



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Evaluación de cambios de coberturas y usos del suelo por la
expansión agropecuaria en la vereda Guanacas de los municipios Carolina
del Príncipe y Santa Rosa de Osos - Antioquia**

Kely Lorena Marín Cataño

Laura Martínez Álvarez

Universidad de Antioquia

Escuela Ambiental

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2020



Evaluación de cambios de cobertura y usos del suelo por la expansión agropecuaria en la vereda Guanacas de los municipios Carolina del Príncipe y Santa Rosa de Osos - Antioquia

Kely Lorena Marín Cataño

Laura Martínez Álvarez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Especialización en Gestión Ambiental

Asesor:

Juan José García Duque

Ingeniero Ambiental

Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática

Universidad de Antioquia

Escuela Ambiental

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2020

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo General.....	3
1.1.2. Objetivos Específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
3. METODOLOGÍA.....	7
3.1. Área de Estudio	7
3.2. Adquisición de imágenes satelitales.....	8
3.3. Clasificación de coberturas	9
3.4. Clasificación supervisada.....	11
4. RESULTADOS.....	14
4.1. Elaboración de Firmas Espectrales	14
4.2. Biodiversidad	14
4.3. Análisis de Coberturas	29
4.3.1. Definición de Coberturas.....	29
4.3.1.1. Bosque fragmentado (BF).....	29
4.3.1.2. Vegetación secundaria o en transición (VST).....	29
4.3.1.3. Cuerpos de agua artificiales (CAA).....	30
4.3.1.4. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (MCPEN).....	30
4.3.1.5. Zonas arenosas naturales (ZAN).....	30
4.3.1.6. Tierras desnudas y degradadas (TDD).....	30
4.3.2. Distribución de Coberturas.....	31
4.3.3. Comparación de Coberturas.....	32
4.3.4. Agrupación de Coberturas	37
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
6. REFERENCIAS.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información imagen 2000	9
Tabla 2. Información imagen 2013	9
Tabla 3. Información imagen 2020	9
Tabla 4. Combinación de LANDSAT 7.....	11
Tabla 5. Combinación de LANDSAT 8.....	11
Tabla 6. Codificación de firmas	13
Tabla 7. Especies de mamíferos.....	15
Tabla 8. Especies de reptiles	16
Tabla 9. Especies de anfibios.....	16
Tabla 10. Especies de aves.....	17
Tabla 11. Especies de flora	21
Tabla 12. Distribución de Áreas Año 2000.....	31
Tabla 13. Distribución de Áreas Año 2013.....	31
Tabla 14. Distribución de Áreas Año 2020.....	32
Tabla 15. Comparación de Coberturas.....	32
Tabla 16. Agrupación de Coberturas	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de Estudio.	7
Figura 2. Firmas Espectrales Año 2000.....	26
Figura 3. Firmas Espectrales Año 2013 (reemplaza a 2010 por error en las imágenes satelitales disponibles).	27
Figura 4. Firmas Espectrales Año 2020.....	28
Figura 5. Distribución porcentual de coberturas Año 2000.....	33
Figura 6. Distribución porcentual de coberturas Año 2013.....	33
Figura 7. Distribución porcentual de coberturas Año 2013.....	33
Figura 8. Coberturas del área de estudio año 2000.....	34
Figura 9. Coberturas del área de estudio año 2013.....	35
Figura 10. Coberturas del área de estudio año 2020.....	36
Figura 11. Distribución de coberturas agrupadas para los años 2000, 2013 y 2020.....	38
Figura 12. Fuentes Hídricas Área de Estudio.	40

GLOSARIO

AACPV: Áreas Abiertas, sin o con Poca Vegetación.

ArcGIS: Completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

BAS: Bosques y Áreas Seminaturales.

BF: Bosque Fragmentado.

CAA: Cuerpos de Agua Artificiales.

CLC: Corine Land Cover.

CN: Coberturas Naturales

LANDSAT: El programa estadounidense Landsat es un programa conjunto entre la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) que el ofrece el catálogo más amplio de observaciones de la Tierra a nivel global.

LUCC: Land-Use and Land-Cover – Change.

MCPEN: Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales.

MLC: Máxima Verosimilitud (MLC, por sus siglas en inglés).

PF: Plantaciones Forestales

Ráster: Un ráster es una estructura de datos formada por una matriz de píxeles. Estos píxeles se organizan en columnas y filas, dando lugar a una cuadrícula de celdas, las cuales presentan el valor que representa la información en cuestión, como la temperatura. Los ráster son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

TDD: Tierras Desnudas y Degradadas.

VST: Vegetación Secundaria o en Transición.

ZAN: Zonas Arenosas Naturales.

RESUMEN

Colombia es un país megadiverso, el cual le debe esta riqueza natural a sus bosques, ya que allí viven millones de especies, algunas de ellas endémicas en estado de vulnerabilidad y amenaza y se producen los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento que necesitamos para sobrevivir, así mismo es evidente la intervención que estas zonas sufren por parte de los cambios en sus coberturas naturales generando un cambio en los usos del suelo y afectando así las especies de biodiversidad presentes en los territorios.

En la vereda Guanacas de los municipios de Santa Rosa de Osos y Carolina del Príncipe y las veredas con las que limita, se realizó el análisis de coberturas de Bosque Fragmentado, Mosaico de Cultivos, Pastos y Áreas Naturales, Cuerpos de Agua Artificiales, Tierras Desnudas y Degradadas, Zonas Arenosas Naturales para un periodo de 20 años mediante el análisis de imágenes satelitales LANDSAT 7 y LANDSAT 8 de los años 2000, 2013 y 2020 haciendo uso de la herramienta de ArcGIS 10.7.

Para el estudio se usó la metodología de Corine Land Cover, mediante el algoritmo de Clasificación de Máxima Verosimilitud empleando la Clasificación Supervisada con firmas espectrales. Como resultado se obtuvieron pérdidas de coberturas naturales asociadas a la expansión de las coberturas antrópicas, en especial, las relacionadas con los usos agropecuarios, además se evidenció una importante reducción del embalse Miraflores y la influencia en las áreas abiertas, sin o con poca vegetación de las quemaduras características de las actividades agrícolas.

Palabras clave: Cambio de coberturas, usos del suelo, expansión agropecuaria, biodiversidad, Corine Land Cover.

ABSTRACT

Colombia is a country diversified due to the natural wealth from the forest. There are 54,871 species that live in Colombia, and some of them are in a vulnerable state, and they produce the ecosystem services of regulation, and provisioning that we need to survive. It's very evident the intervention of the zones that are suffering from changes of natural edges generating a change in the land use and, affecting the species of the biodiversity present in the territories.

In the Guanacas village of the municipalities of Santa Rosa de Osos and Carolina del Príncipe and the paths with which it limits, the analysis of the covers of Fragmented Forest, Mosaic of Crops, Pastures and Natural Areas, Artificial Water Bodies, and Degraded Lands was carried out, Natural Sandy Zones for a period of 20 years by analyzing Landsat 7 and Landsat 8 satellite images from the years 2000, 2013 and 2020 using the ArcGIS 10.7 tool.

Corine Land Cover's methodology was used for the study, using the Maximum Likelihood Classification algorithm using Supervised Classification with spectral signatures. As a result, losses of natural coverages associated with the expansion of the anthropic coverages were obtained, especially those related to agricultural uses, in addition to the evidence of a significant reduction of the Miraflores reservoir and the influence on the open areas, without or with little vegetation of the burning characteristics of agricultural activities.

Keywords: Change of hedges, land uses, agricultural expansion, biodiversity, Corine Land Cover.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país privilegiado por su diversidad biológica, en su territorio nacional se concentra aproximadamente el 10% de la biodiversidad mundial a pesar de que este no representa sino el 0.22% de la proporción terrestre global; el país le debe gran parte de su biodiversidad a sus bosques: en ellos viven millones de especies y se producen los servicios ecosistémicos de regulación que necesitamos para sobrevivir, esta característica hace que sea considerado uno de los 14 países megadiversos, llamados de esta forma por tener el 70% de la biodiversidad mundial y por tener intereses afines (WWF, 2014).

La economía de Colombia está asociada a diferentes sectores productivos y extractivos, como la minería, la producción de energía, la agricultura, ganadería, infraestructura, entre otros, los cuales hacen uso de los recursos que el país ostenta; cada departamento del país representa para la economía y el desarrollo un porcentaje importante en cuanto al aporte al crecimiento del PIB; es de resaltar que la mayor amenaza para la biodiversidad del país es la pérdida de hábitats naturales, generalmente relacionada

con la expansión de la frontera agrícola y ganadera y se menciona que, de las 35.476 especies de fauna y 27.881 especies de plantas, 395 y 1.178 están amenazadas, respectivamente (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA, 2015).

En Antioquia, las coberturas naturales y en especial los bosques están sujetos a una fuerte presión por parte del hombre, debido a la ampliación de la frontera agropecuaria (Orrego, 2009), la extracción ilegal de madera y otros productos, el establecimiento de cultivos ilícitos y la minería ilegal, ha posicionado esta región como una de las zonas con mayor tasa de pérdida de bosque de todo el país (Cabrera et al. 2010). En el departamento, la producción agropecuaria está destinada en su mayoría a la ganadería con un 72,4% del total de su territorio convirtiéndolo en uno de los lugares con más ganado del país, así mismo en la producción de carne y leche; por otra parte, el 15,5 % están destinadas a las labores agrícolas, en su mayoría monocultivos (Mongabay, 2018). En el departamento, la mano del hombre puso en riesgo especies nativas como las orquídeas y el puma, especies que están principalmente en los altiplanos de Santa Rosa de Osos, Rionegro y Sonsón, sobre la cordillera

Central y en los páramos del norte y cerca al Valle de Aburrá (Avendaño, 2018).

En la vereda Guanacas, ubicada en los municipios de Santa Rosa de Osos y Carolina del Príncipe - Antioquia, las presiones están asociadas a la minería ilegal en el Rio Guadalupe; igualmente es una amenaza, la actividad agropecuaria ineficiente y poco productiva, la extracción de madera nativa para el cultivo tomate y fríjol y estacones en ganadería, el avance en la frontera agrícola y el vertimiento de residuos agroquímicos en el cultivo de tomate sobre la parte alta de la Quebrada Guanacona (Fundación Grupo HTM, Corantioquia, 2014).

Debido a la presión que se ejerce sobre los recursos naturales en el departamento y en zonas específicas, es importante identificar el impacto que se genera sobre las coberturas naturales, ya que se altera el equilibrio natural de los ecosistemas y la disposición de los recursos para las comunidades, resaltando que los terrenos enfocados a la actividad agropecuaria, presentan una alta tendencia a degradarse rápidamente y destruyen ecosistemas únicos; lo anterior ligado especialmente a la deforestación de bosques naturales. Es por esto, que se cree que los

cambios significativos en el uso del suelo representan una potencial amenaza a la biodiversidad, pues estos están asociados a una pérdida de la cobertura vegetal, cambio en el paisaje, fragmentación de los ecosistemas naturales y con ello, discontinuidad y aislamientos entre especies. La anterior afirmación va acorde con lo expuesto por Sahagún-Sánchez & Reyes-Hernández (2018), respecto a las actividades económicas que representan una mayor presión, aseveran que la producción agropecuaria demanda el cambio y consumo de recursos naturales no renovables en gran medida y evidencian la presión antrópica sobre los ecosistemas, representando un riesgo para su conservación y protección. Lo anterior, puede ser valorado a través de análisis de coberturas y cambios en los usos del suelo, para detectar alteraciones significativas, que puedan generar presiones en la biodiversidad local.

En este trabajo se presenta la evaluación de cambios de cobertura y usos del suelo causada por la expansión agropecuaria, en la vereda Guanacas; a través de la clasificación supervisada de coberturas, partiendo de imágenes satelitales LANDSAT 7 y LANDSAT 8 para los años 2000, 2013 y

2020, las cuales serán analizadas mediante el uso de la herramienta ArcGIS 10.7.

