

**COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS
PIEDRAS, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

MARIA CAMILA OROZCO MORALES



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

**COBERTURA Y USO ACTUAL DEL SUELO EN LA SUBCUENCA RÍO LAS
PIEDRAS, CAUCA.**

MARIA CAMILA OROZCO MORALES

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar al título de
Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	15
4.2 ESCALA.....	15
4.3 COBERTURA DE LA TIERRA.....	15
4.4 USO DE LA TIERRA.....	16
4.5 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER	16
4.5.1 Adquisición y preparación de la información	17
4.5.2 Análisis e interpretación de coberturas	18
4.5.3 Verificación de campo	18
4.5.4 Control de calidad	18
4.5.5 Generación de la capa temática.....	18
4.6 CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	19
4.7 ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	19
4.8 ANTECEDENTES.....	20
4.8.1 Plan de ordenamiento territorial Municipio de Popayán	20
4.8.2 Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica Rio Piedras.....	20
4.8.3 Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000.....	20
5. METODOLOGÍA.....	21
5.1 TIPO DE TRABAJO.....	21
5.2 PROCEDIMIENTO	21

5.2.1	Recopilación y revisión de información secundaria.....	21
5.2.2	Reconocimiento preliminar de campo	23
5.2.3	Definición previa de unidades de cobertura y uso.....	23
5.2.4	Preprocesamiento y Procesamiento digital de imágenes.....	24
5.2.5	Obtención de mapa preliminar de cobertura y Caracterización de unidades y construcción de la leyenda	25
5.2.6	Control temático de campo.	26
5.2.7	Mapa final de unidades de cobertura y uso del suelo	28
6.	RESULTADOS	29
6.1	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS.....	29
6.1.1	Mapa de cobertura de la tierra.	29
6.1.2	Leyenda de las coberturas de la tierra.	29
6.1.3	Cuantificación de los resultados de cobertura de la tierra.....	34
6.1.4	Patrones de cobertura identificados en campo.	34
6.1.5	Mapa del uso actual del suelo.....	38
6.1.6	Leyenda de uso del suelo en la subcuenca rio Las Piedras.....	40
6.1.7	Cuantificación del uso del suelo.....	41
6.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN 41	
	CONCLUSIONES	44
	RECOMENDACIONES.....	46
	BIBLIOGRAFÍA.....	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa ubicación	11
Figura 2. Modelo general de la metodología Corine Land Cover.....	17
Figura 3. Proceso metodológico para la cobertura y uso del suelo.....	21
Figura 4. Imagen satelital RapidEye.	23
Figura 5. Relleno del área de estudio de la zona con nubosidades mediante el software google earth.	24
Figura 6. Clasificación no supervisada de la imagen RapidEye.....	25
Figura 7. Puntos de control de campo.	27
Figura 8. Control temático en campo.	27
Figura 9. Mapa de coberturas de la subcuenca rio Las Piedras.	29
Figura 10. Porcentaje de área de las coberturas.	34
Figura 11. Bosque ripario, vereda San Ignacio, quebrada Santa Teresa.....	35
Figura 12. Mosaico de cultivos y espacios naturales en la zona.....	36
Figura 13. Arbustal denso bajo, vereda Quintana.	36
Figura 14. Pastos limpios en la zona.	37
Figura 15. Bosque denso bajo en la zona.	38
Figura 16. Mapa de uso del suelo de la subcuenca rio Las Piedras.	39
Figura 17. Porcentaje de uso actual del suelo.	41

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coberturas presentes en la zona de estudio con sus respectivas áreas y porcentajes.	30
Tabla 2. Leyenda del mapa de cobertura de la tierra en la subcuenca Rio las Piedras.....	31
Tabla 3. Tipos de uso del suelo presentes en la zona de estudio con sus áreas y porcentajes.	39
Tabla 4. Leyenda del mapa de uso del suelo en la subcuenca rio Las Piedras. ...	40

GLOSARIO

<Biodiversidad>: se entiende como todas las manifestaciones de vida; incluye todos los niveles de organización biológica y abarca la diversidad de especies de plantas, animales y microorganismos que habitan un espacio determinado, su variabilidad genética; los ecosistemas de los cuales hacen parte las especies y los paisajes o regiones donde se ubican estos ecosistemas.

<Cobertura>: es la cobertura biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra, en un término amplio no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua.

<Conservación>: la conservación es el método de utilización de un recurso natural o el ambiente total de un ecosistema particular, para prevenir la explotación, polución, destrucción o abandono y asegurar el futuro uso de ese recurso.

<Ecosistemas>: sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico en el que se relacionan. Las características de cada ecosistema condicionan el tipo de vida que se desarrolla en cada entorno.

<Escala>: Esta escala muestra la relación que existe entre el valor que el mapa está representando y el valor de la realidad de manera numérica.

<Imagen satelital >: Una imagen satelital es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales.

<Leyenda>: En un mapa se denomina leyenda a la explicación que se provee sobre los símbolos y colores que se presentan en el mapa. En la leyenda se suele dibujar cada uno de los símbolos utilizados en el mapa y se coloca una explicación sobre su significado.

<Subcuenca >: Se refiere a los territorios que drenan por cursos de agua que desembocan en el curso principal de una cuenca.

<Uso>: el término "Uso" implica la utilidad que presta un tipo de cobertura al ser humano, se relaciona con las actividades humanas o las funciones económicas de una porción específica de la Tierra (como el uso urbano o industrial, de reserva natural, etc).

RESUMEN

Mediante este trabajo se generó la cartografía de cobertura y uso del suelo de la subcuenca del río Las Piedras a escala 1:25.000 en una extensión de 6.551,90 ha, para ello fue necesaria la adopción de la metodología Corine Land Cover propuesta por el IDEAM para Colombia y adaptada a la zona por este estudio, el proceso incluyó el tratamiento y la interpretación de la imagen satelital RapiEye (Es RapidEye) para obtener un mapa preliminar, posteriormente se llevó a cabo la verificación en campo de las coberturas encontradas en la interpretación y finalmente se generaron los mapas finales con sus respectivas estadísticas. En cuanto al mapa de coberturas se obtuvieron 154 polígonos con 32 tipos de unidades, destacándose la presencia del bosque ripario y los mosaicos de cultivos con espacios naturales. En el mapa de uso del suelo se encontraron siete actividades desarrolladas por el hombre, principalmente la protección, el pastoreo vacuno y las áreas agrícolas heterogéneas. A partir de estos resultados se proponen estrategias de conservación para aplicación en la zona y disminuir los efectos de degradación de la subcuenca.

PALABRAS CLAVES: Subcuenca, Bosque Ripario, Conservación, Interpretación, Cobertura, Uso.

ABSTRACT

Through this work it was generated the mapping coverage and land use in the Las Piedras river sub-basin at scale 1: 25.000 in an area of 6551.90 hectares, for this purpose was used Corine Land Cover, methodology proposed by the IDEAM to Colombia and adapted to the area for this study, the process includes the processing and interpretation of satellite image RapidEye for obtaining a preliminary map, subsequently it was conducted a field verification of coverage found in interpretation and finally it was generated the final maps with their respective statistics. Regarding the coverage map there were obtained 154 polygons with 32 types of units, highlighting the presence of riparian forest and mosaics of crops with natural areas. On the land use map, there were obtained seven activities developed by man, mainly protection, cattle grazing and the heterogeneous agricultural areas. From these results were proposed conservation strategies for implementation in the area and reduce the effects of degradation of the river sub-basin.

KEYWORDS: Sub-basin, riparian forest, conservation, interpretation, Coverage, Use.

INTRODUCCIÓN

La subcuenca del Río Las Piedras en el departamento del Cauca es la fuente abastecedora de agua para gran parte del municipio de Popayán, además de ser la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Puracé mediante sus paisajes y una pequeña zona de páramo con gran importancia ambiental, sin embargo la implementación de actividades como los sistemas de riegos, el pastoreo y la expansión agrícola han provocado cambios en el paisaje natural y la vegetación autóctona.

En aras de realizar el estudio de estos ecosistemas se determinaron las coberturas presentes en la zona mediante la utilización de herramientas SIG, imágenes satelitales Rapid Eye y la aplicación de la metodología Corine Land Cover que fue adaptada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), para realizar la caracterización y homogenización de términos de las coberturas naturales y antropizadas presentes en Colombia a escala 1:100.000, contribuyendo a la producción ordenada, estandarizada, sistemática e interinstitucional de la cartografía de coberturas de la tierra del país, como herramienta de apoyo para la gestión sostenible de los recursos naturales del país.

Como resultado se contribuye a la determinación e identificación del estado de la subcuenca a partir de las coberturas del suelo y el uso que se le está dando a ellas, para de esta manera implementar estrategias de conservación que permitan mantener y mejorar la biodiversidad encontrada en los ecosistemas presentes en la zona de estudio basándose en el análisis de las herramientas SIG aplicadas.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

La subcuenca del río Las Piedras está ubicada en el municipio de Popayán y Totoró, al nororiente de la ciudad, sobre el flanco occidental de la cordillera Central. Se encuentra a $76^{\circ} 31' 10''$ al Oeste de Greenwich y $2^{\circ} 21' 45''$ de latitud Norte, en el nacimiento del río y a $76^{\circ} 23' 45''$ longitud Oeste y $2^{\circ} 25' 40''$ de latitud Norte en la desembocadura del río Cauca.

Limita al norte con la divisoria de aguas de la cuenca del río Palacé, al sur con la divisoria de aguas del río Vinagre, al este con los cerros de Puzná y Cargachiquillo, al oeste con el río Cauca. Hace parte de la cuenca del río Cauca en el departamento del Cauca. Su extensión es de 6.551 Has y una altitud variable entre 1.980 y 3.820 msnm, presenta los pisos térmicos páramo, frío y templado lo cual permite que se diferencien los pisos bioclimáticos subandino, andino, alto andino y paramo. (C.R.C. 2006).

