



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

CORRELACIÓN ENTRE LAS DINÁMICAS DE FRAGMENTACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES Y FRAGMENTACIÓN PREDIAL EN LA CUENCA DEL RÍO CUBILLOS

Correlation Between the Dynamics of Fragmentation of Vegetable Coverage and Farm
Fragmentation on the Cubillos River Basin.

Elkin Fernando Sánchez García

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA FORESTAL
Bogotá, D.C., Colombia
2019**



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

CORRELACIÓN ENTRE LAS DINÁMICAS DE FRAGMENTACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES Y FRAGMENTACIÓN PREDIAL EN LA CUENCA DEL RÍO CUBILLOS

Elkin Fernando Sanchez Garcia
C.C. 1.030.641.643
Cód.: 20132010231
efsanchezg@correo.udistrital.edu.co

**Trabajo de grado en modalidad de investigación-innovación como requisito para
optar por el título de INGENIERO FORESTAL**

Director
Luis Fernando Ortiz Quintero
lfortizq@udistrital.edu.co

Evaluador
Rodolfo Franco
rfranco@udistrital.edu.co

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA FORESTAL
Bogotá, D.C., Colombia
2019

Agradecimientos

Principalmente a DIOS por darme la vida, guiarme en el camino y darme la oportunidad de estudiar mi amada carrera.

A mi familia y en especial a mi amada madre por ser quien soy hoy en día y brindarme el apoyo día a día en este largo camino, estando en los días amargos y gloriosos de esta etapa.

A mis amigos por ayudarme y enseñarme a trabajar en equipo, y demostrar el verdadero significado de la amistad.

Finalmente, a la gloriosa Universidad Distrital Francisco José de Caldas y a toda la comunidad de la carrera de Ingeniería Forestal, por brindarme esta oportunidad tan valiosa de instruirme, viajar, conocer nuevos amigos, sino por brindar una mejor calidad de vida a todos los estudiantes que tienen la oportunidad de estar aquí.

Resumen

Las coberturas vegetales asociadas a las cuencas de alta montaña, son las más afectadas por la transformación en Colombia, afligiendo con ella la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos ofrecen; a esta problemática también se le es relacionada con la constante fragmentación predial, puesto que al encontrarse tamaños prediales menores los usos del suelo hacia sistemas productivos se intensifican. Por esto es fundamental comprender las dinámicas de cambio, para poder generar una planificación sobre el territorio y acciones encaminadas a la conservación y manejo de los recursos naturales. El presente trabajo, analiza la dinámica de cambio de cobertura vegetal y predial y pretende identificar la correlación que existe entre esas dos dinámicas en la Cuenca del Río Cubillos (Cundinamarca), mediante un análisis multitemporal durante el periodo del año 2006 al 2018. Se encontró que se mantuvo el 83,19% de las coberturas, donde los mayores cambios fueron generados por parte del paso de Bosque a Cultivos (387,33 hectáreas) y de Pajonal a Cultivos (321,842 hectáreas), donde el ecosistema que más se ve afectado por la homogenización de áreas con sistemas productivos es el Sub-Páramo y el Bosque Alto Andino. Finalmente, los resultados indican que si existe una correlación entre la dinámica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de tamaño predial y que esta dinámica esta en torno a la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca.

Palabras clave: Análisis Multitemporal, Coberturas Vegetales, Cuenca del Río Cubillos, Fragmentación, Tamaños Prediales.

Abstract

The plant cover associated with the high mountain basins, are the most affected by the transformation in Colombia, afflicting with it the biodiversity and the ecosystem services that these offer; this problem is related to the constant farm fragmentation, since when smaller farm sizes are found, land uses towards productive systems intensify. This is why it is essential to understand the dynamics of change, for can generate planning on the territory and actions lead at the conservation and management of natural resources. This paper analyzes the dynamics of change in vegetation and farm coverage and lead to identify the correlation between these two dynamics in the Cubillos River Basin (Cundinamarca - Colombia), through a multitemporal analysis during the period since 2006 to 2018. It found that 83.19% of the coverages remained, where the greatest changes were generate by the passage from Forest to Crops (387.33 hectares) and from grassy scrub to Crops (321.842 hectares); the ecosystem was most affected for the homogenization of areas with productive systems is subparam and high Andean forest. Finally, the results indicate if there is a correlation between the dynamics of change in vegetal cover and the change in farm size, and this dynamic is related to the availability of water resources in the basin.

Key words: Multitemporal Analysis, Cubillos River Basin, fragmentation, Land Sizes, plant Coverage.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1. Estado del arte.....	6
4.2. Marco Conceptual.....	9
4.2.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	9
4.2.2. Procesamiento de Imágenes satelitales.....	10
4.2.3. Dinámica y Tasas de Cambio de la Cobertura Vegetal y Predial.....	11
4.2.4. Índices de fragmentación.....	12
4.2.5. Análisis de componentes Principales	14
5. OBJETIVOS	15
5.1. Objetivo General.....	15
5.2. Objetivos Específicos	15
6. ÁREA DE ESTUDIO	16
6.1. Clima.....	17
6.2. Geomorfología.....	18
6.3. Geología.....	19
6.4. Hidrología	20
6.5. Coberturas Vegetales	22
6.6. Socioeconómico.....	23
7. METODOLOGÍA	24
7.1. Recolección de Información Secundaria	24
7.2. Reconocimiento de Coberturas	24
7.3. Obtención de Capas e Imágenes Satelitales.....	25
7.4. Proyección de Imágenes Satelitales	26
7.5. Procesamiento de la Información	26
7.5.1. Delimitación de la Cuenca.....	26
7.5.2. Delimitación de los Ecosistemas Presentes en la Cuenca	26
7.5.3. Coberturas Vegetales.....	26
7.5.4. Prediales	27
7.5.5. Índices de Fragmentación.....	28
7.5.6. Relación Cambio De Cobertura Vegetal Y Cambio De Tamaño Predial.....	28

7.6.	Análisis de Datos	30
7.6.1.	Análisis de Componentes Principales.....	30
7.6.2.	Ponderación de Resultados.....	30
8.	RESULTADOS	32
8.1	Multitemporal de Cobertura Vegetal	32
8.1.1.	Bosque Alto Andino	34
8.1.2.	Sub-Páramo	35
8.1.3.	Páramo	37
8.2.	Multitemporal Tamaño Predial	39
8.2.1.	Bosque Alto Andino	41
8.2.2.	Sub-Páramo	43
8.2.3.	Páramo	44
8.3.	Relación Entre el Cambio de Coberturas Vegetales y Cambio de Tamaño Predial 46	
8.3.1.	Bosque Alto Andino	50
8.3.2.	Sub-Páramo	53
8.3.3.	Páramo	55
8.4.	Análisis estadístico	58
8.4.1.	Análisis de componentes principales.....	58
8.4.2.	Correlación Entre la Fragmentación de Cobertura Vegetal y Categorías prediales.....	62
9.	DISCUSIÓN	67
10.	CONCLUSIONES	69
11.	RECOMENDACIONES	70
12.	BIBLIOGRAFÍA	71
13.	RECURSOS DE INTERNET	76

Índice de Tablas

Tabla 1 Puntos de ubicación de la cuenca del Río Cubillos.....	17
Tabla 2 Parámetros de morfometría del área de captación de la cuenca del Río Cubillos...	21
Tabla 3 Coberturas Vegetales Presentes en la Cuenca del Río Cubillos.....	22
Tabla 4 Características de los satélites de los cuales se tomaron las imágenes satelitales sobre la cuenca del Río Cubillos.	25
Tabla 5 Matriz para la determinación del análisis multitemporal de Coberturas Vegetales sobre la cuenca del Río Cubillos	27
Tabla 6 Sistema de clasificación predial.	27
Tabla 7 Matriz para la determinación del análisis multitemporal de los predios sobre la cuenca del Río Cubillos.....	27
Tabla 8 Matriz de relación del cambio de tamaño predial y de coberturas sobre la Cuenca del Río Cubillos.....	29
Tabla 9 Ponderación del cambio de cobertura vegetal en la cuenca del Río Cubillos.	30
Tabla 10 Ponderación del cambio de categoría predial en la Cuenca del Río Cubillos.....	30
Tabla 11 Rangos de correlación del cambio de cobertura vegetal con el cambio de categoría predial bajo el método de quiebres de Jenks	31
Tabla 12 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados para la cuenca del Río Cubillos.....	47
Tabla 13 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados en el ecosistema Alto Andino de la cuenca del Río Cubillos.....	50
Tabla 14 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados en el ecosistema Sub-Páramo de la cuenca del Río Cubillos.....	53
Tabla 15 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados en el ecosistema Páramo de la cuenca del Río Cubillos.....	56

Índice de Figuras

Ilustración 1 Relación de variables en los modelos de realidad. Representación de la variable temporal en Coberturas Vegetales y Prediales en la Cuenca del Río Cubillos.....	9
Ilustración 2 Tipos de entidades.....	10
Ilustración 3 Ubicación de la Cuenca del Río Cubillos. Límites Geográficos Nacionales, Departamentales y Municipales	16

Ilustración 4 Distribución de precipitación y temperatura sobre la cuenca del Río Cubillos.	18
Ilustración 5 Pendientes de la cuenca del Río cubillos.	19
Ilustración 6 Orden de confluencia hasta la cuenca del Rio Cubillos. Metodología de Zonificación Hidrográfica y Codificación de Cuencas Hidrológicas en Colombia	20
Ilustración 7 Disposición de los drenajes del río cubillos respecto a las alturas	21
Ilustración 8 Imagen Satelital Landsat 8 (2018). RGB 543. Para la identificación de Coberturas Vegetales. De color Negro oscuro Agua, Rojos intensos cultivos y pastos, rojos oscuros Bosque y verdes opacos los Pajonales	23
Ilustración 9 Paisaje de la cubierta vegetal (plantaciones) de P. patula y P. cembra alrededor y a las cercanías de borde del embalse.	24
Ilustración 10 Fragmentos boscosos en medio de cultivos de papa y pastos.	25
Ilustración 11 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre la Cuenca del Río Cubillos	32
Ilustración 12 cambio de cobertura vegetal para los años analizados sobre la Cuenca del Rio Cubillos	33
Ilustración 13 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre el ecosistema Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos	34
Ilustración 14 Cobertura vegetal para los años analizados sobre el ecosistema Alto Andino la Cuenca del Rio Cubillos	35
Ilustración 15 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos	36
Ilustración 16 Cobertura vegetal para los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Rio Cubillos	37
Ilustración 17 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre el ecosistema de Páramo en la Cuenca del Río Cubillos	38
Ilustración 18 Cobertura vegetal para los años analizados sobre el ecosistema Páramo en la Cuenca del Rio Cubillos	39
Ilustración 19 Porcentaje de Categoría Predial en los años analizados sobre la Cuenca del Río Cubillos	40
Ilustración 20 Categorías Prediales y Cambios de estas Categorías para los años analizados sobre la Cuenca del Rio Cubillos	41
Ilustración 21 Porcentaje de cobertura de los diferentes Tamaños Prediales en los años analizados sobre el ecosistema Bosque Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos.	41
Ilustración 22 Tamaño Predial para los años analizados sobre el ecosistema Bosque Alto Andino en la Cuenca del Rio Cubillos.	42
Ilustración 23 Porcentaje de cobertura de los diferentes Tamaños Prediales en los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos	43
Ilustración 24 Tamaño Predial para los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Rio Cubillos	44
Ilustración 25 Porcentaje de cobertura de los diferentes Tamaños Prediales en los años analizados sobre el ecosistema Páramo en la Cuenca del Río Cubillos	45
Ilustración 26 Tamaño Predial para los años analizados sobre el ecosistema Páramo en la Cuenca del Rio Cubillos	46

Ilustración 27 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en la Cuenca del Río Cubillos.....	48
Ilustración 28 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en la Cuenca del Río Cubillos..	49
Ilustración 29 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en el ecosistema Bosque Alto Andino sobre la Cuenca del Río Cubillos.....	51
Ilustración 30 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en el ecosistema Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos.	52
Ilustración 31 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en el ecosistema Sub-Páramo sobre la Cuenca del Río Cubillos.	54
Ilustración 32 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos	55
Ilustración 33 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en el ecosistema Páramo sobre la Cuenca del Río Cubillos.....	57
Ilustración 34 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en el ecosistema Páramo en la Cuenca del Río Cubillos.....	58
Ilustración 35 Análisis de componentes principales (PCA) de las unidades prediales y coberturas con los índices de fragmentación área, DC, DFCI, DBCI, NObCI, DEM, IFCI y TMCI para: Bosque Alto Andino, Sub-Páramo y Páramo.	59
Ilustración 36 Análisis de componentes principales (PCA) para el Bosque Alto Andino de la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor	60
Ilustración 37 Análisis de componentes principales (PCA) para el Sub-Páramo de la Cuenca del Río Cubillos.....	61
Ilustración 38 Análisis de componentes principales (PCA) para Páramo de la Cuenca del Río Cubillos.....	62
Ilustración 39 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en la Cuenca del Río Cubillos. Fuente: Autor.....	63
Ilustración 40 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en el ecosistema Alto Andino de la Cuenca del Río Cubillos.....	64
Ilustración 41 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en el ecosistema Sub-Páramo de la Cuenca del Río Cubillos.....	65
Ilustración 42 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en el ecosistema Páramo de la Cuenca del Río Cubillos	66

1. INTRODUCCIÓN

Las coberturas vegetales en Colombia asociadas a las cuencas de alta montaña, han sido una de las más afectadas por el cambio de uso del suelo, afectando los ecosistemas Bosque Alto Andino y Páramo (Morales *et al.* 2007); estos cambios son producto de varias problemáticas sociales, como el desplazamiento y falta de oportunidades (Salas Salazar 2016), las cuales conllevan a la colonización de áreas que finalmente en su mayoría terminan en sistemas productivos agrícolas y pecuarios (Laurance *et al.* 2001).

El método más utilizado para evaluar los cambios de coberturas se realiza es mediante los sensores remotos de los cuales se obtienen imágenes satelitales, y por medio de una ayuda informática como ArcGis, nos permite procesar la información de manera sencilla y evaluar cuales son estos cambios en periodos de tiempo (Salvatierra *et al.* 1997 & Moizo 2004); esta información procesada permite generar acciones para el manejo de los recursos naturales (Veloza 2007 & Acuña *et al.* 2007).

El presente estudio se realizó en cuenca del Río Cubillos, localizada en los municipios de Tausa, Cogua y Zipaquirá, departamento de Cundinamarca – Colombia y biogeográficamente hace parte del bioma denominado paramo de Guerrero. Presenta un área de 6.880 hectáreas y es una cuenca de alta montaña, la cual comprende los ecosistemas Bosque Alto Andino, Sub-Páramo y Páramo; estos ecosistemas son fundamentales en la regulación hídrica por las características de sus coberturas vegetales, dando tal importancia que ha llevado a investigaciones de su composición florística, como es el caso de Van der Hammen (2002) sobre el Páramo Guerrero, el cual es el nacimiento del Río Cubillos y el estudio de Bekker y Cleef (1985) en Valbuena (2011) sobre la flora ubicada en el páramo circundante a la Laguna Verde.

Cubillos (2011) realizó una investigación sobre la cobertura vegetal en el Páramo Guerrero, encontrando que este ha sufrido grandes cambios en su cobertura vegetal natural, llevando el área de cobertura perdida al uso pecuario principalmente. Esta misma tendencia es reportada por Valbuena (2011) en la cuenca del río Cubillo, en donde estableció que hay una expansión de los cultivos y la ganadería sobre las coberturas naturales de Pajonal y los Bosques.

Este lugar también fue estudiado por parte de Sguerra *et al.* (2011), ya que este es un corredor estratégico entre Chingaza – Sumapaz y Guerrero; aquí se evaluó los predios ubicados en el corredor, y se encontró que el 86% de los predios presenta un área menor a 10 hectáreas, mientras que los grandes predios tan solo representan el 18,4% de la superficie del corredor y en su mayoría están sobre los Parques Nacionales Sumapaz y Chingaza; además, se registra que en Cundinamarca existe una constante fragmentación o subdivisión predial; subdivisión predial que también la afirma Montoya (2018) con la fragmentación predial del municipio de Guasca – Cundinamarca y el uso del suelo de predios pequeños con la ganadería principalmente.

Con la realización de este proyecto se busca establecer si existe correlación entre los cambios de las coberturas vegetales asociadas a los ecosistemas que se localizan en la

cuenca del río Cubillos (componente biótico) y sus procesos de fragmentación predial (componente social) para establecer el dinamismo de la cuenca en términos socio-ambientales. El recorte temporal que se estableció para establecer la correlación fue del año 2006 al 2018.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la vegetación asociada a las cuencas hidrográficas, han sufrido una gran transformación por parte de los diferentes sistemas de producción en el país, ocasionando la alteración hídrica por los suelos desnudos, pérdida de biodiversidad, riqueza paisajística, cambios en las propiedades del suelo, entre otros (Burgos y Gómez 2007 & Rivera *et al* 2003 & Pizarro *et al.* 2002)

A esta perturbación sobre la cobertura vegetal de las cuencas, se ha evidenciado que en su mayoría se registra sobre los ecosistemas de alta montaña, allí se tiene uno de los ecosistemas más estratégicos en el mundo, el ecosistema de páramo, el cual tan solo abarca el 1,3% del área de Colombia y está ubicado sobre las tres cordilleras del país (Morales *et al.* 2007); este ecosistema es un regulador hídrico por excelencia, donde muchas veces, allí es donde nacen las cuencas hidrográficas; una de las problemáticas, consiste en la fragilidad de estos ecosistemas en caso de cualquier perturbación, como lo puede ser el cambio climático (Van der Hammen *et al* 2002 & Hofstede 2003).

En Colombia, los ecosistemas de alta montaña tienen un alto grado de intervención, representando el 46% de los ecosistemas transformados (Morales *et al.* 2007), Para la cordillera oriental diversos estudios han indicado la afectación de estos ecosistemas por parte de las actividades agrícolas y ganaderas (Ferwerda 1995, Morales *et al.*2007 & Valbuena 2011).

Estos cambios en la cobertura vegetal llevan a la fragmentación de las coberturas vegetales, situación crítica ya que esto conlleva a el aislamiento de estos parches (discontinuidad) y por ende de su biodiversidad (McGarigal y McComb 1999 & Arriaga 2009), por lo tanto, el ecosistema empieza a perder sus funciones estructurales y funcionales, y estas nunca volverán a ser idénticas a las iniciales (Taylor *et al.* 2006).

Todos estos cambios de coberturas vegetales sobre los ecosistemas mencionadas anteriormente, están relacionados con diversos factores sociales, como la posibilidad de acceso a algún área, esta se vuelve propensa a sufrir cambios en el uso del suelo; por ejemplo las nuevas carreteras, senderos, etc., está demostrado que aumenta los asentamientos y la sobreexplotación de recursos naturales (Laurance *et al* 2001); Otros casos, específicamente y muy común en Colombia, ha sido el conflicto armado, lo cual ha ocasionado el desplazamiento de miles de personas, falta de oportunidades, colonizando nuevas áreas y finalmente esto ocasiona deforestación (Salas Salazar 2016 & Ibáñez 2009).

Otro factor que se encuentra vinculado a este cambio de coberturas, es la fragmentación predial, ya que investigaciones registran que cuando los tamaños prediales son bajos (pequeña propiedad, minifundios y microfundios principalmente), están asociados a sistemas productivos como ganadería y agricultura, mientras que los de extensas áreas (Gran Propiedad) se encuentra arraigada a bosques, aunque dependiendo de la región geográfica esto puede variar (Carmona y Nahuelhual 2009), específicamente para Cundinamarca esta subdivisión predial rural está en aumento, como lo muestra

Montoya (2018) para el municipio de Guasca con 45 licencias de subdivisión para el año 2014, indicando que estos siguen en aumento.

Por todos estos motivos es necesario investigaciones para detectar varias incógnitas, para poder tomar decisiones y acciones hacia el manejo de estas problemáticas, unas de estas incógnitas son ¿Cuáles son y qué porcentaje de coberturas son las que han cambiado en el tiempo?, ¿Cuál es el factor social que está llevando al cambio de coberturas? Y ¿La fragmentación predial contribuye a esta deforestación?

Estos motivos evidencian la necesidad de realizar estudios sobre la cuenca del Río Cubillos ya que se encuentran pocos, y como indica Vásquez y Serrano (2009) en Valbuena (2011), el nacimiento de esta cuenca se encuentra arraigado a el Páramo de Guerrero, lo cual atribuye si existen cambios en la cobertura vegetal de este páramo, se verá afectado el ciclo hidrológico de la cuenca, y por ende, el abastecimiento hídrico sobre el Embalse del Neusa.

3. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de información geográficos (SIG), son la principal herramienta en formato digital para representar de mejor manera la información espacial y así realizar un análisis del estado de las coberturas vegetales, ya que gracias a las sinergia con las imágenes satelitales nos permiten cuantificar la estructura espacial, y así determinar el uso actual del suelo (Moizo, 2004).

Estas imágenes satelitales están compuestas por un numero de pixeles, el pixel es la unidad mínima de la imagen satelital, el cual presenta un tamaño y a este es denominado resolución espacial; finalmente esta imagen representa los valores análogos de la radiación en formatos digitales, ya que no son visibles al ser humano y por esto nos facilita observar la respuesta espectral del medio natural (Lillesand y Kiefer 2000).

Otra de las aplicaciones de estos SIG, ha sido realizar estudios espacio-temporales, con el fin de describir la transformación en un lapso de tiempo de las coberturas vegetales; cambios que son ocasionados por diferentes actores, principalmente el antrópico, por parte de los sistemas productivos agrícolas y ganaderos (Raffaetà *et al* 2008). Estos estudios espacio-temporales, junto con diversas extensiones que los SIG, facilitan el cálculo de diversos índices de vegetación, los cuales son funcionales para el análisis de paisaje, ya que ayuda a analizar cuál es el patrón espacial de los fragmentos, tamaño, forma, determinar la continuidad de estos, entre otros (McGarigal y McComb 1999 & Forman 1994).

Todo esto tiene como finalidad tener información valiosa y de base, para ser apoyo a los planes de ordenamiento territorial y así para generar planes de acción, es decir que se tendrá una mejor planificación y un mejor manejo del suelo, para llegar a un equilibrio ambiental y social, evitando el deterioro e incluso la pérdida total de las coberturas en el área de interés (Veloza 2007 & Acuña *et al* 2007 & Correa 2014 & Aliaga 2006).

EL nacimiento de la cuenca del Rio cubillos (El Páramo Guerrero), es descrito por diferentes autores como un complejo estratégico hídrico y de biodiversidad, ya que de allí se integran otros complejos hídricos y ecosistémicos (Van der Hammen *et al* 2002 & Vásquez y Serrano 2009 & Cubillos 2011), entre lo que indica Vásquez y serrano (2009) en Valbuena (2011), registra la sinergia del páramo guerrero y la cuenca del Río Cubillos con áreas protegidas a nivel nacional, regional y local, entre estos los más importante es el Parque Nacional Natural Chingaza, el Páramo de Guerrero, Paramo grande, Pantano redondo y los cerros orientales de Bogotá.

Al encontrar la importancia de esta cuenca por su área estratégica, se encuentra de gran importancia realizar estudios para analizar su estado, principalmente de sus coberturas vegetales, puesto que varios autores han encontrado que el páramo y en general la cuenca, han sufrido procesos de transformación de sus coberturas por sistemas de ganadería bovina (Cubillos 2011), mientras que Valbuena (2011) registra procesos de transformación por sistemas agrícolas y de pastos, principalmente en la parte central de la cuenca.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Estado del arte

Según Morales *et al.* (2007), registra que uno de los ecosistemas más afectados por el cambio de sus coberturas vegetales en Colombia son los ecosistemas de alta montaña, este es uno de los complejos más estratégicos en el mundo, ya que son fuente principal para la regulación, retención y el abastecimiento de agua, además de otros aspectos biológicos importantes como la captación de carbono y almacenamiento de este en sus suelos y coberturas vegetales (Hofstede, 2003); esta fragmentación ocasiona la pérdida de sus funciones ecosistémicas, debido a la pérdida de hábitat y conexión entre estos parches, generando pérdida de biodiversidad, cambio en su microclima, ciclo hidrológico, propiedades del suelo, entre otros (Forman, 1994 & Murcia, 1995) y como señala Walter & Brekle (1999) en Ortega *et al.* (2005) y Morales *et al.* (2007), estos procesos de fragmentación son ocasionados principalmente por la ampliación de la frontera agrícola, pecuaria y de las zonas urbanas.

Respecto a los rangos altitudinales para la clasificación de ecosistemas, Thomas van der Hammen *et al.* (1983-2007) en Morales *et al.* 2007 indica diferentes rangos para el sistema paramuno en Colombia, esto depende de la cordillera y la vertiente en la que se encuentre; la ubicación de la Cuenca del Rio cubillos se encuentra en la cordillera oriental vertiente oriental, este autor registra que el Bosque alto andino para esta ubicación se encuentra entre 2.400 - 3.200 m.s.n.m, para el subpáramo desde los 3.200 - 3.500 m.s.n.m y Páramo por encima de los 3.500 ms.s.n.m. similar a esta clasificación se encuentra la de Cuatrecasas (1958), el cual registra La Selva Andina a partir de los 2.400 m.s.n.m hasta los 3.200 m.s.n.m localmente, pero en ocasiones este puede llegar hasta los 3.800 m.s.n.m, mostrando que el subpáramo se encuentra después de los 3.200 m.s.n.m y es la zona de transición entre el Bosque Andino y el Páramo propiamente dicho, el cual se encuentra después de los 3.800 m.s.n.m.

Una de las herramientas más utilizadas para el análisis de cambios del medio natural, entre estos el de coberturas vegetales son las imágenes satelitales y los SIG (sistemas de información geográfica) (Salvatierra *et al.* 1997), además dar las tasas de cambio de las coberturas vegetales también se realizan diversos análisis a nivel del paisaje, con el fin de ser un apoyo para el ordenamiento territorial o la conservación de áreas. (Veloza 2007 & Acuña *et al.* 2007 & Correa 2014 & Riaño 2002 & Aliaga 2006).

Hay que aclarar que la precisión o confiabilidad dependerán de la resolución espacial y espectral de la imagen satelital y del nivel de experticia de la persona que realice este análisis, como lo indica López (2007), ya que en su estudio utilizo imágenes Landsat con resolución espacial de 30 m, por este motivo no pudo determinar pequeños cambios en los tipos de cobertura.

Un ejemplo de estos análisis que hay que resaltar son:

El estudio de Riaño (2002), realizo un análisis del cambio de coberturas vegetales para el municipio de Paipa – Boyacá – Colombia, entre los años 1988 y 1994 con imágenes Landsat TM, en donde encontró que los cambios para esta cobertura han sido mínimos, solo el 25% de la cobertura cambio, pero este cambio fue dado por la vigorosidad vegetal, mas no por el cambio del uso del suelo.

Otro ejemplo es el realizado por Veloza (2007), el cual realizo un análisis multitemporal entre los años 1961 – 2015 en la Reserva Forestal Productora – Protectora “Casablanca” – Madrid – Cundinamarca, con el fin de tener conocimientos sobre el estado actual de la reserva para procesos de conservación, en este encontró que el principal cambio de las coberturas vegetales esta influenciado por la Minería, específicamente la extracción de materiales para construcción, generando una alerta a la corporación para iniciar proyectos de manejo para la recuperación de estas coberturas.

Uno de los métodos más utilizado para realizar la identificación y clasificación de las coberturas vegetales, es la clasificación supervisada mediante el Software ArcGis (ESRI), el cual es recomendado por varios autores como Lillesand y Kiefer (2000), lo cual genera una mayor confiabilidad en el momento de la interpretación, aunque autores como Corso (2009), en sus investigaciones observaron que este tipo de clasificación tiene cierto error, por la similitud de la respuesta espectral de algunas coberturas, por lo cual se debe realizar corrección en algunos casos.

Uno de los estudios realizados bajo clasificación supervisada es el de Franco y Rodríguez (2005), para realizar el análisis multitemporal en el Carare – Opón – Colombia, En el periodo de 1991 – 2002 mediante imágenes Landsat TM y Landsat ETM respectivamente, encontrando una perdida aproximada de 10.000 hectáreas, aunque la sucesión de rastrojo también ha aportado unas 20.000 hectáreas a la zona.

Otra herramienta fundamental ha sido la combinación de análisis multitemporales y utilizar los índices de fragmentación, ya que este este cambio de cobertura vegetal ocasiona fragmentación, la cual es conocida como la división en parches aislados de un tipo de cobertura específico que antes era continuo, estos parches presentan diferentes tamaños, formas y distancias entre ellos (McGarigal & McComb 1999), también existen índices para analizar esta continuidad mencionada anteriormente, la cual puede ser estructural, en donde determina la adyacencia entre parches o funcional, la cual va a nivel ecológico (Taylor *et al.* 2006).

Un ejemplo es el caso de León (2012), el cual realizo el análisis multitemporal para las cuencas del Río Limón y Rio de Oro, encontrando que la mayor cantidad de área que se mantuvo fue la de Bosques y cultivos, mientras la que más cambio tuvo fue la de cultivos y pastos con perdida, pero hubo aumento de la vegetación herbácea y arbustiva, lo cual nos indica el proceso de regeneración que presenta la cuenca; a este análisis multitemporal, se le relaciono con la metodología desarrollado por Acuña *et al* (2007) al realizar una matriz relacionando el nivel de protección del suelo por coberturas vegetales, índices de vegetación y densidad poblacional por vereda, los índices de vegetación utilizados fueron los de índice de vegetación remanente, tamaño medio de los fragmentos, distancia media al fragmento más cercano, dimensión fractal e índice de fragmentación, dando como resultado el porcentaje de deterioro, el cual quedo en la categoría 3 para las dos subcuencas, indicando que se tienen que realizar proyectos de prevención para el deterioro de las coberturas.