La monografía contiene inicialmente el planteamiento del problema en donde se hace un análisis a nivel nacional y local de lo que viene ocurriendo con los cambios de cobertura y usos del suelo, y como se relaciona con la expansión agropecuaria. Luego, se hace una descripción de la metodología utilizada, partiendo de una descripción y localización del área de estudio, para clasificar las coberturas y los usos del suelo, mediante la clasificación supervisada de imágenes satelitales ofrecida por el software ArcGIS. En la siguiente sección, se presentan los resultados mediante mapas y gráficos estadísticos y finalmente se encuentra la sección de conclusiones y recomendaciones en donde se confirma la veracidad de la hipótesis planteada.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General.

Evaluar los cambios de cobertura y usos del suelo por la actividad agropecuaria en la vereda Guanacas entre los municipios de Santa Rosa de Osos y Carolina del príncipe – Antioquia, por medio de análisis de clasificación supervisada de imágenes satelitales en los años 2000, 2013 y 2020.

1.1.2. Objetivos Específicos.

- Analizar la evolución del cambio de coberturas naturales en cualquiera de sus categorías, utilizando la clasificación de la metodología CLC.
- Identificar la incidencia de las actividades agrícolas y ganaderas sobre el cambio de las coberturas en el periodo evaluado.
- Estudiar una posibilidad de manejo para la conservación de la fauna y flora que se pueda ser afectada por los cambios de coberturas y usos del suelo.

2. MARCO TEÓRICO

En los últimos años, la importancia y el reconocimiento que se le ha dado como sociedad a la biodiversidad, ha ido en aumento, no solo se le reconoce como las múltiples y complejas formas de vida que habitan el planeta, sino, el papel que esta juega en el equilibrio de las comunidades y la base del bienestar de los seres humanos, a través de los servicios ecosistémicos que presta. Por esto, para abordar el tema de la posible pérdida de biodiversidad asociada a los cambios de cobertura y usos del suelo, comenzaremos por aclarar el concepto de biodiversidad. En el convenio sobre la diversidad biológica, la biodiversidad se define como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (CDB - Convención sobre Diversidad Biológica, 1992).

Ahora bien, la presión antrópica juega un papel fundamental en la pérdida parcial de la biodiversidad, tal como lo manifiestan

Andrade Pérez & Castro (2012), el principal proceso de pérdida de la biodiversidad es la transformación de ecosistemas naturales. En Colombia el 68,8% de los ecosistemas continentales está compuesto por ecosistemas naturales, incluyendo la vegetación natural de bosques, arbustales, herbazales, y cuerpos de agua naturales; mientras que el 23,6% corresponde a ecosistemas transformados en pastos, cultivos, áreas urbanas y cuerpos de agua artificiales; un 7,2% en vegetación secundaria o rastrojos; y un 0,2% en plantaciones forestales. La transformación de los ecosistemas genera no solamente la pérdida de ecosistemas naturales, sino también se presenta homogeneización en la composición de las especies, la fragmentación de los paisajes y la degradación del suelo y pérdida de los valores culturales y estéticos. Una de las actividades antrópicas que representa mayor presión y pérdida significativa de la biodiversidad, está asociado al uso del suelo en la producción agropecuaria, fragmentando las coberturas y alternando los ecosistemas que rodea (Galicia et al., 2007).

Es indispensable reconocer la diferencia entre el uso del suelo y las coberturas; para IDEAM (2014) el uso 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.). Para Galicia et al., (2007) uso del suelo expresa el aprovechamiento o los fines económicos que se les da a las diversas cubiertas, así mismo IDEAM (2014) define la "cobertura" de la tierra, como la cobertura biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra, es 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 y para Galicia et al., (2007) cobertura se utiliza especialmente en relación con la vegetación, y se define como el porcentaje del área que cubre en la superficie del suelo la proyección de un tipo de vegetación particular, es decir, la densidad de la cubierta.

Alrededor de la mitad de la superficie terrestre ha sido directamente transformada por acción humana en función de cubrir las necesidades del hombre (Hooke et al., 2012). A escala global, se estima que entre los años 1700 y 1992, 2927 millones ha fueron transformadas en áreas de pastoreo Goldewijk, (2001) y 1.621 millones de hectáreas fueron habilitadas para la

agricultura, de ellas 885 millones correspondían a bosques, 565 millones a sabana, praderas y estepa, 150 millones a matorrales y 21 millones a tundras y desiertos (Ramankutty & Foley, 1999). En Sepúlveda-Varas et al., (2019) mencionan que, en la mayoría de los países, el principal cambio de cobertura de suelo es la conversión de superficie forestal a cobertura y uso agrícola. Las tierras de cultivo y pastoreo, en la actualidad, ocupan alrededor de 40% de la superficie de la tierra.

Las tendencias de cambio de cobertura y uso de suelo son procesos espaciales de interacciones complejas entre sistemas físicos, biológicos y sociales y se relacionan con cambios tecnológicos y ambientales, desarrollo económico, crecimiento poblacional y políticas públicas, que inducen cambios debido a actividades agropecuarias. Para entender la complejidad en los cambios de cobertura y usos de suelo se debe monitorear a diferentes escalas (temporales y espaciales). Las transformaciones no son lineales y deben tenerse en cuenta en un ciclo donde las decisiones humanas afectan el paisaje, los procesos ecológicos y el sustento humano (Nené-Preciado et al., 2017).

Como se menciona en Sahagún-Sánchez & Reyes-Hernández (2018) el creciente acceso a bases de datos espaciales y el desarrollo de los sistemas de información geográfica, han promovido el desarrollo de programas que permiten la simulación de procesos, para explicar los patrones observados en distintas escalas, tanto temporales como espaciales. Los modelos de cambio de usos y coberturas del suelo constituyen hoy día una herramienta eficaz para la simulación prospectiva y predictiva, donde la elección de los límites de la zona a cartografiar depende del objetivo del estudio. Respecto al análisis del cambio de uso de suelo con énfasis en la cobertura forestal, se ha utilizado la teoría de transición forestal pues se hace relevante contar con información actualizada que permita identificar los cambios en la cobertura del suelo ocurridos en un territorio -posibles de ser determinados mediante una metodología robusta- y, mediante ello, analizar la relación entre actividades productivas y uso del suelo (Sepúlveda-Varas et al., 2019).

Para la evaluación de la pérdida de biodiversidad Rica et al. (2015), describe la teoría del cambio del paisaje desde el enfoque “Land-Use and Land-Cover - Change” (LUCC), la cual explica la relación que existe

entre las actividades humanas y la evolución del paisaje, a partir de dos procesos: la agriculturización y la urbanización. Propone estudiar dos dinámicas que se generan a partir de la interacción entre los procesos humanos y biofísicos; a saber: el cambio en el uso de la tierra y el cambio en la cobertura del suelo y su relación con el cambio ambiental global; en América latina se pueden adaptar y acoger esta metodología para el estudio de procesos productivos como la agricultura, a partir de la correlación entre la sociedad y la naturaleza, teniendo en cuenta que esta, nace en Estados Unidos y se ha extendido a otros países de Europa y Asia.

En el mismo sentido, Colombia adoptó mediante el Instituto geográfico Agustín Codazzi e IDEAM, la metodología Corine Land Cover, la cual permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (LANDSAT), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas, permitiendo llevar a cabo un análisis espacio temporal en el cambio de las coberturas y usos del suelo, por unidad de área (IDEAM, 2010).

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de Estudio

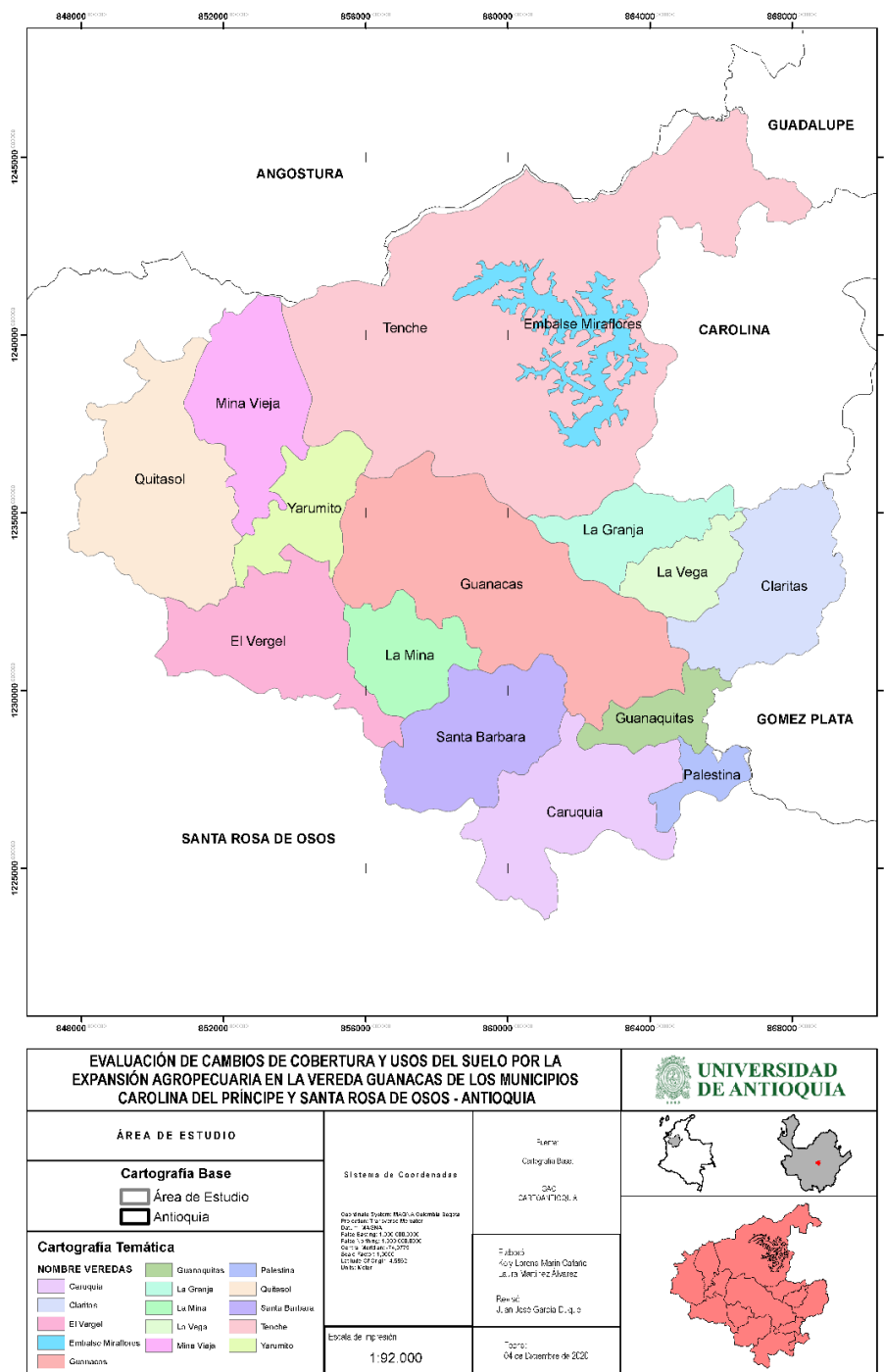


Figura 1. Área de Estudio.
Fuente: Elaboración propia

La vereda Guanacas está ubicada en el área de influencia del municipio de Santa Rosa de Osos, hace parte de las 65 veredas de dicho municipio, compartiendo parte de su extensión con el municipio de Carolina del Príncipe. Presenta una temperatura que oscila entre los 13 – 25°C (Corantioquia & Alcaldía de Santa Rosa de Osos, 2015). Santa Rosa de Osos y Carolina del Príncipe pertenecen a la subregión norte del departamento de Antioquia, los cuales cuentan con características particulares, tanto en aspectos biofísicos, como sociales y económicos, en el cual se ha dado un gran desarrollo hidroeléctrico. El 63% de los pobladores de esta región se localizan en el área rural. La del Norte es una de las subregiones del departamento con menos índice de pobreza (23,8%). Las principales actividades económicas son, en su orden, la ganadería y la agricultura (Corantioquia, 2003).