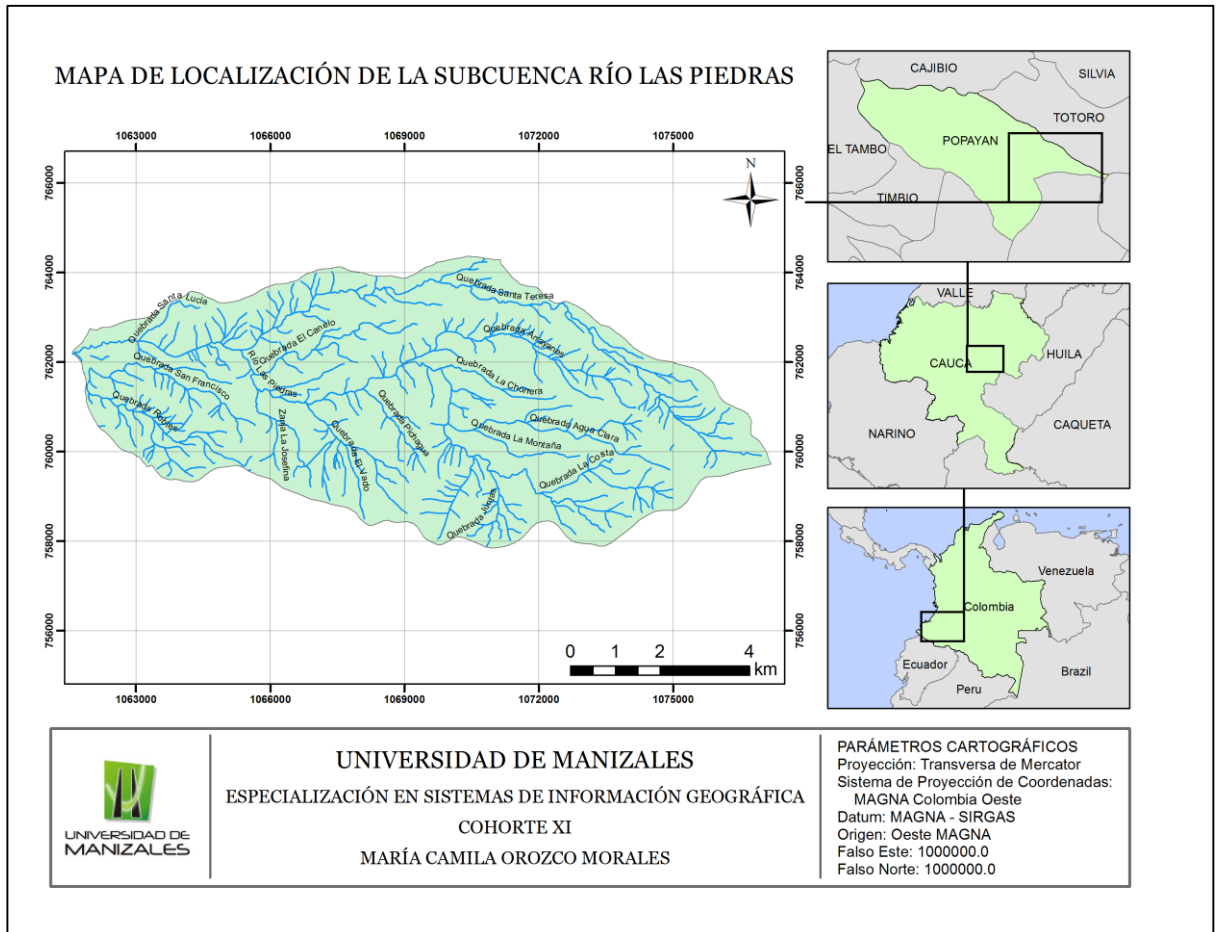


Figura 1. Mapa ubicación

Esta Subcuenca hidrográfica constituye un ecosistema estratégico para el municipio de Popayán por las siguientes razones:

- Fuente abastecedora de agua para consumo humano en la meseta del municipio de Popayán.
- Constituye la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Puracé.
- Cuenta con una pequeña zona de páramo con gran importancia ambiental.

Sin embargo el hombre no ha despertado esa conciencia ambiental y sigue derrochando, lesionando, devastando e incluso acabando con su entorno natural en forma indiscriminada, convirtiendo los ríos en vertederos de aguas servidas, receptores de todo tipo de desechos líquidos y sólidos, acabando con especies nativas, deforestando grandes extensiones de tierra y utilizando sistemas de explotación agropecuaria que aceleran la contaminación del planeta, casa materna común no solo de la especie humana sino también de otras especies con las que cohabita, consideradas por comunidades indígenas como los hermanos menores. (CRC, 2006).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar la cartografía de cobertura y uso actual del suelo en la subcuenca del Río Las Piedras, departamento del Cauca, a escala 1:25.000 en base a la Metodología Corine Land Cover.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, clasificar y espacializar las diferentes coberturas que se presentan en la subcuenca del Río Las Piedras, con base en la metodología Corine Land Cover.
- Cuantificar las unidades de cobertura y uso del suelo en la zona de estudio.
- Proponer estrategias de conservación en la subcuenca a partir de la cartografía generada para un mejor desempeño ambiental de la zona.

3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los temas que presenta mayor preocupación entre los analistas de información ambiental, tomadores de decisiones y planificadores, es la falta de informaciones detalladas y actualizadas de los usos agropecuarios y de la distribución y localización de la cobertura boscosa, así como de la expansión urbana. Actualmente los avances tecnológicos y la disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución, permiten adquirir informaciones a escalas más detalladas que las que tradicionalmente se han levantado (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

En consecuencia los resultados del presente estudio permitirán contar con una base de datos de informaciones georreferenciadas y semidetalladas de las diferentes coberturas presentes en la subcuenca del Río Las Piedras, que abastece de agua potable al municipio de Popayán.

El insumo de dicha información permite el desarrollo de diferentes estudios posteriores como: diseño de políticas y planificación del sector forestal, cuencas hidrográficas, actualización de indicadores ambientales y económicos, gestión de riesgo, análisis sobre la dinámica de utilización y conflicto de uso del suelo, planes de ordenamiento y desarrollo territorial, gestión de áreas protegidas, entre otros.

Basados en estos datos se proponen prácticas de conservación que permitan mejorar el ecosistema con que se cuenta, potencializando sus características naturales, conservando las coberturas boscosas presentes y disminuyendo la degradación que se ha presentado en el transcurrir de los años para garantizar un buen recurso paisajístico, florístico, faunístico e hidrológico en la subcuenca del Río Las Piedras, Departamento del Cauca.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos para satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una buena tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato (Martínez, 2005).

4.2 ESCALA

Escala cartográfica se define como la relación entre la distancia que separa dos puntos en un mapa y la distancia real de esos dos puntos en la superficie terrestre; esta se puede representar de manera numérica o análoga y gráfica, cualquiera de ellas busca representar la equivalencia de una unidad medida en el mapa (Quattrochi y Goodchild, 2000). Los mapas a pequeñas escalas generalmente representan grandes proporciones de la tierra y por tanto son menos detallados que los mapas realizados con escalas mayores y resulta muy imprecisa la información cuantitativa que se puede obtener de este tipo de mapas (Chuvieco, 1990).

Se puede concluir que si no se aplican los análisis adecuados sobre los resultados a escala apropiada se pueden producir inferencias ecológicas erróneas. Una inferencia errónea, es aquella que se presenta cuando un investigador intenta deducir o inferir con las conclusiones de su investigación a un nivel macro para aplicarlas a un nivel micro de resolución final (Levin, 1992).

La dificultad de inferir procesos espaciales a través de la escala, se ha vuelto cada vez más difícil de tratar por los múltiples niveles de detalles en las investigaciones (Henderson *et al.*, 1985). Entre las limitantes identificadas están el alcance de la escala, el problema en los enlaces de la escala y la estandarización de la escala (Turner *et al.*, 2001), igualmente se debe determinar la extensión del área que involucra el estudio y el tamaño del pixel o unidades individuales de observación (Chinea, 2002).

4.3 COBERTURA DE LA TIERRA

La cobertura comprende todo lo que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema y su conocimiento es indispensable para definir, determinar y cartografiar unidades ecológicas homogéneas. Existen diferentes tipos de cobertura los cuales se agrupan en clases de acuerdo con sus características, y estas últimas, se agrupan en unidades que en su orden jerárquico son vegetal, degradada, hídrica y construida. El conocimiento de la cobertura y uso de la tierra constituye uno de los

aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico para el ordenamiento territorial por ser indispensable no sólo en la caracterización y espacialización de las unidades de paisaje, sino también, por su influencia en la formación y evolución de los suelos (CRC, 2012).

4.4 USO DE LA TIERRA

El uso de tierra está caracterizado por los arreglos, actividades e insumos que el hombre emprende en un cierto tipo de cobertura de la tierra para producir, cambiarla o mantenerla. Esta definición establece un enlace directo entre la cobertura de la tierra y las acciones del hombre en su medio ambiente (Guerra, 2006).

4.5 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER

El proyecto “Corine Land Cover” 1990 desarrollado en Europa define una metodología específica elaborada para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de la cobertura de la tierra constituye un soporte a la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, validada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del proyecto CLC2000. La base de datos de la cobertura de la tierra (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas. (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2007).

El IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA en (2007) plantearon el esquema metodológico Corine Land Cover que contempla las siguientes etapas: adquisición y preparación de la información; análisis e interpretación de las coberturas; verificación de campo, control de calidad y generación de la capa temática escala 1:100.000. Y las describe a continuación (Figura 2).

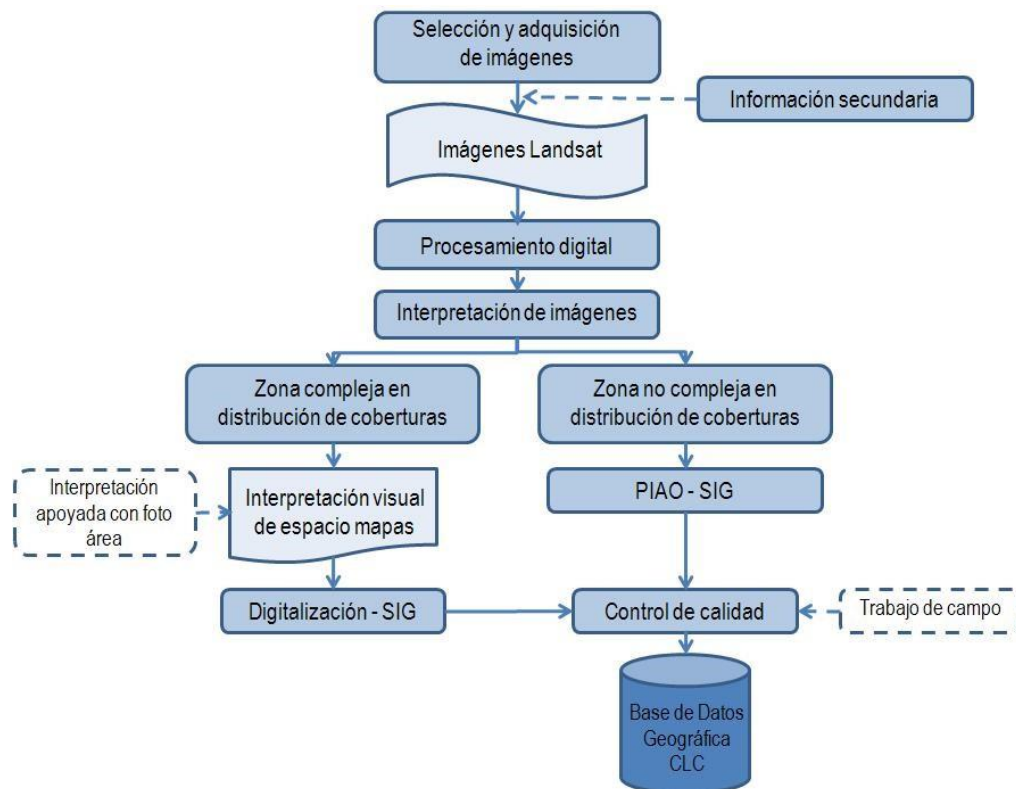


Figura 2. Modelo general de la metodología Corine Land Cover.

Fuente: Melo y Camacho, 2005, en Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000, IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA (2007)

4.5.1 Adquisición y preparación de la información

Para generar la información de coberturas de la Tierra se emplean imágenes satelitales como base para el proyecto, en muchas ocasiones es necesario tener el apoyo de otro tipo de información para poder comparar, complementar y/o validar la información de las imágenes de referencia. Esta información complementaria comprende principalmente las siguientes fuentes:

- Imágenes satelitales y otros sensores remotos con mayor resolución espacial.
- Cartografía básica y/o topográfica.
- Mapas temáticos de cobertura del territorio.
- Información estadística de uso y coberturas.
- Censos o inventarios de diferentes tipos de uso y ocupación del territorio.

4.5.2 Análisis e interpretación de coberturas

La interpretación de las imágenes de satélite se realiza inicialmente a través de la visualización en computador, empleando el software ArcGis, con una configuración para delinear las diferentes unidades de mapeo. El procesamiento digital de las imágenes (mejoramientos espectrales, corte, proyección) se realiza con el software ERDAS.

4.5.3 Verificación de campo

Para la verificación de campo se seleccionan zonas piloto teniendo en cuenta la diversidad de coberturas de la Tierra y la toma representativa de diferentes sectores del área de estudio. La metodología Corine establece las siguientes características para la selección de zonas piloto:

- Ser representativos de la región biogeográfica en la que se encuentra la zona piloto, y de ser posible que en él se encuentren todas las unidades de paisaje de la región biogeográfica.
- Contar con buenas posibilidades de acceso y garantizar la seguridad de los intérpretes y acompañantes para el control de campo.