También Correa *et al* (2014), realizó un análisis multitemporal de fragmentación y conectividad entre los periodos 1975 – 2008 de la cuenca del lago Cuitzeo, los índices que calculo fue el de porcentaje de cobertura, tamaño promedio de fragmentos, índice de fragmento más grande, densidad de fragmentos, índice de proximidad media, conectancia e

índice de cohesión, estos cálculos los realizo para los años 1975, 1996, 2000, 2003 y 2008, para posteriormente poder comparar los índices en cada año, esto dio como resultado un alto número de parches de pastizales y de gran tamaño (por tanto dando una densidad de parches alta), lo que indica que hay una colonización de áreas y empieza a existir una homogenización de este, y por el otro lado existe una pérdida gradual del número de parches de bosques y también del tamaños, todo este proceso da como resultado la necesidad de conservación de estas áreas; también indica que el índice de cohesión presenta un comportamiento inestable citando a otros autores que dan la misma conclusión, ya que su resultado da valores superiores al 98% en todas las coberturas evaluadas.

Otra investigación realizada para fomentar la conservación por procesos de fragmentación en áreas naturales es el de Mas y Correa (2000), los índices utilizados fueron el índice de forma (utilizado para determinar la complejidad de la forma de cada parche, comparándolo con uno circular), el índice de dimensión fractal (también busca determinar la complejidad de la forma), distancia al vecino más cercano (es la distancia promedio a la que se encuentran los parches de una misma categoría) y el índice de proximidad; este estudio encontró un total de 902 parches, el área promedio de estos parches es de 20 ha aproximadamente, en su mayoría presentan una forma casi circular, la distancia media a la que se encontraron es a 240 metros aproximadamente, lo cual indica una gran fragmentación en el área de estudio.

Es repetitivo en la mayoría de investigaciones ciertos índices de fragmentación y variables que se utilizan, por supuesto el número de parches, tamaño promedio de parches y dimensión fractal (Mas y Correa 2000 & Ortega *et al* 2005), o como el caso de Gurrutxaga (2003) el cual toma estos índices y forma un índice propio a partir de estos.

Como se mencionó en el estudio de León (2012), es de gran importancia integrar los análisis de cobertura a aspectos sociales, ya que allí se empiezan a relacionar que aspectos sociales están relacionados al cambio de cobertura vegetal, uno de los aspectos que menciona la CAR (1994), es que la fragmentación predial es una de las principales causas del cambio de cobertura vegetal, ya que está relacionado con migración poblacional, por lo cual existirá una mayor densidad poblacional, por consiguiente, también empieza a desencadenar la urbanización y actividades socioeconómicas.

Otra investigación realizada que apoya esta hipótesis fue hecha por la Gobernación de Antioquia (2015), registra que a causa de una red vial ha ocasionado la fragmentación predial en suelo rural del municipio de Caramanta – Antioquia, y a la vez esta fragmentación predial está vinculada a que los predios de menos de dos hectáreas se dedican a cultivar café y no a tener ciertas áreas de bosque.

Carmona y Nahuelhual (2009) en la isla de Chiloé (Chile), realizaron un estudio de correlación de las variables tamaño predial, superficie total de praderas, superficie total de matorrales y bosque nativo, meses de producción de leche, vacas lecheras, ovinos, capacidad de carga animal, número de trabajadores no remunerados y número de habitantes del predio, y proporción de tierra agrícola del total del predio; se encontró que los predios tipo I con tamaños prediales medios de 2.629 ha se encuentran relacionados con una orientación forestal, mientras que el tipo II y III con tamaños prediales medios de 34.4 y 36.4 ha respectivamente, se encuentran relacionados con la explotación agrícola.

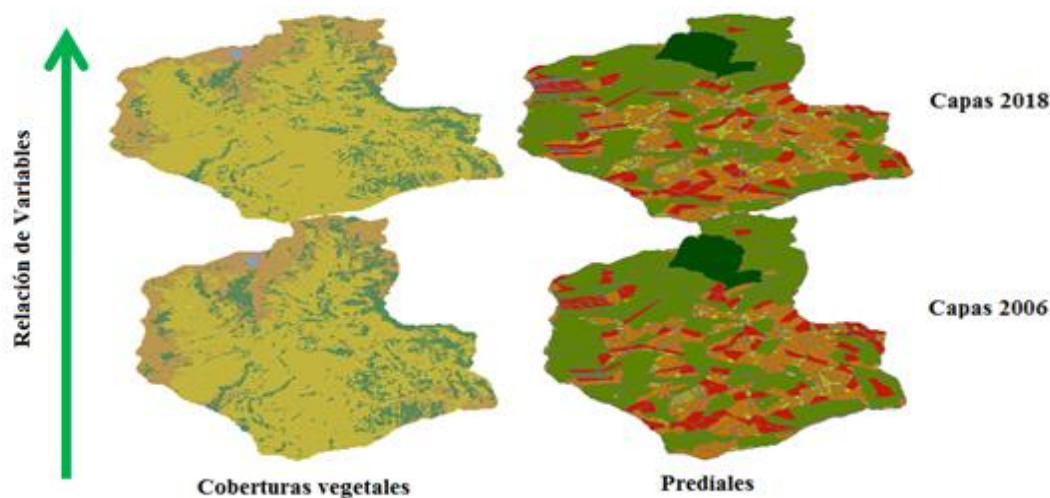
4.2. Marco Conceptual

4.2.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica (SIG), esta compuesto por un hardware, software, datos y un usuario final, el cual manipulara el programa; esta herramienta ayuda a capturar, almacenar, administrar y analizar la información en un formato digital; además también permite la manipulación a la información, como el realizar mapas, calcular índices y generar diferentes gráficos (López 2015).

En síntesis los sistemas de información geográfico, es una herramienta que nos facilita representar a nivel espacial las variables del medio natural según sean nuestras necesidades, lo cual facilita la manipulación y trabajo de estas variables (Moizo 2004); como lo puede ser la superposición de diferentes capas, interpolaciones, cuantificación de variables, entre otros; y con todo esto dar argumentos para un análisis espacial del área de estudio.

Son múltiples las fuentes y formatos de las cuales es alimentado los sistemas de información geográfica, el principal y más utilizado son los sensores remotos (Herrera y Ojeda 1998), el cual es la recolección de información a partir de la respuesta espectral de los objetos terrestres (Lillesand y Kiefer 2000); esta información en la mayoría de veces tiene que ser acompañada por otras fuentes, como lo es datos elaborados gracias a trabajo en campo, cartografía base, datos resultantes del análisis de información primaria, bases de datos, entre otros (López 2015).



*Ilustración 1 Relación de variables en los modelos de realidad.
Representación de la variable temporal en Coberturas Vegetales y Prediales en la Cuenca del Río Cubillos.
Adaptado de Valbuena 2011.*

Para almacenar la información en esta herramienta existen dos posibilidades; la primera es un formato raster, el cual se basa en la representación espacial en una matriz de filas y columnas, estas delimitan el llamado pixel o celdas, donde cada una presenta una información y un tamaño, llamado resolución espacial y de esta depende la precisión de la información; este formato es utilizado especialmente en información continua y si no hay límites definidos y si la precisión no es la mejor (López 2007 & Lillesand y Kiefer 2000). El segundo formato a utilizar es el vectorial, con los cuales se puede realizar una representación de mayor precisión respecto a los límites de las unidades, este está representado mediante puntos, líneas y polígonos, referidos a un sistema de proyección deseado; este formato facilita el cálculo de variables espaciales (López 2015).

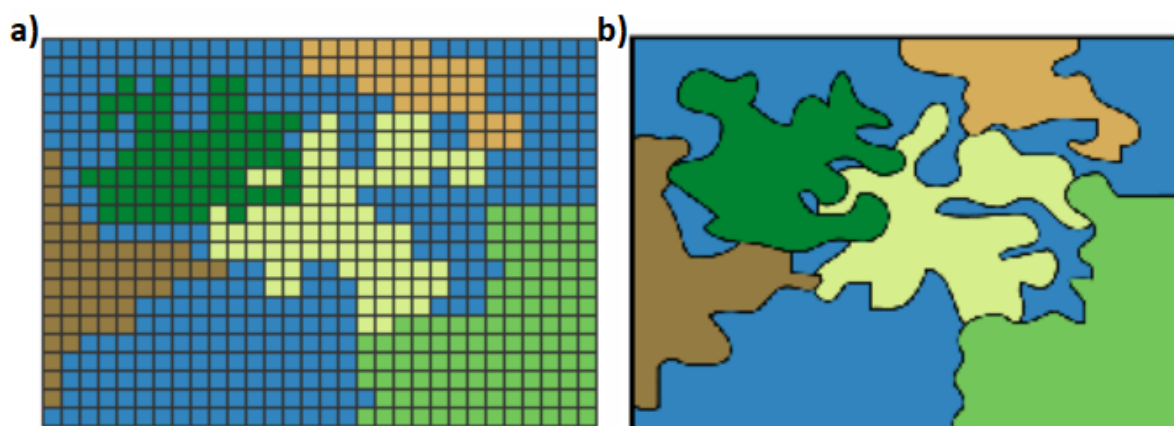


Ilustración 2 Tipos de entidades. a) Formato Ráster. b) Formato Vectorial.
Fuente: ESRI, 2016.

4.2.2. Procesamiento de Imágenes satelitales.

Lo primero que se tiene que realizar al obtener las imágenes satelitales según Mather (2004) en Rodríguez (2012), es georreferenciarlas por medio de puntos de control para asegurar la precisión de la imagen, ya que esta puede presentar errores por el movimiento del sensor, curvatura de la tierra, interferencia atmosférica, entre otros; uno de los métodos para tomar estos puntos de control es con trabajo en campo, o utilizar los puntos de control de imágenes ortorectificadas, como las de Global Land Cover Facility de la Universidad de Maryland (Armston *et al.* 2002).

Si se desea realizar la sobreposición de varias capas, hay que ser precavidos en las características de estas; lo primero es asegurarse de cuál es el sistema de proyección en el que se encuentran; si llegan a estar en diferentes sistemas de proyección se generara un error en el cálculo de las variables de medición, es decir, que antes de iniciar con la manipulación de los datos, se tiene que homogenizar los sistemas de proyección (Valbuena 2011). El sistema de proyección más utilizado para el Departamento de Cundinamarca por diferentes autores, es el sistema de Proyección Geográfica Datum: Magna – Sirgas

Proyección: Colombia Bogotá. (Vásquez y Serrano 2009 & Riaño 2012 & Valbuena 2011).

Otro tratamiento al cual tiene que ser sometidas las imágenes satelitales, es obtener la mejor composición de bandas, esta tiene que estar acorde según sea nuestro objetivo y área de estudio, puesto que la respuesta espectral para fines mineralógicos será diferente a la respuesta de la cobertura vegetal; autores indican que la mejor respuesta para observar las coberturas vegetales es mediante las bandas del infrarrojo y el visible (Medina 2013).

Uno de las técnicas utilizadas es la llamada *Pan-sharpening*, en donde toma la banda pancromática y la fusiona con las bandas multispectrales, generando una mejor resolución espacial en la imagen satelital, porque la banda pancromática tiene una baja resolución espectral (espectro visible), pero contrario a esto, presenta una mejor resolución espacial (Li *et al.* 2008 & Medina 2013)

Una de las técnicas utilizadas para clasificar las coberturas existentes en una imagen satelital, es la clasificación supervisada, Pérez *et al.* (2005), indica que el proceso comienza con la asignación a una clase de una instancia descrita y posteriormente se realiza una modelación de la función de densidad de las variables, “la clasificación de una instancia x consiste en seleccionar la clase c con la máxima probabilidad a posteriori, $p(c|x)$ ”, el proceso de clasificación de los modelos gráficos probabilísticos es:

$$p(c|\mathbf{x}) \propto p(c, \mathbf{x}) = p(c) f(\mathbf{x}|c) = p(c) \prod_{i=1}^d f(x_i|\mathbf{pa}_i) \prod_{j=d+1}^l p(x_j|\mathbf{pa}_j)$$

donde \mathbf{pa}_i es la realización de las variables \mathbf{Pa}_i , esta es el conjunto de variables padres de la variable X_i . $p(\cdot)$ denota una distribución de probabilidad, $f(\cdot)$ una función de densidad y $\rho(\cdot)$ una función de probabilidad generalizada.

Diversos autores han indicado que esta clasificación supervisada es uno de los mejores métodos para la interpretación de las coberturas, ya que se le esta alimentando a el modelo con información precisa y esto agiliza el análisis de las coberturas (Lillesand y Kiefer 2000 & Franco y Rodríguez 2005 & Valbuena 2011), aunque esta clasificación también presenta errores, como lo puede ocasionar la vegetación que tenga una similar respuesta espectral, algunos pixeles aislados, entre otros, por lo cual se tiene que corregir estos valores, ya sea de manera manual o con programas (Floyd 1986).

4.2.3. Dinámica y Tasas de Cambio de la Cobertura Vegetal y Predial

La dinámica o cambio de las coberturas vegetales es una herramienta muy utilizada por las investigaciones, ya que nos permite describir con precisión en un lapso de tiempo deseado, cual es el área y porcentaje de cada cobertura vegetal; finalmente así se podrá indicar las tasas de cambio para entender y dar respuesta a los sucesos que ocurren espacialmente en el área de estudio (Veloza 2007 & Riaño 2002 & León 2012).

Este análisis multitemporal mencionado anteriormente, es utilizado en diversos escenarios, uno de estos es en la información predial, en donde se evalúa la subdivisión predial, lo cual

da respuestas a sucesos sociales que se están presentando año a año a nivel local o regional principalmente (Montoya 2018 & Carmona y Nahuelhual 2009)

Las tasas de cambio expresadas por Valbuena (2011) las registra de la siguiente manera:

$$Tk = \left[\begin{array}{c} Ci \\ , \\ Ci - n \end{array} \right]; Ci = \frac{ai}{A}$$

Donde:

Tk: Tasa de cobertura para la fecha analizada;

Ci : Participación por clase de cobertura;

ai : Área de la clase;

A: Superficie total Analizada.

4.2.4. Índices de fragmentación

Asociado a los análisis multitemporales, son realizados los índices de fragmentación; estos índices buscan describir a escala de paisaje, las condiciones espaciales de cada cobertura analizada para determinar la continuidad o discontinuidad en las coberturas vegetales con el fin de identificar el aislamiento entre coberturas para centrar las acciones de manejo en estas (McGarigal y McComb 1999 & Arriaga 2009)

Los siguientes índices fueron los utilizados para la presente investigación, en donde Sapena y Ruiz (2015) los describen de la siguiente manera:

4.2.4.1. ÁREA

El área es la medida de base para el análisis, ya que nos dice la superficie que tiene cada cobertura para tener un primer plano del área de estudio, esta variable es dada en m^2

4.2.4.2. Número de objetos (NobCI)

Se refiere al número de parches o fragmentos encontrados en el área de estudio de una misma cobertura analizada.

4.2.4.3. Distancia Euclidiana Media del Vecino más Cercano (DEM)

Este índice es realizado por Gong *et al.*, (2013) y McGarigal *et al.*, (2012); lo que busca es determinar la distancia media a la que se encuentran los parches de una misma clase expresada en metros, con este índice se puede tener una concepción de la distribución de cada cobertura y de sus parches. La fórmula utilizada para calcular este índice es:

$$DEM = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{ij})}{n}$$

D_{ij} : Distancia del parche i hasta el parche más cercano j de la misma cobertura (m).

n : Número total de parches de la cobertura.

El resultado puede ser cualquier número positivo, entre más elevado sea el valor, más dispersos se encontrarán los parches de esta cobertura.

4.2.4.4. Densidad de Borde (DBC)

Su fórmula es dada por Herold *et al.*, (2002) y McGarigal *et al.*, (2012), este índice busca normalizar el perímetro por unidad de área expresada en m/m^2 , se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$DB = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i)}{A_T}$$

P_i : Perímetro de la cobertura i (m).

A_T : Área total (m^2).

n : Número total de parches de la cobertura.

4.2.4.5. Densidad de Clase (DC)

Como su nombre lo indica, este índice busca determinar la densidad de un tipo de cobertura sobre el área evaluada en valores porcentuales, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$DC = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i)}{A_T}$$

A_i : Área de la cobertura i en el área estudiada (m^2).

A_T : Área total (m^2).

n : Número total de parches de la cobertura.

El resultado es un número entre 0 y 1, cuando tienda a uno mayor será la densidad de la cobertura en el área analizada.

4.2.4.6. Tamaño Medio del Objeto (TM)

Este índice es aportado por Frenkel y Ashkenazi, 2008; Irwin & Bockstael, 2007 y McGarigal *et al.*, (2012), indica el tamaño medio de los parches mediante el área total de una cobertura y el número de parches de la misma, expresada en (m^2) con la fórmula:

$$TM = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i)}{n}$$

A_i : Área de la cobertura i en el área estudiada (m^2).

n : Número total de parches de la cobertura.

4.2.4.7. Dimensión Fractal (DF)

Este índice es dado por Frenkel & Ashkenazi, (2008); Gong *et al.*, (2013); Herold *et al.*, (2002) y McGarigal *et al.*, (2012), básicamente se busca encontrar la forma de los objetos relacionando el perímetro con el área mediante la siguiente ecuación.

$$DF = \frac{2 * \ln(0,25 * P_i)}{\ln(A_i)}$$

P_i : Perímetro de la cobertura i (m).

A_i : Área de la cobertura i (m^2).

El resultado es expresado de manera adimensional, con valores que oscilan entre 1 y 2; valores cercanos a 2 indican formas complejas e irregulares.

4.2.4.8. Índice de Forma (IF)

Dado por Frenkel & Ashkenazi, (2008); Jiang *et al.*, (2007) y McGarigal *et al.*, (2012), también busca determinar la forma de las coberturas, pero en este caso la compara con la forma de un cuadrado, se calcula así:

$$IF = \frac{0.25 * P_i}{\sqrt{A_i}}$$

P_i : Perímetro de la cobertura i (m).

A_i : Área de la cobertura i (m^2).

Este valor resultante es adimensional, positivo, mayor o igual a uno y sin límite; cuando este tiende a uno expresa formas cuadradas.

4.2.5. *Análisis de componentes Principales*

Como indica Serrano (2003), este es un método de análisis multivariante muy utilizado; el objetivo principal es disminuir la información a tratar cuando se tiene una matriz con muchas variables correlacionadas (especialmente cuando se analizan más de 3 o 4 variables) que describen ciertos objetos; para disminuir la complejidad del análisis y ser precisos, lo que se hace es no utilizar ciertas variables en la investigación, ya que la interpretación de toda la información es casi imposible. Finalmente de este proceso se genera otras variables nuevas por medio de la combinación de las variables correlacionadas. Entre más dependientes son las variables, mayor será la varianza explicada en un menor número de componentes; pero si estas variables no están correlacionadas no se podrán disminuir, ya que la varianza se distribuye entre todas las variables.

Lo primero a realizar, es buscar que el peso de las variables sea el mismo mediante una tipificación, ya que las magnitudes son diferentes y pueden generar distorsión en el análisis; después de realizar el análisis de componentes principales, se da como resultado las varianzas de las variables, siendo las de mayor valor, las que explican en mejor medida los resultados, donde finalmente estos son representados en una gráfica de espacio R^n ; gráfico que ayuda a identificar de manera visual el comportamiento entre objeto y variable. (Serrano 2003)

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar la correlación entre las dinámicas de la cobertura vegetal y predial sobre la cuenca del Río Cubillos, con el tratamiento de sistemas de información geográfica.

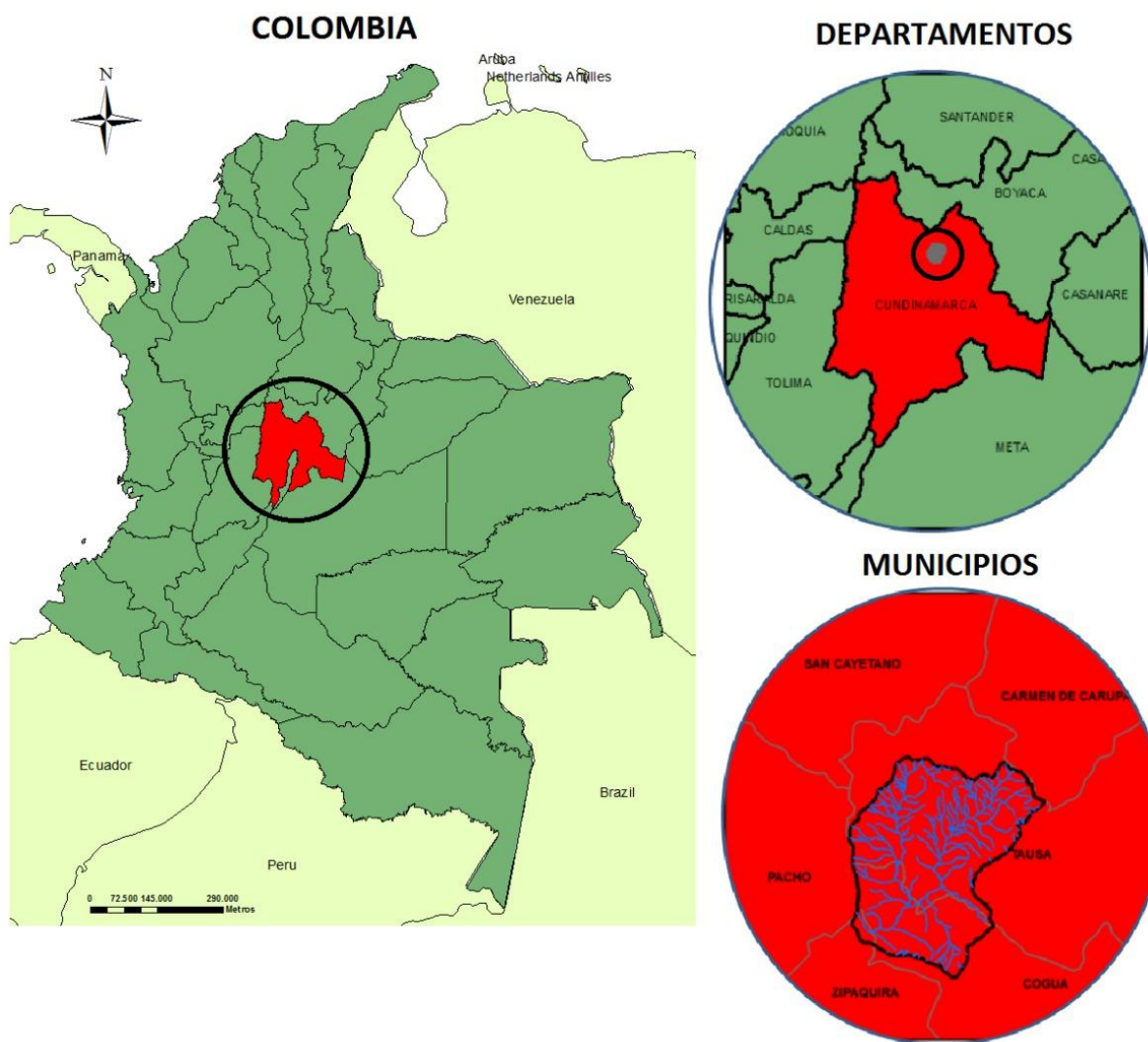
5.2. Objetivos Específicos

- Establecer el cambio de cobertura vegetal en la cuenca del Río Cubillos entre el año 2006 al 2018 a partir del procesamiento digital con imágenes satelitales.
- Indicar los cambios de tamaño predial sobre la cuenca del Río Cubillos entre el año 2006 al 2018.
- Evaluar la correlación entre los cambios de coberturas vegetales y los cambios de tamaños prediales en el periodo 2006 al 2018.
- Determinar la relación entre los índices de fragmentación y las unidades de cobertura vegetal y predial.

6. ÁREA DE ESTUDIO

La Cuenca del Río Cubillos se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, este departamento se encuentra limitado por los departamentos de Boyacá (nororiental), Meta (sureste), Huila (suroccidental), Tolima y Caldas (occidental).

Los municipios a los que pertenecen es Tausa en su costado norte con un total de 4643,46 hectáreas, Cogua en su costado sur con 2132,28 hectáreas y Zipaquirá en su costado suroccidental en una mínima parte con 105,19 hectáreas, representando en la cuenca del Río Cubillos un 67,483%, 30,988% y 1,529% respectivamente.



*Ilustración 3 Ubicación de la Cuenca del Río Cubillos.
Límites Geográficos Nacionales, Departamentales y Municipales
FUENTE: Autor*

Las respectivas coordenadas que limitan la cuenca del Río Cubillos, según origen Magna Colombia – Bogotá son:

Tabla 1 Puntos de ubicación de la cuenca del Rio Cubillos

	ESTE	NORTE
NORTE	1006101,42	1069770,02
ORIENTE	1013179,72	1067538,14
SUR	1008388,22	1058785,28
OCCIDENTE	1003094,77	1065605,57

FUENTE: Autor

6.1. Clima

La Alcaldía Municipal de Tausa (2000), registra que los vientos cargados con humedad son provenientes del magdalena, con dirección norte sur, estos dejan la mayoría de la humedad en la cordillera en el sector del municipio de San Cayetano, estos se condensan aproximadamente a los 2.100 m.s.n.m generando una precipitación promedio anual de 1.600 mm en este sector, lo que ocasiona que sobre la cuenca disminuya la precipitación, porque el aire ya ha descargado la mayoría de su humedad.

La precipitación media anual en la Cuenca del Río Cubillos va de los 500 mm sobre el costado sur hasta los 1.100 mm sobre el costado norte, en donde se observa un régimen bimodal, con las más altas precipitaciones en los meses de abril y octubre con 117 mm y 125 mm respectivamente, mientras que las menores en enero y agosto con 35 mm y 70 mm; esto contrastada con la evaporación anual (735 mm) de la estación del Neusa (Alcaldía Municipal de Tausa, 2000) se puede concluir que la evaporación no excede la precipitación, por lo cual hay un remanente de agua en la cuenca.

Respecto a las temperaturas medias anuales van desde los 6,5°C en el costado norte y hasta los 11°C en el costado sur de la cuenca; Según la Alcaldía Municipal de Tausa (2000), esta presenta un gradiente altitudinal, el cual indica que la temperatura disminuye 2°C cada 230 metros que se asciende.

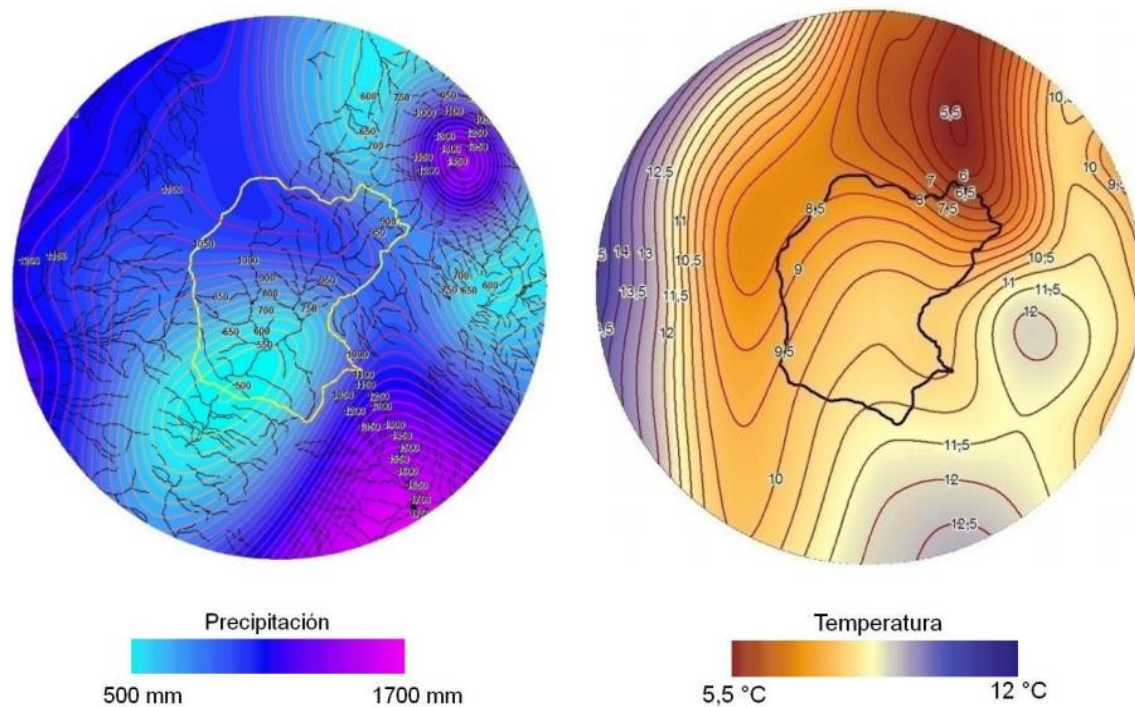


Ilustración 4 Distribución de precipitación y temperatura sobre la cuenca del Río Cubillos.
 FUENTE: Valbuena 2011

Para la estación del Neusa (Alcaldía Municipal de Tausa 2000), indica que los vientos son procedentes del sur y sureste principalmente, estos presentan una velocidad media de 1.3 m/s, la velocidad mínima es de 1.2 m/s y es registrada en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre pero presenta velocidades máximas de 2.9 m/s en el mes de junio.