El área de estudio (ver Figura 1) ha sido seleccionada teniendo como epicentro la vereda Guanacas y las veredas con las que limita y por tanto representan una zona de influencia. La vereda Guanacas es elegida por su alto valor ambiental y el buen estado de conservación, además del valor cultural por hallazgos arqueológicos y por ser zona de referencia en el Altiplano Norte Antioqueño.

Además, es importante por su ubicación y conectividad de especies sombrilla y servir como puente de coberturas de importancia biológica para los municipios (Corantioquia & Alcaldía de Santa Rosa de Osos, 2015).

3.2. Adquisición de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales LANDSAT fueron obtenidas del sitio web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), para el periodo comprendido entre los años 2000, 2013 y 2020, inicialmente se tenía contemplado que el año intermedio fuese el 2010 a fin de tener una distribución homogénea de los 20 años de estudio, pero dado las condiciones de nubosidad sobre el área de estudio no era posible realizar una adecuada identificación de las coberturas a analizar, se evaluaron los años próximos y el año 2013 a pesar de presentar una nubosidad del 22.18% esta no se presenta sobre la zona a trabajar. El área de descarga de las imágenes corresponde al Path 9 y Raw 55, cuya área cubre totalmente la zona de estudio. Las imágenes fueron descargadas en una época del año que presenta baja nubosidad y mayor radiación solar, con el fin de evitar distorsiones en la clasificación de las coberturas. Las características de estas imágenes se describen a continuación:

Tabla 1. *Información imagen 2000*

Imagen 2000	
Identificador de imagen	LE70090552000234 EDC00
Satélite	7
Numero de bandas	8
Fecha de toma	2000/08/21
Cobertura de nubes	19%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. *Información imagen 2013*

Imagen 2013	
Identificador de imagen	LC8009055201319 7LGN01
Satélite	8
Numero de bandas	11
Fecha de toma	2013/07/16
Cobertura de nubes	22.18%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. *Información imagen 2020*

Imagen 2020	
Identificador de imagen	LC8009055202004 1LGN00
Satélite	8
Numero de bandas	11
Fecha de toma	2020/02/24
Cobertura de nubes	5.45%

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.3. Clasificación de coberturas

El término "cobertura de suelo" se refiere a la descripción del material físico en la superficie de la Tierra, diferenciándose así del término "uso de suelo", el cual está definido por las asignaciones derivadas de la actividad humana en un territorio; sin

embargo, ambos están estrechamente relacionados, razón por la que muchos proyectos combinan el mapeo de uso y la cobertura de suelo (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2020). Estos pueden ser cuerpos de agua, bosques, vías, pastos, entre otros.

Para que el análisis de coberturas y usos del suelo sea exitoso, se requiere buscar, recopilar y analizar, mapas de cobertura de diferentes momentos a lo largo del tiempo. Sin duda, el éxito depende en buena medida de las fuentes y de su tratamiento a partir de métodos novedosos, como la cartografía histórica geo-referenciada (Rica et al., 2015).

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea, fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra "CORINE Land Cover" 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. Actualmente, su base de datos constituye un soporte para la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, aceptada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del

proyecto CLC2000 (IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA, 2008). CORINE Land Cover – CLC se basa en la interpretación visual en pantalla de imágenes de satélite de mediana resolución con posterior verificación de campo (IDEAM, 2017) y tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual asistida de las imágenes de satélite por computador y la generación de una base de datos geográfica (IDEAM, 2010).

En Colombia existen actualmente múltiples metodologías y sistemas de clasificación para levantar información de las coberturas de la tierra. El proyecto “CORINE Land Cover Colombia” se propuso estandarizar un sistema de clasificación, con categorías jerárquicas definidas de acuerdo con la información que pueden proporcionar las imágenes de satélite Landsat TM, conforme con las condiciones locales del territorio nacional. Según dicho sistema de clasificación las coberturas se dividen en: territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua (IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA, 2008).

Las coberturas naturales hacen referencia a las diferentes clases de vegetación existente en un área determinada cuya dinámica ha sido consecuencia de las condiciones topográficas, climáticas, edáficas y de las características socioeconómicas y culturales propias de los pobladores del área. Las coberturas antrópicas o artificializadas, por su parte, hacen referencia a aquellas que representan alguna utilidad o servicio al ser humano, estas se relacionan con las actividades socioeconómicas desarrolladas en una porción específica de tierra (Gobernación de Boyacá, 2011). La clasificación de las coberturas de la zona de estudio se hace a través de la metodología CLC adaptada para Colombia, en donde se describen las coberturas presentes en el territorio (IDEAM, 2010); en este caso, corresponden a Bosques y Áreas Seminaturales (BAS) y Territorios Agrícolas; las cuales comúnmente se dividen en: cultivos permanentes arbustivos; pastos arbolados; mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; bosque fragmentado, vegetación secundaria o en transición, entre otros.

3.4. Clasificación supervisada

La clasificación supervisada se basa en la disponibilidad de áreas de las que se conoce, a priori, la clase a la que pertenecen y que servirán para generar una asignación espectral característica de cada una de las clases. Las áreas deben ser lo más homogéneas posibles (Pekel, et al., 2016). Es decir, el usuario o analista de imágenes "supervisa" el proceso de clasificación de píxeles. El usuario especifica los distintos valores de píxeles o firmas espectrales que deben asociarse con cada clase. Esto se hace seleccionando sitios de muestra representativos de un tipo de cobertura conocido, llamado **Sitios o Áreas de Capacitación**. Luego, un algoritmo de la computadora usa las firmas espectrales de estas áreas de entrenamiento para clasificar la imagen completa. Idealmente, las clases no deben superponerse o solo deben superponerse mínimamente con otras clases (Humboldt State Geospatial Online, 2019).

En el presente estudio, la clasificación supervisada se realizó mediante el uso del Software ArcGIS 10.7, como herramienta para el procesamiento digital de las imágenes satelitales LANDSAT 7 y LANDSAT 8, mediante el algoritmo de

Clasificación de Máxima Verosimilitud (MLC, por sus siglas en inglés). Para dicho análisis, se utilizan las siguientes combinaciones de bandas:

Tabla 4. *Combinación de LANDSAT 7*

LANDSAT 7	
3-2-1	Color real
4-3-2	Variaciones de vegetación
5-4-3	Diferencia suelo y agua
4-5-3	Identificación de cuerpos de agua
5-4-1	Variaciones de territorios agrícolas

Nota. Fuente: Tomado de Jiménez, S. (2016). Combinación RGB con bandas del satélite Landsat 5 y 7. Combinación RGB Con Bandas Del Satélite Landsat 5 y 7. <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>

Tabla 5. *Combinación de LANDSAT 8*

LANDSAT 8	
4-3-2	Color real
5-4-3	Variaciones de vegetación
7-6-4	Diferencia áreas forestales
5-6-2	Vegetación vigorosa
6-5-2	Variaciones de territorios agrícolas

Nota. Fuente: Tomado de Alonso, D. (2019). Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel. <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>

Estas combinaciones de bandas son útiles para identificar los límites entre el suelo y el agua, también es sensible a la clorofila, permitiendo que se observen variaciones de la vegetación, que aparecen en

tonos rojo los cuerpos de agua con sedimentos en suspensión aparecen en tonos azul claro y los que poseen pocos sedimentos en suspensión en azul oscuro; las áreas urbanas y el suelo expuesto, por su parte, aparecen en tonos azules (Jiménez, 2016). Lo anterior, permite la identificación de coberturas naturales en sus diferentes categorías.

Esta clasificación se analizó durante un periodo de 20 años, teniendo como años claves el 2000, 2013 y 2020, este periodo se seleccionó teniendo en cuenta que para poder medir los impactos generados a los ecosistemas y hacer proyección bajo escenarios socioeconómicos, se debe determinar las variaciones en la composición de las coberturas y usos del suelo. Estas alteraciones son originadas por la sustitución de la vegetación primaria por vegetación homogénea propia de cultivos y pastos para la ganadería (IAvH, 2017).

Según Camacho *et al.*, (2015) los estudios de cambio de uso de suelo y vegetación son el referente para conocer las trayectorias de distintos procesos asociados con la deforestación, degradación y perturbación de los bosques, erosión y desertificación del suelo, pérdida de la

biodiversidad, por lo cual estas problemáticas se ubican en el centro de investigación ambiental, partiendo del hecho que en las últimas décadas, la actividad antrópica desencadena más cambios ecosistémicos que los eventos naturales. En la zona de estudio, según Fundación Grupo HTM, Corantioquia (2014), se presentan crecientes impactos asociados a la actividad agropecuaria con la instalación de cultivos y ganadería intensiva, que se debe apreciar en los cambios de cobertura.

Para el procesamiento de las imágenes satelitales se inició la combinación de las bandas para cada una de las imágenes satelitales del Path 9 y Raw 55 descargado para los años 2000, 2013 y 2020, mediante la herramienta “Composite Bands” y luego se sometieron a delimitación mediante “Extract by mask” de la zona de estudio (Figura 1); posteriormente, se realizó el estudio de las coberturas de la zona mediante las combinaciones de bandas (Tabla 4 y 5) atendiendo a la codificación de firmas presentadas en la Tabla 6. Las firmas espectrales consisten en la identificación manual de los valores de cada píxel de una o varias bandas de un ráster (Disperati *et al.*, 2015) para posteriormente, clasificar de manera supervisada las coberturas y crear de

forma automática mapas de uso del suelo. Las denominaciones de las coberturas corresponden a las presentadas en IDEAM (2010).

Tabla 6. *Codificación de firmas*

Cobertura	Abreviatura	Código
Bosque Fragmentado Vegetación	BF	1
Secundaria o en Transición	VST	2
Cuerpos de Agua Artificiales	CAA	3
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	MCPEN	4
Zonas Arenosas Naturales	ZAN	6
Tierras Desnudas y Degradadas	TDD	7

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para la clasificación supervisada se analizan las firmas mediante la MLC usando la herramienta “Maximum Likelihood Classification” y para afinar la clasificación resultante se aplica la herramienta “Majority Filter” las veces que sea prudente para permitir que se agrupen adecuadamente las coberturas naturales estudiadas. Finalmente, se aplica la herramienta “Raster to Polygon” para integrar las coberturas del ráster en un único polígono de trabajo.

4. RESULTADOS

4.1. Elaboración de Firmas Espectrales

Para la elaboración de las firmas espectrales se utilizó la herramienta ArcGIS 10.7 mediante la creación de entidades vectoriales de tipo punto, e implementando la MLC se desarrolló una clasificación supervisada en la que cada entidad vectorial lleva un código asignado para designar una cobertura específica según las establecidas en la Tabla 6, permitiendo obtener los resultados mostrados en la Figura 2, 3 y 4 para los años 2000, 2013 y 2020, respectivamente.

En total para el año 2000 se crearon 30451 puntos en las firmas espectrales para la clasificación de coberturas, de los cuales 14808 se asignaron para BF, 682 para VST, 3839 para CAA, 10499 para MCPEN y 623 para TDD, tal como se puede evidenciar en la Figura 2.

En total para el año 2013 se crearon 15677 puntos en las firmas espectrales para la clasificación de coberturas, de los cuales 2331 se asignaron para BF, 1450 para VST, 7.398 para CAA, 2.748 para MCPEN y 747

para ZAN, 1003 para TDD, tal como se puede evidenciar en la Figura 3.

En total para el año 2020 se crearon 13651 puntos en las firmas espectrales para la clasificación de coberturas, de los cuales 6611 se asignaron para BF, 99 para VST, 1459 para CAA, 4910 para MCPEN y 572 para TDD, tal como se puede evidenciar en la Figura 4.