El trabajo de verificación de campo tiene entre sus propósitos principales la aclaración de dudas en el proceso de interpretación de coberturas que se realiza en computador y/o la adaptación de la nomenclatura a una determinada zona de estudio.

4.5.4 Control de calidad

El control de calidad hace referencia a un proceso de revisión y corrección continuo y sistemático de seguimiento del avance de las diferentes actividades que se deben adelantar en cada una de las etapas del proceso, con el propósito de garantizar la calidad geométrica, temática y topológica de la base de datos del proyecto.

4.5.5 Generación de la capa temática

Con la información generada por cada intérprete, se obtienen coberturas o shapefiles, las cuales contienen los atributos y códigos definidos en la nomenclatura Corine; las coberturas se ensamblan en una base de datos geográfica (geodatabase), la cual permite estandarizar y articular los objetos bajo un esquema único, garantizando la portabilidad, interoperabilidad y la generación de reportes de información.

4.6 CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

La conservación de la biodiversidad nativa en paisajes rurales es un campo de trabajo emergente tanto a escala nacional como internacional. A finales de los años noventa las investigaciones han llamado la atención sobre la importancia que tienen los remanentes de hábitats naturales, para la conservación de especies nativas de una región y de los procesos ecológicos dentro de los ecosistemas. Esto ha llevado a una nueva mirada de los paisajes rurales, los cuales han ido pasando de ser considerados como casos perdidos en términos de conservación de especies, a regiones con un potencial para mantener una proporción importante de la biodiversidad que albergaban originalmente (Lozano, 2009).

La conservación de la biodiversidad ha evolucionado desde sus primera manifestaciones, en la que los únicos objetivos eran algunas especies particulares, a una protección integral, que abarcaba las comunidades y el medio en que se desarrollan (Izco, 2014). La degradación de las comunidades y la desaparición de algunas de sus especies se ha estudiado mediante la pregunta: ¿a cuantas y cuales especies podemos eliminar sin alterar el funcionamiento de la comunidad? Esto no tiene más respuesta que ninguna. Cada especie desempeña una función que se asocia a la función de las otras y por ello todas son necesarias (Izco, 2014). Conservar la biodiversidad implica cuatro acciones específicas: i) su protección con miras a evitar la transformación de los paisajes y la extinción de las especies, ii) su recuperación o restauración cuando las condiciones de naturalidad se han perdido, iii) la ampliación de la base de conocimiento científico, técnico o tradicional y iv) su utilización sostenible con miras a generar beneficios justos y equitativos (COMPES, 2010).

4.7 ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

A medida que las regiones tropicales son convertidas en tierras de producción agrícola, la conservación de la biodiversidad depende cada vez más, no solo del manejo y conservación de áreas naturales protegidas, sino también de impulsar y fomentar la visión de conservación dentro de las matrices productivas (Harvey, et al., 2006). La región andina de Colombia es reconocida por tener una alta variedad de biotopos en respuesta a su complejidad topográfica, lo que determina una alta diversidad de especies y presencia de endemismos (Etter, 1998). Por lo anterior se propone establecer un sistema de alternativas para aplicar sobre los siguientes componentes del ambiente: i) el agua, ii) la flora. iii) el suelo y iv) el territorio.

4.8 ANTECEDENTES

En la subcuenca del río Las Piedras no se han realizado muchos trabajos investigativos con énfasis en la determinación de las coberturas y uso de la tierra, sin embargo se cuenta con documentos que ofrecen una caracterización general sobre varios aspectos importantes del municipio de Popayán, el cual abarca la mayor área de la subcuenca en estudio y sirven como base para la elaboración de investigaciones futuras. A continuación se mencionan algunos de los proyectos realizados anteriormente que generaron algún aporte de información a la zona en cuestión:

4.8.1 Plan de ordenamiento territorial Municipio de Popayán

Realizado por la Alcaldía Municipal de Popayán en el año 2000, en donde se encuentra una descripción, caracterización y planificación del Municipio de Popayán, teniendo en cuenta el crecimiento del municipio, la composición poblacional, la distribución territorial de las actividades económicas, los ecosistemas, la flora, la fauna, las coberturas a escala 1:100.000 y la evolución respecto a los cambios que presentan estas temáticas.

4.8.2 Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica Río Piedras

Elaborado por la Corporación Regional Autónoma del Cauca, CRC, en el año 2006, hace un recorrido de los principios de la ordenación de la cuenca, se presentan los avances en cuanto a la línea base de las dinámicas biofísicas, socioeconómicas y culturales en todo el territorio de la cuenca Río las Piedras, precisando sus problemáticas y potencialidades.

4.8.3 Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000

El Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM en el año 2010 elabora una adaptación a la metodología Corine Land Cover para Colombia basado en todas sus características físicas y bióticas a escala 1:100.000 que es de gran ayuda para este proyecto debido a que sirve como base para la adaptación de las coberturas encontradas en el municipio.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

Este trabajo se desarrolló en la modalidad de investigación aplicada a los recursos naturales y la obtención de información de las coberturas presentes en la cuenca río Las Piedras del municipio de Popayán, departamento del Cauca, además de evidenciar el uso que se le está dando a dichas tierras, con el fin de hacer propuestas de conservación en la zona que permitan mayores beneficios ambientales a la comunidad.

5.2 PROCEDIMIENTO

En la Figura 3 se muestra el proceso metodológico utilizado para la realización del mapa de cobertura y uso del suelo de la Subcuenca del Río Las Piedras a escala 1:25.000, está basado en las etapas de la metodología Corine Land Cover y la leyenda fue adaptada según criterios de escala. A continuación se describen los elementos descritos en el flujograma:

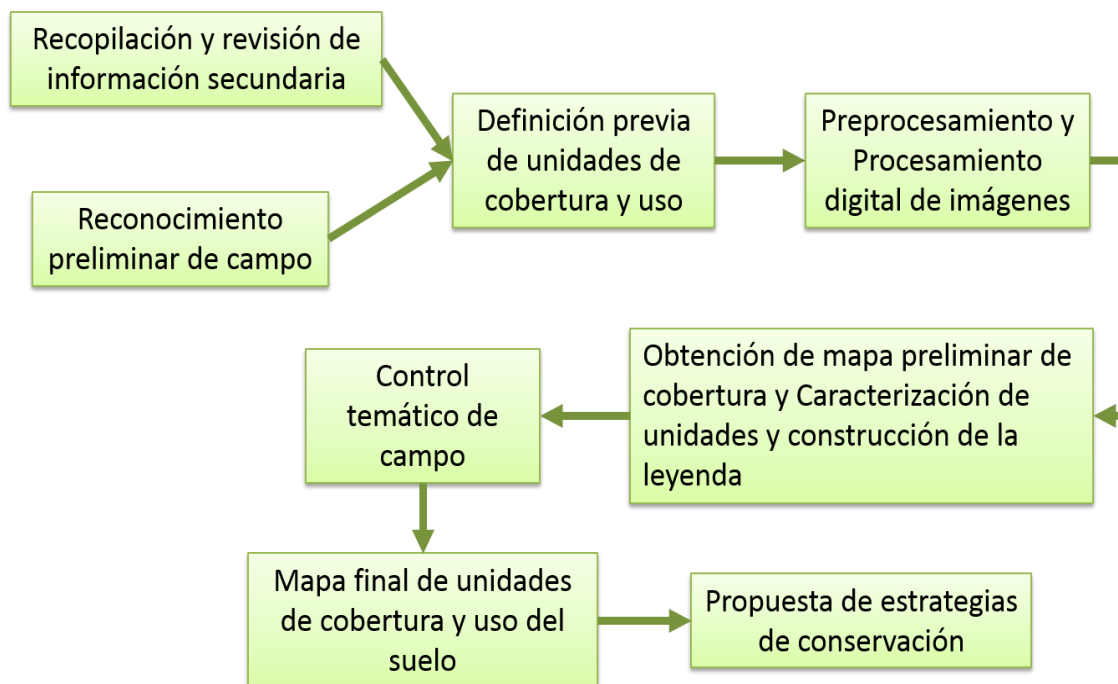


Figura 3. Proceso metodológico para la cobertura y uso del suelo.

5.2.1 Recopilación y revisión de información secundaria.

Se realizó la recopilación y revisión de información secundaria de diferentes entidades las cuales han generado información relacionada con la temática de

interés, además de la obtención del principal sensor remoto a partir del cual se llevara a cabo la implementación de la herramienta SIG de este estudio, el cual se describe a continuación:

5.2.1.1 Imagen satelital RapidEye

Imagen capturada por el sensor RapidEye, que cubre parcialmente los Departamentos: Huila y Cauca. La resolución espacial de la imagen es de siete metros para las cinco bandas multiespectrales (Figura 4).

Información básica:

Fecha de Adquisición:	2010-01-21
Código de Imagen:	0403012000000103
Tipo de Imagen:	Imagen Fuente
Subtipo de Imagen:	RapidEye
Tipo de Sensor:	RapidEye
Cubrimiento Municipal:	Cubre parcialmente los Municipios de Salado blanco, Isnos, La Argentina en el Departamento del Huila; Municipios de Rosas, Patía, Sotara, Puracé, Totoró, Inzá, Cajibío, Silvia, El Tambo, Piendamó, Morales, Paez, Timbío, Popayán en el Departamento del Cauca.
Resolución:	7 metros.
Formato:	img.
Información Complementaria:	Cubre parcialmente las hojas a escala 1:100.000 No. 342, 343, 364, 365.

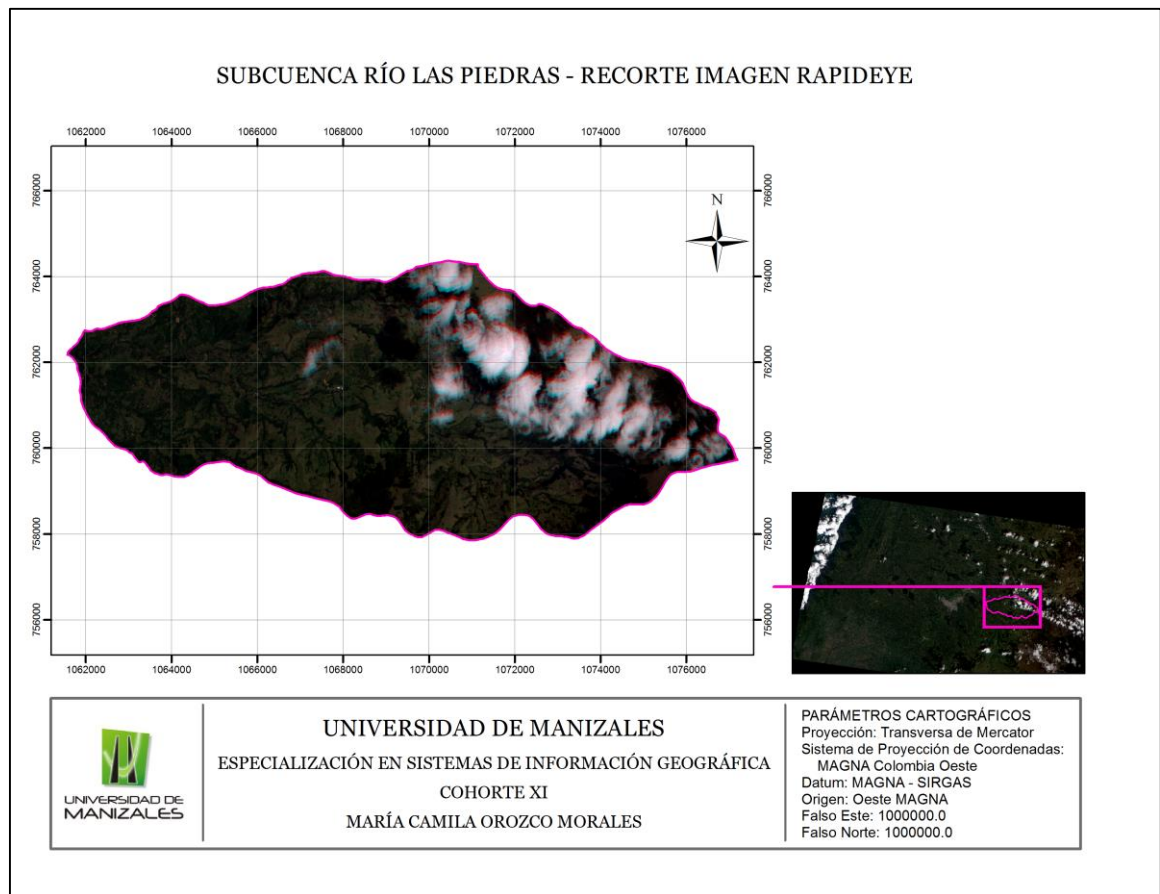


Figura 4. Imagen satelital RapidEye.