Para la humedad relativa en esta estación se presenta un promedio anual del 81%, siendo una zona muy húmeda, los valores mayores se encuentran en los meses de mayo, junio y julio con 83% mientras que la menor en enero con un 76 %, esto concuerda con el régimen precipitaciones dado anteriormente, siendo los meses más húmedos los que presentan mayores precipitaciones y viceversa.

6.2. Geomorfología

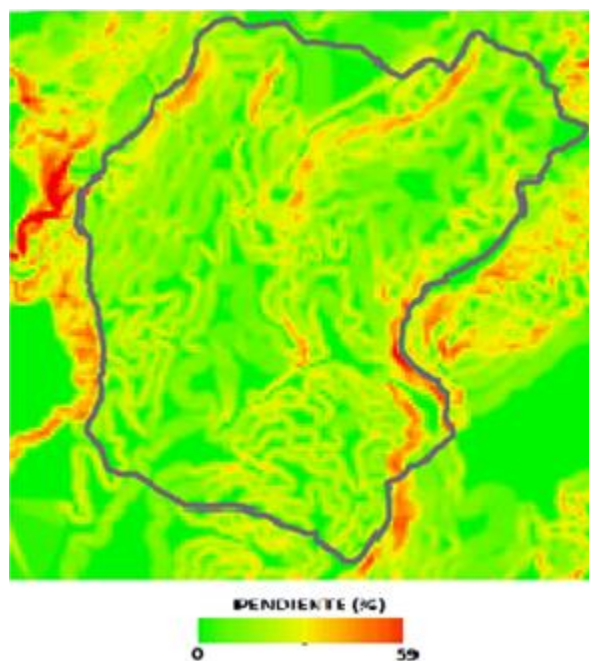
La forma de Laderas, colinas y terrazas fluvio-glaciares, son de origen Mixto deposicional-denudacional, como su nombre lo indican fue formada por la deposición de suelos, detritos y todo material de arrastre glaciar, estas se ubican en la parte central y oriental de la cuenca.

Del origen Denudacional se encuentra las formas Laderas y Crestas Ramificadas, las Laderas se encuentra en sectores del páramo, es decir, al nororiente y occidente de la cuenca, esta aporta material suelto ya que presenta erosión laminar, el uso que se le ha dado a estas ha sido la ganadería; por otro lado las crestas ramificadas presentan forma empinada y separada, las cuales son acumulación de material de laderas cercanas y en su mayoría son presentan cobertura vegetal arbórea, ubicándose en el costado oriental de la cuenca.

Las formas de Escarpes y pendientes de gelifracción son de origen mixto denudacional estructural, presentan alturas consideradas que sobresalen en el paisaje, por medio de la acción del hielo a fracturado la roca dándole estas formas, estas se encuentran presentes en el costado noroccidental de la cuenca.

Del origen Depositional se encuentra la forma de valle aluvial, donde según describe Zinck (1980) en Alcaldía de Tausa (2000), son formadas por aportes de material aportado por relieve más alto y sedimentos arrastrados por el agua, su forma es alargada y plana, encontrándose sobre la cuenca en las partes bajas, en donde la pendiente es baja.

Finalmente las Formas de Cuestas y Planicies de origen estructural, es un relieve que no sobrepasa el 25% de pendiente, ubicándose al costado suroccidental de la cuenca, predomina material rocoso de areniscas cuarzosas, lodolitas, arcillolitas limosas, arcillolitas y lutitas, estas zonas planas son de gran uso agrícola por las características del suelo (Alcaldía de Tausa 2000).



*Ilustración 5 Pendientes de la cuenca del Río cubillos.
Fuente: Autor*

6.3. Geología

Para la cuenca del Río Cubillos, según lo descrito por Hettner (1892) en Alcaldía de Tausa (2000), esta formación se le atribuye a la edad del cretácico superior y es característica por presentar en su litología arenitas cuarzosas compactas y friables con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y lutitas.

La segunda formación encontrada en la cuenca es la Formación Guaduas, descrita por Hettner (1892) en Alcaldía de Tausa (2000), esta dada del cretácico terciario, sus características litológicas son Arcillolitas y lutitas con intercalaciones de arenitas cuarzosas y mantos de carbón.

La tercera y última formación presente en la cuenca es la Formación Aluvión y Coluvión de la edad Holoceno Cuaternario dada por Hettner (1892) en Alcaldía de Tausa (2000), este presenta una litología de Arcilla limosa lacustre y fluvial, depósitos glaciales y terrazas de material consolidado.

6.4. Hidrología

La cuenca del Río Cubillos pertenece a la Vertiente Hidrográfica Del Mar Caribe, específicamente a la Zona Hidrográfica Del Magdalena Y Cauca; La cuenca del Río Cubillos nace en el páramo Guerrero y desemboca sus aguas en el embalse del Neusa, dejando allí sus aguas sobre la cuenca del Rio Neusa, la cual posteriormente desemboca sobre la Cuenca del Rio Bogotá y Finalmente estas sobre el rio Magdalena (IDEAM 2013).



*Ilustración 6 Orden de confluencia hasta la cuenca del Río Cubillos.
Metodología de Zonificación Hidrográfica y Codificación de Cuencas Hidrológicas en Colombia
Fuente: IDEAM 2013*

La cuenca limita al norte con la microcuenca Sabaneque, al nororiente con el Río el Hato, al oriente con el embalse del Neusa, al sur con el río Neusa y Frío. Las principales microcuencas que componen al Río Cubillos es el Río Cuevas y Guandoque (Alcaldía Municipal de Tausa 2000).

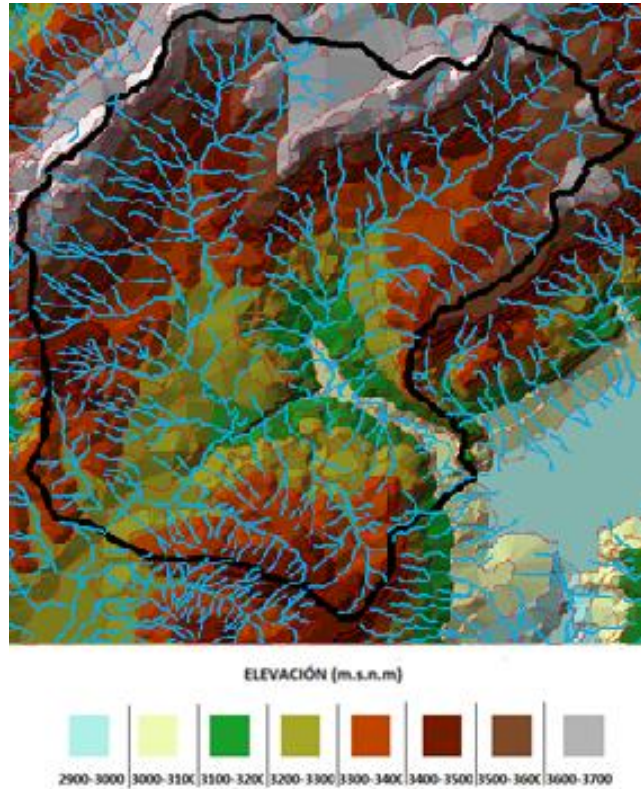


Ilustración 7 Disposición de los drenajes del río cubillos respecto a las alturas
FUENTE: Autor

Como se puede observar en la ilustración 7, la distribución de los afluentes es dependiente de las alturas y pendientes, las cuales van desde los 3.000 hasta los 3.800 m.s.n.m, con una mediana de altitud de 3,400 m.s.n.m, la longitud de su cauce principal de la cuenca es de 17 kilómetros, su forma es oval oblonga a oval redonda según su coeficiente de compacidad, con una pendiente media de 22,5%; todo esto nos indica que la cuenca es de alta montaña, con un relieve montañoso, aunque la parte media y baja de la cuenca presentan una pendiente moderada.

Tabla 2 Parámetros de morfometría del área de captación de la cuenca del Río Cubillos.

Morfometría de relieve			
Parámetro	Valor	Especificación	Conclusión
Altura máxima	3800	m.s.n.m	-
Altura mínima	3000	m.s.n.m	-
Altura media	3.400	m.s.n.m	-
Coeficiente de compacidad (Kc)	1,278	$\frac{P}{2\sqrt{(\pi * A)}}$	Oval-redonda a Oval-oblonga
Pendiente Media	22,5%	$\frac{Ed * \sum l}{A} * 100$	-

FUENTE: Autor

6.5. Coberturas Vegetales

Según la Alcaldía Municipal de Tausa (2000), se encuentra un total de 5 coberturas vegetales sobre la cuenca (Tabla 3), de las cuales la mayor representatividad sobre el área de la cuenca es los cultivos y pastos en rotación, siendo los cultivos de papa en su mayoría, ubicados en la zona central de la cuenca principalmente.

Tabla 3 Coberturas Vegetales Presentes en la Cuenca del Río Cubillos

COBERTURA	TIPO	ESPECIES DOMINANTES
BOSQUES	Bosques Plantados	Pino, eucalipto, acacia
	Bosque denso nativo	Colorado, sietecueros, Encenillo
	Mixto Bosques plantados y vegetación nativa	Eucalipto, pino, Acacia
ARBUSTALES	Arbustos densos y restos de Bosques	Encenillo, Colorado, Arrayán
	Arbustos densos	
	Arbustos bajos dispersos	Rabo de zorro, Chite, Cruceto
HERBAZAL DE PÁRAMO	Pajonal,- frailejonal	Frailejón, Cortadera
	Pantanos y turberas	Chusques, Musgos, Frailejón
PASTIZALES	Pastizales en general	falso poa, oloroso, kikuyo
CULTIVOS	Cultivos y pastos en rotación Poa, Raigrass, avena forrajera, y azul orchoro	Papa y otros como Arveja, maíz y trigo en rotación con Falso

Fuente: Adaptado de la Alcaldía Municipal de Tausa (2000).

Los bosques se ven representados en su mayoría en la parte norte y occidental de la cuenca, mientras que los pajonales en la parte norte y los cultivos se observan en el centro de la cuenca como un paisaje homogéneo.

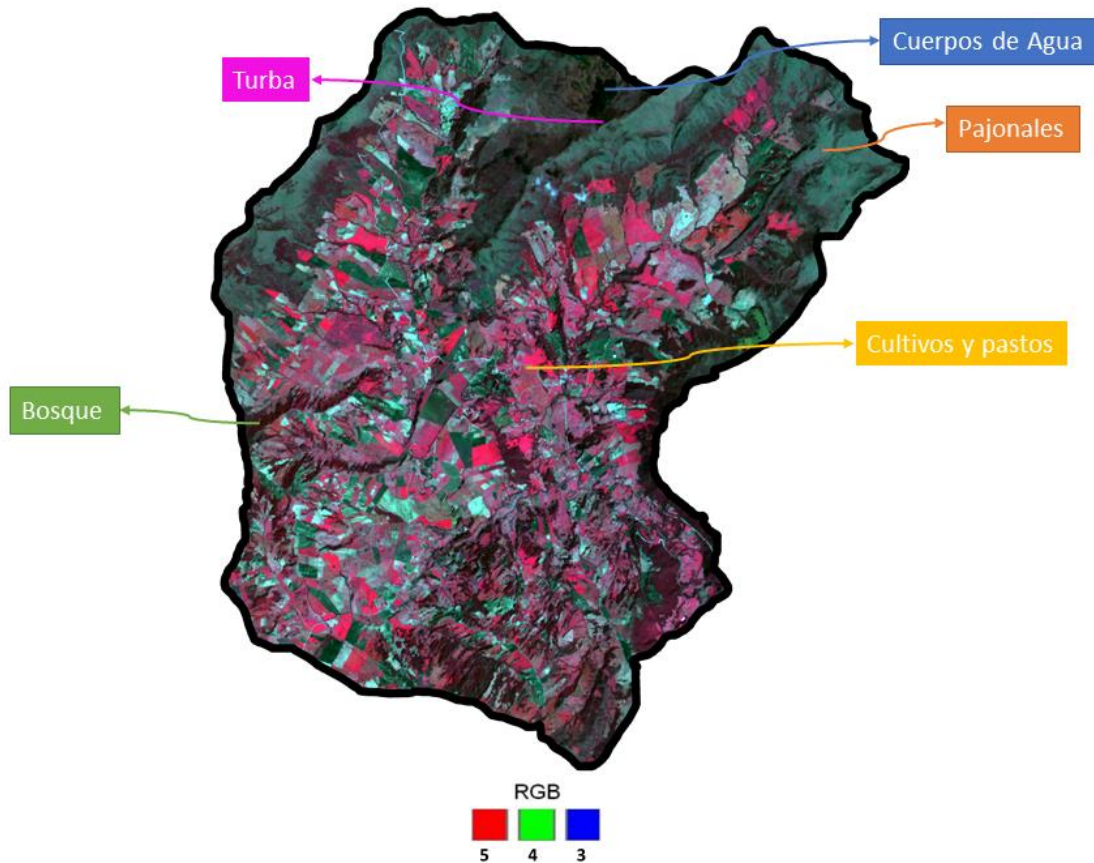


Ilustración 8 Imagen Satelital Landsat 8 (2018), RGB 543. Para la identificación de Coberturas Vegetales. De color Negro oscuro Agua, Rojos intensos cultivos y pastos, rojos oscuros Bosque y verdes opacos los Pajonales. FUENTE: AUTOR

6.6. Socioeconómico

Según la Alcaldía Municipal de Tausa (2000) la principal actividad económica realizada por la población, corresponde a el sector primario de la economía, estos también son señalados por Cubillos (2011), corresponden a los cultivos de papa pastusa y ganadería de leche y carne; los cultivos de papa presentan una tecnología obsoleta, esta se realiza de manera tradicional y en pocas ocasiones semimecanizada y con uso intensivo de agroquímicos; estos cultivos presentan una rotación con pastos mejorados para ganadería semiintensiva principalmente, la cual también presenta bajo desarrollo tecnológico y es desarrollada de manera tradicional, estas prácticas son realizadas con mano de obra familiar principalmente y los principales destinos de estos productos es el mercado regional, a los municipios de Ubaté, Zipaquirá, Tausa y Bogotá (Alcaldía Municipal de Tausa 2000).

En una menor medida en la cuenca se maneja el turismo ecológico, realizando investigaciones, caminatas y camping por los cuerpos de agua desde o hasta el embalse del Neusa, Laguna Verde y por el Páramo de Guerrero los cuales son el principal atractivo del área (Alcaldía Municipal de Tausa 2000).

7. METODOLOGÍA

Las herramientas utilizadas para el proceso de geoprocésamiento y tratamiento de imágenes satelitales fue el software ArcGis, mientras que para el procesamiento matemático se utilizó el Arctoolbox IndiFrag v2.1 (Sapena & Ruiz, 2015).

7.1. Recolección de Información Secundaria

Para tener conocimiento sobre los procesos evolutivos que ha tenido esta cuenca, se tomó información secundaria aportada por algunas tesis, principalmente la realizada por Valbuena (2011), de la cual se tomó los 44 puntos muestreados para el análisis de coberturas vegetales de la cuenca del Río Cubillos para el año 2007, junto con su cartografía para este año y el Esquema de Ordenamiento Territorial (2000) e informes de la Alcaldía de Tausa, ya que es el municipio que abarca mayor área de la cuenca; de esta manera se da una idea de las posibles coberturas que pueden existir en el área de estudio.

7.2. Reconocimiento de Coberturas

Para el presente estudio se realizó una salida de campo para el año 2017 y 2018, en las cuales se identificó las coberturas presentes en campo y la situación actual que presentaban estas coberturas en la cuenca.



Ilustración 9 Paisaje de la cubierta vegetal (plantaciones) de P. patula y P. cembra alrededor y a las cercanías de borde del embalse. FUENTE: Autor.

El principal uso que se encontró sobre la parte media de la cuenca son los sistemas productivos de ganadería multipropósito para leche y carne en predios con poca área (< 10 hectáreas), y la suma de estos predios muestran grandes extensiones que generan este sistema productivo.

En las partes altas de la cuenca se evidencia que el principal uso es dado por el cultivo de papa, con un alto uso de agroquímicos para el manejo de este sistema, lo cual conlleva a una pérdida de las propiedades físico-químicas de este.



Ilustración 10 Fragmentos boscosos en medio de cultivos de papa y pastos. A. Relicto con intervención antrópica y grado de erosión media. B. Relicto sin alteraciones antrópicas. FUENTE: Autor.

7.3. Obtención de Capas e Imágenes Satelitales

Para poder realizar la presente investigación, se obtuvieron 2 imágenes digitales de los satélites Terra (ASTER), y Landsat 8 (Path: 7, Row: 56) para los años 2006 y 2018 respectivamente, estas presentaron una resolución espacial de 15 metros. Estas imágenes fueron adquiridas gracias a la plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Tabla 4 Características de los satélites de los cuales se tomaron las imágenes satelitales sobre la cuenca del Río Cubillos.

TERRA			LANDSAT 8		
País		Estados Unidos	País		Estados Unidos
Instituto		NASA (EU) - METI	Instituto		NASA (USGS)
Instrumento/sensor		ASTER	Instrumento/sensor		OLI- y TRIS
Altitud		705 Km	Altitud		705 Km
Periodo Orbital		98,88	Periodo Orbital		99 minutos
Inclinación		98,3°	Inclinación		98.2°
Resolución Espacial	Pancromático	15	Resolución Espacial	Pancromático	15 m
	Multiespectral	30		Multiespectral	30
	Termal	90		Termal	100

FUENTE: Adaptado del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales CBERS (2018)

También se contó con 2 capas de los prediales que abarcan la cuenca, obtenidos de la Gobernación de Cundinamarca de los mismos años mencionados anteriormente.

Además se obtuvo la cartografía base en formato Geodatabase escala 1:25.000, tomadas del IGAC, estas planchas fueron las 208-II-D (1969), 209-I-C (1978), 209-I-D (1978) y 209-

III-A (1978), con la cual se realizó la delimitación de la cuenca, cartografía temática y general.

7.4. Proyección de Imágenes Satelitales

Posteriormente las imágenes satelitales se pasaron a un sistema de proyección común con el cual se pudiera realizar las respectivas mediciones necesarias; para realizar un manejo adecuado de la información se transformó a la Proyección Geográfica Datum: Magna – Sirgas Proyección: Colombia Bogotá.

7.5. Procesamiento de la Información

7.5.1. Delimitación de la Cuenca

Se tomó las cuatro cartografías base, con la cual se procedió a delimitar la cuenca del río Cubillos por medio de las divisorias de aguas representadas por las curvas de nivel, este se delimito desde el páramo guerrero ubicado al norte de la cuenca (Cota más alta) hasta llegar al embalse del Neusa ubicado al sur de la cuenca (Cota más baja).

7.5.2. Delimitación de los Ecosistemas Presentes en la Cuenca

También se utilizaron las curvas de nivel para delimitar los tres ecosistemas que se presentes a lo largo de la cuenca, el Bosque Alto Andino a partir de los 2.400 m.s.n.m hasta los hasta los 3.200 m.s.n.m., Subpáramo desde los 3.200 hasta los 3.500 m.s.n.m y Páramo propiamente dicho después de los 3.500 hasta los 3.800 m.s.n.m, según la clasificación de Thomas Van der Hammen *et al.* (1983-2007) en Morales *et al.* (2007)

7.5.3. Coberturas Vegetales

Respecto a las imágenes satelitales, se utilizó el método de pansharpening (unión de la banda pancromática con la combinación de bandas deseadas, ya que la banda pancromática presenta mejor resolución que las demás) para tener una mejor resolución y así un mayor detalle de las imágenes; también identificó la mejor combinación de bandas para la identificación de coberturas vegetales (RGB:543).

Mediante una clasificación supervisada, se realizó el primer análisis de las coberturas, gracias a los puntos muestreados por Valbuena (2011) junto con lo observado en las imágenes, y posteriormente se realizó la corrección de este primer análisis ya que áreas como pajonales y cultivos. tienen comportamiento espectral similar; en esta se determinaron cuatro unidades primarias, las cuales fueron los Cuerpos de Agua, Bosque, cultivos, Pajonal y Turba.

Para poder realizar el análisis multitemporal se generó la siguiente matriz para identificar los cambios de cobertura vegetal en los dos periodos a trabajar.

Tabla 5 Matriz para la determinación del análisis multitemporal de Coberturas Vegetales sobre la cuenca del Rio Cubillos

		A	B	C	P	T
	Entidad	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
A	Agua	A-A	A-B	A-C	A-P	A-T
B	Bosque	B-A	B-B	B-C	B-P	B-T
C	Cultivos	C-A	C-B	C-C	C-P	C-T
P	Pajonal	P-A	P-B	P-C	P-P	P-T
T	Turba	T-A	T-B	T-C	T-P	T-T

FUENTE: Autor

Finalmente se realizó una intersección de las coberturas vegetales para los años 2006, 2018 y la capa de ecosistemas ya delimitados para la cuenca; así se realizó el análisis multitemporal para el periodo de tiempo con énfasis en detallar cada ecosistema presente en la cuenca.

7.5.4. Prediales

En primera medida, se tuvo que realizar una reclasificación de los predios, según la clasificación predial dada por el IGAC (1997) en Rincón (1997).

Tabla 6 Sistema de clasificación predial.

Entidad	Hectáreas
Gran Propiedad	> 200
Mediana Propiedad	20-200
Pequeña Propiedad	10-20
Minifundio	3-10
Microfundio	<1

FUENTE: IGAC 1997, tomados de Rincón, C.

De la misma manera que se procedió con la información de coberturas vegetales, se realizó la intersección de los predios con cada ecosistema, y finalmente efectuar el análisis multitemporal para el periodo de tiempo evaluado; la matriz utilizada para este análisis predial fue la siguiente:

Tabla 7 Matriz para la determinación del análisis multitemporal de los predios sobre la cuenca del Rio Cubillos.

		1	2	3	4	5
	Entidad	Gran Propiedad	Mediana Propiedad	Pequeña Propiedad	Minifundio	Microfundio
1	Gran Propiedad	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
2	Mediana Propiedad	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
3	Pequeña Propiedad	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
4	Minifundio	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
5	Microfundio	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5

FUENTE: Autor

7.5.5. Índices de Fragmentación

Los índices fueron calculados para los tamaños prediales y coberturas de los años 2006 y 2018, mediante la extensión de ArcGis, IndiFrag v2.1 (Sapena & Ruiz, 2015); se calculó el número de parches (NobCI), área, densidad de clase (DC), densidad de borde (DBCI), distancia euclidiana media del vecino mas cercano (DEM), índice de forma (IFCI), dimensión fractal (DFCI) y tamaño medio del objeto (TMCI).

7.5.6. Relación Cambio De Cobertura Vegetal Y Cambio De Tamaño Predial

En este análisis se generó la intersección de la capa de cambio de cobertura vegetal del numeral 7.4.3 y la capa de cambio de tamaño predial del numeral 7.4.4; con este proceso se quiere determinar cuantitativamente la relación de estas dos variables, por lo cual se unió las dos matrices generadas para los análisis anteriores, generando la matriz (Tabla 8) que facilite la interpretación de los resultados.

Tabla 8 Matriz de relación del cambio de tamaño predial y de coberturas sobre la Cuenca del Rio Cubillos.

Cambio predial/Cambio coberturas	A-A	A-B	A-C	A-P	A-T	B-A	B-B	B-C	B-P	B-T	C-A	C-B	C-C	C-P	C-T	P-A	P-B	P-C	P-P	P-T	T-A	T-B	T-C	T-P	T-T
1-1	1-1-A-A	1-1-A-B	1-1-A-C	1-1-A-P	1-1-A-T	1-1-B-A	1-1-B-B	1-1-B-C	1-1-B-P	1-1-B-T	1-1-C-A	1-1-C-B	1-1-C-C	1-1-C-P	1-1-C-T	1-1-P-A	1-1-P-B	1-1-P-C	1-1-P-P	1-1-P-T	1-1-T-A	1-1-T-B	1-1-T-C	1-1-T-P	1-1-T-T
1-2	1-2-A-A	1-2-A-B	1-2-A-C	1-2-A-P	1-2-A-T	1-2-B-A	1-2-B-B	1-2-B-C	1-2-B-P	1-2-B-T	1-2-C-A	1-2-C-B	1-2-C-C	1-2-C-P	1-2-C-T	1-2-P-A	1-2-P-B	1-2-P-C	1-2-P-P	1-2-P-T	1-2-T-A	1-2-T-B	1-2-T-C	1-2-T-P	1-2-T-T
1-3	1-3-A-A	1-3-A-B	1-3-A-C	1-3-A-P	1-3-A-T	1-3-B-A	1-3-B-B	1-3-B-C	1-3-B-P	1-3-B-T	1-3-C-A	1-3-C-B	1-3-C-C	1-3-C-P	1-3-C-T	1-3-P-A	1-3-P-B	1-3-P-C	1-3-P-P	1-3-P-T	1-3-T-A	1-3-T-B	1-3-T-C	1-3-T-P	1-3-T-T
1-4	1-4-A-A	1-4-A-B	1-4-A-C	1-4-A-P	1-4-A-T	1-4-B-A	1-4-B-B	1-4-B-C	1-4-B-P	1-4-B-T	1-4-C-A	1-4-C-B	1-4-C-C	1-4-C-P	1-4-C-T	1-4-P-A	1-4-P-B	1-4-P-C	1-4-P-P	1-4-P-T	1-4-T-A	1-4-T-B	1-4-T-C	1-4-T-P	1-4-T-T
1-5	1-5-A-A	1-5-A-B	1-5-A-C	1-5-A-P	1-5-A-T	1-5-B-A	1-5-B-B	1-5-B-C	1-5-B-P	1-5-B-T	1-5-C-A	1-5-C-B	1-5-C-C	1-5-C-P	1-5-C-T	1-5-P-A	1-5-P-B	1-5-P-C	1-5-P-P	1-5-P-T	1-5-T-A	1-5-T-B	1-5-T-C	1-5-T-P	1-5-T-T
2-1	2-1-A-A	2-1-A-B	2-1-A-C	2-1-A-P	2-1-A-T	2-1-B-A	2-1-B-B	2-1-B-C	2-1-B-P	2-1-B-T	2-1-C-A	2-1-C-B	2-1-C-C	2-1-C-P	2-1-C-T	2-1-P-A	2-1-P-B	2-1-P-C	2-1-P-P	2-1-P-T	2-1-T-A	2-1-T-B	2-1-T-C	2-1-T-P	2-1-T-T
2-2	2-2-A-A	2-2-A-B	2-2-A-C	2-2-A-P	2-2-A-T	2-2-B-A	2-2-B-B	2-2-B-C	2-2-B-P	2-2-B-T	2-2-C-A	2-2-C-B	2-2-C-C	2-2-C-P	2-2-C-T	2-2-P-A	2-2-P-B	2-2-P-C	2-2-P-P	2-2-P-T	2-2-T-A	2-2-T-B	2-2-T-C	2-2-T-P	2-2-T-T
2-3	2-3-A-A	2-3-A-B	2-3-A-C	2-3-A-P	2-3-A-T	2-3-B-A	2-3-B-B	2-3-B-C	2-3-B-P	2-3-B-T	2-3-C-A	2-3-C-B	2-3-C-C	2-3-C-P	2-3-C-T	2-3-P-A	2-3-P-B	2-3-P-C	2-3-P-P	2-3-P-T	2-3-T-A	2-3-T-B	2-3-T-C	2-3-T-P	2-3-T-T
2-4	2-4-A-A	2-4-A-B	2-4-A-C	2-4-A-P	2-4-A-T	2-4-B-A	2-4-B-B	2-4-B-C	2-4-B-P	2-4-B-T	2-4-C-A	2-4-C-B	2-4-C-C	2-4-C-P	2-4-C-T	2-4-P-A	2-4-P-B	2-4-P-C	2-4-P-P	2-4-P-T	2-4-T-A	2-4-T-B	2-4-T-C	2-4-T-P	2-4-T-T
2-5	2-5-A-A	2-5-A-B	2-5-A-C	2-5-A-P	2-5-A-T	2-5-B-A	2-5-B-B	2-5-B-C	2-5-B-P	2-5-B-T	2-5-C-A	2-5-C-B	2-5-C-C	2-5-C-P	2-5-C-T	2-5-P-A	2-5-P-B	2-5-P-C	2-5-P-P	2-5-P-T	2-5-T-A	2-5-T-B	2-5-T-C	2-5-T-P	2-5-T-T
3-1	3-1-A-A	3-1-A-B	3-1-A-C	3-1-A-P	3-1-A-T	3-1-B-A	3-1-B-B	3-1-B-C	3-1-B-P	3-1-B-T	3-1-C-A	3-1-C-B	3-1-C-C	3-1-C-P	3-1-C-T	3-1-P-A	3-1-P-B	3-1-P-C	3-1-P-P	3-1-P-T	3-1-T-A	3-1-T-B	3-1-T-C	3-1-T-P	3-1-T-T
3-2	3-2-A-A	3-2-A-B	3-2-A-C	3-2-A-P	3-2-A-T	3-2-B-A	3-2-B-B	3-2-B-C	3-2-B-P	3-2-B-T	3-2-C-A	3-2-C-B	3-2-C-C	3-2-C-P	3-2-C-T	3-2-P-A	3-2-P-B	3-2-P-C	3-2-P-P	3-2-P-T	3-2-T-A	3-2-T-B	3-2-T-C	3-2-T-P	3-2-T-T
3-3	3-3-A-A	3-3-A-B	3-3-A-C	3-3-A-P	3-3-A-T	3-3-B-A	3-3-B-B	3-3-B-C	3-3-B-P	3-3-B-T	3-3-C-A	3-3-C-B	3-3-C-C	3-3-C-P	3-3-C-T	3-3-P-A	3-3-P-B	3-3-P-C	3-3-P-P	3-3-P-T	3-3-T-A	3-3-T-B	3-3-T-C	3-3-T-P	3-3-T-T
3-4	3-4-A-A	3-4-A-B	3-4-A-C	3-4-A-P	3-4-A-T	3-4-B-A	3-4-B-B	3-4-B-C	3-4-B-P	3-4-B-T	3-4-C-A	3-4-C-B	3-4-C-C	3-4-C-P	3-4-C-T	3-4-P-A	3-4-P-B	3-4-P-C	3-4-P-P	3-4-P-T	3-4-T-A	3-4-T-B	3-4-T-C	3-4-T-P	3-4-T-T
3-5	3-5-A-A	3-5-A-B	3-5-A-C	3-5-A-P	3-5-A-T	3-5-B-A	3-5-B-B	3-5-B-C	3-5-B-P	3-5-B-T	3-5-C-A	3-5-C-B	3-5-C-C	3-5-C-P	3-5-C-T	3-5-P-A	3-5-P-B	3-5-P-C	3-5-P-P	3-5-P-T	3-5-T-A	3-5-T-B	3-5-T-C	3-5-T-P	3-5-T-T
4-1	4-1-A-A	4-1-A-B	4-1-A-C	4-1-A-P	4-1-A-T	4-1-B-A	4-1-B-B	4-1-B-C	4-1-B-P	4-1-B-T	4-1-C-A	4-1-C-B	4-1-C-C	4-1-C-P	4-1-C-T	4-1-P-A	4-1-P-B	4-1-P-C	4-1-P-P	4-1-P-T	4-1-T-A	4-1-T-B	4-1-T-C	4-1-T-P	4-1-T-T
4-2	4-2-A-A	4-2-A-B	4-2-A-C	4-2-A-P	4-2-A-T	4-2-B-A	4-2-B-B	4-2-B-C	4-2-B-P	4-2-B-T	4-2-C-A	4-2-C-B	4-2-C-C	4-2-C-P	4-2-C-T	4-2-P-A	4-2-P-B	4-2-P-C	4-2-P-P	4-2-P-T	4-2-T-A	4-2-T-B	4-2-T-C	4-2-T-P	4-2-T-T
4-3	4-3-A-A	4-3-A-B	4-3-A-C	4-3-A-P	4-3-A-T	4-3-B-A	4-3-B-B	4-3-B-C	4-3-B-P	4-3-B-T	4-3-C-A	4-3-C-B	4-3-C-C	4-3-C-P	4-3-C-T	4-3-P-A	4-3-P-B	4-3-P-C	4-3-P-P	4-3-P-T	4-3-T-A	4-3-T-B	4-3-T-C	4-3-T-P	4-3-T-T
4-4	4-4-A-A	4-4-A-B	4-4-A-C	4-4-A-P	4-4-A-T	4-4-B-A	4-4-B-B	4-4-B-C	4-4-B-P	4-4-B-T	4-4-C-A	4-4-C-B	4-4-C-C	4-4-C-P	4-4-C-T	4-4-P-A	4-4-P-B	4-4-P-C	4-4-P-P	4-4-P-T	4-4-T-A	4-4-T-B	4-4-T-C	4-4-T-P	4-4-T-T
4-5	4-5-A-A	4-5-A-B	4-5-A-C	4-5-A-P	4-5-A-T	4-5-B-A	4-5-B-B	4-5-B-C	4-5-B-P	4-5-B-T	4-5-C-A	4-5-C-B	4-5-C-C	4-5-C-P	4-5-C-T	4-5-P-A	4-5-P-B	4-5-P-C	4-5-P-P	4-5-P-T	4-5-T-A	4-5-T-B	4-5-T-C	4-5-T-P	4-5-T-T
5-1	5-1-A-A	5-1-A-B	5-1-A-C	5-1-A-P	5-1-A-T	5-1-B-A	5-1-B-B	5-1-B-C	5-1-B-P	5-1-B-T	5-1-C-A	5-1-C-B	5-1-C-C	5-1-C-P	5-1-C-T	5-1-P-A	5-1-P-B	5-1-P-C	5-1-P-P	5-1-P-T	5-1-T-A	5-1-T-B	5-1-T-C	5-1-T-P	5-1-T-T
5-2	5-2-A-A	5-2-A-B	5-2-A-C	5-2-A-P	5-2-A-T	5-2-B-A	5-2-B-B	5-2-B-C	5-2-B-P	5-2-B-T	5-2-C-A	5-2-C-B	5-2-C-C	5-2-C-P	5-2-C-T	5-2-P-A	5-2-P-B	5-2-P-C	5-2-P-P	5-2-P-T	5-2-T-A	5-2-T-B	5-2-T-C	5-2-T-P	5-2-T-T
5-3	5-3-A-A	5-3-A-B	5-3-A-C	5-3-A-P	5-3-A-T	5-3-B-A	5-3-B-B	5-3-B-C	5-3-B-P	5-3-B-T	5-3-C-A	5-3-C-B	5-3-C-C	5-3-C-P	5-3-C-T	5-3-P-A	5-3-P-B	5-3-P-C	5-3-P-P	5-3-P-T	5-3-T-A	5-3-T-B	5-3-T-C	5-3-T-P	5-3-T-T
5-4	5-4-A-A	5-4-A-B	5-4-A-C	5-4-A-P	5-4-A-T	5-4-B-A	5-4-B-B	5-4-B-C	5-4-B-P	5-4-B-T	5-4-C-A	5-4-C-B	5-4-C-C	5-4-C-P	5-4-C-T	5-4-P-A	5-4-P-B	5-4-P-C	5-4-P-P	5-4-P-T	5-4-T-A	5-4-T-B	5-4-T-C	5-4-T-P	5-4-T-T
5-5	5-5-A-A	5-5-A-B	5-5-A-C	5-5-A-P	5-5-A-T	5-5-B-A	5-5-B-B	5-5-B-C	5-5-B-P	5-5-B-T	5-5-C-A	5-5-C-B	5-5-C-C	5-5-C-P	5-5-C-T	5-5-P-A	5-5-P-B	5-5-P-C	5-5-P-P	5-5-P-T	5-5-T-A	5-5-T-B	5-5-T-C	5-5-T-P	5-5-T-T