4.2. Biodiversidad

Para la recopilación de la información de diversidad en fauna y flora se acudió a entidades presentes en la región que por su actividad desarrollaran estudios ambientales y debieron levantar inventarios de biodiversidad. Entre estas se cuenta con la información de Empresas Públicas de Medellín ESP, CORANTIOQUIA y las alcaldías municipales de Santa Rosa y Carolina del Príncipe mediante el Sistema Municipal de Áreas Protegidas.

En el área de estudio se identificaron especies endémicas y amenazadas de fauna y flora dentro de las cuales se encuentran 4 especies de orquídeas: *Lepanthes fonnegrae*, *Eloyella antioquiensis*, *Masdevallia cacodes*, *Masdevallia foetens*, el anturio negro

Anthurium caramantae. Así mismo, anfibios como la *Hyloscirtus antioquia* conocida por el nombre común de la rana paisa. La

información recopilada para mamíferos, reptiles, anfibios, aves y flora se presenta en la Tabla 7, 8, 9, 10 y 11, respectivamente.

Tabla 7. Especies de mamíferos

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Carnivora	Felidae	Puma concolor	Puma o León de montaña
Carnivora	Felidae	Leopardus pardalis	Tigrillo u Ocelote
Carnivora	Felidae	Leopardus wiedii	Tigrillo
Carnivora	Canidae	Cerdocyon thous	Zorro perro
Carnivora	Procyonidae	Potusflavus	Martucha
Chiroptera	Phyllostomidae	Platyrrhinus cf. umbratus	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Dermanura bogotensis	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Anoura cf. caudifer	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Anoura cf. cultrata	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Sturnira bidens	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Sturnira bogotensis	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Sturnira erythromos	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Myotis keaysi	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Anoura geoffroyi	Murciélago rabón de Geoffroy
Chiroptera	Phyllostomidae	choeroniscus godmani	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Carollia perspicillata	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Desmodus rotundus	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Sturnira lilium	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Sturnira ludovici	Murciélago
Chiroptera	Phyllostomidae	Vampiressa thylene	Murciélago
Cingulata	Dasypodidae	Dasypus novemcinctus	Armadillo
Didelphimorphia	Didelphidae	Didelphis sp.	Zarigüella
Eulipotyphla	Sicidae	Cryptotis sp.	Musaraña
Pilosa	Myrmecophagidae	Tamandua mexicana	Hormiguero
Rodentia	Cricetidae	Akodon affinis	Roedor de campo
Rodentia	Cricetidae	Melanomys caliginosus	Roedor de campo
Rodentia	Cricetidae	Nephelomys cf. pectoralis	Roedor de campo
Rodentia	Cricetidae	Reithrodontomys mexicanus	Ratón mexicano
Rodentia	Cricetidae	Handleyomys alfaroi	Ratón
Rodentia	Muridae	Mus musculus	Ratón doméstico
Rodentia	Muridae	Rattus rattus	Rata doméstica
Rodentia	Sciuridae	Microsciurus mimulus	Ardillita
Rodentia	Sciuridae	Sciurus granatensis	Ardilla
Rodentia	Sciuridae	Sciurus pucheranii	Ardilla

Nota. Fuente: Tomado de Corantioquia, & Alcaldía de Santa Rosa de Osos. (2015). Consolidación de iniciativas de conservación en el municipio de santa rosa de osos - Antioquia Sistema Local de Áreas Protegidas-SILAP; EPM (2016-2017). Inventario de flora y fauna embalse Miraflores – Carolina del Príncipe; Fundación Grupo HTM,

Corantioquia, M. C. del P. (2014). Sistema Municipal de Áreas Protegidas. SIMAP Carolina del Príncipe; y Tecnológico de Antioquia, Gobernación de Antioquia, CORANTIOQUIA, CORNARE, P. N. N. de C. (2017). Plan de manejo ambiental de la Reserva Natural de la Sociedad Guanacas.

Tabla 8. *Especies de reptiles*

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Squamata	Colubridae	Chironius monticola	Culebra lomo de machete, Culebra verde
Squamata	Colubridae	Atractus sp.	Culebra de tierra
Squamata	Viperidae	Bothriechis schlegelli	Víbora de pestañas, Víbora cafetera
Squamata	Elapidae	Micrurus mipartitus	Rabo de ají
Squamata	Dactyloidae	Anolis mariarum	Lagarto
Squamata	Dactyloidae	Cercosaura vertebralis	Lagarto
Squamata	Dactyloidae	Anolis aff. gracilipes	Lagartija
Squamata	Dactyloidae	Anolis mariarum	Lagartija
Squamata	Dactyloidae	Anolis tropidogaster	Lagartija
Squamata	Gekkonidae	Hemidactylus angulatus	Salamanqueja
Squamata	Gymnophthalmidae	Anadia rhombifera	Lisa
Squamata	Gymnophthalmidae	Anadia sp	Lisa
Squamata	Colubridae	Chironius monticola	Cazadora
Squamata	Colubridae	Clelia clelia	Cazadora negra
Squamata	Dactyloidae	Anolis tolimensis	Lagartija

Nota. Fuente: Tomado de Corantioquia, & Alcaldía de Santa Rosa de Osos. (2015). Consolidación de iniciativas de conservación en el municipio de santa rosa de osos - Antioquia Sistema Local de Áreas Protegidas-SILAP; EPM (2016-2017). Inventario de flora y fauna embalse Miraflores – Carolina del Príncipe; Fundación Grupo HTM, Corantioquia, M. C. del P. (2014). Sistema Municipal de Áreas Protegidas. SIMAP Carolina del Príncipe; y Tecnológico de Antioquia, Gobernación de Antioquia, CORANTIOQUIA, CORNARE, P. N. N. de C. (2017). Plan de manejo ambiental de la Reserva Natural de la Sociedad Guanacas.

Tabla 9. *Especies de anfibios*

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Anura	Centrolenidae	Espadarana prosoblepon	Rana de cristal
Anura	Centrolenidae	Centrolene robledo	Rana de cristal
Anura	Centrolenidae	Nymphargus rosada	Rana de cristal rosada
Anura	Dendrobatidae	Colostethus fraterdanieli	Rana dardo
Anura	Dendrobatidae	Hyloxalus subpunctatus	Rana dardo
Anura	Dendrobatidae	Dendropsophus bogerti	Ranita de charca
Anura	Dendrobatidae	Dendropsophus norandinus	Ranita de charca
Anura	Amphignathodontidae	Gastrotheca dunni	Rana marsupial
Anura	Hylidae	Hyloscirtus antioquia	Rana de Antioquia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis achatinus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis dorsopictus	Rana de lluvia

Anura	Craugastoridae	Pristimantis erythropleura	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis factiosus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis fallax	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis helvolus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis latens	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis lemur	Rana picuda
Anura	Craugastoridae	Pristimantis w-nigrum	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis paisa	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis paretatus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis permixtus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis piceus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis suetus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis taeniatus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis unistrigatus	Rana de lluvia
Anura	Craugastoridae	Pristimantis uranobates	Rana de lluvia
Anura	Dendrobatidae	Andinobates opisthomelas	Rana dardo andina
Anura	Bufo	Rhinella macrorhina	Sapo viejito
Anura	Bufo	Rhinella nicefori	Sapo viejito
Anura	Bufo	Rhinella ruizi	Sapo viejito
Anura	Bufo	Rhinella margaritifera	Sapito de manos rojas
Anura	Bufo	Rhinella marina	Sapo gigante
Anura	Craugastoridae	Hypodactylus latens	Sapito
Anura	Hylidae	Smilisca phaeota	
Anura	Hylidae	Boana xerophylla	Rana platanera
Anura	Dendrobatidae	Colostethus aff. fraterdanieli	Rana
Anura	Dendrobatidae	Andinobates opisthomelas	Rana venenosa
Anura	Craugastoridae	Pristimantis paisa	Rana paisa
Anura	Craugastoridae	Pristimantis penelopis	Rana
Anura	Centrolenidae	Centrolene quindianum	Rana de cristal
Caudata	Plethodontidae	Bolitoglossa ramosi	Salamandra manchada
Caudata	Plethodontidae	Bolitoglossa valleculea	Salamandra
		Hypodactylus mantipus	Rana ¿?
		<i>Leptodactylus colombiensis</i>	<i>Rana ¿?</i>

Nota. Fuente: Tomado de Corantioquia, & Alcaldía de Santa Rosa de Osos. (2015). Consolidación de iniciativas de conservación en el municipio de santa rosa de osos - Antioquia Sistema Local de Áreas Protegidas-SILAP; EPM (2016-2017). Inventario de flora y fauna embalse Miraflores – Carolina del Príncipe; Fundación Grupo HTM, Corantioquia, M. C. del P. (2014). Sistema Municipal de Áreas Protegidas. SIMAP Carolina del Príncipe; y Tecnológico de Antioquia, Gobernación de Antioquia, CORANTIOQUIA, CORNARE, P. N. N. de C. (2017). Plan de manejo ambiental de la Reserva Natural de la Sociedad Guanacas.

Tabla 10. *Especies de aves*

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Accipitriformes	Accipitridae	Buteo magnirostris	Gavilán pollero
Accipitriformes	Accipitridae	Buteo polyosoma	Gavilán coliblanco

Accipitriformes	Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	Águila Paramuna
Accipitriformes	Pandionidae	Pandion haliaetus	Águila pescadora
Accipitriformes	Accipitridae	Rupornis magnirostris	Gavilán Caminero
Accipitriformes	Accipitridae	Spizaetus tyrannus	Águila Iguanera
Anseriformes	Anatidae	Merganetta armata	Pato de los torrentes
Apodiformes	Trochilidae	Adelomyia melanogenys	Colibrí pechipunteado
Apodiformes	Trochilidae	Agelaiocercus kingi (Cometa Verdiazul)	Colibrí colilargo
Apodiformes	Trochilidae	Amazilia franciae (Amazilia Andina)	Colibrí esmeralda
Apodiformes	Trochilidae	Chaetocercus mulsant	Colibrí zumbador
Apodiformes	Trochilidae	Chlorostilbon gibsoni	Esmeralda piquirrojo
Apodiformes	Trochilidae	Chlorostilbon mellisugus	Esmeralda Coliazul
Apodiformes	Trochilidae	Coeligena coeligena	Inca bronceado
Apodiformes	Trochilidae	Coeligena torquata	Inca collarejo
Apodiformes	Trochilidae	Colibri thalassinus	Colibrí Verdemar
Apodiformes	Trochilidae	Doryfera ludovicae	Pico de lanza Frentiverde
Apodiformes	Trochilidae	Haplophaedia aureliae	Calzoncitos Verdoso
Apodiformes	Trochilidae	Heliodoxa rubinoides	Diamante Pechigamuza
Apodiformes	Trochilidae	Lafresnaya lafresnayi	Colibrí Aterciopelado
Apodiformes	Trochilidae	Ocreatus underwoodii	Colibrí coleraqueta
Apodiformes	Trochilidae	Ocreatus underwoodii	Cola de raqueta Pierniblanco
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	Caprimulgus longirostris	Gallinaciega aliblanca
Cathartiformes	Cathartidae	Cathartes aura	Guala cabecirroja
Cathartiformes	Cathartidae	Coragyps atratus	Gallinazo común
Charadriiformes	Scolopacidae	Tringa flavipes	Patiamarillo Chico
Charadriiformes	Scolopacidae	Tringa solitaria	Andarríos Solitario
Charadriiformes	Scolopacidae	Tringa melanoleuca	Andarríos Mayor
Charadriiformes	Charadriidae	Vanellus chilensis	Pellar Teru teru
Columbiformes	Columbidae	Columba livia	Paloma Doméstica
Columbiformes	Columbidae	Columbina talpacoti	Tortolita común
Columbiformes	Columbidae	Leptotila verreauxi	Tórtola Colipinta
Columbiformes	Columbidae	Patagioenas fasciata	Paloma collareja
Columbiformes	Columbidae	Patagioenas subvinacea	Paloma Colorada
Columbiformes	Columbidae	Zenaida auriculata	Torcaza caminera
Coraciiformes	Alcedinidae	Megaceryle torquata	Martín pescador Grande
Coraciiformes	Momotidae	Momotus aequatorialis	Barranquero de montaña
Coraciiformes	Momotidae	Momotus aequatorialis	Barranquero Andino
Cuculiformes	Cuculidae	Crotophaga ani	Garrapatero Piquiliso
Cuculiformes	Cuculidae	Piaya cayana	Cuco ardilla Común
Falconiformes	Falconidae	Caracara cheriway	Caracara Moñudo
Falconiformes	Falconidae	Falco sparverius	Cernícalo Americano
Falconiformes	Falconidae	Milvago chimachima	Pigua
Galliformes	Cracidae	Aburria aburri	Pava Negra
Galliformes	Cracidae	Chamaepetes goudotii	Pava Maraquera
Galliformes	Cracidae	Ortalis columbiana	Guacharaca Colombiana

