. 1–265.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4818>

Velóz, N. (2018). Estudio de los factores condicionantes de contaminación que afectan la

calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga – Chimborazo. *Universidad*

Nacional Mayor de San Marcos, 1, 307.

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/8792>

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE
SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA
EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

ANEXO 1. Puntos de control de las diferentes coberturas y usos de suelo presentes en la Microcuenca del Río Chibunga

ID	X	Y	DESCRIPCION
1	737420	9834409	Sin Cobertura
2	737639	9834770	Sin Cobertura
3	737529	9835042	Sin Cobertura
4	737521	9835059	Sin Cobertura
5	737516	9835059	Sin Cobertura
6	737114	9833271	Sin Cobertura
7	737247	9833194	Sin Cobertura
8	737405	9833152	Sin Cobertura
9	737574	9833096	Sin Cobertura
10	737632	9833047	Sin Cobertura
11	745884	9810536	Sin Cobertura
12	745826	9810511	Sin Cobertura
13	745783	9810497	Sin Cobertura
14	746313	9813667	Sin Cobertura
15	746347	9813558	Sin Cobertura
16	746343	9813495	Sin Cobertura
17	746780	9813574	Sin Cobertura
18	746826	9813487	Sin Cobertura
19	748459	9813598	Sin Cobertura
20	748336	9813483	Sin Cobertura
21	748223	9813432	Sin Cobertura
22	748299	9813016	Sin Cobertura
23	748281	9812951	Sin Cobertura
24	749486	9813390	Sin Cobertura
25	749428	9813501	Sin Cobertura
26	749386	9813438	Sin Cobertura
27	749355	9813476	Sin Cobertura
28	748344	9808060	Sin Cobertura
29	749315	9813012	Sin Cobertura

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

30	749766	9813080	Sin Cobertura
31	749860	9813001	Sin Cobertura
32	749686	9812961	Sin Cobertura
33	750283	9811021	Sin Cobertura
34	750772	9810557	Sin Cobertura
35	750718	9810536	Sin Cobertura
36	751282	9810919	Sin Cobertura
37	751306	9811063	Sin Cobertura
38	751391	9811009	Sin Cobertura
39	752277	9810561	Sin Cobertura
40	752327	9810346	Sin Cobertura
41	752891	9809543	Sin Cobertura
42	755365	9809958	Sin Cobertura
43	755253	9810013	Sin Cobertura
44	756317	9810023	Sin Cobertura
45	757275	9810787	Sin Cobertura
46	757343	9809939	Sin Cobertura
47	759776	9812454	Sin Cobertura
48	759715	9812505	Sin Cobertura
49	748374	9814479	Sin Cobertura
50	748393	9814434	Sin Cobertura
51	739927	9831649	Páramo
52	739930	9831649	Páramo
53	739937	9831679	Páramo
54	740363	9831487	Páramo
55	740625	9831171	Páramo
56	739948	9831774	Páramo
57	752450	9810609	Páramo
58	752059	9810557	Páramo
59	748745	9807944	Páramo
60	745585	9807980	Páramo
61	744811	9807654	Páramo
62	745028	9808230	Páramo

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

63	744962	9809475	Páramo
64	743270	9807604	Páramo
65	742795	9807563	Páramo
66	742036	9807313	Páramo
67	742168	9808397	Páramo
68	742715	9809486	Páramo
69	741631	9807339	Páramo
70	741356	9807200	Páramo
71	740658	9830592	Páramo
72	740697	9830137	Páramo
73	740803	9829935	Páramo
74	751783	9807347	Páramo
75	752335	9807444	Páramo
76	750285	9808598	Bosque Nativo
77	750276	9808615	Bosque Nativo
78	742009	9830448	Bosque Nativo
79	742431	9830138	Bosque Nativo
80	742465	9829911	Bosque Nativo
81	745454	9809366	Bosque Nativo
82	745025	9808887	Bosque Nativo
83	743802	9807538	Bosque Nativo
84	743826	9808700	Bosque Nativo
85	743632	9808288	Bosque Nativo
86	744299	9808009	Bosque Nativo
87	745902	9808432	Bosque Nativo
88	750275	9808716	Bosque Nativo
89	755153	9808096	Bosque Nativo
90	755053	9807941	Bosque Nativo
91	754837	9808408	Bosque Nativo
92	753723	9817002	Bosque Nativo
93	752884	9817045	Bosque Nativo
94	748268	9809977	Bosque Nativo
95	748501	9809788	Bosque Nativo

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

96	747328	9811177	Bosque Nativo
97	747323	9811150	Bosque Nativo
98	750122	9811242	Bosque Nativo
99	749920	9811110	Bosque Nativo
100	749987	9811725	Bosque Nativo
101	749694	9811848	Bosque Nativo
102	749863	9812471	Bosque Nativo
103	749874	9812257	Bosque Nativo
104	750411	9812328	Bosque Nativo
105	750486	9812494	Bosque Nativo
106	750375	9812640	Bosque Nativo
107	750949	9813158	Bosque Nativo
108	750918	9812900	Bosque Nativo
109	750741	9813518	Bosque Nativo
110	751908	9814025	Bosque Nativo
111	751800	9814045	Bosque Nativo
112	752058	9813344	Bosque Nativo
113	753396	9813960	Bosque Nativo
114	753766	9814071	Bosque Nativo
115	760055	9811975	Bosque Nativo
116	759939	9811938	Bosque Nativo
117	759959	9810781	Bosque Nativo
118	760140	9810738	Bosque Nativo
119	760453	9809937	Bosque Nativo
120	760618	9809963	Bosque Nativo
121	746560	9824632	Pastizales
122	746531	9824662	Pastizales
123	746553	9824664	Pastizales
124	746551	9824650	Pastizales
125	746382	9824746	Pastizales
126	745457	9825492	Pastizales
127	746751	9824262	Pastizales
128	746043	9821592	Pastizales