FUENTE: Autor.

7.6. Análisis de Datos

7.6.1. Análisis de Componentes Principales

Se realizó un análisis de componentes principales por tipo de ecosistema, las variables utilizadas para este fue el resultante de la resta de los índices de fragmentación mencionados en el numeral 7.4.5 para el año 2018 a los del año 2006 de cada unidad (coberturas y tamaño predial), con el fin de determinar si estos índices aumentaron o disminuyeron en el transcurso de estos años; este análisis se realiza para disminuir el número de variables, porque algunas suelen ser redundantes y generan ruido en el análisis de datos, por esto se seleccionó entre las variables correlacionadas la que aportara la mayor proporción de varianza en las dos primeras componentes.

Finalmente con las variables seleccionadas, se realizó un nuevo análisis de componentes principales para determinar gráficamente la relación de estas con las unidades espaciales analizadas.

7.6.2. Ponderación de Resultados

Para la ponderación del cambio de coberturas vegetales, se identificó son los cambios de cobertura que están generando una mayor fragmentación en el lapso del tiempo, por tanto cuando existió fragmentación por parte de coberturas vegetales se le dio el valor más alto de la ponderación y mientras este fuese menos propenso a fragmentación el valor de la ponderación es menor.

Tabla 9 Ponderación del cambio de cobertura vegetal en la cuenca del Río Cubillos.

Tipo de cambio en coberturas	Ponderación
Unidades hacia Agua	1
Unidades hacia coberturas vegetales naturales	2
Constancia en coberturas vegetales naturales	3
Constancia en cultivos	4
Unidades hacia cultivos	5

FUENTE: Autor.

En la ponderación de cambio de categoría predial, se le dio los valores más altos a las categorías prediales que presentan el área más pequeña ya que estos registraban la mayor fragmentación de coberturas, disminuyendo el valor de la ponderación conforme aumenta el área de la categoría predial.

Tabla 10 Ponderación del cambio de categoría predial en la Cuenca del Río Cubillos

Tipo de cambio de categoría predial	Ponderación
Unidades hacia Gran Propiedad	1
Unidades hacia Mediana Propiedad	2
Unidades hacia Pequeña Propiedad	3
Unidades hacia Minifundios	4
Unidades hacia Microfundios	5

FUENTE: Autor.

Al multiplicar la ponderación del cambio de cobertura vegetal con el cambio de categoría predial, nos indicaba el tipo de correlación existente, para la cual se generó intervalos según el quiebre natural de la distribución de los datos según Jenk.

Tabla 11 Rangos de correlación del cambio de cobertura vegetal con el cambio de categoría predial bajo el método de quiebres de Jenks

CORRELACIÓN	INTERVALO
Muy Baja	2 - 4
Baja	4 - 6
Media	6 - 10
Alta	10 - 16
Muy Alta	16 - 25

FUENTE: Autor.

8. RESULTADOS

A continuación se encontrarán los resultados de la siguiente manera; primero se dará el detalle general del análisis multitemporal para la Cuenca del Río Cubillos, seguido al detalle del cambio de cobertura de cada ecosistema. Posteriormente se dará el resultado del análisis multitemporal de los cambios de tamaño predial de la cuenca, y también se detallará por ecosistema. A continuación se dará el resultado del cambio de cobertura vegetal relacionado con el cambio de tamaño predial para así poder identificar si existe una relación entre estos y finalmente el análisis de componentes principales de los índices de fragmentación respecto a las unidades evaluadas también por ecosistema.

8.1 Multitemporal de Cobertura Vegetal

A rasgos generales, se encuentra que la mayor área que representa la cuenca para ambos periodos de tiempo, es la cobertura de Cultivos, seguido de los Pajonal, Bosques, turba y finalmente la menor representación sobre la cuenca ha sido los cuerpos de agua.

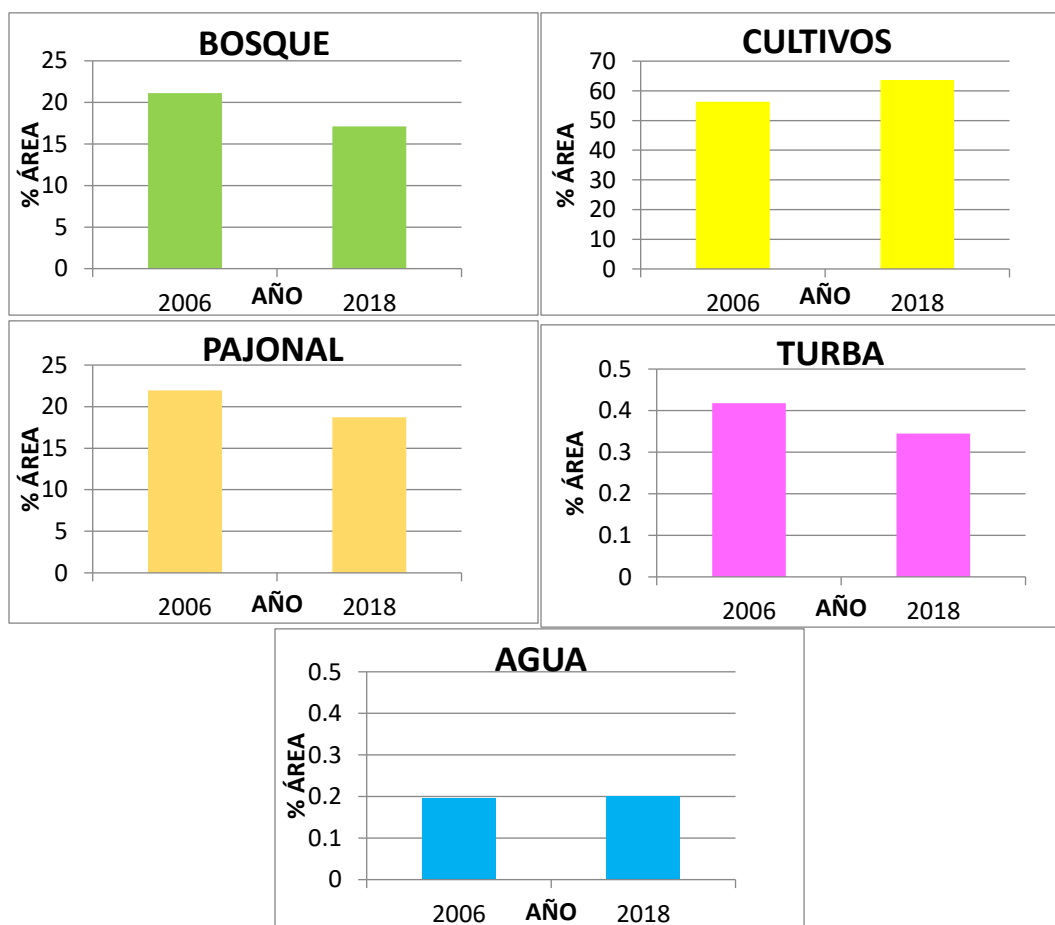


Ilustración 11 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre la Cuenca del Río Cubillos.

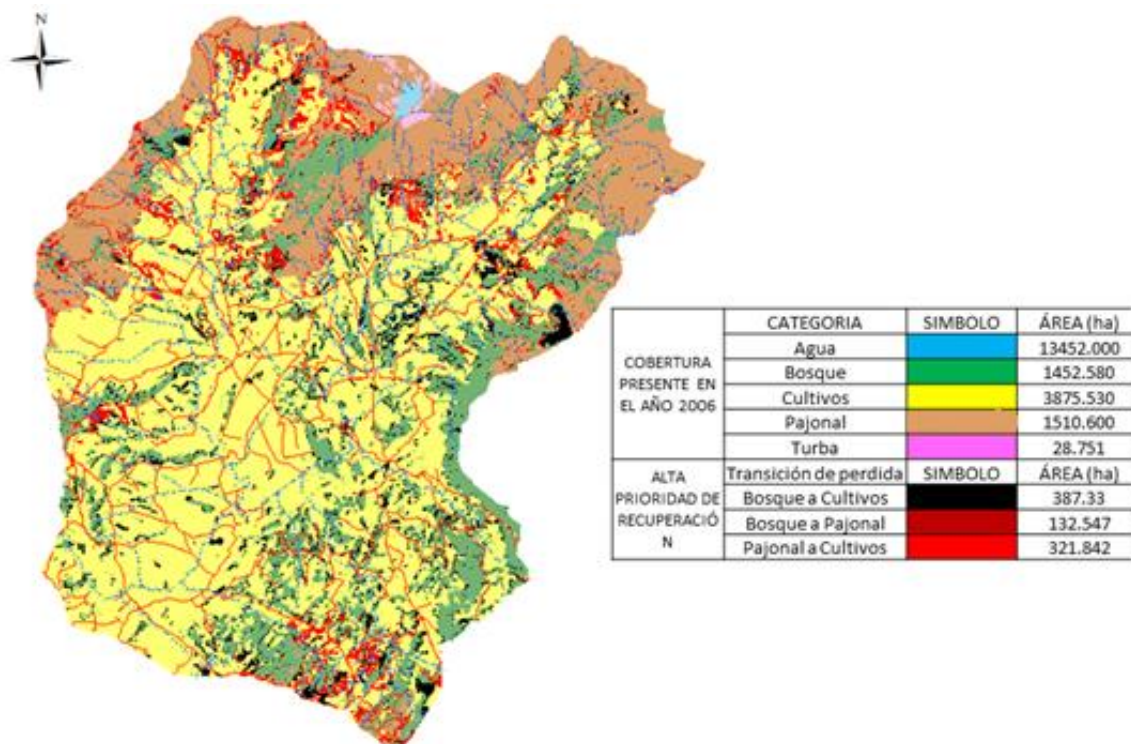
FUENTE: Autor

La cobertura que mayor cambios tuvo en este periodo, ha sido los cultivos, los cuales pasaron de representar un 56,3% de la cobertura de la cuenca a un 63,6%, ganando un total neto de 502.790 ha; el mayor aporte de cambio hacia los cultivos ha sido de los bosques, con un total 387 ha, seguido de los pajonales con un total de 321 ha.

Los Bosques es la segunda cobertura que presento mayores cambios, pero a comparación de los cultivos, los bosques presento una pérdida de 274.380 ha, pasando de representar 21,1% a 17,1%; el principal aporte fue hacia los cultivos como se mencionó anteriormente, seguido del pajonal con 132 ha; las mayores ganancias de esta cobertura ha sido por parte de los cultivos con 153 ha y los pajonales con 91 ha.

La tercera cobertura que presento mayores cambios es el pajonal; para el año 2006 representaba el 21,9 % de la cuenca, mientras que en el año 2018 representa el 18,7%, perdiendo 223.769 ha, de las mayores pérdidas pasaron a los cultivos y a los bosques, mientras que las ganancias de esta cobertura fue por parte de los bosques, posiblemente ocasionado por la tala de individuos arbóreos.

Finalmente, la cobertura Turba y agua tuvieron cambios mínimos, la turba paso de representar del 0,41% para el año 2006 al 0,34% al 2018, mientras que para el agua en el año 2006 ocupaba el 0,19% de la cuenca, en el año 2018 ocupó el 0,20%.



*Ilustración 12 cambio de cobertura vegetal para los años analizados sobre la Cuenca del Rio Cubillos.
FUENTE: Autor*

8.1.1. Bosque Alto Andino

El bosque alto andino es el ecosistema con menor área sobre la cuenca, ocupando el 9,12% (627,76 ha); las superficies de Agua y Turba no se encuentran presentes en este ecosistema, y el pajonal es la menor área para ambos periodos, mientras que la mayor es ocupada por la cobertura de cultivos

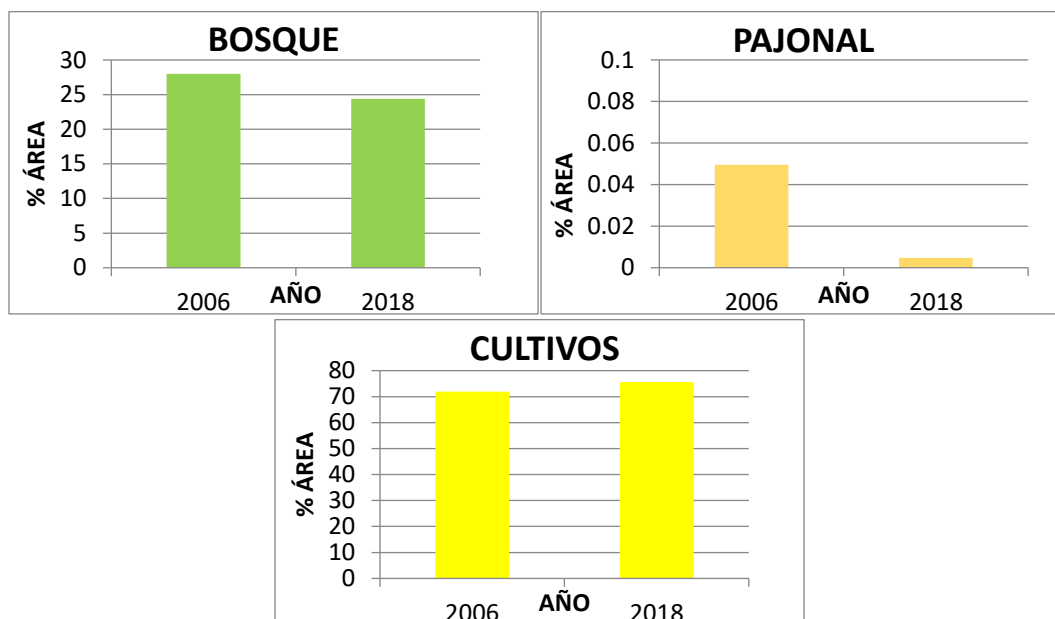
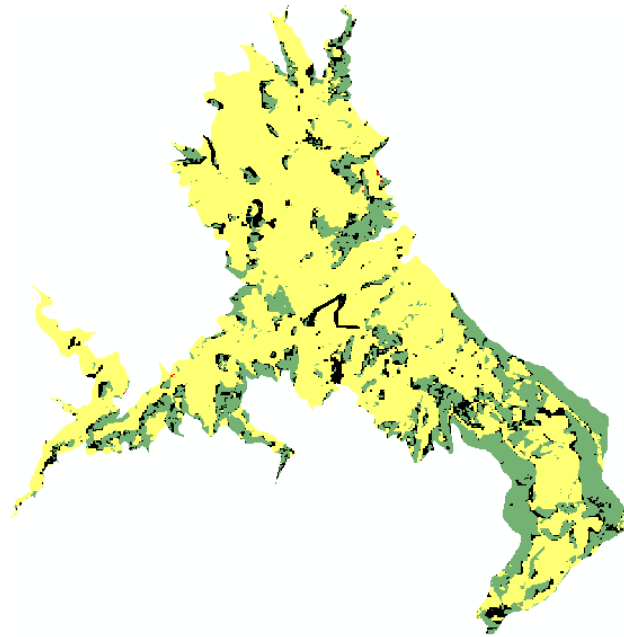


Ilustración 13 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre el ecosistema Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

El mayor incremento en este ecosistema fue de la cobertura de cultivos, con un aumento neto en 23,096 ha, pasando de representar el 6,5% (451,61 ha) al 6,8% (474,71 ha) para toda la cuenca, y del 71,9 al 75,6% en el ecosistema; de estas ganancias 50,37 ha provienen de la cobertura Bosque, la cual paso de representar el 2,5% (175,83 ha) al 2,2 % (153,01 ha) de la cuenca y del 28,0% al 24,3% para el ecosistema, pero los cultivos le generaron una ganancia de 27,4 ha.



	CATEGORIA	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
COBERTURA PRESENTE EN EL AÑO 2006	Bosque		175.834	28.010
	Cultivos		451.619	71.941
	Pajonal		0.311	0.050
ALTA PRIORIDAD DE RECUPERACIÓN	Transición de pérdida	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
	Bosque a Cultivos		50.37	8.024
	Bosque a Pajonal		0	0.000
	Pajonal a Cultivos		0.177	0.028

*Ilustración 14 Cobertura vegetal para los años analizados sobre el ecosistema Alto Andino la Cuenca del Rio Cubillos.
FUENTE: Autor*

8.1.2. Sub-Páramo

Este ecosistema es el más representativo sobre toda la cuenca, ya que abarca el 63,2% (4291,6 ha), la mayor cobertura presente son los cultivos para ambos periodos, seguida del Bosque y el pajonal, ya que la Turba y Agua tampoco encuentran presentes en este ecosistema.

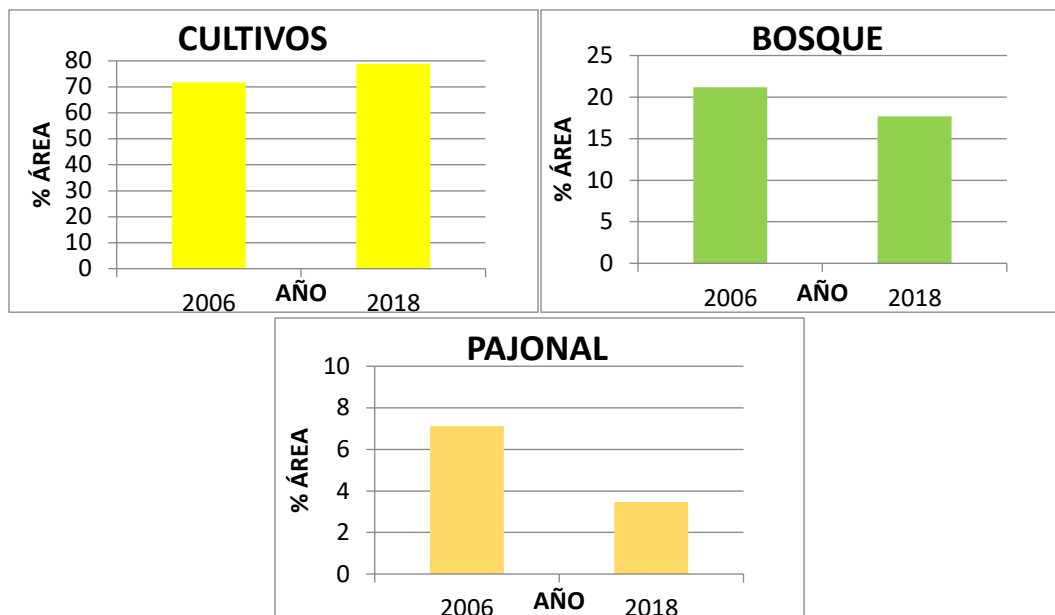
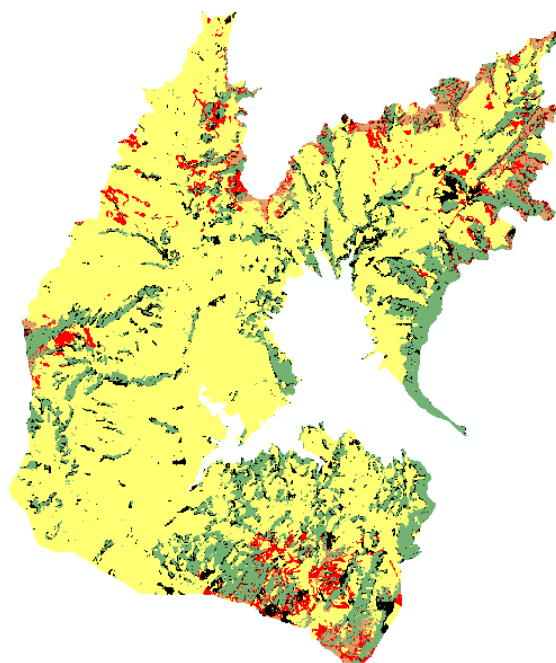


Ilustración 15 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

En este ecosistema es donde se identificó el mayor aumento de los cultivos, aumentando en 307,42 ha, de las cuales 277 ha son provenientes de los Bosques, aunque por las pérdidas de cobertura de los cultivos también en su mayoría han pasado a ser bosques con un total de 118 ha; los bosques han pasado de representar del 71,6% al 78,8% del ecosistema y del 44,7% al 49,1% del total de la cuenca.

Los pajonales también resultaron con una gran pérdida en sus coberturas, con un neto de 157,21 ha, pasando a representar el 7,1% al 3,4% de este ecosistema; sus mayores pérdidas fueron destinadas hacia los cultivos (274,2 ha).



	CATEGORIA	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
COBERTURA PRESENTE EN EL AÑO 2006	Bosque		909.193	21.185
	Cultivos		3076.642	71.689
	Pajonal		305.812	7.126
ALTA PRIORIDAD DE RECUPERACIÓN	Transición de pérdida	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
	Bosque a Cultivos		277.34	6.462
	Bosque a Pajonal		33.8413	0.789
	Pajonal a Cultivos		174.234	4.060

Ilustración 16 Cobertura vegetal para los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Rio Cubillos. FUENTE: Autor

8.1.3. Páramo

Este ecosistema representa el 28,5% (1961,5 ha) de la cuenca, siendo el segundo ecosistema más representativo; a diferencia del Bosque Alto andino y el Sub-Páramo, aquí la cobertura que prevalece es la de Pajonal, ya que es una zona de mayor conservación, seguido de los cultivos, el bosque, la Turba y el Agua, estas dos últimas exclusivas en este ecosistema para la cuenca.