Passeriformes	Furnariidae	Anabacerthia striaticollis	Hojarasquero Montañero
Passeriformes	Thraupidae	Anisognathus sumptuosus	Tángara primavera
Passeriformes	Emberizidae	Arremon aurantiirostris	Pinzón Piquidorado
Passeriformes	Emberizidae	Arremon brunneinucha	Gorrión montés Collarejo
Passeriformes	Emberizidae	Atlapetes albinucha	Gorrión gargantiamarillo
Passeriformes	Emberizidae	Atlapetes latinuchus	Gorrión cabecirrufo
Passeriformes	Emberizidae	Atlapetes schistaceus	Gorrión montés Pizarra
Passeriformes	Parulidae	Basileuterus culicivorus	Arañero Cejiblanco
Passeriformes	Parulidae	Basileuterus tristriatus	Arañero Cabecirrayado
Passeriformes	Icteridae	Cacicus cela	Arrendajo Culiamarillo
Passeriformes	Parulidae	Cardellina Canadensis	Reinita canadience
Passeriformes	Turdidae	Catharus ustulatus	Zorzal Buchipecoso
Passeriformes	Thamnophilidae	Cercomacroides tyrannina	Hormiguero Negruzco
Passeriformes	Fringillidae	Chlorophonia cyanea	Clorofonia Verdiazul
Passeriformes	Thraupidae	Chlorospingus ophthalmicus	Montero ojiblanco
Passeriformes	Emberizidae	Chlorospingus semifuscus	Montero Grisáceo
Passeriformes	Cinclidae	Cinclus leucocephalus	Mirlo acuático
Passeriformes	Furnariidae	Cranioleuca curtata	Chamicero Capirotado
Passeriformes	Corvidae	Cyanocorax yncax	Carriquí de montaña
Passeriformes	Vireonidae	Cyclarhis nigrirostris	Verderón piquinegro
Passeriformes	Parulidae	Dendroica fusca	Reinita gorjinaranja
Passeriformes	Furnariidae	Dendroplex picus	Trepatroncos Pico de lanza
Passeriformes	Thraupidae	Diglossa albilatera	Mielera aliblanca
Passeriformes	Thraupidae	Diglossa caerulescens	Picaflor Azul
Passeriformes	Thraupidae	Diglossa cyanea	Picaflor de Antifaz
Passeriformes	Thraupidae	Diglossa sittoides	Mielera
Passeriformes	Tyrannidae	Elaenia flavogaster	Elenia Copetona
Passeriformes	Tyrannidae	Elaenia frantzii	Elenia montañera
Passeriformes	Fringillidae	Euphonia cyanocephala	Eufonia Cabeciazul
Passeriformes	Fringillidae	Euphonia laniirostris	Eufonia Gorgiamarilla
Passeriformes	Tyrannidae	Fluvicola pica	Viudita Blanquinegra
Passeriformes	Furnariidae	Glyphorynchus spirurus	Trepatroncos Pico de cuña
Passeriformes	Grallariidae	Grallaria ruficapilla	Tororoi Comprapán
Passeriformes	Thraupidae	Hemispingus superciliaris	Tángara cejiblanca
Passeriformes	Tyrannidae	Hemitriccus granadensis	Picochato Carinegro
Passeriformes	Troglodytidae	Henicorhina leucophrys	Cucarachero de montaña
Passeriformes	Icteridae	Hypopyrrhus pyrohypogaster	Cacique Candela
Passeriformes	Thraupidae	Iridosornis porphyrocephalus	Musguerito Gargantilla
Passeriformes	Thraupidae	Ixothraupis guttata	Tangará Pecosa
Passeriformes	Tyrannidae	Legatus leucophaeus	Atrapamoscas Pirata
Passeriformes	Furnariidae	Lepidocolaptes lacrymiger	Trepatroncos de montaña
Passeriformes	Tyrannidae	Leptopogon superciliaris	Atrapamoscas cabecigris
Passeriformes	Tyrannidae	Lophotriccus pileatus	Tiranuelo Crestibarrado

Passeriformes	Furnariidae	Margarornis squamiger	Corretroncos Perlado
Passeriformes	Mimidae	Mimus gilvus	Sinsonte
Passeriformes	Tyrannidae	Mionectes striaticollis	Atrapamoscas Estriado
Passeriformes	Parulidae	Mniotilta varia	Cebritita Trepadora
Passeriformes	Icteridae	Molothrus bonariensis	Chamón Común
Passeriformes	Turdidae	Myadestes ralloides	Solitario Andino
Passeriformes	Tyrannidae	Myiarchus cephalotes	Atrapamoscas montañero
Passeriformes	Tyrannidae	Myiarchus panamensis	Atrapamoscas Panameño
Passeriformes	Tyrannidae	Myiarchus tuberculifer	Atrapamoscas Cabecinegro
Passeriformes	Parulidae	Myioborus miniatus	Abanico Pechinegro
Passeriformes	Parulidae	Myioborus ornatus	Abanico Cariblanco
Passeriformes	Tyrannidae	Myiodynastes chrysocephalus	Sirirí cabecidorado
Passeriformes	Parulidae	Myiothlypis coronata	Arañero Coronado
Passeriformes	Parulidae	Myiothlypis fulvicauda	Arañero Ribereño
Passeriformes	Parulidae	Myiothlypis nigrocristata	Arañero Cabecinegro
Passeriformes	Tyrannidae	Ochthoeca cinnamomeiventris	Pitajo Torrentero
Passeriformes	Tityridae	Pachyramphus versicolor	Cabezón Barrado
Passeriformes	Furnariidae	Philydor rufum	Hojarásquero ocráceo
Passeriformes	Tyrannidae	Phyllomyias griseiceps	Tiranuelo Cabecigrís
Passeriformes	Tyrannidae	Phylloscartes poecilotis	Atrapamoscas variegado
Passeriformes	Cotingidae	Pipreola riefferii	Frutero Verdinegro
Passeriformes	Cardinalidae	Piranga flava	Piranga Bermeja
Passeriformes	Cardinalidae	Piranga olivacea	Piranga Alinegra
Passeriformes	Cardinalidae	Piranga rubra	Piranga Abejera
Passeriformes	Tyrannidae	Pitangus sulphuratus	Bichofué
Passeriformes	Furnariidae	Premnornis guttuliger	Corretroncos Alirrufo
Passeriformes	Hirundinidae	Progne chalybea	Golondrina de Campanario
Passeriformes	Icteridae	Psarocolius angustifrons	Oropéndola Variable
Passeriformes	Icteridae	Psarocolius decumanus	Oropéndola Crestada
Passeriformes	Hirundinidae	Pygochelidon cyanoleuca	Golondrina azul y blanca
Passeriformes	Tyrannidae	Pyrrhomyias cinnamomeus	Atrapamoscas canelo
Passeriformes	Thraupidae	Saltator atripennis	Papayero alinegro
Passeriformes	Thraupidae	Saltator striatipectus	Saltador Pío judío
Passeriformes	Tyrannidae	Sayornis nigricans	Gallinacito
Passeriformes	Parulidae	Setophaga fusca	Reinita Gorginaranja
Passeriformes	Parulidae	Setophaga ruticilla	Candelita Norteña
Passeriformes	Thraupidae	Sicalis flaveola	Canario Coronado
Passeriformes	Furnariidae	Sittasomus griseicapillus	Trepatroncos Oliváceo
Passeriformes	Thraupidae	Sporophila luctuosa	Espiguero Negriblanco
Passeriformes	Hirundinidae	Stelgidopteryx ruficollis	Golondrina Barranquera
Passeriformes	Furnariidae	Synallaxis albescens	Chamicero Pálido
Passeriformes	Furnariidae	Synallaxis azarae	Rastrojero de Azara
Passeriformes	Furnariidae	Synallaxis brachyura	Chamicero Pizarra

Passeriformes	Thraupidae	Tangara arthus	Tangará Dorada
Passeriformes	Thraupidae	Tangara cayana	Tangará Triguera
Passeriformes	Thraupidae	Tangara heinei	Tángara capirotada
Passeriformes	Thraupidae	Tangara labradorides	Tángara verdiplata
Passeriformes	Thraupidae	Tangara nigroviridis	Tángara berilina
Passeriformes	Thraupidae	Tangara ruficervix	Tángara cabecidorada
Passeriformes	Thraupidae	Tangara vadorii	Tángara azul y negra
Passeriformes	Thraupidae	Tangara vitriolina	Tangará Rastrojera
Passeriformes	Tyrannidae	Terenotriccus erythrurus	Atrapamoscas Colirrojo
Passeriformes	Thraupidae	Thraupis episcopus	Azulejo Común
Passeriformes	Troglodytidae	Thryothorus mystacalis	Cucarachero barbudo
Passeriformes	Thraupidae	Tiaris olivaceus	Silga X
Passeriformes	Troglodytidae	Troglodytes aedon	Cucarachero común
Passeriformes	Troglodytidae	Troglodytes solstitialis	Cucarachero Montaraz
Passeriformes	Turdidae	Turdus fuscater	Mirla patiamarilla
Passeriformes	Turdidae	Turdus ignobilis	Mayo Embarrador
Passeriformes	Turdidae	Turdus serranus	Mirla negra
Passeriformes	Tyrannidae	Tyrannus melancholicus	Sirirí común
Passeriformes	Vireonidae	Vireo leucophrys	Verderón montañero
Passeriformes	Vireonidae	Vireo olivaceus	Verderón Ojirrojo
Passeriformes	Furnariidae	Xenops minutus	Xenops Pardusco
Passeriformes	Furnariidae	Xenops rutilans	Trepatroncos estriado
Passeriformes	Tyrannidae	Zimmerius chrysops	Atrapamoscas cejiamarillo
Passeriformes	Emberizidae	Zonotrichia capensis	Gorrión Copetón
Piciformes	Picidae	Colaptes rubiginosus	Carpintero Cariblanco
Piciformes	Picidae	Dryocopus lineatus	Carpintero Real
Piciformes	Picidae	Melanerpes formicivorus	Carpintero payaso
Piciformes	Picidae	Picoides fumigatus	Carpintero Pardo
Piciformes	Picidae	Veniliornis dignus	Carpintero Buchiamarillo
Strigiformes	Strigidae	Megascops albogularis	Currucutú cuelliblanco
Tinamiformes	Tinamidae	Crypturellus soui	Tinamú Chico
Tinamiformes	Tinamidae	Nothocercus julius	Tinamú gorgiblanco
Trogoniformes	Trogonidae	Trogon collaris	Trogón Collarejo
Trogoniformes	Trogonidae	Trogon personatus	Trogón Enmascarado

Nota. Fuente: Tomado de Corantioquia, & Alcaldía de Santa Rosa de Osos. (2015). Consolidación de iniciativas de conservación en el municipio de santa rosa de osos - Antioquia Sistema Local de Áreas Protegidas-SILAP; EPM (2016-2017). Inventario de flora y fauna embalse Miraflores – Carolina del Príncipe; Fundación Grupo HTM, Corantioquia, M. C. del P. (2014). Sistema Municipal de Áreas Protegidas. SIMAP Carolina del Príncipe; y Tecnológico de Antioquia, Gobernación de Antioquia, CORANTIOQUIA, CORNARE, P. N. N. de C. (2017). Plan de manejo ambiental de la Reserva Natural de la Sociedad Guanacas.