5.2.2 Reconocimiento preliminar de campo

Se llevó a cabo un pequeño reconocimiento preliminar de campo en la subcuenca del río Las Piedras, en algunas de las veredas correspondientes a ésta para conocer e identificar la zona como base para la planeación del trabajo de interpretación y validación adecuada, a partir de este se definió el nivel de detalle a trabajar.

5.2.3 Definición previa de unidades de cobertura y uso.

El método usado para realizar el levantamiento de las coberturas de la tierra en la cuenca del río Las Piedras, se llevó a cabo mediante la metodología Corine Land Cover que estandariza un sistema de clasificación, con categorías jerárquicas adaptada a Colombia por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el año 2010, posteriormente implementada en la zona.

La leyenda nacional fue estructurada de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisonómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo

de coberturas del mismo tipo. De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición (IDEAM, 2010).

El detalle se expresa en la definición de la leyenda, la cual llega a sexto nivel, y es acorde con la resolución espacial de los sensores remotos utilizados.

5.2.4 Preprocesamiento y Procesamiento digital de imágenes.

El procesamiento digital de la imagen satelital RapidEye no corrió por cuenta del estudio debido a que el sensor fue suministrado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con los respectivos ajustes realizados por ellos. Se utilizó una combinación de bandas espectrales 321 (verdadero color) con el fin de facilitar la clasificación de coberturas de la tierra en la subcuenca río Las Piedras.

Además se tuvo en cuenta el software Google Earth, para la visualización de algunas zonas que se encontraban sin información o con nubosidades en la imagen satelital (Figura 5). Y adicionalmente se revisaron otras fuentes de datos o documentación auxiliar en el desarrollo de estas actividades.

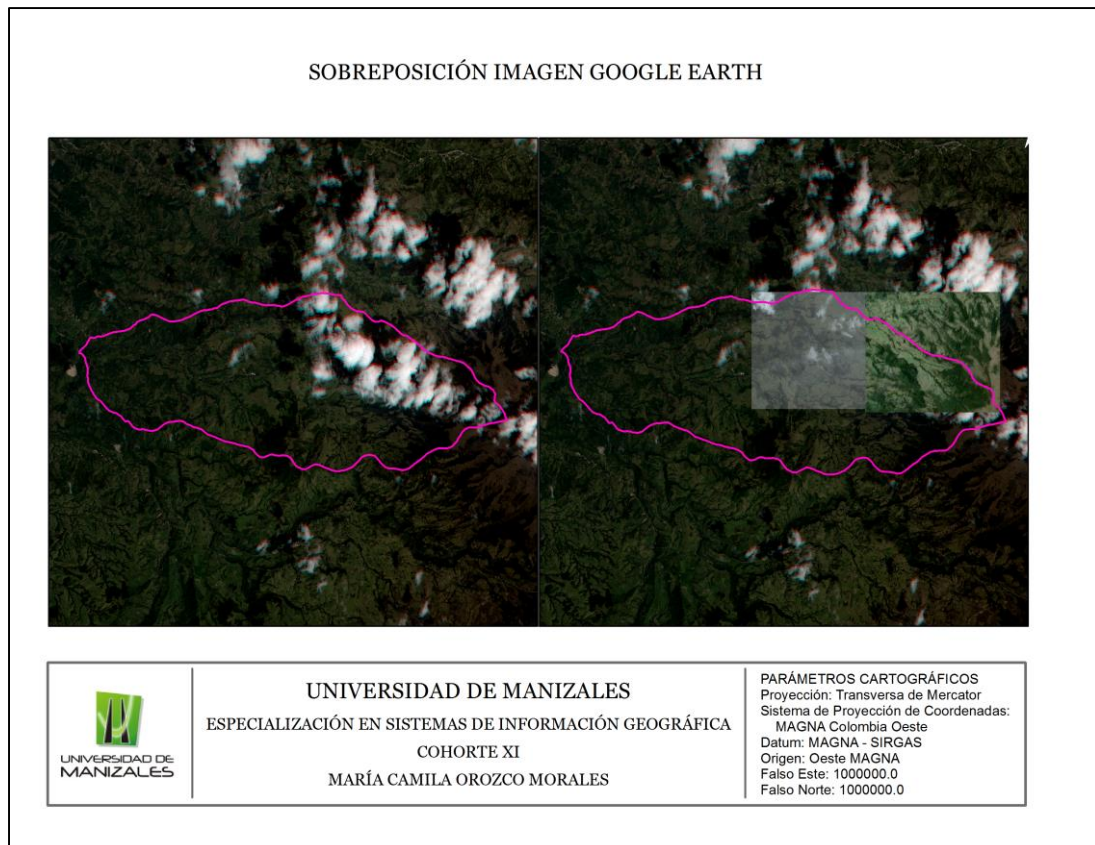


Figura 5. Relleno del área de estudio de la zona con nubosidades mediante el software Google Earth.

Con la imagen y los apoyos pertinentes se empleó una de las técnicas de clasificación no supervisada de imágenes basada en objetos, conocida como Segmentación en el software Ecognition Developer, la cual busca información de un grupo de píxeles similares entre sí llamados objetos y fracciona la imagen satelital en polígonos; ésta técnica es relativamente reciente en comparación con el análisis de imágenes tradicional basado en píxeles, que centra su clasificación en la información de cada píxel (color, tamaño, forma, textura y el contexto) y posteriormente se le hace un suavizado a los polígonos que arroja la segmentación en ArcGis (Figura 6).

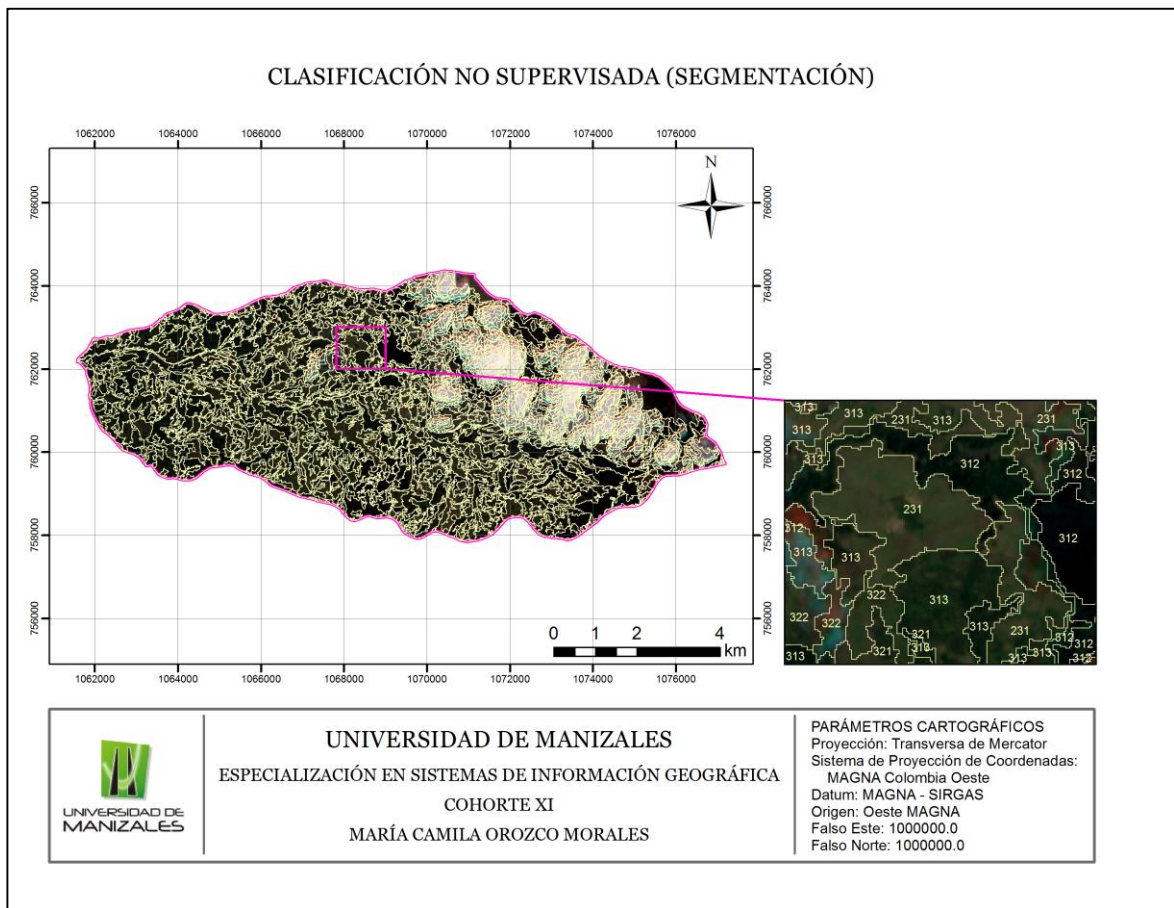


Figura 6. Clasificación no supervisada de la imagen RapidEye.

5.2.5 Obtención de mapa preliminar de cobertura y Caracterización de unidades y construcción de la leyenda

A partir de la clasificación no supervisada se procede a realizar la clasificación supervisada e interpretación de la imagen satelital previamente segmentada, en donde se analizan y codifican los polígonos existentes con las diferentes coberturas encontradas generando de esta manera un mapa preliminar de cobertura de la tierra.

Con los anteriores elementos se obtiene una primera versión del Mapa de cobertura y uso de la tierra en la subcuenca río Las Piedras a escala 1:25.000. Posteriormente se describe cada una de las unidades vegetales encontradas en la capa y se adapta la leyenda preliminar, que está basada en la metodología Corine Land Cover, en donde se encuentran las clases de coberturas correspondientes a las categorías del nivel I y II, desarrolladas en Europa, en el nivel III se mantuvo las apropiadas para Colombia y el nivel IV, V Y VI fueron ajustadas de acuerdo con las particularidades del área de estudio.

5.2.6 Control temático de campo.

En esta actividad se realiza una validación de la información generada en la interpretación realizada en oficina, dicha validación incluye la verificación donde se realizan cambios o no de los códigos de cobertura, ampliación o reducción de los polígonos, comprobación y aprobación.

Para el desarrollo de este trabajo se contó con los siguientes elementos de campo:

- Ploteo del mapa preliminar de coberturas 1:25000 con la información básica de ubicación como drenajes, unidades zonales urbanas, vías y equipamientos a una escala detallada de impresión.
- Navegador para ubicar la posición geográfica en la que se hace la verificación temática.
- Cámara Fotográfica con el objeto de generar patrones de coberturas en la zona de estudio.
- Libreta de notas donde se incluyeron todas las observaciones vistas en campo, las cuales son de gran aporte en el desarrollo del análisis de la información.