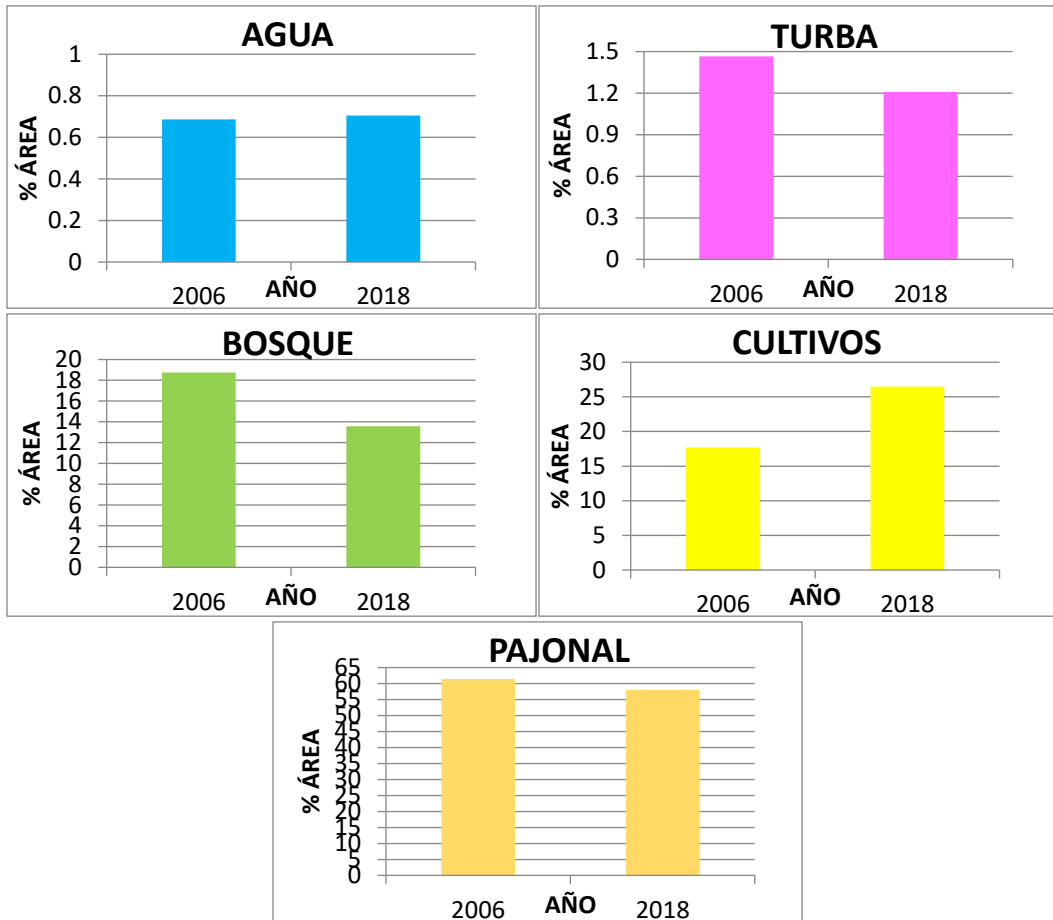
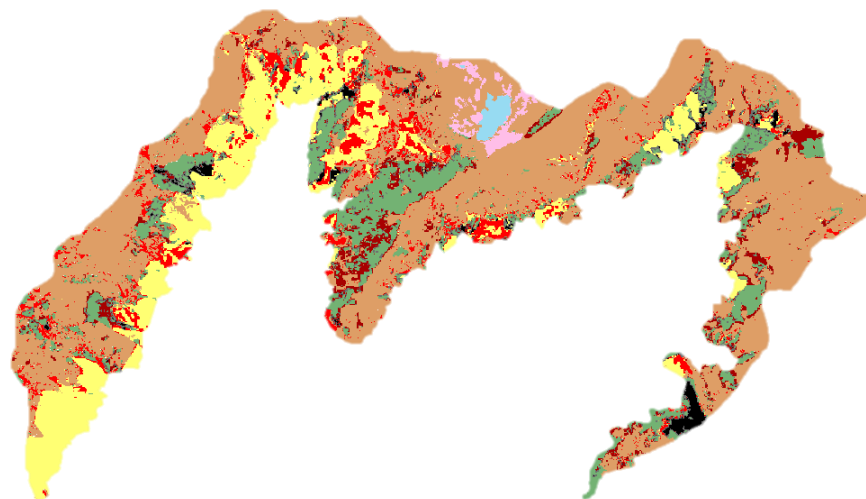


Ilustración 17 Porcentaje de cobertura vegetal en los años analizados sobre el ecosistema de Páramo en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

El pajonal perdió un total neto de 66,270 ha, pero aún sigue siendo la cobertura de mayor extensión en el ecosistema, pasando del 61,4% al 58,0% (17,5% al 16,5% para la cuenca), frente a la mayor pérdida del pajonal, pasó un total de 147 ha a formar parte de la cobertura de cultivos, mientras que la mayor ganancia proviene de los Bosques, con un total de 98 ha, lo cual puede ser ocasionado por la tala de árboles y colonización de esta cobertura.



	CATEGORIA	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
COBERTURA PRESENTE EN EL AÑO 2006	Agua		13.452	0.686
	Bosque		367.552	18.738
	Cultivos		347.267	17.704
	Pajonal		1204.480	61.406
	Turba		28.751	1.466
ALTA PRIORIDAD DE RECUPERACIÓN	Transición de perdida	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
	Bosque a Cultivos		59.62	3.040
	Bosque a Pajonal		98.7057	5.032
	Pajonal a Cultivos		147.431	7.516

*Ilustración 18 Cobertura vegetal para los años analizados sobre el ecosistema Páramo en la Cuenca del Río Cubillos.
FUENTE: Autor*

8.2. Multitemporal Tamaño Predial

EL área total de los predios (6831,62 ha) es menor que el de coberturas, ya que lugares como la ronda de los ríos no presentan propietarios. El tamaño predial con mayor representatividad sobre la cuenca del Río Cubillos para ambos periodos es la Mediana propiedad, seguido del Minifundio, Pequeña Propiedad, Microfundio y por último la Gran propiedad; siendo una constante el crecimiento de los minifundios y microfundios con el decrecimiento de la Mediana Propiedad.

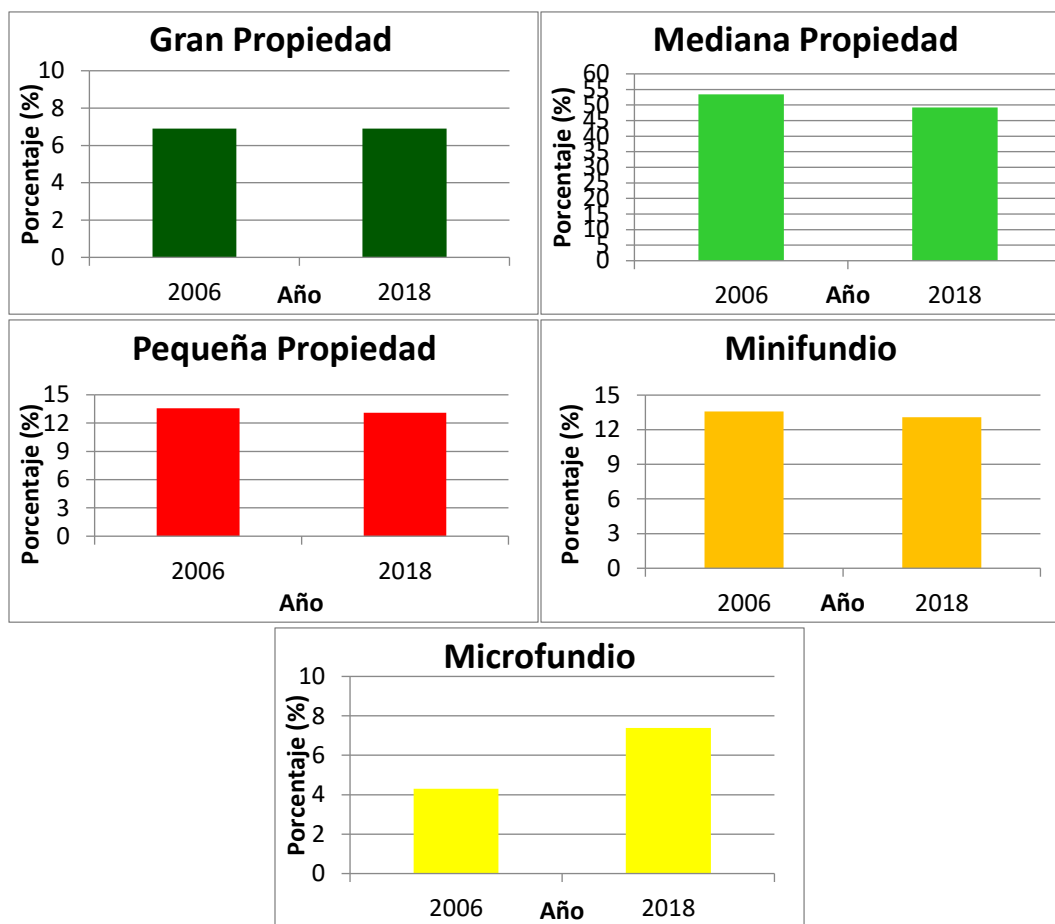


Ilustración 19 Porcentaje de Categoría Predial en los años analizados sobre la Cuenca del Río Cubillos.
FUENTE: Autor

Se identificó que la mediana propiedad es la que mayor pérdida presentó en el cambio de periodo, perdiendo un total neto de 285,5 ha, paso de representar 53,4% en el año 2006 a 49,2% para el año 2018, las mayores pérdidas fueron destinadas al tamaño predial de minifundios (196,1ha), seguido de la Pequeña propiedad (186,23 ha), mientras que las mayores ganancias fueron por parte de la Pequeña propiedad (94,72 ha). Por otro lado, el Microfundio es el tamaño predial que mayor área neta obtuvo con 211,1 ha, pasando a representar el 7,38% para el 2018 (4,2% para el 2006).

El segundo tamaño predial que mayor área neta obtuvo fue el Minifundio con 107,7 ha, representando el 23,3% sobre la cuenca en el año 2018 (21,8% para el año 2006), como se mencionó anteriormente, las mayores ganancias fueron obtenidas de la Mediana Propiedad, seguidas de la Pequeña propiedad (132 ha).

Respecto al tamaño Pequeña Propiedad, en su balance neto presentó pérdidas bajas, tan solo 33,3 ha, representando el 13,0% para el año 2018 en la cuenca (13,5% en el año 2006), de estas pérdidas la mayoría fueron hacia el Minifundio (132,0 ha).

Finalmente, el tamaño predial Gran Propiedad, fue el único que mantuvo su área en el periodo del 2006 al 2018, el cual representa el 6,9% de la cuenca (471,8 ha).

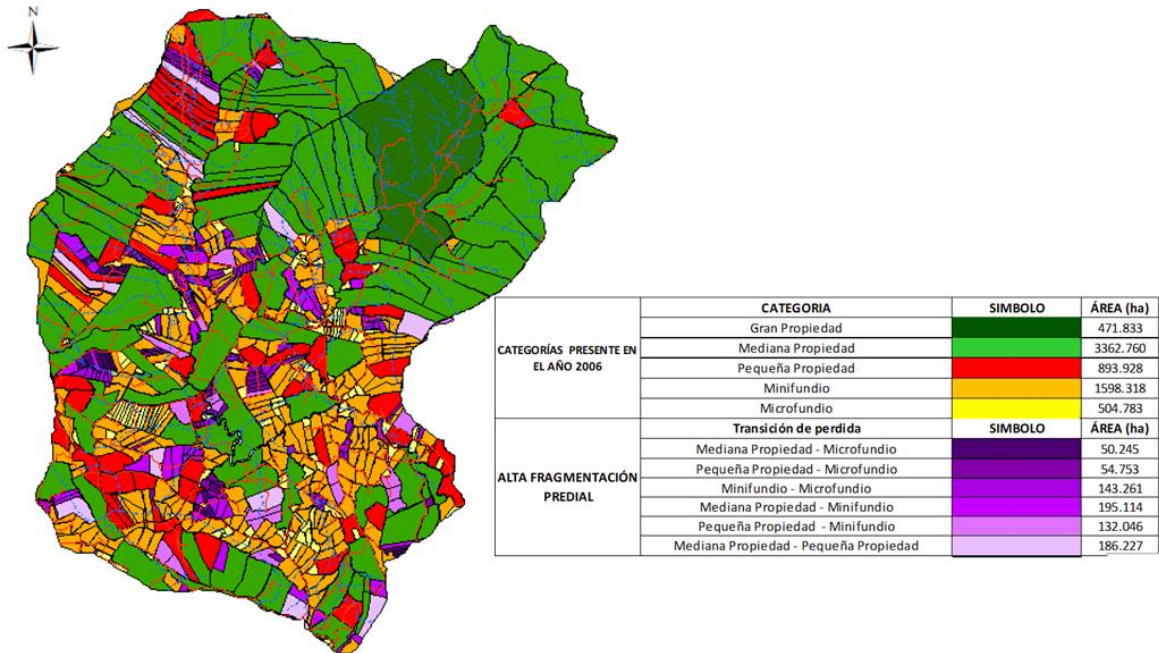


Ilustración 20 Categorías Prediales y Cambios de estas Categorías para los años analizados sobre la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

8.2.1. Bosque Alto Andino

El área total de predios sobre el bosque Alto Andino es de 608.1 ha, donde los Minifundios son los que abarcan la mayoría del área, seguido de la mediana propiedad, Pequeña Propiedad y Microfundio; en este ecosistema no se encuentra presente la Gran Propiedad.

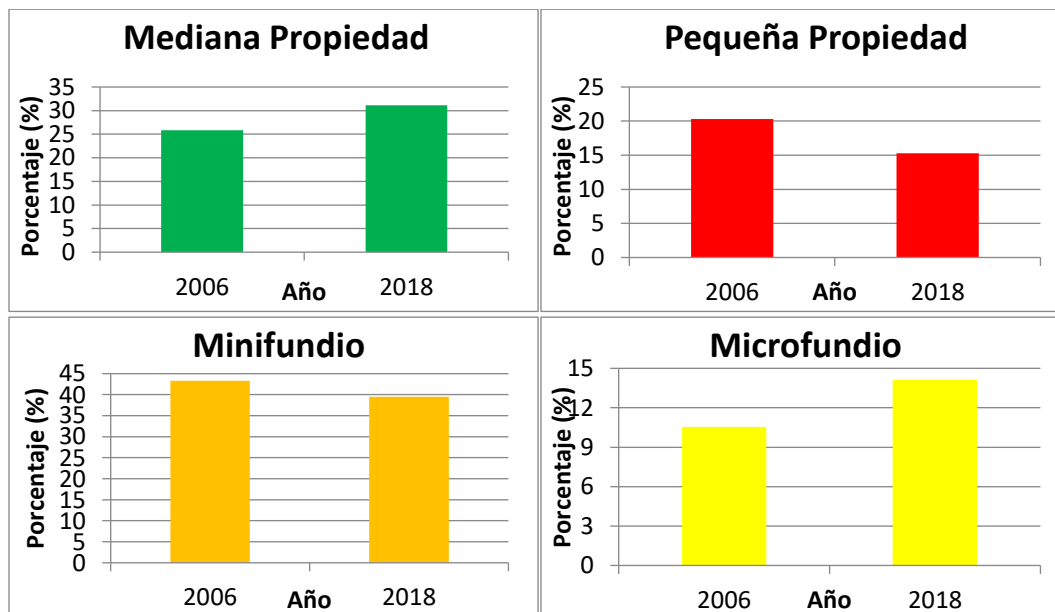
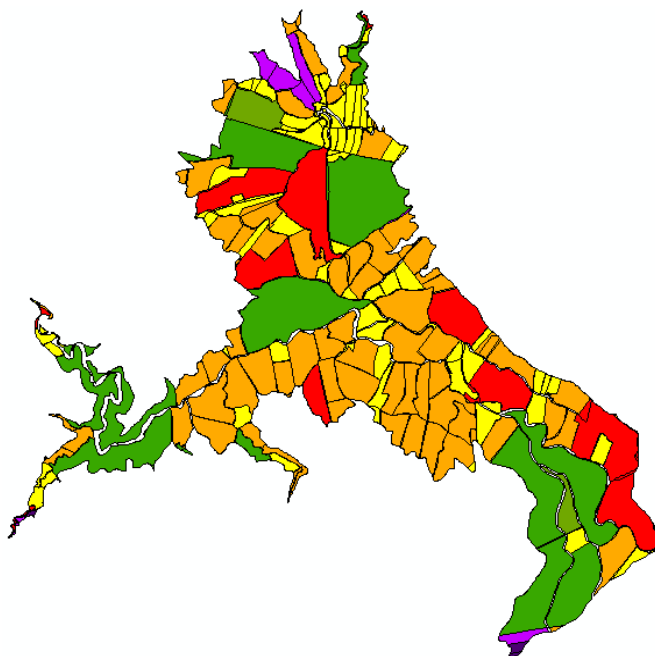


Ilustración 21 Porcentaje de cobertura de los diferentes Tamaños Prediales en los años analizados sobre el ecosistema Bosque Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

En este ecosistema el área de cambio de tamaños prediales ha sido baja; los tamaños prediales que han generado ganancias en su área ha sido la Mediana Propiedad y Microfundios; de estos, el mayor cambio sufrido ha sido por parte de la Mediana Propiedad, la cual gano un total neto de 32,1 ha, representando el 31,1% del ecosistema en el año 2018, estas ganancias provienen principalmente de la Pequeña Propiedad (33,1 ha), mientras que las mayores pérdidas se han dirigido a los Minifundios (12 ha). Por parte de los Microfundios tuvo una ganancia neta de 21,6 ha, representando el 14,1% para el ecosistema en el año 2018 (10,5% en el año 2006), las ganancias fueron generadas principalmente por los Minifundios (20,8 ha).

Las pérdidas de área neta ha sido por parte de la Pequeña Propiedad y Minifundio, el primero de estos fue el que mayor perdidas genero (30,6 ha), pasando de representar para el ecosistema del 20,3% en el año 2006 a 15,2 en el 2018, la mayoría de sus pérdidas fue hacia la Mediana Propiedad (33,1 ha); Finalmente el Minifundio, siendo el tamaño predial que mayor área abarca sobre este ecosistema, termino representando el 39,4% en el año 2018 (43,2% en el 2006), generando una pérdida neta de 23,2 ha, dadas a los Microfundios y Pequeña propiedad principalmente (20 y 12,8 ha respectivamente).



	CATEGORIA	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
CATEGORÍAS PRESENTE EN EL AÑO 2006	Mediana Propiedad		157.058	25.828
	Pequeña Propiedad		123.578	20.322
	Minifundio		263.296	43.298
	Microfundio		64.169	10.552
ALTA FRAGMENTACIÓN PREDIAL	Transición de pérdida	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
	Mediana Propiedad - Microfundio		1.621	0.267
	Pequeña Propiedad - Microfundio		4.887	0.804
	Minifundio - Microfundio		20.851	3.429
	Mediana Propiedad - Minifundio		12.803	2.105
	Pequeña Propiedad - Minifundio		5.906	0.971
	Mediana Propiedad - Pequeña Propiedad		0.180	0.030

Ilustración 22 Tamaño Predial para los años analizados sobre el ecosistema Bosque Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

8.2.2. Sub-Páramo

El área predial para este ecosistema es de 4263,5 ha; las categorías prediales que abarcan mayor área es la Mediana Propiedad, Minifundio, Pequeña Propiedad, Microfundio y Gran propiedad respectivamente.

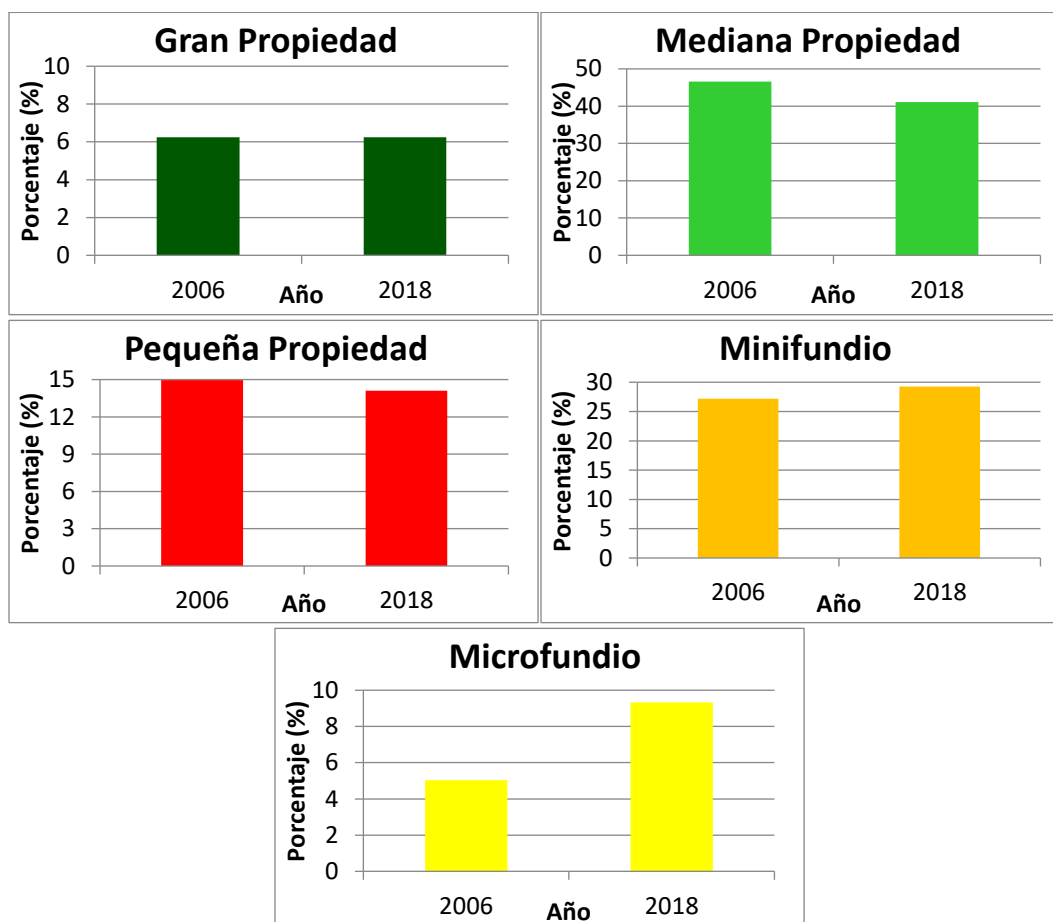


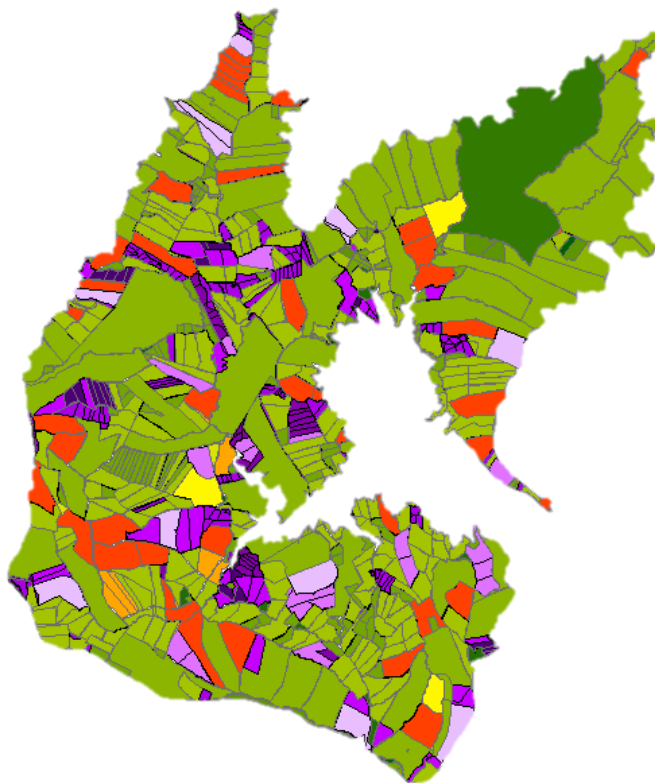
Ilustración 23 Porcentaje de cobertura de los diferentes Tamaños Prediales en los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

La Mediana Propiedad representa el 41% para el año 2018 (46,5% para el año 2006), siendo este el tamaño predial con mayores pérdidas, con un neto de 235,4 ha; las pérdidas más altas fueron dirigidas hacia los tamaños de Minifundio y Pequeña Propiedad, con 143,6 ha y 135,9 ha respectivamente; mientras que las ganancias principalmente fueron por parte de Pequeña Propiedad con 53,1 ha. La segunda propiedad con mayores pérdidas netas de área fue la Pequeña Propiedad con 36,1 ha, la cual paso a representar el 14,1% del ecosistema en el 2018 (14,9% en el 2006).

Por parte de los tamaños prediales con ganancias en su área fue los Microfundios y Minifundios; la primera con una ganancia neta de 183,091 ha, pasando de representar el

5,0% en el año 2006 al 9,3% en el 2018, provienen en su mayoría de Minifundios (122,3 ha). Para el Minifundio se generó una ganancia neta de 88,5 ha, representando así el 29,2% para este ecosistema en el año 2018 (27,1% para el 2006).

Finalmente, la Gran propiedad no presentó ningún cambio para este ecosistema, ocupando un área de 265,9 ha y representando el 6,23% del ecosistema.



	CATEGORIA	SIMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
CATEGORÍAS PRESENTE EN EL AÑO 2006	Gran Propiedad	[Verde Oscuro]	265.920	6.237
	Mediana Propiedad	[Verde Claro]	1986.633	46.596
	Pequeña Propiedad	[Rojo]	637.877	14.961
	Minifundio	[Amarillo]	1158.377	27.169
	Microfundio	[Naranja]	214.758	5.037
		Transición de pérdida	SIMBOLO	ÁREA (ha)
ALTA FRAGMENTACIÓN PREDIAL	Mediana Propiedad - Microfundio	[Verde Oscuro]	44.618	1.047
	Pequeña Propiedad - Microfundio	[Rojo]	45.667	1.071
	Minifundio - Microfundio	[Amarillo]	122.304	2.869
	Mediana Propiedad - Minifundio	[Verde Claro]	143.689	3.370
	Pequeña Propiedad - Minifundio	[Rojo]	120.570	2.828
	Mediana Propiedad - Pequeña Propiedad	[Verde Claro]	135.906	3.188

Ilustración 24 Tamaño Predial para los años analizados sobre el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos.
FUENTE: Autor

8.2.3. Páramo

El total de cobertura predial sobre este ecosistema, abarca las 1959,9 ha, representando el 28,6% de la cuenca del Río Cubillos; El tamaño predial con mayor área sobre este ecosistema en ambos periodos, es la Mediana propiedad, representando el 76,7% para el año 2006 y el 72,5% para el 2018, seguida de la Gran Propiedad (10,5% para el año 2006 y

el 2018), Pequeña Propiedad (8,4% para el año 2006 y 10,1% para el 2018), Minifundio (3,5% para el año 2006 y 5,6% para el 2018) y Microfundio (0,7% para el año 2006 y 10,0% para el 2018) respectivamente.

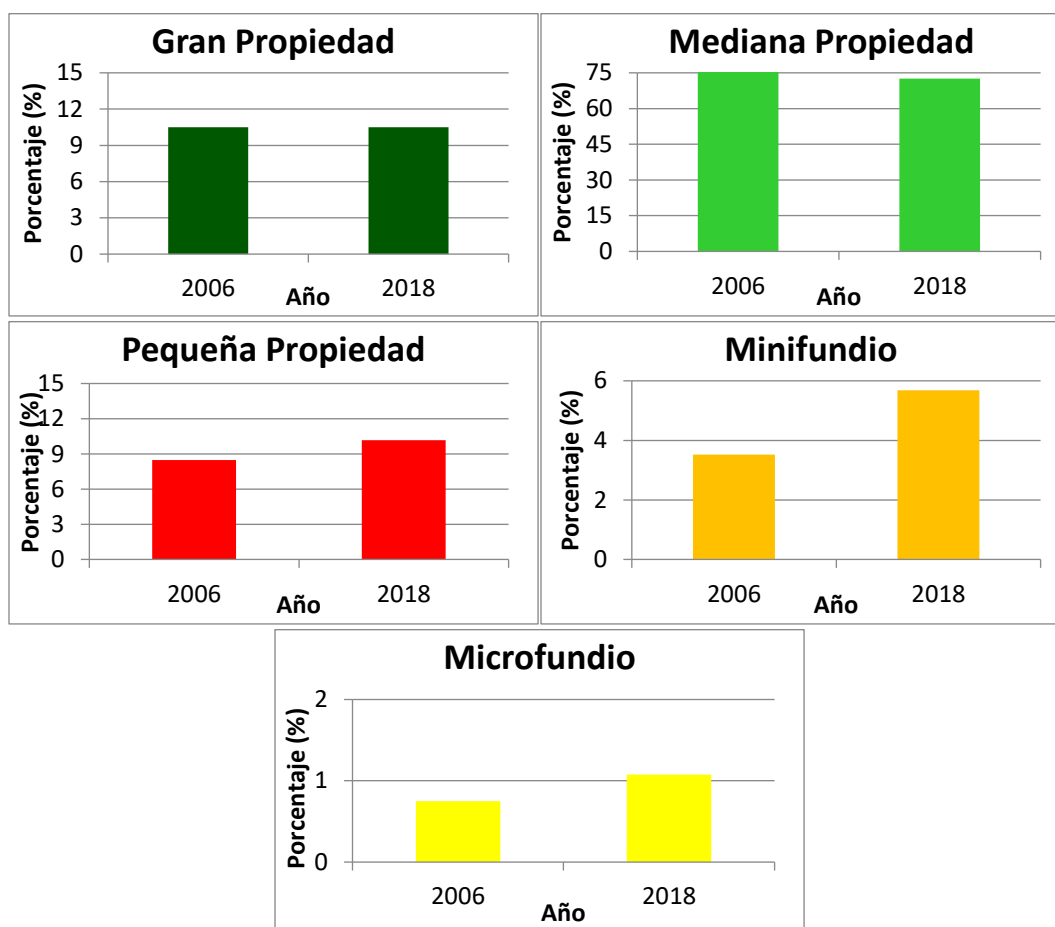
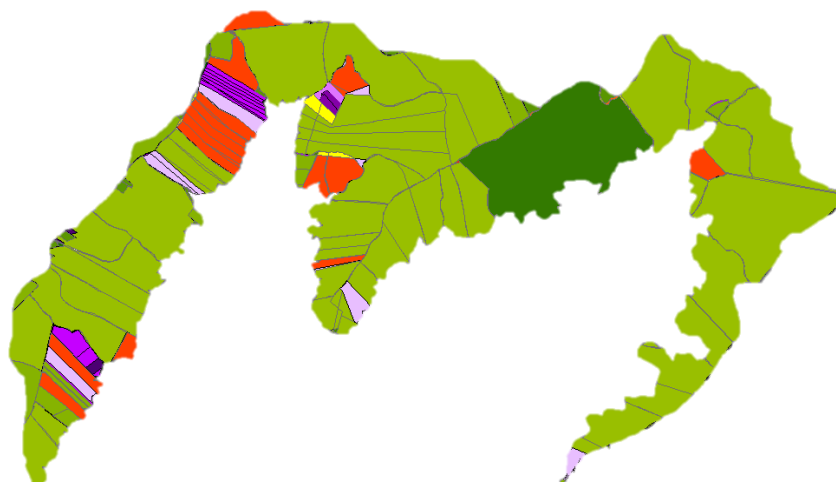


Ilustración 25 Porcentaje de cobertura de los diferentes Tamaños Prediales en los años analizados sobre el ecosistema Páramo en la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

El mayor cambio del tamaño predial sobre el ecosistema, fue aportado por la mediana propiedad, siendo este tamaño predial el único que generó pérdidas en su área; obtuvo una pérdida neta de 82,2 ha, de las cuales en su mayoría fueron destinadas a la Pequeña Propiedad (50 ha) y los Minifundios (38 ha), mientras que las ganancias fueron aportadas por la Pequeña propiedad principalmente (8 ha).