Tabla 11. *Especies de flora*

Familia	Género	Especie
Actinidiaceae	Saurauia	Saurauia chiliantha R.E. Schult.

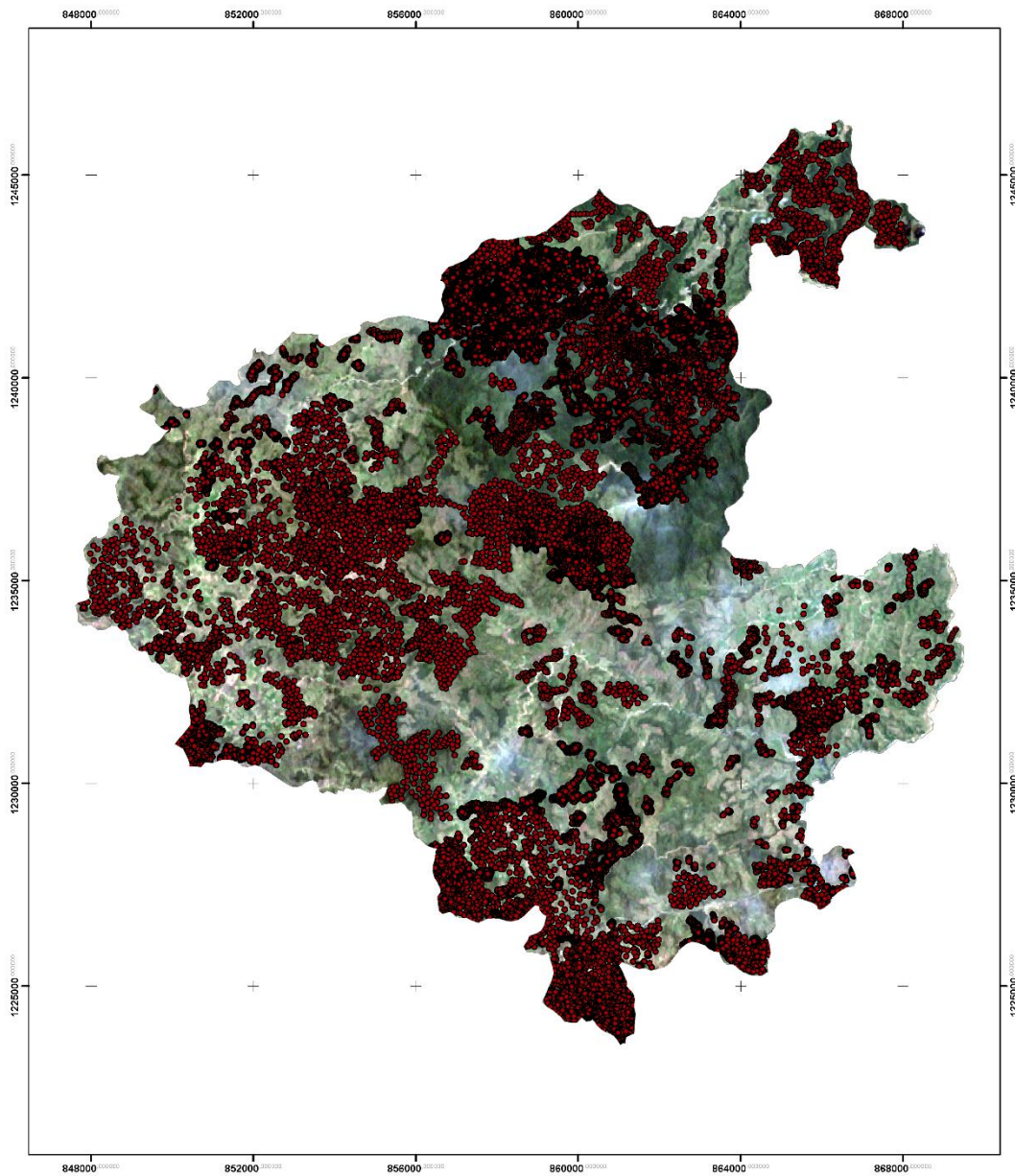
Adoxaceae	Viburnum	Viburnum toronis Killip & A.C.Sm.
Adoxaceae	Viburnum	Viburnum tinoides L.f.
Adoxaceae	Viburnum	Viburnum anabaptista Graebn.
Adoxaceae	Viburnum	Viburnum toronis Killip & A.C. Sm.
Anacardiaceae	Tapirira	Tapirira guianensis Aubl.
Annonaceae	Guatteria	Guatteria recurvisepala R.E.Fr.
Annonaceae	Guatteria	Guatteria sp.
Annonaceae	Xylopia	Xylopia sp1
Aquifoliaceae	Ilex	Ilex laurina Kunth
Aquifoliaceae	Ilex	Ilex sp
Aquifoliaceae	Ilex	Ilex danielis Killip & Cuatrec.
Aquifoliaceae	Ilex	Ilex sp1
Araliaceae	Sp.	Sp.
Araliaceae	Dendropanax	Dendropanax arboreus (L.) Decne. & Planch.
Araliaceae	Oreopanax	Oreopanax sp1
Araliaceae	Schefflera	Schefflera morototoni (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin
Araliaceae	Schefflera	Schefflera minutiflora Harms
Araliaceae	Schefflera	Schefflera trianae (Planch. & Linden ex Marchal) Harms.
Arecaceae	Sp.	“Chamaedorea”
Arecaceae	Ceroxylon	Ceroxylon vogelianum (Engel) H. Wendl.
Arecaceae	Geonoma Willd.	Geonoma orbignyana Mart.
Arecaceae	Wettinia	Wettinia hirsuta Burret
Asteraceae	Ageratina Spach	Ageratina popayanensis
Asteraceae	Baccharis	Baccharis latifolia
Bromeliaceae	Pitcairnia	Pitcairnia trianae André
Brunelliaceae	Brunellia	Brunellia comocladifolia Bonpl.
Burseraceae	Protium	Protium
Burseraceae	Protium	Protium aracouchini Marchand
Burseraceae	Protium	Protium apiculatum Swart
Calophyllaceae	Calophyllum	Calophyllum brasiliense Cambess.
Chloranthaceae	Hedyosmum	Hedyosmum bonplandianum Kunth
Chrysobalanaceae	Couepia	Couepia platycalyx Cuatrec.
Clethraceae	Clethra	Clethra fagifolia Kunth
Clethraceae	Clethra	Clethra revoluta (Ruiz & Pav.) Spreng.
Clusiaceae	Chrysochlamys	Chrysochlamys sp
Clusiaceae	Clusia	Clusia cuneifolia Cuatrec.
Clusiaceae	Clusia	Clusia ducuoides Engl.
Clusiaceae	Clusia	Clusia multiflora Kunth
Costaceae	Costus	Costus sp.
Cunoniaceae	Weinmannia	Weinmannia pubescens Kunth.
Cunoniaceae	Weinmannia L.	Weinmannia pubescens
Cyatheaceae	Cyathea	Cyathea caracasana (Klotzsch) Domin
Cyatheaceae	Cyathea	Cyathea sp1
Cyatheaceae	Cyathea	Cyathea tryonorum (Riba) Lellinger
Cyatheaceae	Sphaeropteris	Sphaeropteris quindiuensis

Dichapetalaceae	Stephanopodium	Stephanopodium aptotum L.C. Wheeler
Elaeocarpaceae	Sloanea	Sloanea
Elaeocarpaceae	Sloanea	Sloanea guianensis (Aubl.) Benth.
Elaeocarpaceae	Vallea	Vallea stipularis
Ericaceae	Bejaria	Bejaria aestuans L.
Ericaceae	Cavendishia	Cavendishia sp1
Ericaceae	Cavendishia	Cavendishia tarapotana Benth. & Hook.f.
Ericaceae	Ericaceae	Ericaceae
Erythroxylaceae	Erythroxylum	Erythroxylum
Erythroxylaceae	Erythroxylum	Erythroxylum citrifolium A.St.-Hil.
Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea grandiflora Müll.Arg.
Fabaceae	Abarema	Abarema lehmannii (Britton & Killip) Barneby & J.
Fabaceae	Inga	Inga sp1
Fabaceae	Inga	Inga mucuna Walp.
Fabaceae	Inga	Inga sp4
Fabaceae	Inga sp.	Inga
Fagaceae	Quercus	Quercus humboldtii Bonpl.
Gesneriaceae	Besleria	Besleria solanoides Kunth
Hypericaceae	Vismia	Vismia guianensis (Aubl.) Pers.
Indeterminado	Indeterminado	Guatteria cardoniana
Juglandaceae	Alfaroa	Alfaroa colombiana Lazano, J. Hern. & Espinal
Lamiaceae	Aegiphila	Aegiphila pennellii Moldenke
Lauraceae	Aniba	Aniba robusta (Klotzsch & H. Karst. ex Meisn.) Mez
Lauraceae	Aniba	Aniba sp1
Lauraceae	Aniba	Aniba sp2
Lauraceae	Beilschmiedia	Beilschmiedia costaricensis (Mez & Pittier) C. K. Allen
Lauraceae	Beilschmiedia	Beilschmiedia tovarensis (Klotzsch & H. Karst. ex Meisn.) Sachiko Nishida
Lauraceae	Endlicheria	Endlicheria sp1
Lauraceae	Lauraceae	Lauraceae
Lauraceae	Nectandra	Nectandra reticulata Mez
Lauraceae	Ocotea	Ocotea sp4
Lauraceae	Ocotea	Ocotea benthamiana Mez
Lauraceae	Ocotea	Ocotea sp2
Lauraceae	Ocotea	Ocotea rufa Mez
Lauraceae	Ocotea	Ocotea sp4
Lauraceae	Persea	Persea cuneata Meisn.
Lauraceae	Persea	Persea sp3
Lauraceae	Persea	Persea subcordata (Ruiz & Pav.) Nees
Lauraceae	Pleurothyrium	Pleurothyrium sp2
Lecythidaceae	Eschweilera	Eschweilera antioquensis Dugand & H. Daniel
Magnoliaceae	Magnolia	Magnolia sp
Magnoliaceae	Magnolia	Magnolia yarumalensis (Lozano) Govaerts
Melastomataceae	Blakea	Blakea sp1
Melastomataceae	Clidemia	Clidemia sp1
Melastomataceae	Graffenrieda	Graffenrieda latifolia (Naudin) Triana