Se llevaron a cabo salidas de control temático de campo en donde se hizo un muestreo aleatorio simple teniendo en cuenta la diversidad de las coberturas de la tierra y la toma representativa de diferentes partes de la cuenca del río Las Piedras expresado en la visita de 140 puntos de control (Figura 7) con su respectiva descripción plasmada en la libreta digital de campo, posteriormente se comprueba que las categorías del mapa de cobertura y uso del suelo coincidan con las que se observan en la zona y en caso de no ser así se modifica el mapa de ploteo preliminar en campo para generar un nuevo mapa con la leyenda definitiva ya comprobadas previamente. (Figura 8).

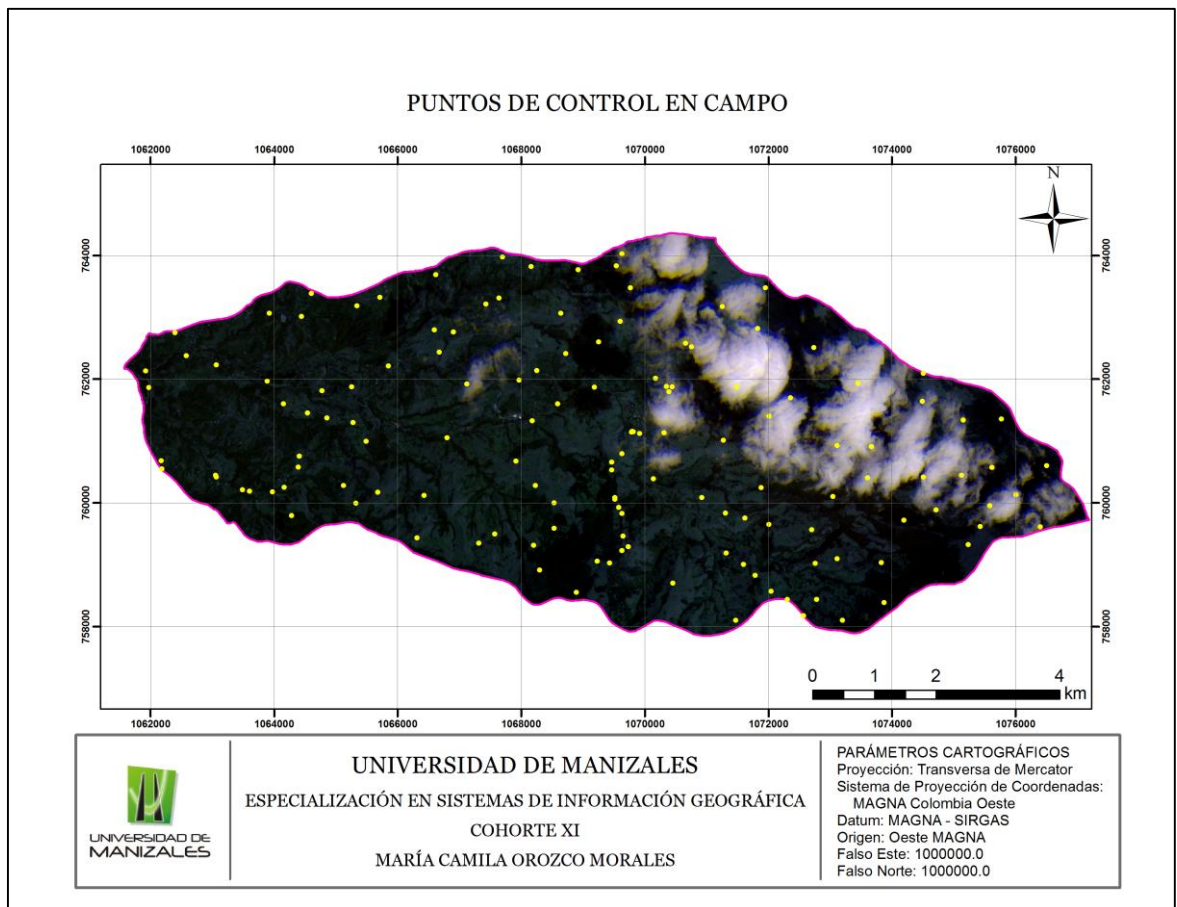


Figura 7. Puntos de control de campo.

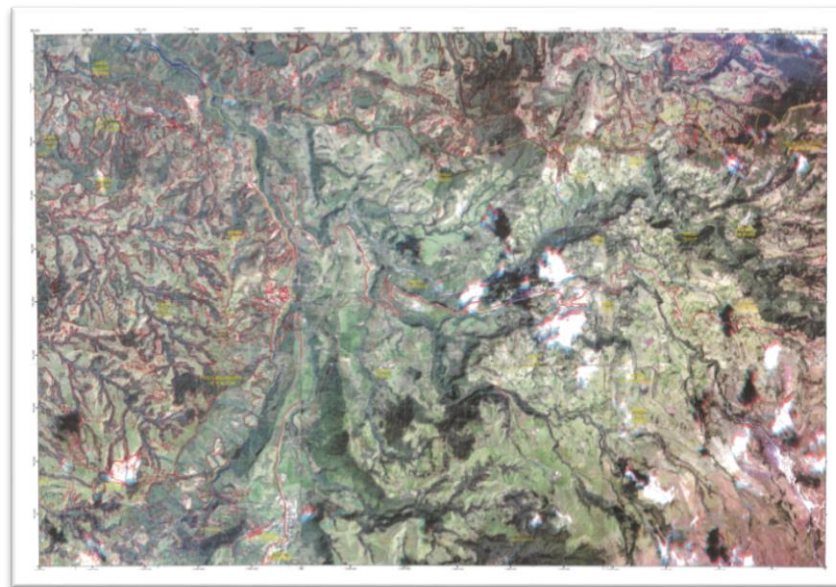


Figura 8. Control temático en campo.

5.2.7 Mapa final de unidades de cobertura y uso del suelo

Una vez realizado el recorrido en campo, es necesario descargar la información recopilada y realizar el análisis correspondiente en donde se hace un ajuste digital de la comparación entre lo analizado en oficina y lo observado en la práctica, se relacionan los puntos GPS, fotografías digitales del sitio y se origina la versión final del mapa de cobertura y uso del suelo de la cuenca del río Las Piedras a escala 1:25.000 con su respectiva leyenda, atributos y análisis de acuerdo a las normas de la metodología Corine Land Cover y los criterios de calidad cartográfica y estandarización de presentación.

6. RESULTADOS

6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

6.1.1 Mapa de cobertura de la tierra.

En la subcuenca río Las Piedras se generaron 154 polígonos en un área de 6.551,90 ha con 32 tipos coberturas de la tierra a escala 1:25.000. Lo que se puede evidenciar en la Figura 8 y Tabla 1.

6.1.2 Leyenda de las coberturas de la tierra.

En la Tabla 2 se describen las coberturas presentes en el estudio con sus respectiva jerarquización, codificación y simbolización con el correspondiente layer stack oficial a nivel nacional en el marco de la metodología Corine Land Cover, por el IDEAM y posteriormente adaptados al área de estudio, para posibilitar un alcance del sexto nivel en la leyenda con una escala semidetallada de 1:25.000.

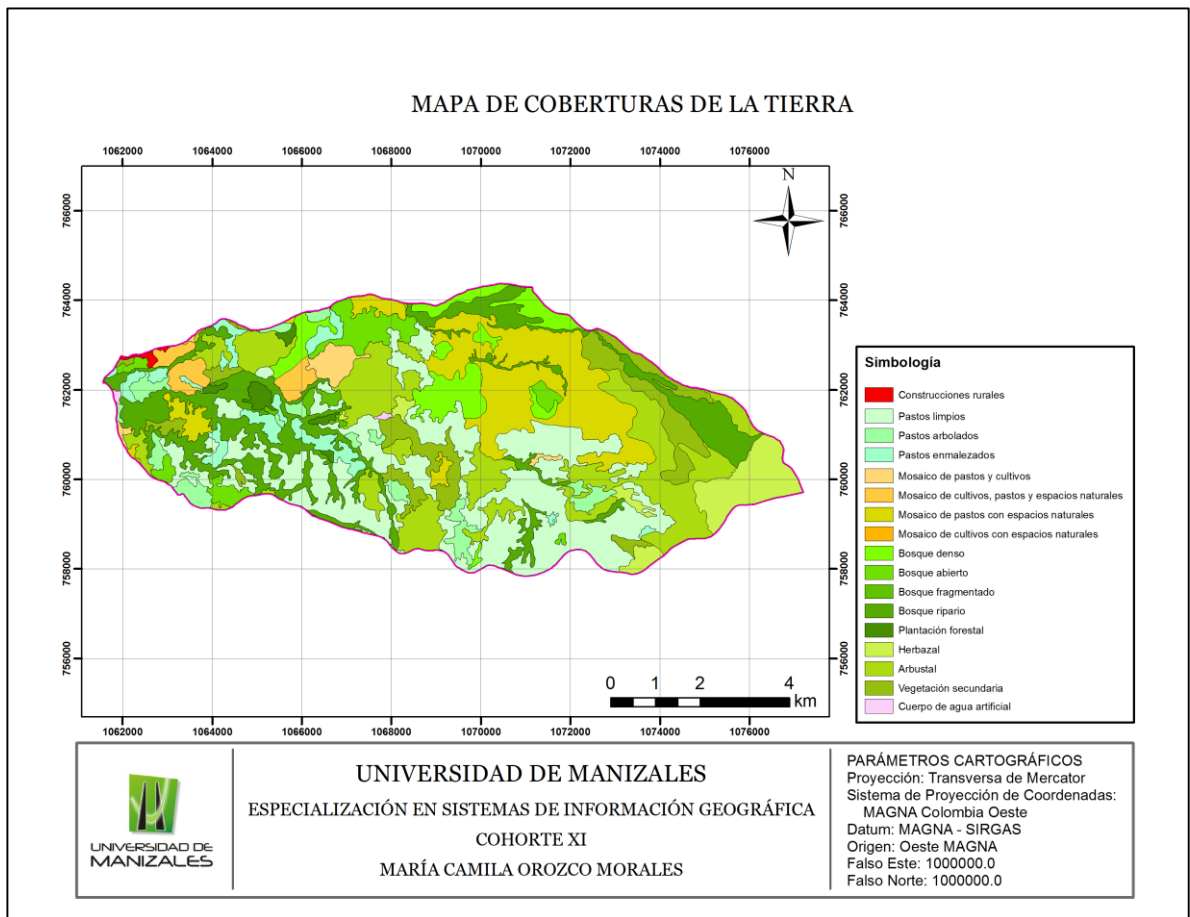


Figura 9. Mapa de coberturas de la subcuenca río Las Piedras.

Tabla 1. Coberturas presentes en la zona de estudio con sus respectivas áreas y porcentajes.