Respecto a las ganancias de área, la categoría predial Minifundios presentó la mayor ganancia con un neto de 42,4 ha (aportada por la Mediana Propiedad como se indicó anteriormente), seguido de la Pequeña Propiedad con una ganancia neta de 33,3 ha y finalmente Microfundios con un neto de 6,3 ha. Esto nos indica que para el ecosistema Páramo, la constante es la subdivisión de la mediana propiedad, dirigiéndose esta a los tamaños prediales de área baja (Minifundios y Microfundios).

El tamaño predial Gran Propiedad, al igual que en el ecosistema Sub-Páramo, se mantuvo su cobertura, con 205,9 ha representando el 10,5% del ecosistema Páramo para ambos años evaluados.



CATEGORÍAS PRESENTE EN EL AÑO 2006	CATEGORIA	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
		Gran Propiedad		205.913
	Mediana Propiedad		1504.578	76.766
	Pequeña Propiedad		165.823	8.461
	Minifundio		68.928	3.517
	Microfundio		14.714	0.751
ALTA FRAGMENTACIÓN PREDIAL	Transición de pérdida	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA
	Mediana Propiedad - Microfundio		4.006	0.204
	Pequeña Propiedad - Microfundio		4.200	0.214
	Minifundio - Microfundio		0.106	0.005
	Mediana Propiedad - Minifundio		38.623	1.971
	Pequeña Propiedad - Minifundio		5.570	0.284
	Mediana Propiedad - Pequeña Propiedad		50.141	2.558

Ilustración 26 Tamaño Predial para los años analizados sobre el ecosistema Páramo en la Cuenca del Río Cubillos.
FUENTE: Autor

8.3. Relación Entre el Cambio de Coberturas Vegetales y Cambio de Tamaño Predial

Para las categorías prediales, la mayor representatividad sobre su área por parte de la cobertura cultivos; la mayor representatividad es en la categoría predial Minifundios con 77,2% (1150,7 ha) para el año 2006 y 80,52% (1286,8 ha) para el 2018; mientras que el menor porcentaje de cultivos en sus áreas prediales es la Gran Propiedad con 41,08% (193,8 ha) en el 2006, incluso en este año la mayor representatividad fue de la cobertura Pajonal con 44,4% (209,5 ha), finalmente para el 2018 aumento la cobertura cultivos, generando que sea la más representativa para este año, llegando al 48,04 (226,6 ha).

Se observa la tendencia que entre menor es el tamaño predial mayor es el porcentaje de cultivos; Situación contraria a coberturas vegetales naturales como el Pajonal, teniendo la mayor representatividad en tamaños prediales más grandes, es decir, en la Gran Propiedad con el 44,4% (209.5 ha) para el 2006 y 42,0% (198,3 ha) para el 2018; mientras que el menor porcentaje de cobertura vegetal natural es para los Microfundios, al cual le representa un 7,7% (22,62 ha) de su área para el año 2006 y 3,22% (16,26 ha) para el 2018.

Los cultivos también es la cobertura que en mayor medida aumento la representatividad sobre las categorías prediales en el lapso de tiempo; el mayor aumento fue para los Microfundios, donde los cultivos le representaban el 74,0% (217,3 ha) 2006 y paso a

representar el 82,52% (416,4 ha). Mientras que los menores cambios de coberturas se encuentra en la categoría predial Mediana Propiedad, donde el agua tuvo un aumento neto de su representatividad en 0,04% (0,38 ha) y la turba disminuyo un 0,05% (3 ha).

Tabla 12 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados para la cuenca del Río Cubillos.

Categoría Predial	Cobertura (ha) 2006					Cobertura (ha) 2018				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	68,06	193,82	209,5	0,45	-	46,75	226,65	198,39	0,05
MEDIANA PROPIEDAD	13,45	866,41	1637,82	1103,97	26,62	13,83	653,68	1757,32	915,22	22,70
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	199,25	637,49	90,53	-	-	149,46	649,28	95,18	-
MINIFUNDIO	-	258,15	1150,73	80,05	1,67	-	249,96	1286,89	59,96	1,50
MICROFUNDIO	-	53,65	217,37	22,62	-	-	71,97	416,47	16,26	-
Categoría Predial	Cobertura (%)					Cobertura (%)				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	14,42	41,08	44,40	0,10	-	9,91	48,04	42,05	0,01
MEDIANA PROPIEDAD	0,37	23,75	44,89	30,26	0,73	0,41	19,44	52,26	27,22	0,68
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	21,49	68,75	9,76	-	-	16,72	72,63	10,65	-
MINIFUNDIO	-	17,32	77,20	5,37	0,11	-	15,64	80,52	3,75	0,09
MICROFUNDIO	-	18,27	74,03	7,70	-	-	14,26	82,52	3,22	-

FUENTE: Autor

La constante es que las mayores áreas son Tamaños Prediales y Coberturas Vegetales que mantienen sus características, como es el caso del 2-2-A-A manteniendo el 94,2% (12,6 ha), el 4-4-C-C con el 79,7% (917,4 ha), 4-4-T-T con 78,5% (1,3 ha) y 2-2-C-C con 77,8% (1274,4 ha); los menores porcentajes que se mantienen son por parte de 4-4-P-P con el 39,2% (31,4 ha) y el 3-3-B-B con el 43,5% (86,7ha). Aunque también los tamaños prediales que se mantienen en la misma categoría, presentan elevados cambios de cobertura; los mayores cambios son dados en B-C (Bosque – Cultivos), como ocurre en 5-5, perdiendo el 32,2% de la cobertura Bosques presentes en su categoría a cultivos (17,2 ha) y 4-4 con 29,3% (75,8 ha); mientras que la menor perdida de B-C es de 2-2, con el 19,5% (169,6 ha). Respecto a estos tamaños prediales constantes y que obtuvieron una ganancia de cobertura vegetal natural en los bosques, especialmente es por parte de cultivos (C-B), el mayor es dado por 2-2 perdiendo el 3,9% de cultivos (64,6 ha); mientras que la recuperación de pajonal por parte de cultivos (C-P) en las áreas de la categoría predial 1-1 perdiendo 5,5% de cultivos (10,7 ha).

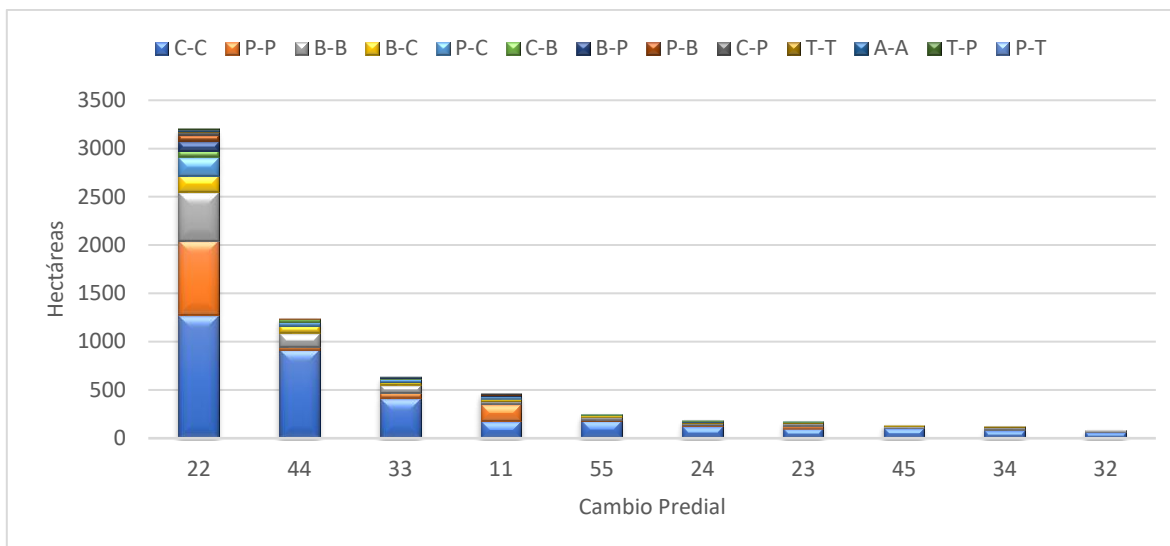


Ilustración 27 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y como C-C: cultivos a cultivos, P-P pajonal a pajonal, B-B: bosque a bosque, B-C: bosque a cultivos, P-C: pajonal a cultivos, C-B: cultivos a bosque, B-P: bosque a pajonal, P-B: pajonal a bosque, C-P: cultivos a pajonal, T-T: turba a turba, A-A: agua a agua, T-P: Turba a pajonal y P-T: pajonal a turba. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 22: Mediana propiedad a mediana propiedad, 44: minifundio a minifundio, 33: pequeña propiedad a pequeña propiedad, 11: gran propiedad a gran propiedad, 55: microfundio a microfundio, 24: mediana propiedad a minifundio, 23: mediana propiedad a pequeña propiedad, 45: minifundio a microfundio, 34: pequeña propiedad a minifundio y 32: pequeña propiedad a mediana propiedad.

FUENTE: Autor

Frente a la relación de cambios de categoría predial y de cobertura vegetal, se encontraron varias relaciones; la primera de estas es frente al cambio predial 2-4 (Mediana Propiedad – Minifundios), presentando los mayores cambios de la cobertura (32,8 ha), de los cuales 11,9 ha fueron P-C (Pajonal a Cultivo) y 9,7 ha fue B-C; mientras que la menor área fue hacia la recuperación de la cobertura vegetal, como C-P con 1,36 ha y C-B (Cultivo a Bosque) con 5,2 ha.

El segundo con mayor cambio de cobertura vegetal fue el cambio predial 2-3 (Mediana Propiedad – Pequeña Propiedad) con un cambio de coberturas de 30,8 ha, en su mayoría fue de B-C (11,9 ha) y P-C (6,7 ha); también sucede que los menores cambios son C-P (2,8 ha) y C-B (0,9 ha).

Finalmente en los cambios de cobertura vegetal más altos, también se encuentra el cambio predial 4-5 (Minifundios – Microfundios) y 3-4 (Pequeña Propiedad – Minifundios), el primero con un total de 19,5 ha, mientras que para el segundo de 19,0 ha; para ambos el mayor cambio de cobertura en B-C con 11,7 ha y 11,1 ha respectivamente.

Por otro lado, los menores cambios de coberturas vegetal por parte del cambio predial, fue de 5-3 con 0,4 ha y 5-2 con 1,6 ha, teniendo en común que los cambios en su mayoría han sido B-C en bajas proporciones, con 0,1 ha y 0,5 ha respectivamente, pero el segundo cambio con valores más altos para estos cambios prediales, es la recuperación de la cobertura vegetal natural, específicamente C-B con 0,16 ha y 0,11 ha respectivamente.

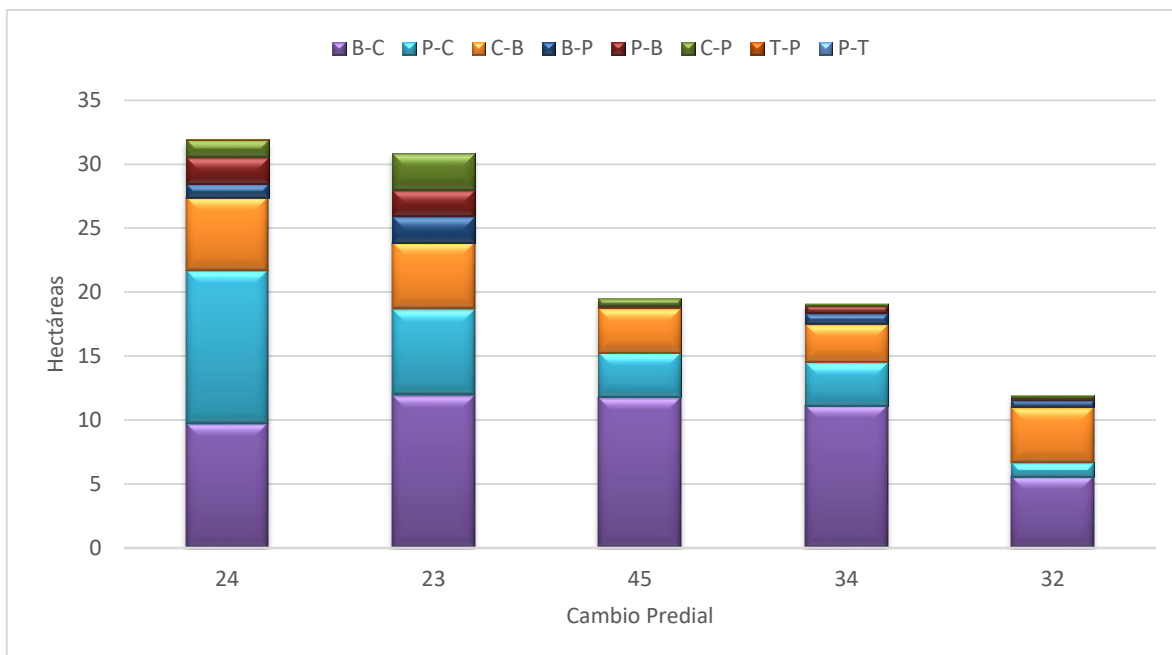


Ilustración 28 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y con B-C: bosque a cultivos, P-C: pajonal a cultivos, C-B: cultivos a bosque, B-P: bosque a pajonal, P-B: pajonal a bosque, C-P: cultivos a pajonal, T-P: Turba a pajonal y P-T: pajonal a turba. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 24: mediana propiedad a minifundio, 23: mediana propiedad a pequeña propiedad, 45: minifundio a microfundio, 34: pequeña propiedad a minifundio y 32: pequeña propiedad a mediana propiedad.

FUENTE: Autor

8.3.1. Bosque Alto Andino

Este es el segundo ecosistema con mayores porcentajes de la cobertura Cultivos en las categorías prediales, esta representatividad de cultivos es inversamente proporcional al tamaño predial, por consiguiente, en la mediana propiedad la menor área es de cultivos, representando el 67,8% (106,5 ha) para el año 2006 y 70,9 (134,2 ha) para el 2018; mientras que la mayor representatividad de cultivos la tiene la categoría predial Microfundios, con un 76,7% (49,23 ha) para el 2006 y 82,8% (71,14 ha) para el 2018. Caso contrario ocurre en las coberturas naturales Bosques y Pajonales, donde la mayor representatividad de estas coberturas se encuentran en los tamaños prediales más grandes, como en la mediana propiedad, en la cual los bosques representa en su área un 32% (50,2 ha) para el año 2006 y 29,04% (54,9 ha) para el 2018; mientras que los microfundios un 23,2% (14,9 ha) para el año 2006 y 17,1% (14,7 ha) para el 2018.

Los mayores cambios netos de coberturas vegetales en las categorías prediales del 2006 al 2018, es dado por el aumento de los cultivos, el mayor aumento de área es en la categoría Microfundios, donde los cultivos aumento su representatividad en un 6,14% (21,9 ha); mientras que el menor cambio neto fue por parte de la cobertura Pajonal debido a su baja representatividad en este ecosistema, donde en los Minifundios y Mediana Propiedad perdió en su representatividad un 0,03% (0,07 ha) y 0,21% (0,14 ha) respectivamente.

Tabla 13 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados en el ecosistema Alto Andino de la cuenca del Río Cubillos.

Categoría Predial	Cobertura (ha) 2006					Cobertura (ha) 2018				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIANA PROPIEDAD	-	50,26	106,57	0,23	-	-	54,95	134,27	0,02	-
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	36,17	87,41	-	-	-	24,46	68,50	-	-
MINIFUNDIO	-	70,33	192,89	0,08	-	-	56,00	184,00	0,01	-
MICROFUNDIO	-	14,93	49,24	-	-	-	14,71	71,14	-	-
Categoría Predial	Cobertura (%)					Cobertura (%)				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIANA PROPIEDAD	-	32,00	67,85	0,15	-	-	29,04	70,95	0,01	-
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	29,27	70,73	-	-	-	26,31	73,69	-	-
MINIFUNDIO	-	26,71	73,26	0,03	-	-	23,33	76,66	0,00	-
MICROFUNDIO	-	23,27	76,73	-	-	-	17,13	82,87	-	-

FUENTE: Autor

Como es la constante, las mayores áreas corresponden a los sistemas que mantienen sus características, ya que también son los más representativos en este ecosistema; el tamaño predial que mayor porcentaje de cobertura C-C mantuvo fue los 5-5 con el 88,0% (43,3 ha) y el menor fue 3-3 con 61,0% (53,3 ha); para los B-B el predio que mayor porcentaje mantuvo fue 2-2 con 71,7% (36,0 ha) y el menor 55 con el 52,7% (7,8 ha).

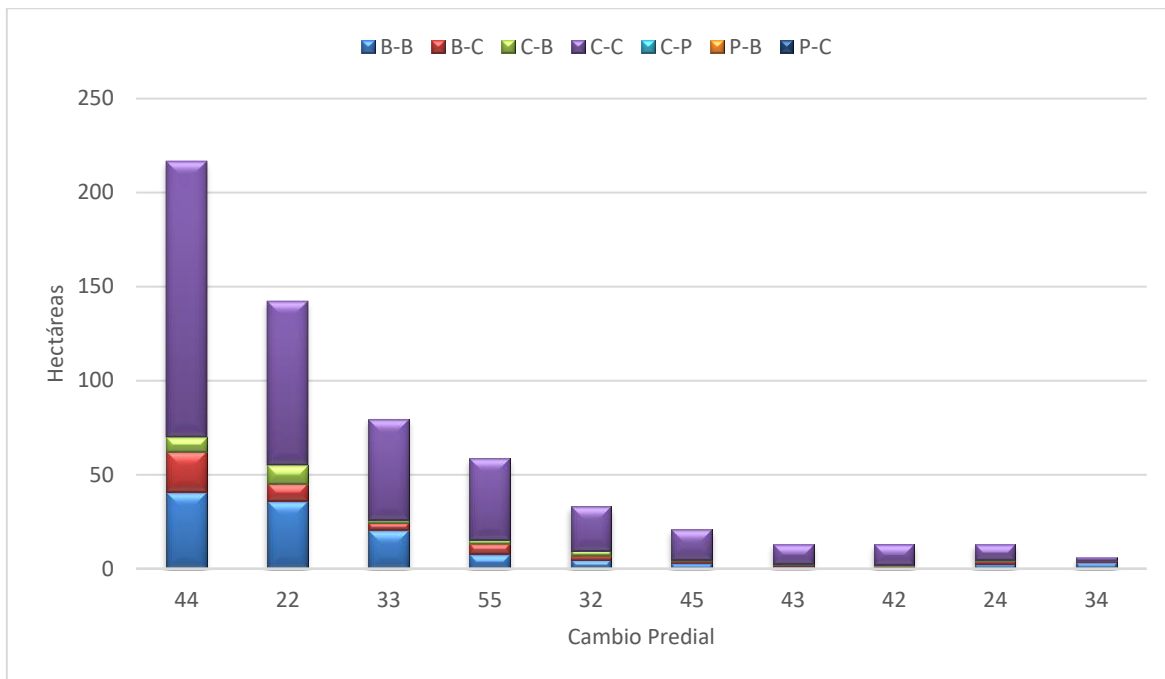


Ilustración 29 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en el ecosistema Bosque Alto Andino sobre la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y como B-B: bosque a bosque, B-C: bosque a cultivos, C-B: cultivos a bosque, C-C: cultivos a cultivos, C-P: cultivos a pajonal, P-B: pajonal a bosque y P-C: pajonal a cultivos. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 44: minifundio a minifundio, 22: Mediana propiedad a mediana propiedad, 33: pequeña propiedad a pequeña propiedad, 55: microfundio a microfundio, 32: pequeña propiedad a mediana, 45: minifundio a microfundio, 43: Minifundio a pequeña propiedad, 42: Minifundio a mediana propiedad 24: mediana propiedad a minifundio y 34: pequeña propiedad a minifundio,

FUENTE: Autor

Las categorías prediales mantienen su categoría, fueron las que generaron mayor cambio en su cobertura, siendo el mayor cambio B-C para todos, la más alta es para 5-5 perdiendo el 36,5% de su cobertura de Bosques (5,4 ha) y la más baja 3-3 con el 10,5% (3,8 ha); por otro lado, la mayor recuperación de cobertura la cobertura natural es por C-B, en la categoría predial 2-2, perdiendo el 9,7% de cultivos (9,7 ha).

En la relación de cambios de categoría predial y cambio de cobertura, se encontró que al pasar de una categoría con área pequeña a una de mayor área, es mayor las ganancias de los bosques que la perdida, por ejemplo el caso 3-2 donde en C-B genero un aumento de 2,9 ha y para B-C aumento 1,7 ha. Mientras que la categoría predial que pasa a un área menor, se encontró mayores cambios en B-C, como es el caso de 4-5, con un total de 1,4 ha, mientras que C-B solo genero 0,4 ha.

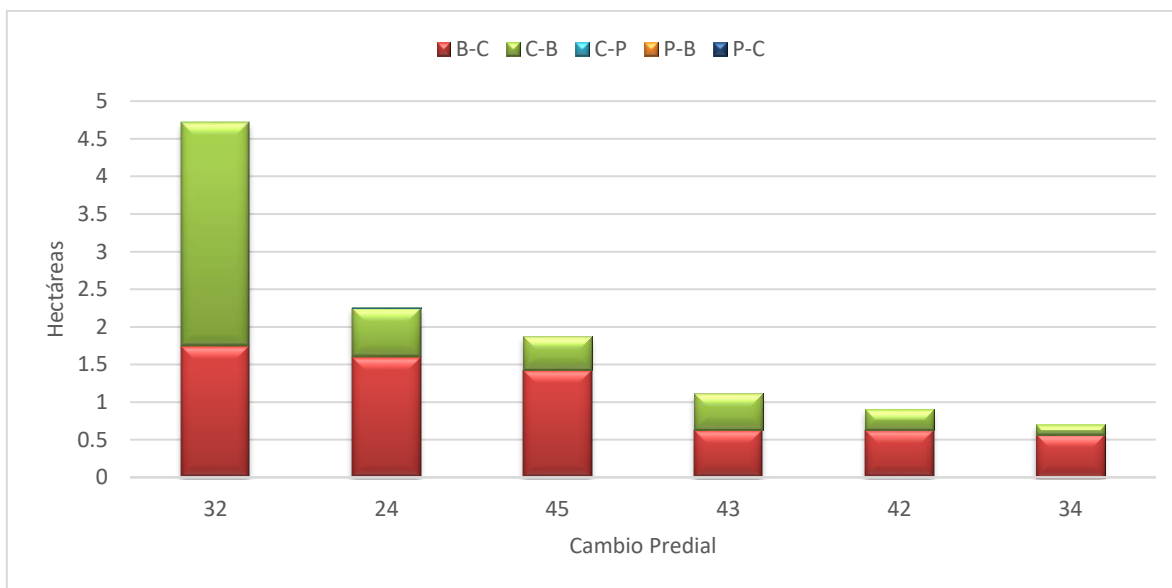


Ilustración 30 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en el ecosistema Alto Andino en la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y como B-C: bosque a cultivos, C-B: cultivos a bosque, C-P: cultivos a pajonal, P-B: pajonal a bosque y P-C: pajonal a cultivos. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 32: pequeña propiedad a mediana, 24: mediana propiedad a minifundio, 45: minifundio a microfundio, 43: Minifundio a pequeña propiedad, 42: Minifundio a mediana propiedad y 34: pequeña propiedad a minifundio, FUENTE: Autor

8.3.2. Sub-Páramo

En este ecosistema, como es la constante, la mayor representatividad de área en las categorías prediales es por parte de la cobertura cultivos, y como ocurre en el ecosistema Alto Andino, entre menor es el tamaño predial, mayor es la representatividad de esta cobertura; como es el caso de los Minifundios y Microfundios, donde los cultivos les representan el 80,8% (936,7 ha) y 77,7% (166,8 ha) para el año 2006, mientras que para el 2018 representa el 84,4% (1052,8 ha) y 85,4% (339,8 ha) respectivamente; mientras que para las coberturas vegetales naturales entre mayor sea el tamaño predial, también tendrá las mayores coberturas, como en la Gran Propiedad y la Mediana Propiedad, donde los Pajonales les representan para el año 2006 el 15,2% (40,5 ha) y 9,5%. (189,03 ha), mientras que para el año 2018 les represento el 12,7% (34,0 ha) y 4,9% (87,4 ha).

El mayor cambio neto de coberturas vegetales sobre las áreas de las categorías prediales del año 2006 al 2018, sigue siendo por parte del aumento de la representatividad de los cultivos; el mayor cambio neto fue el aumento de estos cultivos en el área de Microfundios, aumentando 172 ha, aumentando un 7,7% su representatividad en esta categoría; finalmente las menores perdidas es por parte de la Gran Propiedad, perdiendo 6,5 ha de Pajonal, es decir, perdió el 2,4% de la representatividad de Pajonal en la gran propiedad.

Tabla 14 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados en el ecosistema Sub-Páramo de la cuenca del Río Cubillos.

Categoría Predial	Cobertura (ha) 2006					Cobertura (ha) 2018				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	50,5362	174,865	40,5246	-	-	31,7511	200,162	34,0067	-
MEDIANA PROPIEDAD	-	503,51	1294,10	189,03	-	-	388,18	1275,48	87,45	-
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	135,37	481,55	20,9574	-	-	106,53	483,46	11,755904	-
MINIFUNDIO	-	179,71	936,74	41,90	-	-	182,95	1052,84	11,08	-
MICROFUNDIO	-	37,3723	166,875	10,5114	-	-	53,256157	339,808107	4,771538	-
Categoría Predial	Cobertura (%)					Cobertura (%)				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	19,00	65,76	15,24	-	-	11,94	75,27	12,79	-
MEDIANA PROPIEDAD	-	25,34	65,14	9,52	-	-	22,17	72,84	4,99	-
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	21,22	75,49	3,29	-	-	17,70	80,34	1,95	-
MINIFUNDIO	-	15,51	80,87	3,62	-	-	14,67	84,44	0,89	-
MICROFUNDIO	-	17,40	77,70	4,89	-	-	13,39	85,41	1,20	-

FUENTE: Autor

En este ecosistema, siguen siendo las mayores áreas las que mantienen su categoría predial y tipo de cobertura, como el 1-1-C-C Manteniendo el 94,0% de su cobertura (164,3 ha), 5-5-C-C con el 82,8% (138,2 ha) y 4-4-C-C con el 80,1% (750,7 ha); para el caso de los bosques que mantienen su cobertura es menor el porcentaje, siendo mayor para 2-2-B-B con el 58% (296,7 ha) y el 4-4-B-B con 54,2% (97,4 ha).

Los cambios representativos de cobertura vegetal, son relacionados a las categorías prediales que mantienen su categoría, principalmente las de áreas más bajas, donde la categoría 4-4 y 5-5, presentaron los mayores cambios, las cuales fueron para P-C, cambiando su cobertura original para estos tamaños prediales en un 60,7% (25,5 ha) y 54,3% (5,71 ha).

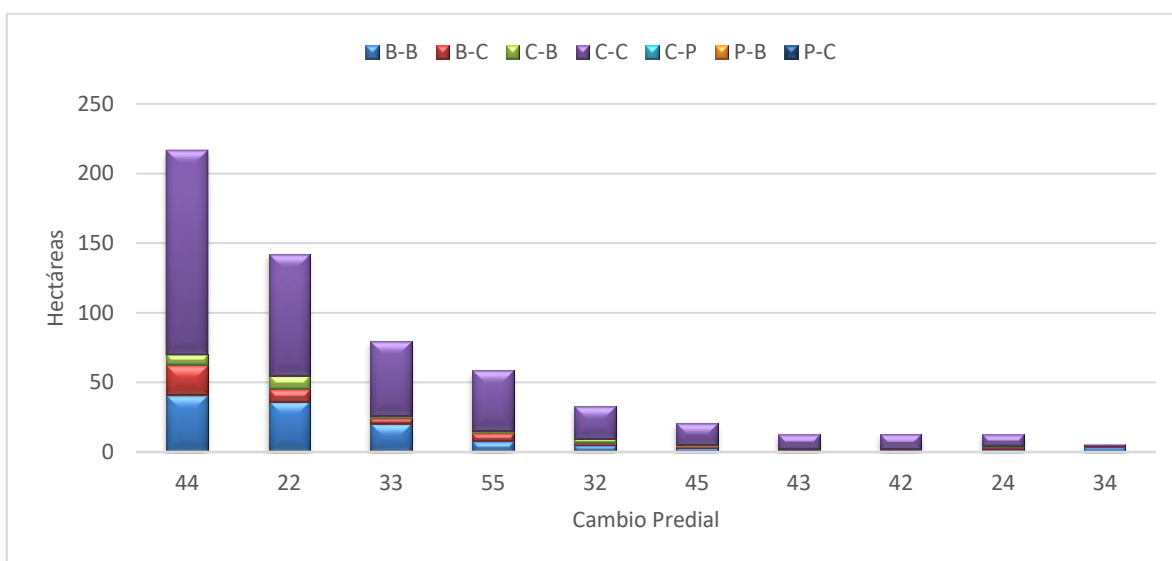


Ilustración 31 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en el ecosistema Sub-Páramo sobre la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y como B-B: bosque a bosque, B-C: bosque a cultivos, C-B: cultivos a bosque, C-C: cultivos a cultivos, C-P: cultivos a pajonal, P-B: pajonal a bosque y P-C: pajonal a cultivos. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 44: minifundio a minifundio, 22: Mediana propiedad a mediana propiedad, 33: pequeña propiedad a pequeña propiedad, 55: microfundio a microfundio, 32: pequeña propiedad a mediana propiedad, 45: minifundio a microfundio, 43: Minifundio a pequeña propiedad, 42: minifundio a mediana propiedad, 24: mediana propiedad a minifundio y 34: pequeña propiedad a minifundio.