Melastomataceae	Graffenrieda	Graffenrieda galeottii (Naudin) L.O. Williams
Melastomataceae	Melastomataceae	Melastomataceae
Melastomataceae	Melastomataceae	Miconia sp1
Melastomataceae	Meriania	Meriania antioquiensis L. Uribe
Melastomataceae	Miconia	Miconia acuminifera Triana
Melastomataceae	Miconia	Miconia lehmannii Cogn.
Melastomataceae	Miconia	Miconia asperrima Triana
Melastomataceae	Miconia	Miconia jahnii Pittier
Melastomataceae	Miconia	Miconia sp1
Melastomataceae	Miconia	Miconia punctata (Desr.) D. Don ex DC.
Melastomataceae	Miconia	Miconia micropetala Cogn.
Melastomataceae	Miconia	Miconia tonduzii Cogn.
Melastomataceae	Ossaea	Ossaea micrantha (Sw.) Macfad. ex Cogn.
Melastomataceae	Tibouchina	Tibouchina lepidota (Bonpl.) Baill.
Meliaceae	Guarea	Guarea sp
Meliaceae	Ruagea	Ruagea glabra Triana & Planch.
Meliaceae	Trichilia	Trichilia sp1
Monimiaceae	Mollinedia	Mollinedia ovata Ruiz & Pav.
Moraceae	Ficus	Ficus americano subsp. andicola (Standl.) C. C. Berg
Moraceae	Ficus	Ficus hartwegii Miq.
Moraceae	Ficus	Ficus mutisii Dugand
Moraceae	Trophis	Trophis caucana (Pittier) C.C. Berg
Myristicaceae	Indeterminadas	Virola macrocarpa A.C. Sm.
Myristicaceae	Virola	Virola macrocarpa A.C. Sm.
Myrtaceae	Eugenia	Eugenia sp1
Myrtaceae	Eugenia	Eugenia sp3
Myrtaceae	Eugenia	Eugenia sp2
Myrtaceae	Myrcia	Myrcia paivae O. Berg
Myrtaceae	Myrcia	Myrcia sp
Myrtaceae	Myrcia	Myrcia sp1
Myrtaceae	Myrcia	Myrcia paivae O. Berg
Pentaphylacaceae	Ternstroemia	Ternstroemia macrocarpa Triana & Planch.
Phyllanthaceae	Hieronyma	Hieronyma antioquiensis Cuatrec.
Phyllanthaceae	Hieronyma	Hieronyma macrocarpa Müll.Arg.
Phyllanthaceae	Hieronyma	Hieronyma oblonga (Tul.) Müll.Arg.
Piperaceae	Piper	Piper obliquum Ruiz & Pav.
Piperaceae	Piper	Piper sp
Piperaceae	Piper	Piper artanthe C.DC.
Poaceae	Chusquea Kunth	Chusquea sp.
Primulaceae	Ardisia	Ardisia foetida Willd. ex Roem. & Schult.
Primulaceae	Ardisia	Ardisia sp1
Primulaceae	Cybianthus	Cybianthus laurifolius (Mez) G. Agostini
Primulaceae	Cybianthus	Cybianthus pastensis (Mez) G. Agostini
Primulaceae	Cybianthus	Cybianthus venezuelanus Mez
Primulaceae	Geissanthus	Geissanthus sp
Primulaceae	Geissanthus Hook.f.	Geisanthus

Primulaceae	Myrsine	Myrsine coriacea (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.
Proteaceae	Panopsis	Panopsis polystachya (Kunth) Kuntze
Rosaceae	Hesperomeles Lindl.	Hesperomeles
Rosaceae	Prunus	Prunus
Rosaceae	Prunus	Prunus integrifolia (C. Presl) Walp
Rubiaceae	Cinchona	Cinchona pubescens Vahl
Rubiaceae	Elaeagia	Elaeagia
Rubiaceae	Elaeagia	Elaeagia aff. pastoensis L. E. Mora
Rubiaceae	Elaeagia	Elaeagia pastoensis L. E. Mora
Rubiaceae	Elaeagia	Elaeagia sp1
Rubiaceae	Faramea	Faramea oblongifolia Standl.
Rubiaceae	Faramea	Faramea sp
Rubiaceae	Ladenbergia	Ladenbergia macrocarpa (Vahl) Klotzsch
Rubiaceae	Palicourea	Palicourea angustifolia Kunth
Rubiaceae	Palicourea	Palicourea apicata Kunth
Rubiaceae	Palicourea	Palicourea sp1
Rubiaceae	Palicourea	Palicourea cyanantha Standl.
Rubiaceae	Palicourea	Palicourea sp
Rubiaceae	Posoqueria	Posoqueria latifolia (Rudge) Schult.
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria allenii Standl.
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria cuspidata Bredem. ex Schult.
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria elata (Sw.) Hammel
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria sp1
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria ostreophora (Wernham) C. M. Taylor
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria allenii Standl.
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria capitata Ruiz & Pav.
Rubiaceae	Psychotria	Psychotria sp
Rubiaceae	Rubiaceae	Rubiaceae
Rubiaceae	Rubiaceae	Rubiaceae sp
Rutaceae	Zanthoxylum	Zanthoxylum melanostictum Schltld. & Cham.
Sabiaceae	Meliosma	Meliosma sp1
Sabiaceae	Meliosma	Meliosma frondosa Cuatrec. & Idrobo
Sapindaceae	Billia	Billia rosea (Planch. & Linden) C. Ulloa & P. Jørg.
Sapindaceae	Billia	Billia rosea (Planch. & Linden) C. Ulloa & P. Jørg.
Sapindaceae	Matayba	Matayba elegans Radlk.
Sapotaceae	Pouteria	Pouteria torta (Mart.) Radlk.
Sapotaceae	Pouteria	Pouteria sp.
Solanaceae	Cestrum	Cestrum sp1
Solanaceae	Solanum	Solanum sp1

Nota. Fuente: Tomado de Corantioquia, & Alcaldía de Santa Rosa de Osos. (2015). Consolidación de iniciativas de conservación en el municipio de santa rosa de osos - Antioquia Sistema Local de Áreas Protegidas-SILAP; EPM (2016-2017). Inventario de flora y fauna embalse Miraflores – Carolina del Príncipe; Fundación Grupo HTM, Corantioquia, M. C. del P. (2014). Sistema Municipal de Áreas Protegidas. SIMAP Carolina del Príncipe; y Tecnológico de Antioquia, Gobernación de Antioquia, CORANTIOQUIA, CORNARE, P. N. N. de C. (2017). Plan de manejo ambiental de la Reserva Natural de la Sociedad Guanacas.








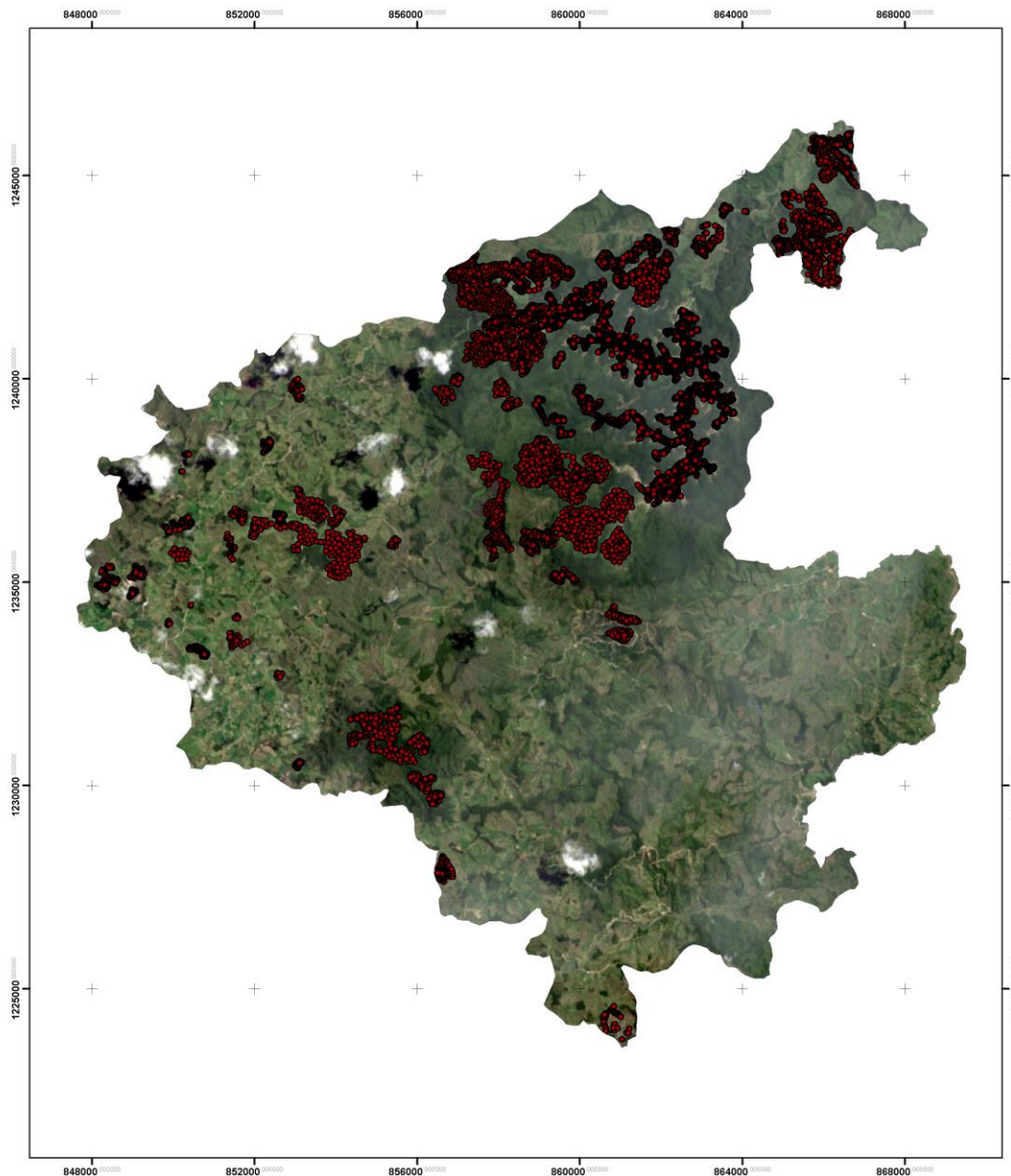
EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USOS DEL SUELO POR LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA VEREDA GUANACAS DE LOS MUNICIPIOS CAROLINA DEL PRÍNCIPE Y SANTA ROSA DE OSOS - ANTIOQUIA			
FIRMAS ESPECTRALES AÑO 2000	Sistema de Coordenadas <small> Coordenada Sistema: UTM/UTM Colombia Bogotá Proyección: Transversa Mercator Datum: SAD69 Falso Estiramiento: 1.000.000,0000 Falso Norte/Sur: 1.000.000,0000 Central Meridiano: -74,2778 Surco Norte: 1.5803 Latitud de Origen: 4,5942 UTM: Meter </small>	Fuente: Cartografía Base: IGAC CARTOANTIOQUIA	
Cartografía Base  Área de Estudio		Elaboró: Kely Lorena Mesa Cabaño Laura Martínez Álvarez Revisó: Juan José García Duque	
Cartografía Temática  Firmas 2000	Escala de impresión: 1:92.000 Fecha: 04 de Diciembre de 2020		