COBERTURA	AREA_HAS	%
Bosque de galería y/ o ripario	967,35	14,76
Mosaico de pastos con espacios naturales	899,22	13,72
Arbustal denso de tierra firme	719,91	10,99
Consociación de pastos	659,34	10,06
Pastos limpios	461,34	7,04
Bosque denso bajo de tierra firme	347,54	5,30
Arbustal abierto de tierra firme	260,11	3,97
Herbazal Denso de Tierra Firme No Arbolado (Páramo)	242,66	3,70
Pastos arbolados	238,45	3,64
Vegetación secundaria baja	224,66	3,43
Vegetación secundaria alta	224,30	3,42
Pastos enmalezados altos	203,75	3,11
Asociación de pastos	173,97	2,66
Bosque abierto bajo de tierra firme	158,70	2,42
Pastos degradados	141,92	2,17
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	129,71	1,98
Arbustal abierto	122,12	1,86
Mosaico de pastos y cultivos	85,03	1,30
Bosque abierto alto de tierra firme	67,76	1,03
Bosque plantado de latifoliadas (Eucalipto)	44,63	0,68
Herbazal abierto	36,04	0,55
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	26,47	0,40
Herbazal denso de tierra firme	22,18	0,34
Pastos enmalezados bajos	19,12	0,29
Arbustal denso	16,71	0,25
Herbazal denso	16,11	0,25
Bosque plantado de coníferas (Pinos)	15,06	0,23
Vivienda rural nucleada-centro poblado-asentamientos rurales, inspecciones de policía	10,67	0,16
Bosque fragmentado	4,55	0,07
Vegetación secundaria baja	4,50	0,07
Cuerpo de agua Artificiales	4,14	0,06
Embalse.	3,89	0,06
TOTAL	6551,90	100,00

Tabla 2. Leyenda del mapa de cobertura de la tierra en la subcuenca Río Las Piedras.

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	CÓDIGO	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.3. Construcciones rurales	1.1.3.1. Vivienda rural dispersa, campesina o del productor agrícola.			1.1.3.1	
			1.1.3.2. Vivienda rural nucleada-centro poblado-asentamientos rurales, inspecciones de policía			1.1.3.2	
			1.1.3.3. Vivienda campestre-Parcelación.			1.1.3.3	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación.	1.2.1. Zonas industriales o comerciales		1.2.1.1. Zonas industriales			1.2.1.1
				1.2.1.5. Áreas de producción de energía	1.2.1.5.1. Subestaciones eléctricas		1.2.1.5.1
				1.2.2.2. Red vial			1.2.2.2
				1.2.2.3. Estaciones de gasolina			1.2.2.3
		1.2.5. Obras hidráulicas	1.2.5.2. Plantas de tratamientos y pequeñas presas			1.2.5.2	
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras.	1.3.1. Zona de extracción minera	1.3.1.2. Explotación de materiales de construcción		1.3.1.2.1. Arenales		1.3.1.2.1
					1.3.1.2.2. Cantera		1.3.1.2.2
					1.3.1.2.3. Gravilleras		1.3.1.2.3
					1.3.1.2.4. Arcillas		1.3.1.2.4
		1.3.2. Zona de escombreras	1.3.2.4. Relleno sanitario			1.3.2.4	
	1.4 Zonas verdes artificializadas no agrícolas.	1.4.1. Zonas verdes	1.4.1.2. Parques cementerios				1.4.1.2
		1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.2. Áreas deportivas				1.4.2.2
	2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos anuales o transitorios	2.1.1. Otros cultivos	2.1.1.1. Lulo			2.1.1.1
2.1.5. Tubérculos			2.1.5.2. Yuca			2.1.5.2	
2.2. Cultivos Permanentes		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes Herbáceos.	2.2.1.1.1 Fique			2.2.1.1.1
			2.2.1.2 Caña	2.2.1.2.2. Caña panelera			2.2.1.2.2
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.2. Café				2.2.2.2

		2.2.5. Cultivos confinados				2.2.5
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios	2.3.1.1. Asociación de pastos			2.3.1.1
			2.3.1.2. Consociación de pastos			2.3.1.2
			2.3.1.3. Pastos degradados			2.3.1.3
		2.3.2. Pastos arbolados			2.3.2	
		2.3.3. Pastos enmalezados o enrastrados	2.3.3.1. Pastos enmalezados altos			2.3.3.1
			2.3.3.2. Pastos enmalezados bajos			2.3.3.2
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos				2.4.1.
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos				2.4.2
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales				2.4.3
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales				2.4.4.
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales				2.4.5
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI-NATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso	3.1.1.1. Bosque denso alto	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme		3.1.1.1.1.
			3.1.1.2. Bosque denso bajo	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo de tierra firme		3.1.1.2.2
		3.1.2. Bosque abierto	3.1.2.1. Bosque abierto alto	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme		3.1.2.1.1
			3.1.2.2. Bosque abierto bajo	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo de tierra firme		3.1.2.2.2

		3.1.3. Bosque fragmentado	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria			3.1.3.	
		3.1.4. Bosque de galería y/ o ripario				3.1.4	
		3.1.5. Plantación forestal	3.1.5.1. Bosque plantado de coníferas (Pinos)				3.1.5.1
			3.1.5.2. Bosque plantado de latifoliadas (Eucalipto)				3.1.5.2
	3.2. Áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme	3.2.1.1.1.1 herbazal denso de tierra firme no arbolado		3.2.1.1.1.1
			3.2.1.2. Herbazal abierto	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso			3.2.1.2.2.
		3.2.2. Arbustal	3.2.2.1. Arbustal denso	3.2.2.1.1. Arbustal denso de tierra firme			3.2.2.1.1.
			3.2.2.2. Arbustal abierto	3.2.2.2.2. Arbustal abierto de tierra firme			3.2.2.2.2.
		3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta				3.2.3.1
			3.2.3.2. Vegetación secundaria baja				3.2.3.2.
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	3.3.3.1. Tierras desnudas				3.3.3.1	
		3.3.3.2 Tierras degradadas				3.3.3.2	
4. ÁREAS HÚMEDAS	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Zonas pantanosas	4.1.1.1. Humedal			4.1.1.1	
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)				5.1.1	
		5.1.4. Cuerpo de agua Artificiales.	5.1.4.1. Embalse.			5.1.4.1	

6.1.3 Cuantificación de los resultados de cobertura de la tierra.

En la figura 10 se encuentra graficada la distribución de porcentaje de área para las coberturas más representativas de la subcuenca río Las Piedras.

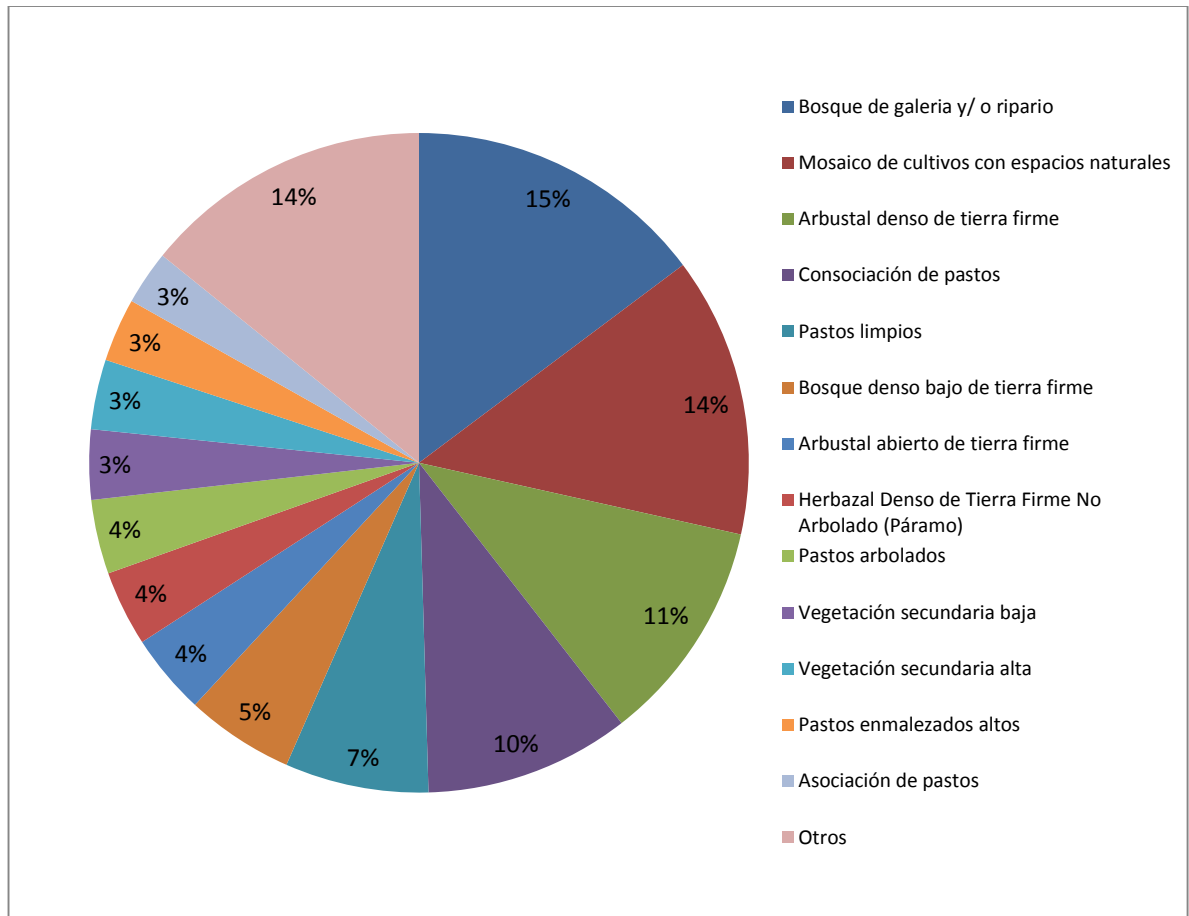


Figura 10. Porcentaje de área de las coberturas.

6.1.4 Patrones de cobertura identificados en campo.

Los patronamientos de las coberturas encontradas en la zona representan la reflectancia identificada en cada uno de los sensores remotos utilizados en la interpretación.

A continuación se describen dichos patrones de coberturas de la tierra identificados y validados en campo:

6.1.4.1 Bosque ripario.

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. (IDEAM, 2010). En la subcuenca río Las Piedras la mayoría de bosques riparios se encuentran alrededor del Río las piedras y sus quebradas afluentes, representan un 15% del área, cuentan con una muy buena cobertura vegetal de protección y aislamiento de fuentes hídricas desde su nacimiento y en su recorrido, sin embargo en algunos sitios visitados en el control de campo se pudo evidenciar que no en todos los lugares se respetan los 30 metros de protección que deben tener los cuerpos de agua establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Popayán (Figura 11).

Las especies vegetales con mayor abundancia asociadas a la zona son: *Mimosa quitensis*, *Euphorbia laurifolia*, *Miconia theaezans*, *Phyllanthus salviifolius*, *Piper aduncum*, *Alnus acuminata*, *Cordia resinosa*, *Piper barbatum*, *Croton polycarpus*, *Miconia versicolor*, *Senna pistaciifolia*, *Inga edulis*, *Acacia decurrens*, *Mauria simplicifolia*, *Lafoensia speciosa*, *Solanum ovalifolium*.



Figura 11. Bosque ripario, vereda San Ignacio, quebrada Santa Teresa.

6.1.4.2 Mosaico de cultivos con espacios naturales.

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural. (IDEAM, 2010)

Esta unidad se encuentra distribuida dentro de toda el área de estudio y ocupando un 14% de incidencia en la zona, se caracteriza por la presencia de cultivos de pancoger como: café, plátano, yuca, frijol y frutales, que son sembrados y cosechados por los habitantes en sus propiedades para su consumo, siendo cultivos que se encuentran acompañados de otras coberturas de tipo natural como pastos, pequeños bosques o jardines en su mayoría (Figura 12).



Figura 12. Mosaico de cultivos y espacios naturales en la zona.

6.1.4.3 Arbustal denso

Comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos que representa más del 70% de la unidad total. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. La intervención antrópica ha sido selectiva, por lo tanto no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. (IDEAM, 2010). Ocupan un 10% del área de estudio, dentro de esta categoría se incluye la vegetación achaparrada, correspondiente al subpáramo, el cual se ubica entre los 2.900 y 3.300 m bordeando el área de paramo en la parte alta del corregimiento de Quintana, en el nacimiento de la quebrada Santa Teresa, Arrayanales y Aguas Claras, vereda San Juan y San Ignacio, cerros de Carga Chiquillo, El Muñeco y Tomaire (Figura 13).