FUENTE: Autor

Específicamente donde se encontró simultáneamente cambios de cobertura vegetal y predial, se observa que los mayores cambios de cobertura son por parte de las categorías prediales que pasan a ser de menor área, y en estas el mayor cambio de cobertura es por parte de P-C seguido de B-C, siendo el mayor el cambio de categoría 2-4 con 8,5 ha y 7,8 ha, mientras que el menor para 3-2 con 0,6 ha y 3,1 ha respectivamente.

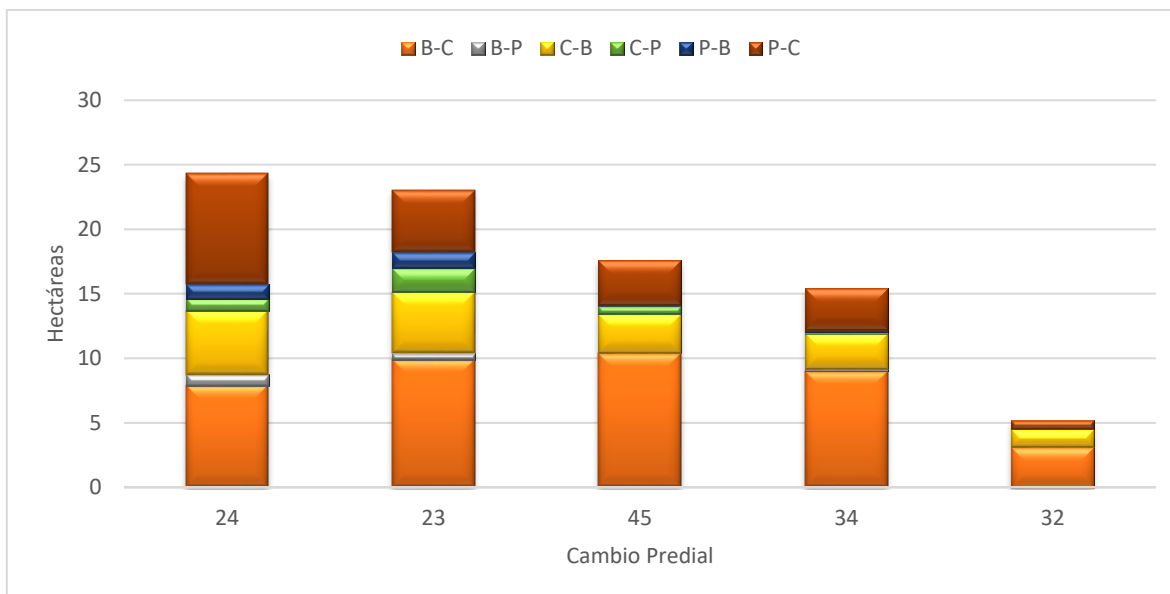


Ilustración 32 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en el ecosistema Sub-Páramo en la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y como B-C: bosque a cultivos, B-P: bosque a pajonal, C-B: cultivos a bosque, C-P: cultivos a pajonal, P-B: pajonal a bosque y P-C: pajonal a cultivos. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 24: mediana propiedad a minifundio, 23: Mediana propiedad a pequeña propiedad, 45: minifundio a microfundio, 34: pequeña propiedad a minifundio y 32: pequeña propiedad a mediana propiedad.

FUENTE: Autor

8.3.3. Páramo

Este es el único ecosistema en donde la mayor representatividad de coberturas en todas las categorías prediales, es por parte de la cobertura Pajonal (en el ecosistema Alto Andino y Sub-Páramo la mayor representatividad en las categorías prediales era por la cobertura Cultivos), siendo la mayor representatividad de esta cobertura en la Gran Propiedad con el 81,9% (169,0 ha) para el año 2006 y el 79,9% (164,3 ha) para el 2018; mientras que en la Pequeña Propiedad presenta la menor representatividad en esta cobertura, con 41,98% (69,5ha) para el año 2006 y 41,88% (83,3ha) para el 2018. Otra diferencia de los demás ecosistemas, es que en este la mayor representatividad de cultivos se encuentra en las categorías prediales intermedias y no en las de menor tamaño; por parte de la Pequeña Propiedad tienen la mayor representatividad respecto a la cobertura cultivos, con 41,3% (68,5 ha) en el 2006 y 48,8% (97,2 ha) para el 2018, y la menor representatividad es por parte de la Gran Propiedad con 9,2% (19,1 ha) en el 2006 y 12,9% (26,5 ha) para el 2018.

Frente a los cambios netos en la representatividad de coberturas en las áreas de las categorías prediales, la mayor variación es por parte de la Mediana Propiedad en sus coberturas de cultivos, las cuales aumentaron la representatividad en un 8,6%; mientras que en el resto de categorías prediales las coberturas presentaron bajas variaciones.

Tabla 15 Número de hectáreas y porcentaje de ocupación de la Cobertura Vegetal en las Categorías Prediales para los años analizados en el ecosistema Páramo de la cuenca del Río Cubillos.

Categoría Predial	Cobertura (ha) 2006					Cobertura (ha) 2018				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	17,61	19,16	169,03	0,46	-	14,66	26,58	164,38	0,05
MEDIANA PROPIEDAD	13,45	312,55	237,15	914,72	26,62	13,83	209,97	347,12	827,17	22,15
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	27,62	68,53	69,58	-	-	18,43	97,29	83,39	-
MINIFUNDIO	-	8,15	21,03	37,99	1,67	-	10,66	49,78	49,08	1,50
MICROFUNDIO	-	1,25	1,27	12,12	-	-	3,76	5,09	11,24	-
Categoría Predial	Cobertura (%)					Cobertura (%)				
	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba	Agua	Bosque	Cultivos	Pajonal	Turba
GRAN PROPIEDAD	-	8,54	9,29	81,95	0,22	-	7,13	12,93	79,92	0,02
MEDIANA PROPIEDAD	0,89	20,77	15,76	60,80	1,77	0,97	14,78	24,44	58,24	1,56
PEQUEÑA PROPIEDAD	-	16,67	41,35	41,98	-	-	9,26	48,86	41,88	-
MINIFUNDIO	-	11,84	30,54	55,19	2,43	-	9,60	44,84	44,21	1,35
MICROFUNDIO	-	8,51	8,65	82,84	-	-	18,72	25,33	55,95	-

FUENTE: Autor

Las áreas que mayor área tuvieron, como en los ecosistemas anteriores, fue las que mantienen las características prediales y de cobertura, en este caso el mayor porcentaje es para la categoría 4-4-C-C manteniendo el 94,4% (19,8 ha) de su área original, 1-1-P-P con el 90,4% (152,9 ha) y 2-2-P-P con el 78,5% (718,1 ha); mientras que el menor porcentaje de área que se mantuvo fue la categoría 3-3-B-B, la cual solo mantuvo el 26,8% (7,4 ha) de su cobertura.

Los mayores cambios de cobertura vegetal, también fue en las categorías prediales que siguen constantes para el 2018, entre estas el mayor cambio de cobertura vegetal es dado por la categoría predial 2-2 en los cambios de cobertura P-C y B-P, con un cambio de cobertura total de 107,8 ha (11,7% de la cobertura de Pajonal original en la categoría predial Mediana Propiedad) y 80,6 ha (25,8% de la cobertura original en la categoría predial Mediana Propiedad) respectivamente. Los menores cambios de cobertura vegetal en las categorías prediales que se mantienen son los cambios que van dirigidos a la recuperación de cobertura vegetal natural por parte de las pequeñas propiedades, específicamente la 5-5 y 4-4, las cuales recuperaron de C-P un 0,78% y 0,76% de la cobertura de cultivos; la mayor recuperación de cobertura vegetal natural es por la categoría 1-1 y 2-2, recuperando principalmente la cobertura Pajonal (C-P), recuperando el 25,2% (4,83 ha) y 7,6% (18,1 ha) respectivamente de la cobertura cultivos para estas categorías.

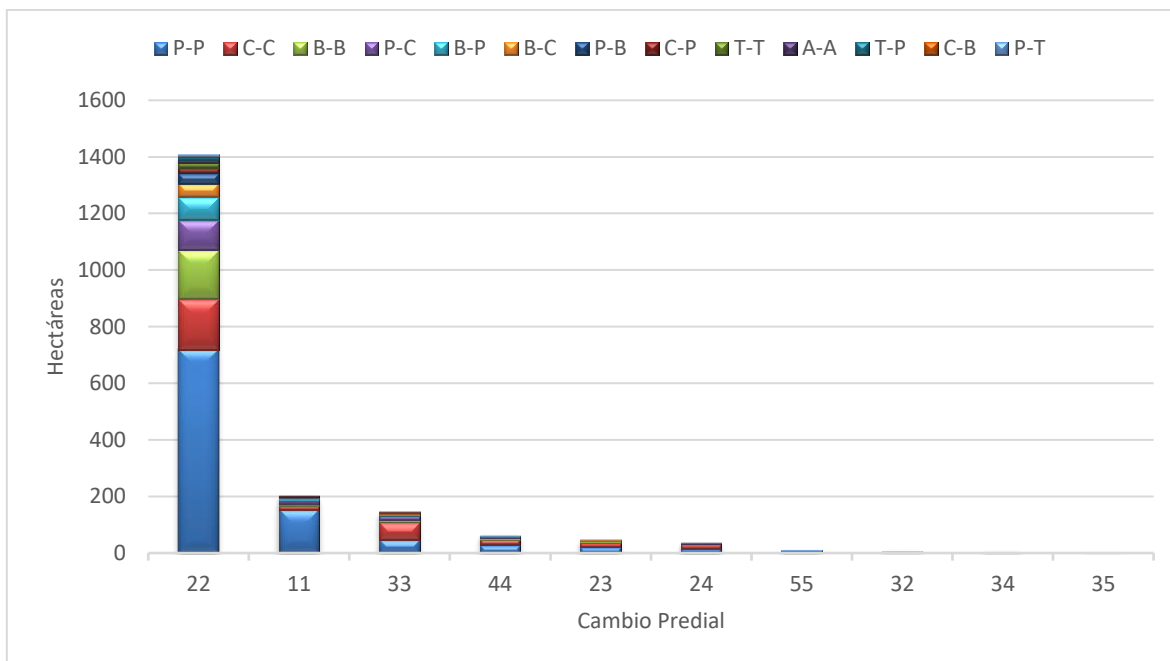


Ilustración 33 Relación del cambio y persistencia de Cobertura Vegetal con el cambio o persistencia Predial en el ecosistema Páramo sobre la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y como P-P pajonal a pajonal, C-C: cultivos a cultivos, B-B: bosque a bosque, P-C: pajonal a cultivos, B-P: bosque a pajonal, B-C: bosque a cultivos, P-B: pajonal a bosque, C-P: cultivos a pajonal, T-T: turba a turba, A-A: agua a agua, T-P: Turba a pajonal, C-B: cultivos a bosque y P-T: pajonal a turba. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 22: Mediana propiedad a mediana propiedad, 11: gran propiedad a gran propiedad, 33: pequeña propiedad a pequeña propiedad, 44: minifundio a minifundio, 23: mediana propiedad a pequeña propiedad, 24: mediana propiedad a minifundio, 55: microfundio a microfundio, 32: pequeña propiedad a mediana propiedad, 34: pequeña propiedad a minifundio y 35 pequeña propiedad a microfundio.

FUENTE: Autor

Específicamente para el cambio de cobertura vegetal asociado al cambio de categoría predial, se encontró que el mayor cambio de cobertura vegetal lo presenta el cambio predial 2-3 con 7,7 ha y 2-4 con 5,5 ha, donde el mayor cambio de cobertura fue P-C con 1,8 ha y 3,4 ha, y frente al menor es de C-B con 0,4 ha y 0,1 ha respectivamente. El menor cambio de cobertura vegetal es por los cambios prediales 3-5 (0,6 ha) y 3-2 (2,0 ha), para ambos el mayor cambio sufrido es B-C con 0,27 ha y 0,73 ha.

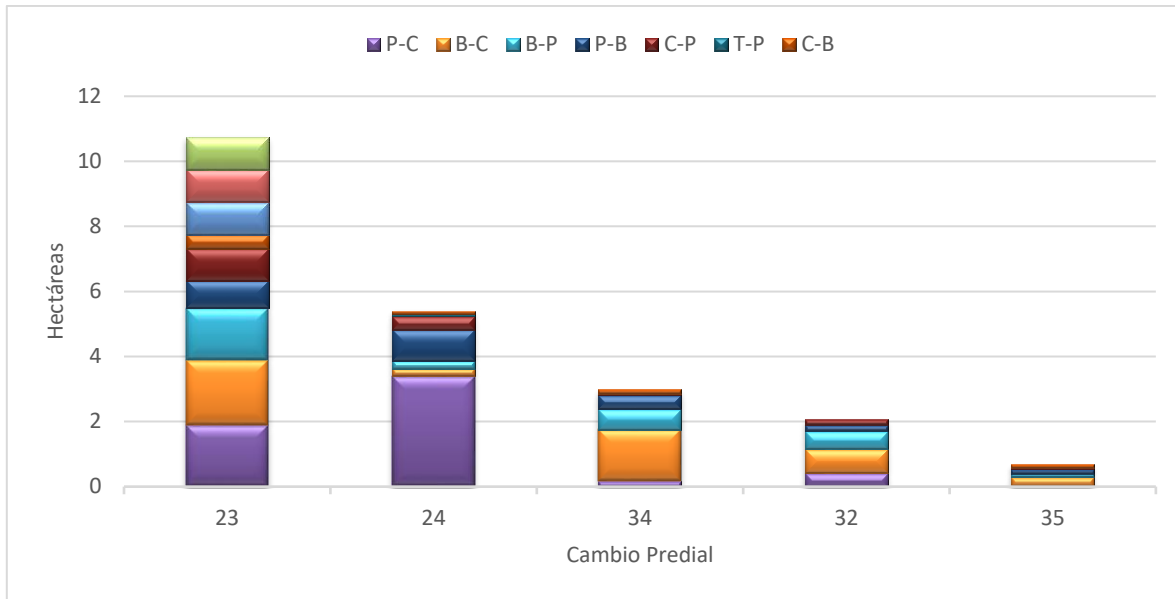


Ilustración 34 Relación específica del cambio de cobertura vegetal con el cambio de Categoría Predial en el ecosistema Páramo en la Cuenca del Río Cubillos. Los cambios de cobertura para el periodo 2006 al 2018 se representan en el eje y P-C: pajonal a cultivos, B-C: bosque a cultivos, B-P: bosque a pajonal, P-B: Pajonal a bosque, C-P: cultivos a pajonal, T-P: Turba a pajonal y C-B: cultivos a bosque. Mientras que los cambios de categoría predial se representan en el eje x como 23: mediana propiedad a pequeña propiedad, 24: mediana propiedad a minifundio, 34: pequeña propiedad a minifundio, 32: pequeña propiedad a mediana propiedad y 35: Pequeña propiedad a microfundio.

FUENTE: Autor

8.4. Análisis estadístico

8.4.1. Análisis de componentes principales

Al generar el análisis de componentes principales, se puede observar la correlación entre ciertos índices, por ejemplo, entre el área y DC o los índices NobCI y DBCI; por lo tanto, al escoger los índices entre las correlaciones encontradas y que presentaran la mayor representatividad de la varianza en las dos primeras componentes, se seleccionó los índices NobCI, ÁREA y DEM para el análisis final.

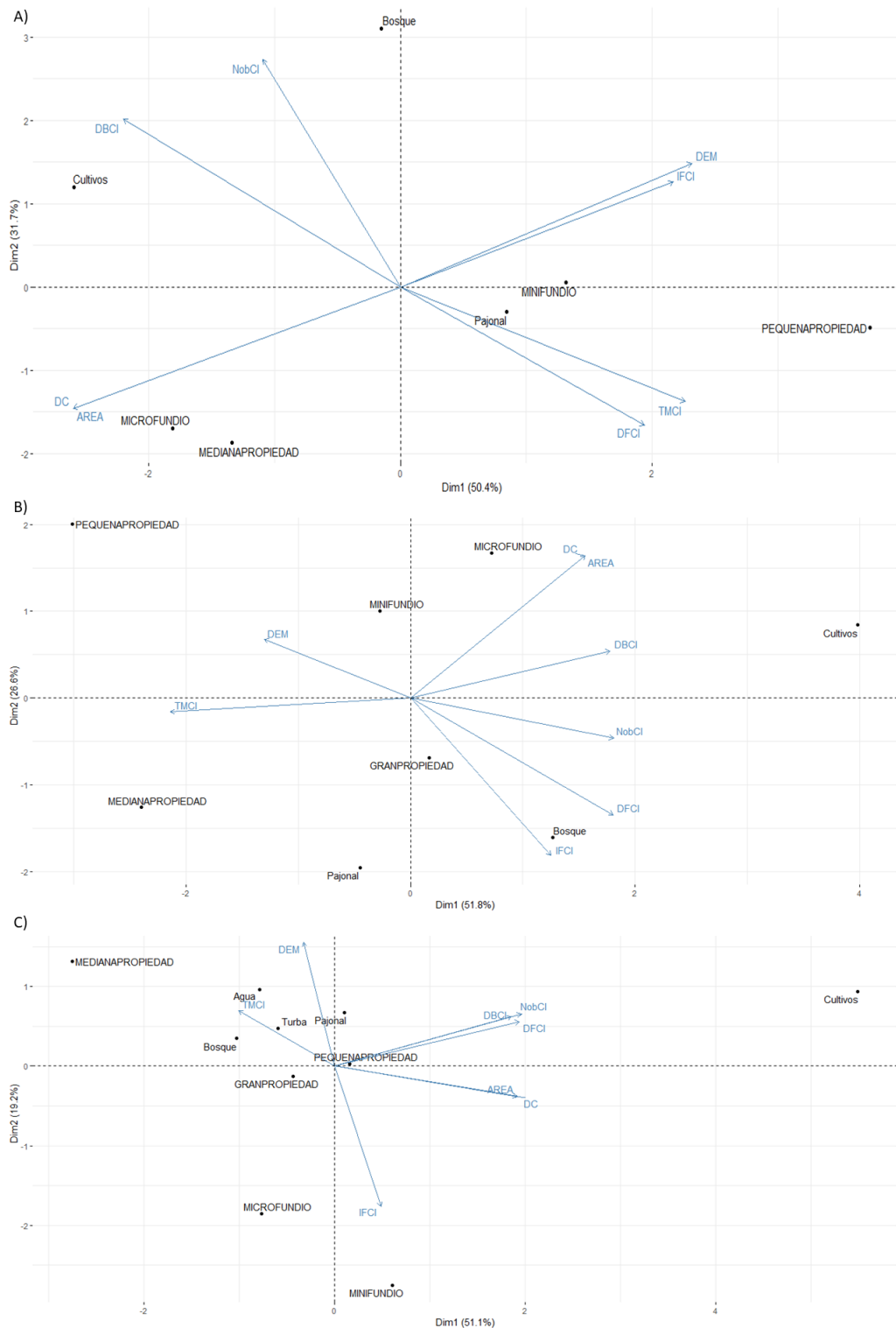


Ilustración 35 Análisis de componentes principales (PCA) de las unidades prediales y coberturas con los índices de fragmentación área, DC, DFCI, DBCI, NobCl, DEM, IFCI y TMCI para: A) Bosque Alto Andino, B) Sub-Páramo, C) Páramo, de la cuenca del río cubillos. Por ejemplo en la figura C) se identifica que en el cuadrante I los índices DFCI, DBCI y NobCl presentan una respuesta similar en sus datos, mientras que en el cuadrante II la respuesta similar es dada por de DEM y TMCI y finalmente en el cuadrante IV los índices IFCI, DC y ÁREA, de estos grupos mencionados se seleccionan los que mayor representatividad tienen en las respectivas componentes, por tanto para el cuadrante I es dada por NobCl, para el cuadrante II por DEM y el cuadrante IV por el Área. FUENTE: Autor

8.4.1.1. Bosque Alto Andino

En el análisis de componentes principales (PCA) para el presente ecosistema, registra que las 3 variables representan en las 2 primeras componentes una varianza del 94,2%; el primer componente es el que mayor varianza presenta con 62,1 %, en este se observa que área y la distancia euclidiana media del vecino más cercano (DEM) son las que presentan los mayores aportes; para el segundo componente se registra que los mayores aportes son dados por el número de parches (NobCI).

En este análisis, se presenta una relación negativa en el aumento de la distancia media euclidiana (DEM) por parte de las categorías prediales minifundio, pequeña propiedad y la cobertura bosque, es decir, que mientras aumenta la distancia entre las propiedad de minifundio y pequeña propiedad, disminuye la distancia entre los parches de bosque. Por parte de la variable área, se encuentra una alta correlación en el aumento de esta variable por parte de la mediana propiedad, microfundios y la cobertura de cultivos. Finalmente la cobertura pajonal, se encuentra una relación frente a la disminución del número de parches con la disminución de estos por parte de los minifundios y la pequeña propiedad.

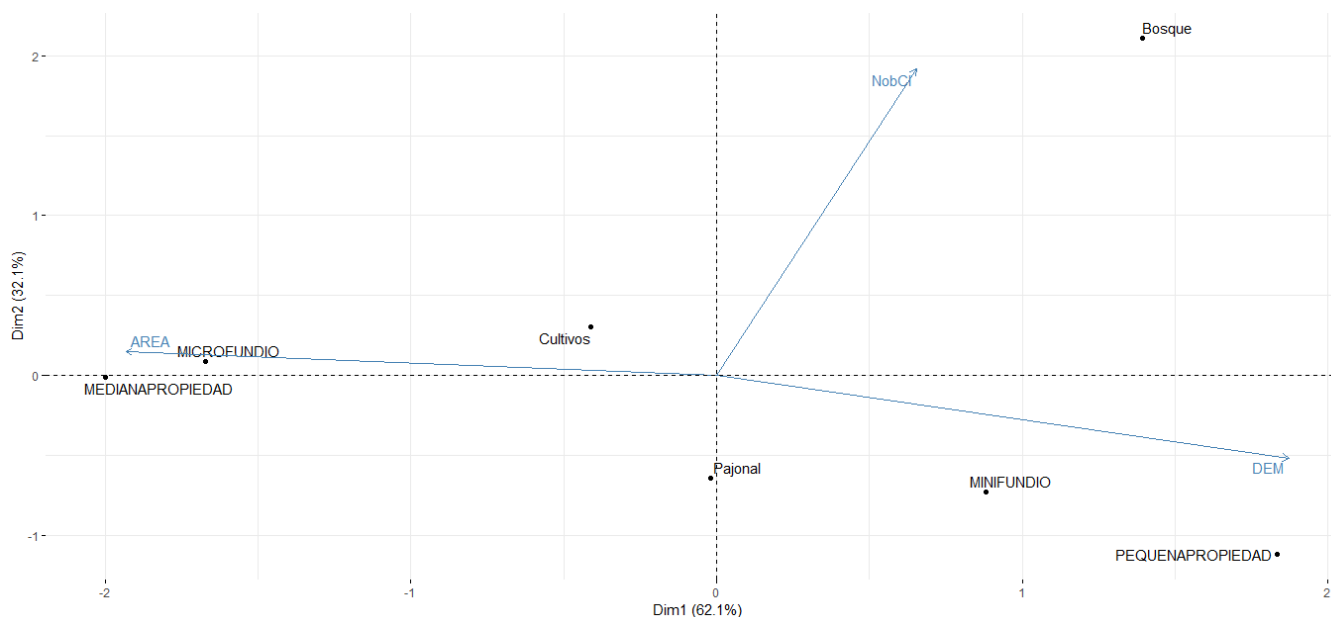


Ilustración 36 Análisis de componentes principales (PCA) para el Bosque Alto Andino de la Cuenca del Río Cubillos.
FUENTE: Autor

8.4.1.2. Sub-Páramo

Para este ecosistema el PCA, las variables representaron en las dos primeras componentes el 85.1% de la varianza; la primera componente es la que más contribuye a esta varianza con un 56.1%, en esta el mayor aporte es dado por el área; mientras que para el componente dos el mayor aporte es dado por DEM.

La relación más destacada en este análisis es inversamente proporcional, dada por el aumento del área y número de parches de la cobertura cultivos y la disminución de estas

variables en la mediana propiedad. Finalmente se encuentra una alta relación por la disminución del área por parte de la cobertura pajonal y bosque con la disminución del área de la mediana propiedad y el área de la gran propiedad la cual se mantiene. La pequeña propiedad tiende a aumentar su DEM, teniendo una respuesta inversa los microfundios, los cuales tienden a agruparse disminuyendo su DEM; esto puede ser atribuido a la pérdida de área por parte de la pequeña propiedad y la ganancia de los microfundios.

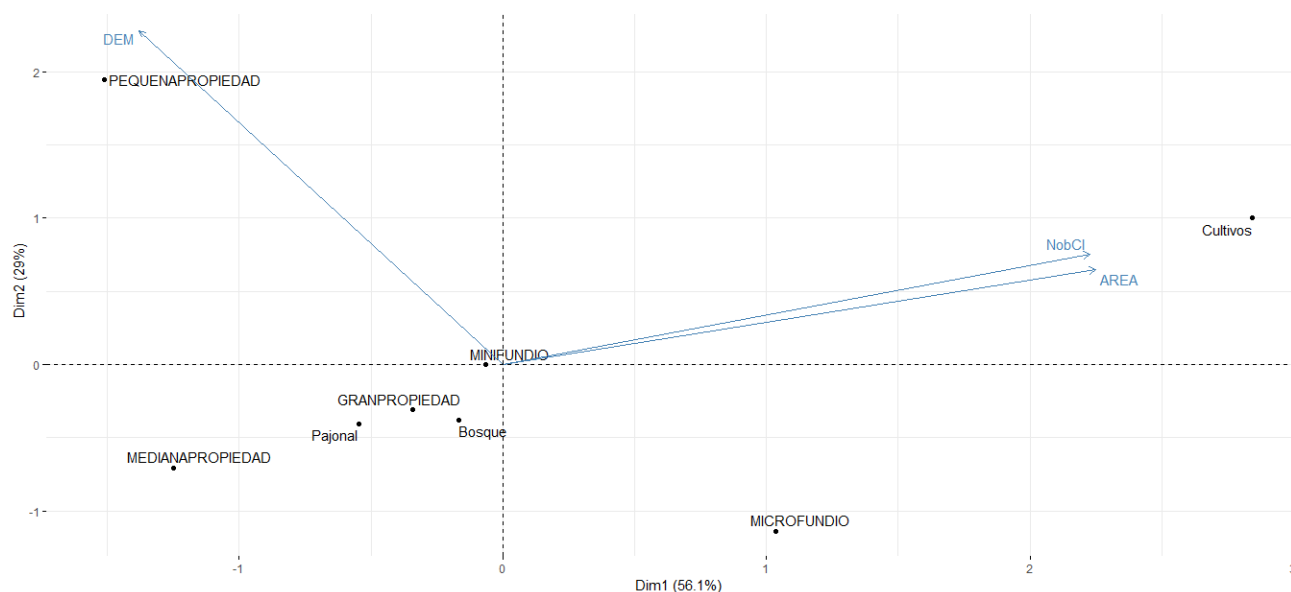


Ilustración 37 Análisis de componentes principales (PCA) para el Sub-Páramo de la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

8.4.1.3. Páramo

El PCA en el páramo, en sus dos primeras componentes representan 89.6% de la varianza entre sus variables; la primera componente es la que aporta la mayor representatividad en esta varianza con el 56.2%, donde el NobCl es el índice que mayor aporte para esta; mientras que para la segunda componente el mayor aporte a su varianza es por parte de DEM.

Se relaciona las coberturas Pajonal y Bosque con los tamaños prediales Mediana Propiedad, Gran Propiedad y Microfundios, mientras que para los cultivos existe una relación con Minifundios (aunque es baja).