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

129	762236	9810516	Pastizales
130	762910	9810547	Pastizales
131	761913	9809988	Pastizales
132	760615	9809698	Pastizales
133	754352	9808522	Pastizales
134	754256	9807413	Pastizales
135	753097	9807868	Pastizales
136	748418	9810445	Pastizales
137	748342	9810562	Pastizales
138	748143	9810926	Pastizales
139	747877	9811243	Pastizales
140	749800	9808875	Pastizales
141	750049	9808274	Pastizales
142	746817	9807761	Pastizales
143	746741	9808672	Pastizales
144	746149	9808971	Pastizales
145	746177	9808892	Pastizales
146	745892	9807984	Pastizales
147	746421	9807381	Pastizales
148	745783	9807372	Pastizales
149	745433	9809630	Pastizales
150	744831	9808957	Pastizales
151	744307	9808712	Pastizales
152	744044	9808400	Pastizales
153	744008	9808938	Pastizales
154	749157	9807845	Pastizales
155	748221	9811379	Pastizales
156	749105	9808996	Cuerpos de Agua
157	749129	9808975	Cuerpos de Agua
158	749163	9808982	Cuerpos de Agua
159	749435	9809141	Cuerpos de Agua
160	749241	9809020	Cuerpos de Agua
161	742516	9836220	Nieve

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

162	742917	9836239	Nieve
163	743473	9836287	Nieve
164	742957	9836490	Nieve
165	742621	9836469	Nieve
166	749470	9809325	Mosaico Agropecuario
167	749469	9809480	Mosaico Agropecuario
168	749772	9809601	Mosaico Agropecuario
169	750764	9807625	Mosaico Agropecuario
170	750694	9807559	Mosaico Agropecuario
171	750184	9808628	Mosaico Agropecuario
172	751005	9807719	Mosaico Agropecuario
173	748970	9808974	Mosaico Agropecuario
174	748656	9808652	Mosaico Agropecuario
175	748634	9808462	Mosaico Agropecuario
176	747802	9807119	Mosaico Agropecuario
177	747796	9808474	Mosaico Agropecuario
178	747693	9809370	Mosaico Agropecuario
179	747321	9809698	Mosaico Agropecuario
180	746259	9809987	Mosaico Agropecuario
181	745873	9809856	Mosaico Agropecuario
182	744814	9809841	Mosaico Agropecuario
183	743391	9808332	Mosaico Agropecuario
184	743194	9809057	Mosaico Agropecuario
185	743006	9810070	Mosaico Agropecuario
186	761899	9810054	Mosaico Agropecuario
187	761834	9809689	Mosaico Agropecuario
188	761754	9809536	Mosaico Agropecuario
189	762394	9810471	Mosaico Agropecuario
190	761702	9809358	Mosaico Agropecuario
191	761375	9809319	Mosaico Agropecuario
192	761050	9809370	Mosaico Agropecuario
193	761103	9810031	Mosaico Agropecuario
194	761619	9808279	Mosaico Agropecuario

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

195	763125	9811811	Mosaico Agropecuario
196	748224	9812204	Área Poblada
197	748300	9812348	Área Poblada
198	747793	9811846	Área Poblada
199	747725	9811754	Área Poblada
200	747488	9811614	Área Poblada
201	755268	9810409	Área Poblada
202	755126	9810019	Área Poblada
203	755491	9810752	Área Poblada
204	756648	9809193	Área Poblada
205	756500	9808718	Área Poblada
206	755935	9811309	Área Poblada
207	755747	9811307	Área Poblada
208	749083	9807889	Área Poblada
209	748995	9807593	Área Poblada
210	751391	9817683	Área Poblada
211	751113	9817894	Área Poblada
212	751078	9818136	Área Poblada
213	750880	9817972	Área Poblada
214	750953	9817746	Área Poblada
215	746693	9819277	Área Poblada
216	746551	9819511	Área Poblada
217	746400	9819610	Área Poblada
218	758574	9813155	Área Poblada
219	758503	9813112	Área Poblada
220	761639	9814964	Área Poblada
221	761407	9815062	Área Poblada
222	760971	9815341	Área Poblada
223	760836	9815469	Área Poblada
224	760495	9815725	Área Poblada
225	759869	9816767	Área Poblada
226	763826	9812625	Área Poblada
227	762173	9813518	Área Poblada

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

228	762137	9812919	Área Poblada
229	761844	9811023	Área Poblada
230	762100	9810836	Área Poblada

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

ANEXO 2. Identificación de las diferentes coberturas y usos de suelo presentes en la microcuenca del Río Chibunga

Fotografía 1. Tipo de suelo sin cobertura



Fotografía 2. Tipo de suelo Páramo



ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Fotografía 3. Tipo de suelo Bosque Nativo



Fotografía 4. Tipo de suelo Pastizales



Fotografía 5. Tipo de suelo Cuerpos de Agua



ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA DINÁMICA DE CAMBIO DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Fotografía 6. Tipo de suelo Mosaico Agropecuario



Fotografía 7. Tipo de suelo Área Poblada