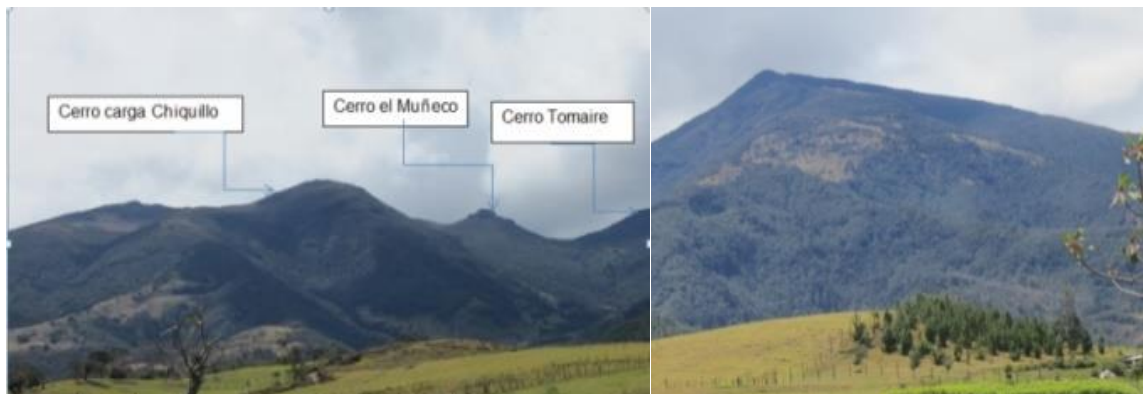


Figura 13. Arbustal denso bajo, vereda Quintana.

6.1.4.4 Pastos limpios.

Se consideran como pastos limpios las áreas cuya cobertura vegetal es en su totalidad de gramíneas, forrajeros con una mínima ocurrencia de malezas. (Instituto interamericano de ciencias de la OEA, 1970). Los pastos limpios se encuentran ocupando un 7% dentro de la zona. Están ubicados durante toda la zona de estudio como potreros para la tenencia de ganado vacuno, algunos de estos pastos presentan, terraceo y reptación, indicando pobreza y degradación de sus suelos. (Figura 14)



Figura 14. Pastos limpios en la zona.

6.1.4.5 Bosque denso.

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

Esta unidad ocupa el 5% del área y es posible evidenciarla en lugares en donde las personas han apuntado a la conservación en sus propiedades, alrededor de los bosques riparios y en las zonas altas ya que debido a la dificultad de acceso a dichas áreas, presentan mayor conservación de la biodiversidad por la falta de intervención humana (Figura 15).



Figura 15. Bosque denso bajo en la zona.

6.1.5 Mapa del uso actual del suelo.

A partir de la capa generada de coberturas de la tierra, apoyado con el trabajo de campo, charla con la comunidad y revisión de antecedentes en el área de estudio, se realiza un análisis de los diferentes usos actuales en la zona del proyecto generando el mapa de uso actual de la subcuenca río Las Piedras escala 1:25.000. Esta temática suministra información básica como herramienta de planificación del uso del suelo, relacionándola con la incidencia que ejercen los patrones de cambio naturales y antrópicos en la transformación de la relación entre la cobertura vegetal y los usos del suelo, a continuación se presenta el mapa con sus respectivos datos (Figura 16, tabla 3)

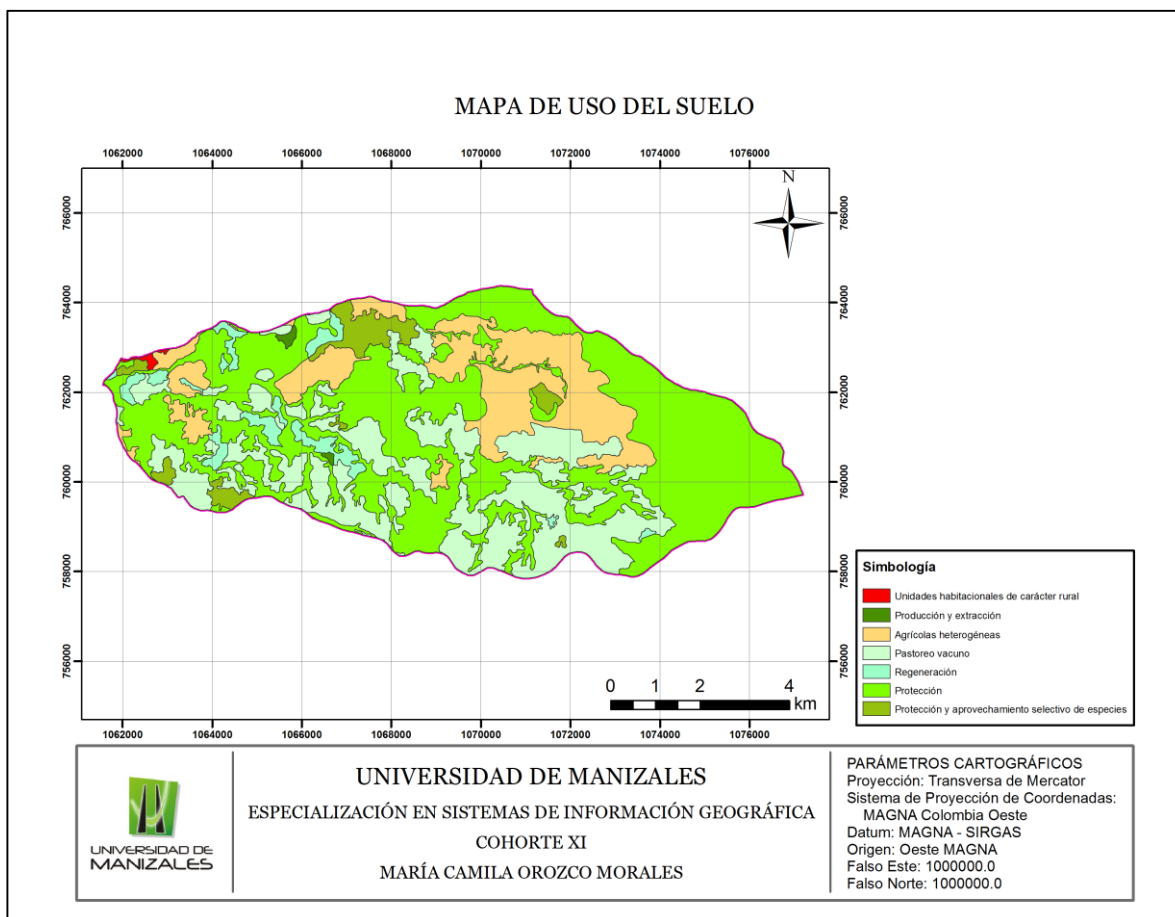


Figura 16. Mapa de uso del suelo de la subcuenca río Las Piedras.

Tabla 3. Tipos de uso del suelo presentes en la zona de estudio con sus áreas y porcentajes.

USO	ÁREA_HAS	%
Protección	3238,67	49,43
Pastoreo Vacuno	1675,01	25,57
Agrícolas heterogéneas	1113,95	17,00
Protección y Aprovechamiento selectivo de especie	231,02	3,53
Regeneración	222,87	3,40
Producción y extracción	59,69	0,91
Unidades habitacionales de carácter rural	10,67	0,16
TOTAL	6551,90	100,00

6.1.6 Leyenda de uso del suelo en la subcuenca río Las Piedras.

En la tabla 4. Se describen los usos del suelo presentes en la subcuenca río Las Piedras con su descripción, codificación y simbolización. Para la gama de colores se realizó un ajuste con el mapa de cobertura de la tierra de la metodología Corine Land Cover.

Tabla 4. Leyenda del mapa de uso del suelo en la subcuenca río Las Piedras.

USO ACTUAL	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Unidades habitacionales de carácter rural	Cr	Comprende aquellas áreas que están sufriendo un proceso gradual de urbanización o de cambio de uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.
Producción y Extracción	Pr-Ex	Establecimiento de plantaciones con fin industrial en la producción de pulpa de papel.
Agrícolas heterogéneas	Aah	Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.
Pastoreo Vacuno	Pv	Tierras dedicadas a la producción de leche, carne o doble propósito.
Regeneración	Rg	Coberturas que han sido abandonadas y en el momento su estado es de regeneración natural.
Protección	Pr	Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación; también por aquellos territorios constituidos por suelos degradados y afloramientos rocosos capaces de proveer protección en cierto grado al ecosistema.
Protección y aprovechamiento selectivo de especies	Pr-t	Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso con intervención antrópica.
Sin Uso.	Su	Unidades donde no se identificó ningún tipo de uso del suelo. (Tierras degradadas.)

6.1.7 Cuantificación del uso del suelo.

Los usos más frecuentes en el área de estudio corresponden Protección (49%), pastoreo vacuno (26%), Agrícolas heterogéneas (17%), protección y aprovechamiento selectivo de especies (4%) y regeneración (3%).

En la figura 17 se relaciona el uso del suelo actual en la subcuenca río Las Piedras con sus respectivos porcentajes.

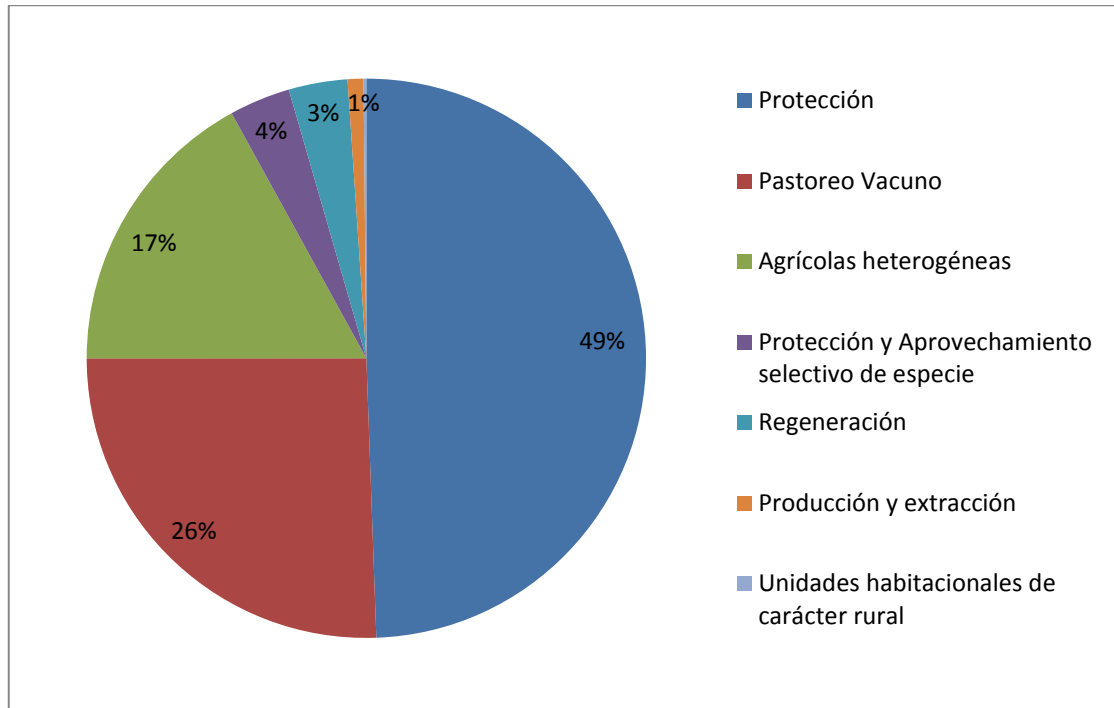


Figura 17. Porcentaje de uso actual del suelo.