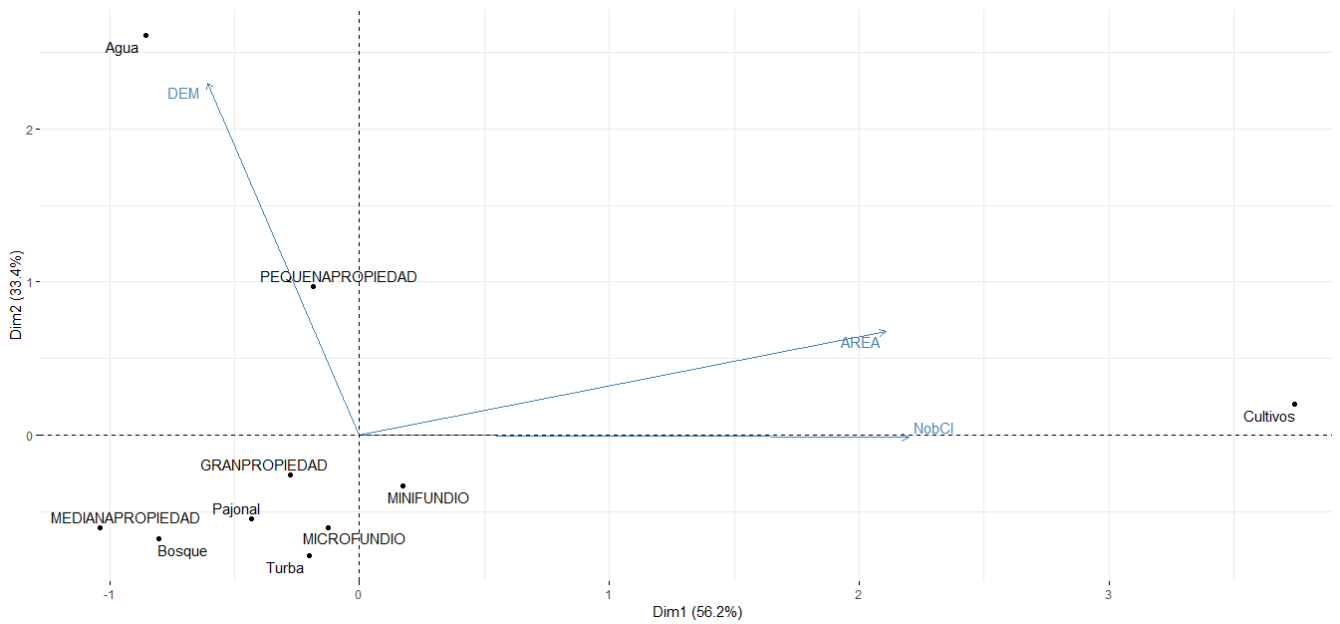
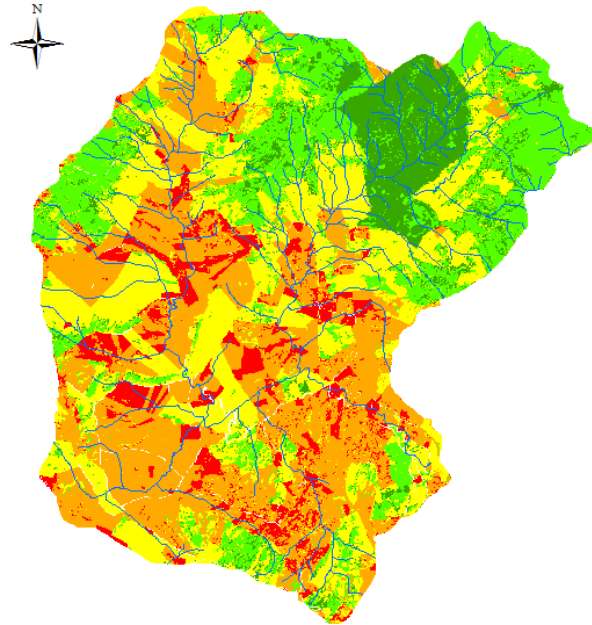


Ilustración 38 Análisis de componentes principales (PCA) para Páramo de la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

8.4.2. Correlación Entre la Fragmentación de Cobertura Vegetal y Categorías prediales

A nivel general en toda la cuenca, la mayor área de la cuenca presenta una correlación alta (30.94%) y media (29.64%), lo cual registra que en la cuenca si esta existe una relación entre las dos dinámicas evaluadas en este lapso de tiempo.

Se puede observar en la siguiente ilustración que la mayor correlación se presenta en la parte central de la cuenca, y además de esto también se puede observar que está relacionada también con el recurso hídrico. Por otro lado, la menor correlación se observa en el sector norte de la cuenca, la cual presenta una mayor conservación de sus coberturas vegetales.

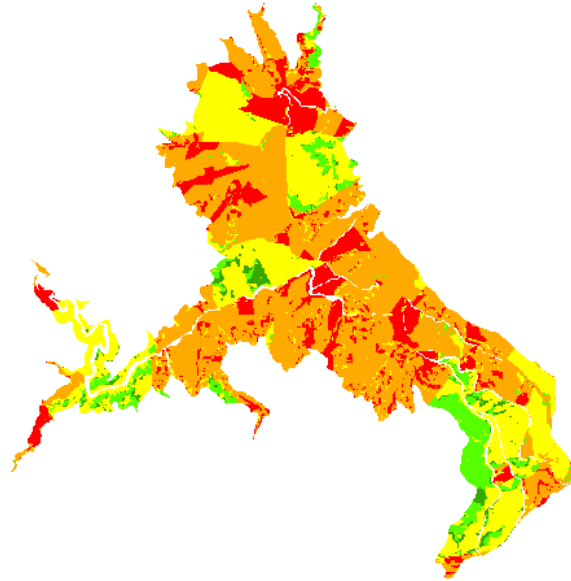


CORRELACIÓN	SIMBOLOGIA	ÁREA (ha)	% ÁREA
Muy Baja		718.310	10.51
Baja		1411.005	20.65
Media		2024.830	29.64
Alta		2113.411	30.94
Muy Alta		564.066	8.26
	TOTAL	6831.622	100.00

Ilustración 39 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en la Cuenca del Río Cubillos. Fuente: Autor

8.4.2.1. Bosque Alto Andino

Para este ecosistema se encuentra la mayor área con correlación alta y media, representando para este ecosistema el 47.40% y 27.51% respectivamente, mientras que la menor área es dada por una correlación muy baja de las dos dinámicas con el 2.16% del área del ecosistema.

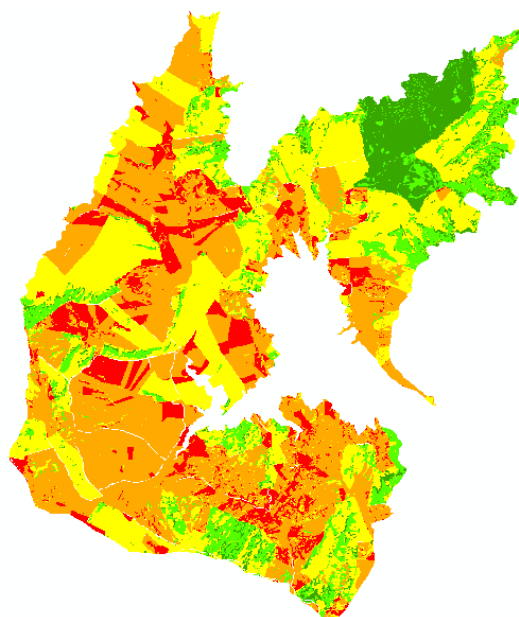


CORRELACIÓN	SIMBOLOGIA	ÁREA (ha)	% ÁREA
Muy Baja		13.150	2.16
Baja		44.285	7.28
Media		167.291	27.51
Alta		288.244	47.40
Muy Alta		95.131	15.64
	TOTAL	608.101	100.00

Ilustración 40 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en el ecosistema Alto Andino de la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor.

8.4.2.2. Sub-Páramo

El presente ecosistema es el segundo con mayor correlación entre las dos dinámicas evaluadas (después del bosque alto andino), donde su mayor área es dada por una correlación alta y media, las cuales representan para el ecosistema el 38.24% y 38.24% respectivamente, encontrando en la parte central la mayor concentración de estas dos categorías. El área menor es dada por una correlación Muy baja y baja, representado el 7.41% y 10.04% respectivamente, y se encuentran ubicada especialmente en la parte nororiental de este ecosistema.

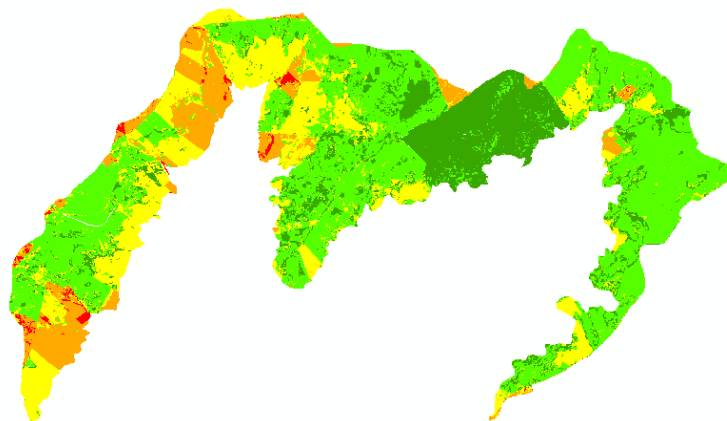


CORRELACIÓN	SIMBOLOGIA	ÁREA (ha)	% ÁREA
Muy Baja		314.027	7.41
Baja		425.284	10.04
Media		1426.926	33.68
Alta		1620.240	38.24
Muy Alta		450.088	10.62
	TOTAL	4236.565	100.00

Ilustración 41 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en el ecosistema Sub-Páramo de la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor.

8.4.2.3. Páramo

A diferencia de las representatividades del bosque alto andino y sub-páramo, en el ecosistema de páramo la mayor representatividad es dada por una correlación baja (48.03%) y muy baja (18.58%), mientras que la menor representatividad para el ecosistema es dada por una correlación muy alta (0.96%) y alta (10.45%), es decir, que sucede todo lo contrario que en los demás ecosistemas, ya que como se mencionó en el análisis multitemporal de coberturas vegetales, este ecosistema presenta el mejor estado de conservación sobre la cuenca del Río Cubillos y también es el que presenta los menores cambios de categorías prediales para el periodo de tiempo evaluado.



CORRELACIÓN	SIMBOLOGIA	ÁREA (ha)	% ÁREA
Muy Baja		364.121	18.58
Baja		941.429	48.03
Media		430.611	21.97
Alta		204.910	10.45
Muy Alta		18.885	0.96
	TOTAL	1959.956	100.00

Ilustración 42 Mapa de correlación entre la fragmentación de coberturas y categorías prediales en el ecosistema Páramo de la Cuenca del Río Cubillos. FUENTE: Autor

9. DISCUSIÓN

Respecto a los cambios de cobertura de Bosques sobre la cuenca del río Cubillos se encuentran hallazgos similares a Valbuena (2011), describiendo el mayor aumento de cultivos sobre la cuenca del Río Cubillos para los años 2004 a 2007, es decir, que esta tendencia sigue siendo la predominante sobre la cuenca, lo cual puede ser ocasionado por la alta disponibilidad de recurso hídrico a lo largo de esta, además de ser un lugar estratégico por la cercanía con Bogotá para la venta de sus productos; otro resultado que se asemeja a este, es el de León (2012), el cual encontró un foco de expansión de cultivos sobre la cuenca del Río de Limón y oro.

Frente a los cambios producidos por la pérdida de cobertura pajonal, también se relacionan con los descritos por Valbuena (2011), describiendo la pérdida de cobertura pajonal para esta cuenca, y como el nombra también a Lozano (2006) y Ceballos (2006), los cuales encontraron la pérdida de cobertura pajonal por diversos sistemas de producción en Venezuela y Ecuador respectivamente.

También se encontró resultados que afirma lo descrito por Morales *et al* (2007), el cuál indico que estos ecosistemas se encuentran mayormente afectados por el cambio de coberturas vegetales y por ende, la fragmentación de estas, han sido los ecosistemas alto andinos, los cuales se vieron afectados por un proceso de colonización urbana y suburbana, seguido del sub-páramo y el páramo.

El área de cultivos en páramo presento un aumento mucho menor que el dado por Cubillos *et al* (2011) para el Páramo Guerrero; una de las causas de que el páramo sea el ecosistema con menores cambios de cobertura vegetal, ha sido la restricción legal, para la cuenca del Río Cubillos se encontraron dos situaciones particulares; la primera es por las directrices mencionadas en el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tausa (2000), en este se describe la compra de 71 predios ubicados en este ecosistema, específicamente en el área de influencia de Laguna verde al norte de la cuenca con el fin de conservar áreas de interés público que brindan un soporte hídrico y ecológico; el segundo hito encontrado y más reciente, es la denominada Ley de Páramos (Ley 1930 de 2018), la cual restringe cualquier uso que no sea la conservación de estos, como sistemas productivos, quema, cambio de la cobertura vegetal, desarrollo urbano, etc, situaciones que llevan a la población a la pérdida de iniciativa e interés por la compra de terrenos para la producción agrícola y pecuaria, por las posibles consecuencias sancionatorias.

Frente a la fragmentación predial, se encontró resultados como los de la investigación realizada por Montoya (2018), el cual encontró que el municipio de Guasca – Cundinamarca, está en una constante fragmentación predial, observándose cada vez menos categorías prediales de área grande, situación similar a la cuenca del Río Cubillos, donde la fragmentación ha lleva al aumento masivo de Microfundios; junto con el registro de uso del suelo según los tamaños prediales también se encontró la relación de que las categorías de área baja presentan usos de ganadería y cultivos, mientras que las de grandes áreas presentan mayor cobertura vegetal natural.

También se tuvieron resultados descritos por Carmona y Nahuelhual (2009) respecto al uso del suelo y sistemas de producción según los tamaños prediales, indicando que los pequeños predios son los que realizan actividades agropecuarias, mientras que las de

mayores áreas presentan ciertas coberturas vegetales; situación que está ocurriendo en la cuenca, ya que los Minifundios y Microfundios son los tamaños prediales en los que se encontró una correlación con los sistemas de producción, mientras que la Gran Propiedad y Mediana Propiedad son las categorías que presentan una alta correlación con las coberturas vegetales naturales y un menor cambio de sus coberturas.

10. CONCLUSIONES

Las coberturas de la cuenca del Río Cubillos para el periodo evaluado 2006 a 2018, evidencia una tendencia en el aumento de los sistemas de producción (cultivos), generando un cambio de cobertura principalmente de Bosque y Pajonal; el ecosistema que se encuentra en mayor medida afectado por esta tendencia, llegando a tener la mayor representatividad de su área en cultivos, es el Sub-Páramo, seguido del Bosque Alto Andino y finalmente el Páramo.

Frente al análisis del comportamiento de los tamaños prediales, es evidente la fragmentación predial sobre la cuenca, con un aumento de área de Microfundios y Minifundios provenientes de la Mediana Propiedad y Pequeña Propiedad, siendo el ecosistema Sub-páramo el que presentó la mayor fragmentación predial mencionada, seguido del Páramo con cambios mínimos; el Bosque Alto Andino presentó una tendencia diferente, aunque existió una fragmentación hacia Microfundios, la Mediana propiedad presentó el mayor aumento de área.

La relación espacial de los tamaños prediales con coberturas, las categorías prediales con tamaños grandes, tienen la mayor representatividad dentro de sus predios con cobertura vegetal natural, pero a medida que los tamaños de las categorías prediales disminuye, también disminuye la representatividad en ellos de coberturas vegetales naturales y aumenta la de cultivos.

Respecto a la relación espacio - temporal del factor predial y coberturas, se identificó que los mayores cambios de cobertura hacia cultivos, son atribuidos a categorías de áreas prediales bajas que mantienen su categoría; mientras que la recuperación de coberturas vegetales naturales viene por parte de las categorías de áreas prediales altas.

También se encontró la tendencia de la fragmentación predial, donde los mayores cambios de cobertura hacia cultivos, son dados por las categorías prediales que pasan a una categoría predial con tamaño menor, en especial las dirigidas a Minifundios y Microfundios; aunque también se encontró una relación de recuperación de cobertura vegetal por parte de las categorías prediales con baja área que pasan a tener una mayor, las tasas son mucho más bajas que el fenómeno de sistemas productivos.

Finalmente, se encontró una correlación entre la fragmentación de categorías prediales de mayores áreas con la fragmentación de las coberturas vegetales naturales; mientras que la continuidad o aglomeración de categorías prediales de baja área se correlaciona con el aumento y conectividad entre usos del suelo destinados a sistemas de producción.

11. RECOMENDACIONES

Los estudios de fragmentación y análisis multitemporales a nivel de paisaje, tienen que tenerse en cuenta en la planificación territorial; por lo cual se recomienda a las entidades territoriales el tener en cuenta estos cambios de cobertura vegetal para la toma de decisiones, como lo puede ser la compra de predios que sean de importancia ecológica y que sean susceptibles a conservación o restauración

Continuar con el análisis multitemporal de la cuenca del Río Cubillos en los siguientes años como un indicador del control y manejo que se le está dando a la cuenca.

Realizar investigaciones sobre otras cuencas de alta montaña y cuencas de zonas bajas como planicies con el uso y mejoramiento de la presente metodología, con el fin de determinar las tendencias de coberturas vegetales asociadas al cambio de categoría predial en diferentes escenarios espaciales.

Se debe realizar un estudio donde analice las causas que están ocasionando esta fragmentación predial y de coberturas vegetales, ya que están ocasionando la pérdida de cobertura vegetal, y por ende, la pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos, principalmente para esta cuenca hidrográfica el de aprovisionamiento del recurso hídrico.

Generar alternativas de producción a las familias que presenten monocultivos y ganadería en sus predios, donde se incluya más de un producto en su producción, como lo son los sistemas agroforestales o silvopastoriles, los cuales incluyen masas boscosas para disminuir la degradación del suelo e ingresos a futuro por el aprovechamiento de estos individuos.

12. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Tausa. 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal Tausa. Cundinamarca.

Acuña, A., Arévalo, W. & Cuervo J. 2007. Situación ambiental de páramos y nacimientos de agua, impactos ambientales, conflictos de uso y potencialidades en la cuenca del río Algodonal. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero forestal. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá DC, Colombia. 166 p.

Aliaga, G. 2006. Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. Revista de geografía Norte Grande, (36), 97-101.

Armston, J.D., Byrne, M.I., Danaher, T.J. & Goulevitch, B.M. 2002. Geometric correction of Landsat MSS, TM, and ETM+ scene coverages of Queensland for change detection and mapping of woody vegetation cover. Proceedings of the 11 th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, Brisbane.

Arriaga, L. B. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública. Vol. 1 (1)

Burgos, A.C y Gómez, G.C. 2007. Avances y retos en la gestión de las cuencas binacionales de Colombia: los casis de las cuencas hidrográficas internacionales colombo-ecuatorianas y colombo-venezolanas. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario. 47p.

CAR. 1994. Plan de Manejo Ambiental Municipal. Subregión Nororiental. Cuenca Alta del Río Bogotá. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá D.C.

Carmona, A.C. y Nahuelhual, L.A. 2009. Tipificación y caracterización de sistemas prediales: caso de estudio en Ancud, isla de Chiloe. Agro sur, vol.37 (3):189-199.

Cevallos, E. 2006. Plan de Manejo del páramo de la Hacienda Itulcachi. Fundación Antisana. USAID from the american people. Tha Nature Conservancy, saving the last great places on earth. Quito – Ecuador.

Congreso de Colombia. 27 de julio de 2018. POR MEDIO DE LA CUAL SE DICTAN DISPOSICIONES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS PÁRAMOS EN COLOMBIA. Ley 1930 de 2018.

Correa, C.A., Mendoza, M.E. y Granados, E.L. 2014. Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México, Revista de Geografía Norte Grande, 59: 7-23.

Corso, C. L. 2009. Aplicación de algoritmos de clasificación supervisada usando Weka. Córdoba: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba

Cuatrecasas, J. M. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exact. Fis. Nat. 10 (40): 221-269.

Cubillos, A. 2011. El proceso de transformación del páramo de Guerrero por sistemas de ganadería bovina (1960-2010) con énfasis en políticas públicas. Bogotá - Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo.

ESRI. 2016. Cómo se representan las entidades de un ráster, (Ilustración), Recuperado de: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/how-features-are-represented-in-a-raster.htm>

Floyd, F. 1986. Remote Sensing, Principles and Interpretation. Freeman and Company. New York – USA

Forman, R., T. T. 1994, Land mosaics, the ecology of landscapes and regions, University Press, Cambridge.

Franco, R. y Rodríguez, J. 2005. “Análisis multitemporal satelital de los bosques del Carare-Opon, mediante imágenes Landsat de 1991 y 2002.” Colombia Forestal 9 (18): 157-162.

Frenkel, A., Ashkenazi, M., 2008. Measuring urban sprawl: How can we deal with it? Environ. Plan. B Plan. Des. 35, 56–79.

Gobernación De Antioquia, Universidad de Antioquia y Universidad Pontificia Bolivariana. 2015. Proyecto Análisis de las implicaciones sociales y económicas de las Autopistas para la Prosperidad en el departamento de Antioquia (En línea: documento electrónico). Tomado de http://www.ocudos.com/empresas/gobernacion/wpcontent/uploads/2015/11/Metodologia_291015.pdf el 10 de diciembre de 2018.

Gong, C., Yu, S., Joesting, H., Chen, J., 2013. Determining socioeconomic drivers of urban forest fragmentation with historical remote sensing images. Landsc. Urban Plan. 117, 57–65.

Gurrutxaga, S.M. 2003. Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la CAPV, Vitoria Gasteiz: Dirección de Biodiversidad Gobierno Vasco. 30 p.

Herold, M., Scepan, J., Clarke, K.C., 2002. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. Environ. Plan. A 34, 1443–1458.

Herrera, M. y Ojeda, N. 1998. Uso de la teledetección en el estudio de ecosistemas forestales, Parque Nacional Conguillio, sur de Chile. Jornadas de Fitosociología. 17 Jaen.

Hettner, A. 1892: Die Kordillere von Bogotá.- PettermannsMitteilungen. Ergänzungsheft 1 04. Justus Pertha, Gotha, 229 p.

Hofstede, R. 2003. Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes. Pp:15-38. En: Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena-V., P. (eds.). 2003. Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/Ecociencia.

Ibáñez, 2009. EL DESPLAZAMIENTO FORZOSO EN COLOMBIA: un camino sin retorno hacia la pobreza. Universidad de los Andes, Colección Sede 50 años. Editorial Kimpres Ltda. Bogotá – Colombia.

IDEAM. 2013. zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, Bogotá, D. C., Colombia. 37 p.

Irwin, E.G., Bockstael, N.E., 2007. The evolution of urban sprawl: evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 104, 20672–20677.

Jiang, F., Liu, S., Yuan, H., Zhang, Q., 2007. Measuring urban sprawl in Beijing with geospatial indices. J. Geogr. Sci. 17, 469–478.

Laurance, W. F., Cochrane, M. A., Bergen, S., Fearnside, P. M., Delamonica, P., Barber, C., et al. 2001. The future of the Brazilian Amazon. Science, 291, 438–439.

León, D. 2012. Análisis multitemporal de cobertura y uso del suelo a partir de imágenes satelitales para determinar el estado de las áreas de nacientes en las cuencas del Río Limón y Río de Oro. (Trabajo de Grado Modalidad de Pasantía, Ingeniería Forestal). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. 113 p. Bogotá, Colombia

Li, Z., Chen, j. y Baltsavias, E. 2008. Advances in photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences: 2008 ISPRS Congress Book. CRC Press Taylor & Francis Group. London. 528 pp.

Lillesand, T.M. y Kiefer, R.W. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. IV Edition, John Wiley and Sons, Inc., USA.

López, J. 2007. Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006 – 2007). Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN. México D.F.

López, L. 2015. Diccionario de Geografía aplicada y profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio. Universidad de León. 676 p.

Lozano P, E. 2006. Análisis de cambio multitemporal de uso de la tierra en la cuenca alta del río Santo Domingo, estado Mérida, Venezuela, Revista Forestal Venezolana 50 (1).

Mas, J.F. y Correa, J. 2000. Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida Los Petenes , Campeche, México. Investigaciones Geográficas 43: 42-59.

Mather, P. M. 2004. Computer processing of remotely-sensed images. An introduction. 3ra. edic. John Wiley & Sons, Chichester. 324 p.

McGarigal, K. y W.C. McComb. 1999. Forest fragmentation effects on breeding birds in the Oregon Coast Range. En: Rochelle, J.A., L.A. Lehman y J. Wisniewski (Eds.). Forest fragmentation: wildlife and management implications. Koninklijke Brill NV, Leiden, The Netherlands. pp. 223-246.

McGarigal, K., Cushman, S.E., 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Tomado de: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>, el 15 de diciembre de 2018.

Medina, L. 2013. Ordenamiento territorial participativo en localidades rurales marginales: Referentes teóricos y metodológicos para su construcción. Editorial Universidad Autónoma de Chapas. Mexico 176 p.

Moizo, P. 2004. La percepción remota y la tecnología SIG: Una aplicación en ecología del paisaje. *GeoFocus* Vol 5, 1-24pp.

Montoya, G.D. 2018. Inclusión de las licencias urbanísticas en el SIG municipal y análisis del proceso constructivo en el municipio de Guasca Cundinamarca, Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Catastral y Geodesta, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C. – Colombia.

Morales, M., Otero, J., Van der Hammen T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E. y Cárdenas, L. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.

Murcia, C. 1995. Edge Effects in Fragmented Forests: Implications for Conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62 pp.

Ortega, C. C., Villavicencio, G. R., Gallegos, R. A. y Santiago, P. A. L. 2005. Análisis de la fragmentación forestal del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila en el Estado de Jalisco, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). En Memorias de la XVI Semana de la Investigación Científica. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 21-25.

Pérez, A., Larrañaga, P. y Inza, I. 2005. Modelos gráficos probabilísticos para la clasificación supervisada empleando la estimación basada en kernels Gaussianos esféricos: Actas del III Taller de Minería de Datos y Aprendizaje. Thomson. 125 - 134 pp

Pizarro R, Araya S, Jordan C y Farias C. 2002. Caudales punta y los efectos del cambio de cobertura vegetal, en la cuenca del río Purapel, Región del Maule, Chile.

Raffaetà, A., Ceccarelli, T., Centeno, D., Giannotti, F., Massolo, A., Parent, c., Renso, C., Spaccapietra, S. y Turini, F. 2008. An application of advanced spatio-temporal formalisms to behavioural ecology. *Geoinformatica*. 12 (1), 37-23 pp.

Riaño, O. 2002. Consideraciones y métodos para la detección de cambios empleando imágenes de satélite en el municipio de Paipa. *Revista Colombia Forestal*. U. Distrital, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Vol 7 (15).

Rincón, C.L. 1997. Estructura de la propiedad rural y mercado de tierras, Trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Economía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia.

Rivera, S. Hernandez, A. Martinez de Anguita, P. Lowry, J & R. Ramsey. 2003. Uso de herramientas SIG y análisis multivariado para explicar el proceso de deforestación, Estudio de caso en la cuenca del Rio Calan. Seminario Internacional “Cogestión de Cuencas Hidrográficas experiencias y desafíos”. Honduras.

Rodríguez, A. 2012. Cartografía multitemporal de quemas e incendios forestales en Bolivia: Detección y validación post-incendio. *Ecología en Bolivia*, 47(1), 53-71

Salas Salazar, L.G., 2016. Conflicto armado y configuración territorial: elementos para la consolidación de la paz en Colombia, *Bitácora Urbano Territorial*. Vol 26 (2), 45-57pp.

Salvatierra, H., Roveda G. y Aguilera, E. 1997. Análisis Multitemporal de la Biosfera con Apoyo de Sensores Remotos y SIG. (Módulo de cobertura/uso de la tierra). CORPOICA - IGAC. Oficina de Investigación en Percepción Remota. CIAF. Santa Fe de Bogotá, D. C., Colombia. 92 p.

Sapena, M & Ruiz, L.A. 2015. Descripción y cálculo de índices de fragmentación urbana: Herramienta IndiFrag *Revista de Teledetección*, 43 (2015), pp. 77-89.

Serrano G, R. 2003. Introducción al análisis de datos experimentales: Tratamiento de datos en bioensayos. Castelló de la Plana, España, Publicacions de la Universitat Jaume I. 189 p.

Sguerra, S., P. Bejarano., O. Rodríguez, J. Blanco, O. Jaramillo, G. Sanclemente. 2011. “Corredor de Conservación Chingaza – Sumapaz – Guerrero. Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción”. Conservación Internacional Colombia y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP. Bogotá, Colombia. 184 pp.

Taylor, P.D.; Fahrig, L. & With, k. Landscape connectivity: A return to basics. En: CROOKS, K.R. & SANJAYAN, M. 2006. *Connectivity Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 29-43.

Valbuena, D.L. 2011. Formulación de un modelo para determinar las tendencias de cambio de la cobertura vegetal en la cuenca del rio cubillos, municipios de Zipaquirá – Cogua – Tausa. Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Trabajo para optar por el título de Ingeniería Forestal.

Van der Hammen, T., Pabón, J. D., Gutiérrez, H. & Alarcón J. C. 2002. El cambio global y los ecosistemas de alta montaña. En: *Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en Condiciones HotSpot & Global Climatic Tensor* (pp. 163-209).

Van der Hammen. 2007. Estudios de ecosistemas tropandinos, volumen 7. La cordillera Oriental colombiana, transecto Sumapaz. J. Cramer (Borntraeger). Berlín-Stuttgart.

Vasquez, V. & M, Serrano. 2009. Las Áreas Naturales Protegidas de Colombia. Conservación Internacional – Colombia, Biocolombia – Fundación para la Conservación del Patrimonio Natural. Colombia.

Walter, H. & Breckle, S.W. 1999: *Vegetation und Klimazonen*. 7. Aufl.; UlmerVerlag Stuttgart, 544 pp.

13. RECURSOS DE INTERNET

Global land Cover Facilities – Universidad de Maryland
<http://www.landcover.org/>

Franco, Rodolfo, 2016. Análisis Multitemporal Vectorial En Arcgis.
https://mixdyr.files.wordpress.com/2016/07/analisis_multitemporal_vectorial_arcgisdesktop.pdf

Instituto De Investigaciones Espaciales CBERS
<http://www.cbears.inpe.br/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC
<https://www.igac.gov.co/es>

United States Geological Survey USGS
<https://www.usgs.gov/>