6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

Es de destacar que la zona de estudio aún presenta un área considerable de coberturas boscosas, predominando los bosques riparios, éstos son ecosistemas florística y estructuralmente diversos y su conservación debería ser un componente integral para las estrategias de manejo de cuencas hidrográficas (Robert et al. 2000). La flora riparia es en sí misma única y diversa con vegetación que generalmente es más alta, densa y estructuralmente más compleja que la vegetación circundante. Su microclima, en la mayoría de los casos, es más húmedo. La sombra que produce la vegetación es determinante en las fluctuaciones de temperatura de las aguas y la cantidad de luz, la cual afecta el crecimiento de las plantas junto a los cauces, y consecuentemente, a los peces de agua dulce y

vertebrados que se alimentan de animales y frutas provenientes de la zona riparia (Boutin *et al.*, 2003).

A partir de esto se propone generar mayor conectividad entre los bosques que se encuentran en la zona de estudio, teniendo en cuenta que se cuenta con la ventaja de un alto porcentaje de bosques riparios encontrados y que esta cobertura actúa como corredor biológico debido a sus formas alargadas, permitiendo unir éste con otro tipo de coberturas boscosas o que se encuentran en estado de sucesión. Según esta visión, se entiende que los hábitats fragmentados pero interconectados por corredores, tienen mayor valor de conservación que los pocos fragmentos aislados (Bennett, 1999).

Para generar la conectividad entre dichos parches de coberturas boscosas se propone llevar a cabo una reforestación mediante especies nativas que permitan el desarrollo natural de las zonas, es importante tener en cuenta el riesgo que representa realizar revegetación; debido a que en esta actividad la principal amenaza es el empobrecimiento genético, por ejemplo, al reforestar utilizando una sola especie. Para solventar esto se requiere un análisis técnico de las dimensiones que deben protegerse en estos ecosistemas que brinden protección y sustento a las comunidades, tanto acuáticas como terrestres (Skagen *et al.*, 1998). Por esta razón es importante caracterizar los bosques desde el punto de vista florístico y estructural, así como de su fauna silvestre haciendo énfasis en los grupos taxonómicos claves. Lo anterior servirá como fundamento para establecer la dinámica de las comunidades presentes en la zona e identificar otros requerimientos para su conservación, para cumplir con esto sería de gran utilidad la establecimiento de un sistema de parcelas de monitoreo de las coberturas boscosas en la subcuenca río Las Piedras (Orozco *et al.*, 2015).

Respecto a los mosaicos de cultivos se propone un manejo mediante los sistemas agroforestales, tratando de evitar los monocultivos, sembrando bajo asociaciones que permitan los diferentes aportes y demanda de nutrientes al suelo, como el establecimiento de cultivos de pancoger para empezar en la búsqueda de la soberanía alimentaria de los habitantes de la zona.

Una técnica valiosa consiste en utilizar la tierra durante unos pocos años y luego sigue un periodo de barbecho en el cual los procesos sucesionales de mejoramiento del suelo convierten nuevamente el sitio en un lugar apto para renovar los cultivos agrícolas o la tenencia de ganado vacuno en los pastos, esto se aplica principalmente en suelos que no pueden dedicarse permanentemente a la agricultura o pastoreo a causa de la topografía, la estructura, la baja fertilidad o simplemente dejar descansar la tierra de los impactos (Orozco *et al.*, 2015).

En cuanto a los pastos limpios y degradados se plantea implementar las cercas vivas reemplazando los postes y la siembra de árboles principalmente nativos o de

algún interés específico generando beneficios como el forraje para la fauna, la producción de madera, leña, frutos o sombrío para el ganado.

En la zona de páramo y subpáramo es importante continuar evaluando los cambios de coberturas y buscar estrategias de orden político para poder detener la pérdida de vegetación natural a causa de la expansión agropecuaria y se deben buscar estrategias de negociación con la comunidad que ejerce presión en esta zona para poder conservarla (Orozco et al., 2015).

Las coberturas de pastos enmalezados y vegetación secundaria se caracterizan por ser las etapas iniciales de la regeneración natural, si se permite la transformación de estos ecosistemas sin intervención alguna se dará paso a obtener como resultado un ambiente natural similar a las características que pudo haber tenido hace muchos años, sin embargo es de resaltar que este proceso se demora demasiado tiempo en ocurrir, entonces se le podría ayudar con la reforestación de especies nativas y pioneras que son las que van dando lugar a la evolución de la fauna en la zona para acortar un poco este transcurso.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo el mapa de coberturas de la tierra a partir de la clasificación no supervisada mediante la segmentación que ofrece el programa Ecognition y posteriormente se llevó a cabo la corrección de los polígonos con la clasificación supervisada en campo.
- Las herramientas SIG empleadas en este trabajo permiten adquirir datos de estadística espacial para el análisis de la información obtenida en los mapas de cobertura y uso del suelo.
- En la subcuenca río Las Piedras se generó el mapa de coberturas de la tierra a escala 1:25.000, el cual arrojó 154 polígonos en un área de 6.551,90 ha con 32 tipos de clasificaciones.
- La cobertura más predominante de la zona son los bosques riparios con un 15% del área, esto es de esperarse debido a que el estudio se desarrolla bajo una subcuenca, sin embargo se esperaría un mayor porcentaje de esta cobertura y menos zonas de pastos dedicadas al pastoreo vacuno alrededor de los ríos.
- Los bosques riparios muestran una alta conectividad, lo que indica que sirve de corredores biológicos naturales permitiendo interrelación de organismos, pero es evidente que estos ecosistemas están sufriendo una gran presión, lo que conlleva a pérdida de su diversidad.
- Los mosaicos de cultivos con espacios naturales son una cobertura con alto porcentaje dentro de la subcuenca, los habitantes de la zona han optado por tener cultivos de pancoger mezclados con otros tipos de coberturas que incluyen los pastos para la tenencia de ganado y los espacios naturales como relictos de bosques o la implementación de árboles frutales, forrajeros y cercas vivas.
- Se identificaron como actividades relevantes en el área de estudio la expansión de la frontera agropecuaria y la extracción del recurso del bosque, que están directamente asociadas con las dinámicas de cambio de cobertura y fragmentación eco sistémica.
- Al realizar el mapa de uso del suelo se encontraron 7 tipos, el principal fue el uso de protección (49%) en el cual se encuentran las coberturas boscosas, de arbustales y vegetación de páramo y subpáramo, seguido de pastoreo vacuno con un 16% en el cual se incluyen las unidades de pastos limpios, pastos arbolados y pastos degradados.

- Las tendencias de cambio de uso del suelo van hacia el incremento de pastizales, producto de la ganadería extensiva y la demanda de leña para uso doméstico, todo esto en detrimento de las coberturas boscosas.
- Se proponen lineamientos de conservación, recuperación, rehabilitación y restauración de los ecosistemas de acuerdo con la vulnerabilidad y el potencial que presenta cada cobertura dentro de la zona.
- Las metodologías desarrolladas en este trabajo pueden ser aplicadas para la determinación de las coberturas de la tierra y uso del suelo en diversos lugares con intereses de estudio
- Los sistemas de información geográfica son herramientas que permiten el análisis de diferentes temáticas, entre ellas las del medio ambiente que facilitan la toma de decisiones acertadas en pro de la conservación.

RECOMENDACIONES

- Es de vital importancia que este trabajo sea socializado a la comunidad de la subcuenca del río Las Piedras para que se informen del estado en que se encuentra su territorio y las estrategias que se pueden seguir para avanzar conjuntamente en sentidos de conservación.
- La capacitación ambiental es una buena alternativa para promover las buenas prácticas ambientales y la recuperación de las zonas degradadas en el área de estudio.
- Realizar un estudio multitemporal de las coberturas vegetales de la zona permitiría evidenciar los cambios que ha sufrido la subcuenca en el tiempo y la degradación que ha generado el hombre en los ecosistemas además de los resultados que puedan haberse dado debido a los esfuerzos de conservación que se han hecho.
- Se deben realizar inventarios de flora y fauna para llevar a cabo un mejor análisis de las interacciones que presentan los ecosistemas y orientar de una mejor manera las estrategias de conservación.
- Es importante adelantar acciones que permitan llevar a cabo los lineamientos aquí propuestos para disminuir la pérdida de la biodiversidad de la zona y recuperar las funciones de algunos de los ecosistemas ya fragmentados.
- Si el estudio se realizara a una mayor escala permitiría mejorar el detalle de los levantamientos de las coberturas de las zonas, discriminando con mayor facilidad algunos tipos de cultivos y coberturas que no entraban en el área mínima cartografiada en la escala 1:25.000.

BIBLIOGRAFÍA

BENNETT, A.F. 1999. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Switzerland, IUCN. 254 p.

BOUTIN, C.; JOBIN B.; BÉLANGER, L. 2003. Importance of riparian habitats to flora conservation in farming, landscapes of southern Québec. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 94: 73–87.

CHINEA J., 2002. Teledetección del bosque. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Primera edición. Cartago. Costa Rica.

CHUVIECO E., 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid, España. Tercera Edición.

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, COMPES. 2010. Lineamientos estratégicos para la gestión ambiental articulada del Macizo Colombiano. (Documento PDF, Borrador).

CORPORACIÓN REGIONAL AUTÓNOMA DEL CAUCA, CRC, Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Miranda – Cauca. 2012.

CORPORACIÓN REGIONAL AUTÓNOMA DEL CAUCA, CRC, Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica Rio Piedras. 2006.

ETTER A., 1998. Mapa general de ecosistemas en Colombia. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad. Tomo I. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.

GUERRA, A., 2006. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz. Universidad Mayor de San Simón.

HARVEY C., GONZALEZ J. Y SOMARRIBA E., 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, Ingenous agroforestry systems and plantain monocultures in Salamanca, Costa Rica. *Biodiversity and conservation*.

HENDERSON A., WILSON M., THOMAS G., 1985. The effect of spatial resolution on archives of land cover type, *Climatic Change*.

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2007. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. 1999. Paisajes Fisiográficos de Orinoquía- Amazonía.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS, IDEAM. 2010. Leyenda Nacional De Coberturas De La Tierra, Metodología Corine Land Cover Adaptada Para Colombia, Escala 1:100.000. Bogotá - Cundinamarca.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS DE LA OEA. 1970 Inventario de recursos, Cantón de Turrialba..

IZCO J., 2004. Botánica. Segunda Edición, Mac Graw Hill.

LEVIN S., 1992. The problem of pattern and scale in ecology. Ecology.

LOZANO F., 2009. Herramientas de manejo para la conservación de la biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

MARTINEZ, J., 2005. Estudio espacio temporal del proceso de fragmentación en la zona nor-oriental del parque nacional natural Puracé, mediante el análisis de las comunidades vegetales. Universidad del Cauca. Tesis pregrado.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2012. Estudio de uso y cobertura de suelo. Santo Domingo, R.D.

OROZCO C., CERON L., MARTÍNEZ J. Y OSPINA R., 2015. Análisis de los patrones espaciales del paisaje en un corredor biológico del Macizo Colombiano, Cauca. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. Vol. 13. Popayán, Cauca, Colombia.

QUATTROCHI D. Y GOODCHILD M., 2000. Scale in remote sensing and GIS. Nueva York, Boca Raton, Florida.

ROBERT, J.; NAIMAN.; ROBERT, E.; BILBY.; PETER, A.; BISSON, P. 2000. Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. BioScience 50 (11): 996-1010 p.

SKAGEN, S. K.; MELCHER, C. P.; HOWE, W. H.; KNOPF, F. L. 1998. Comparative use of riparian corridors and oases by migrating birds in southeast Arizona. Conservation Biology 12: 896–909.

TURNER M., GARDNER R., O'NEILL R., 2001. Landscape ecology in theory and practice: pattern and process. New York. USA.