Figura 2. Firmas Espectrales Año 2000.
Fuente: Elaboración propia








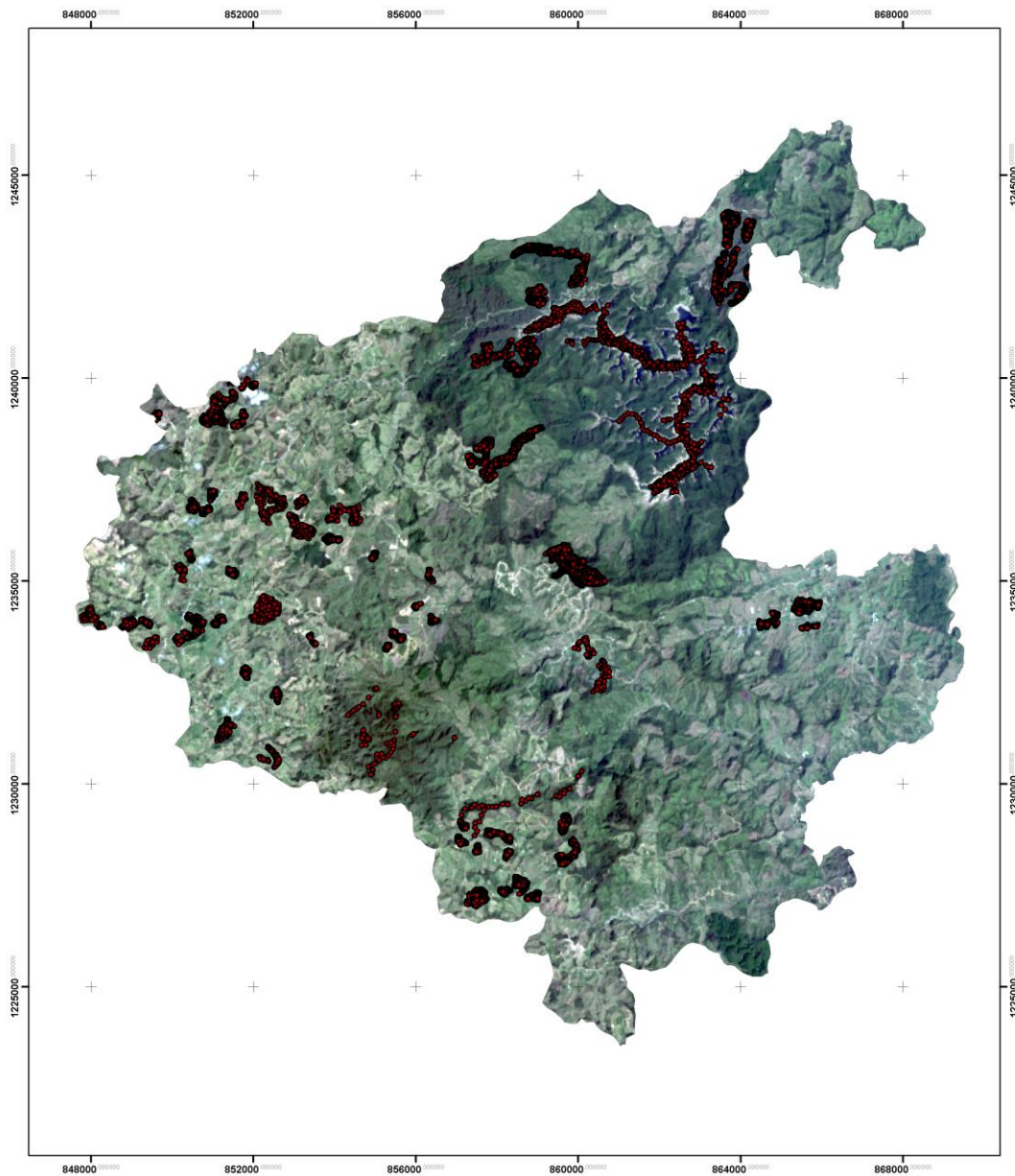
EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USOS DEL SUELO POR LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA VEREDA GUANACAS DE LOS MUNICIPIOS CAROLINA DEL PRÍNCIPE Y SANTA ROSA DE OSOS - ANTIQUIA		 UNIVERSIDAD DE ANTIQUIA	
FIRMAS ESPECTRALES AÑO 2013	Sistema de Coordenadas <small>Coordinate System: MAGDA Colombia Bogota Projection: Transverse Mercator Datum: MAGDA False Easting: 1 000 000,0000 False Northing: 1 000 000,0000 Central Meridian: -74,2775 Scale Factor: 1,0000 Latitude Of Origin: 4,5962 Units: Meter</small>	Fuente: Cartografía Base: IGAC CARTOANTIOQUIA	
Cartografía Base  Área de Estudio		Elaboró: Kely Lorena Marin Cataño Laura Martínez Álvarez Revisó: Juan José García Duque	
Cartografía Temática  Firmas 2013	Escala de impresión: 1:92.000	Fecha: 04 de Diciembre de 2020	

Figura 3. Firmas Espectrales Año 2013 (reemplaza a 2010 por error en las imágenes satelitales disponibles).

Fuente: Elaboración propia







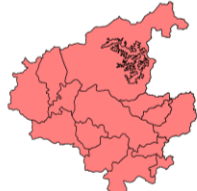

EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USOS DEL SUELO POR LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA VEREDA GUANACAS DE LOS MUNICIPIOS CAROLINA DEL PRÍNCIPE Y SANTA ROSA DE OSOS - ANTIOQUIA			
FIRMAS ESPECTRALES AÑO 2020	Sistema de Coordenadas <small>Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota Projection: Transversa Mercator Datum: MAGDA False Easting: 1 000 000,0000 False Northing: 1 000 000,0000 Central Meridian: -74 8775 Scale Factor: 1,0000 Latitude Of Origin: 4,5982 Units: Meter</small>	Fuente: Cartografía Base: IGAC CARTOANTIOQUIA	 
Cartografía Base  Área de Estudio		Elaboró: Kely Lorena Marin Cataño Laura Martínez Álvarez Revisó: Juan José García Duque	
Cartografía Temática  Firmas 2020	Escala de impresión: 1:92.000	Fecha: 04 de Diciembre de 2020	

Figura 4. Firmas Espectrales Año 2020.
Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis de Coberturas

Mediante las firmas espectrales se identificaron con la implementación de la metodología de CLC, las coberturas asociadas a Bosques Fragmentados en la que se incluyen las Plantaciones Forestales (PF); Vegetación Secundaria o en Transición; Cuerpos de Agua Artificiales; Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales; Zonas Arenosas Naturales; y Tierras Desnudas y Degradadas.

4.3.1. Definición de Coberturas.

Se obtuvieron 6 tipos de coberturas. Para las coberturas identificadas se relaciona una descripción que se ajusta a lo definido por la metodología CLC en IDEAM (2010).

4.3.1.1. *Bosque fragmentado (BF).*

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros. Como se ha

mencionado anteriormente, las PF se incluyen dentro de esta cobertura. Entendiéndose por PF las coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras) (IDEAM, 2010).

4.3.1.2. *Vegetación secundaria o en transición (VST).*

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Es evidencia esta cobertura en las zonas en donde se hizo el desmonte de actividades agrícolas y fueron abandonadas, ocurriendo una regeneración natural de la vegetación natural anteriormente removida (IDEAM, 2010).

4.3.1.3. Cuerpos de agua artificiales (CAA).

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos (IDEAM, 2010).

4.3.1.4. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (MCPEN).

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas

permanecen en estado natural o casi natural (IDEAM, 2010).

4.3.1.5. Zonas arenosas naturales (ZAN).

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas (IDEAM, 2010).

4.3.1.6. Tierras desnudas y degradadas (TDD).

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas (IDEAM, 2010).

4.3.2. Distribución de Coberturas.

A partir de las firmas establecidas para cada cobertura se siguen los parámetros definidos por la MLC descrita en la metodología permitiendo obtener las áreas que se relacionan a continuación para cada uno de los años analizados.

Para el año 2000 se obtuvieron las firmas presentadas en la Figura 2 y con base a estas se pudieron clasificar 5 tipos de coberturas: BF, VST, CAA, MCPEN y TDD. Estas coberturas presentan las áreas registradas en la Tabla 12, las proporciones mostradas en la Figura 5 y la distribución que se muestra en la Figura 8.

Tabla 12. *Distribución de Áreas Año 2000*

Código	Cobertura	Área (Ha)
1	Bosque Fragmentado	4874,61
2	Vegetación Secundaria o en Transición	4516,40
3	Cuerpos de Agua Artificiales	805,68
4	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	13984,64
7	Tierras Desnudas y Degradadas	1682,22
Total		25863,55

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para el año 2013 se obtuvieron las firmas presentadas en la Figura 3 y con base a estas se pudieron clasificar 6 tipos de coberturas: BF, VST, CAA, MCPEN, ZAN y TDD. Estas coberturas presentan las áreas registradas en la Tabla 13, las proporciones mostradas en la Figura 6 y la distribución que se muestra en la Figura 9.

Tabla 13. *Distribución de Áreas Año 2013*

Código	Cobertura	Área (Ha)
1	Bosque Fragmentado	5750,46
2	Vegetación Secundaria o en Transición	2535,66
3	Cuerpos de Agua Artificiales	423,09
4	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	12933,90
6	Zonas Arenosas Naturales	608,58
7	Tierras Desnudas y Degradadas	3575,52
Total		25827,21

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para el año 2020 se obtuvieron las firmas presentadas en la Figura 4 y con base a estas se pudieron clasificar 5 tipos de coberturas: BF, VST, CAA, MCPEN, y TDD. Estas coberturas presentan las áreas registradas en la Tabla 13, las proporciones mostradas en la Figura 7 y la distribución que se muestra en la Figura 10.

Tabla 14. *Distribución de Áreas Año 2020*

Código	Cobertura	Área (Ha)
1	Bosque Fragmentado	6005,88
2	Vegetación Secundaria o en Transición	1517,58
3	Cuerpos de Agua Artificiales	350,73
4	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	15331,32
7	Tierras Desnudas y Degradadas	2623,95
Total		25829,46

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Comparación de Coberturas.

De los mapas de la Figura 8, 9 y 10 se calcularon las áreas en hectáreas (Ha) correspondientes a cada una de las coberturas definidas en la Tabla 6 como se mostraron en la sección 4.2.2. Los resultados de la comparación de dichas áreas se presentan en la Tabla 15.

La cobertura correspondiente a BF para los años 2000, 2013 y 2020 presenta un área (Ha) de 4874,61 (19%), 5750,46 (22%) y 6005,88 (23%), respectivamente. La mayor proporción de esta cobertura se presenta alrededor del embalse Miraflores, lo cual justifica el incremento de la cobertura asociado a la presencia de PF establecidas por EPM como parte de la rehabilitación que ejecutan sobre el embalse y áreas de bosque

nativo adquiridos con fines de conservación (Fundación Grupo HTM, Corantioquia, 2014). Las plantaciones forestales se ubican principalmente en el área del embalse (conformada por 1977 Ha de bosque secundario) (EPM, 2013), estas plantaciones se caracterizan por incluir la sucesión de vegetación que aparece debido al cese de las actividades agrícolas o pecuarias, lo que propicia la recuperación del bosque (IDEAM, 2010).

Tabla 15. *Comparación de Coberturas*

Cobertura	2000	2013	2020
	ÁREAS (Ha)		
Bosque Fragmentado	4874,61	5750,46	6005,88
Vegetación Secundaria o en Transición	4516,40	2535,66	1517,58
Cuerpos de Agua Artificiales	805,68	423,09	350,73
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	13984,64	12933,90	15331,32
Zonas Arenosas Naturales	0,00	608,58	0,00
Tierras Desnudas y Degradadas	1682,22	3575,52	2623,95
Total	25863,55	25827,21	25829,46

Nota. Fuente: Elaboración propia

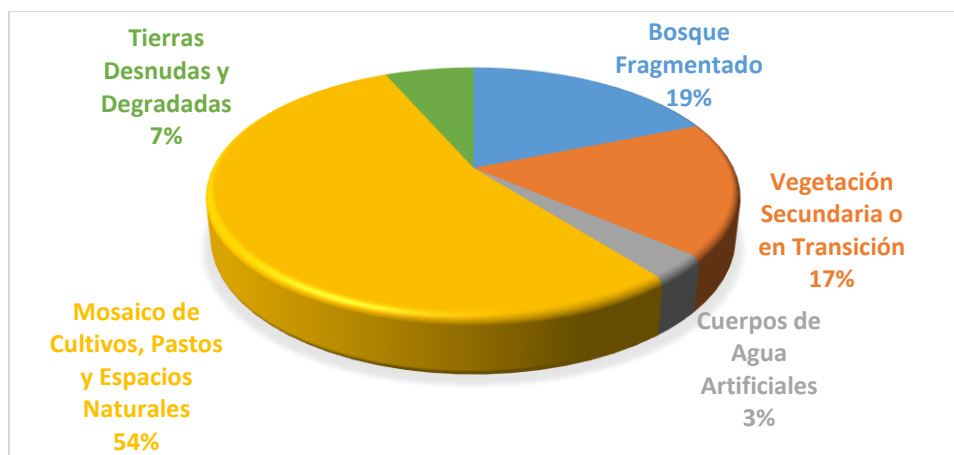


Figura 5. Distribución porcentual de coberturas Año 2000.
Fuente: Elaboración propia

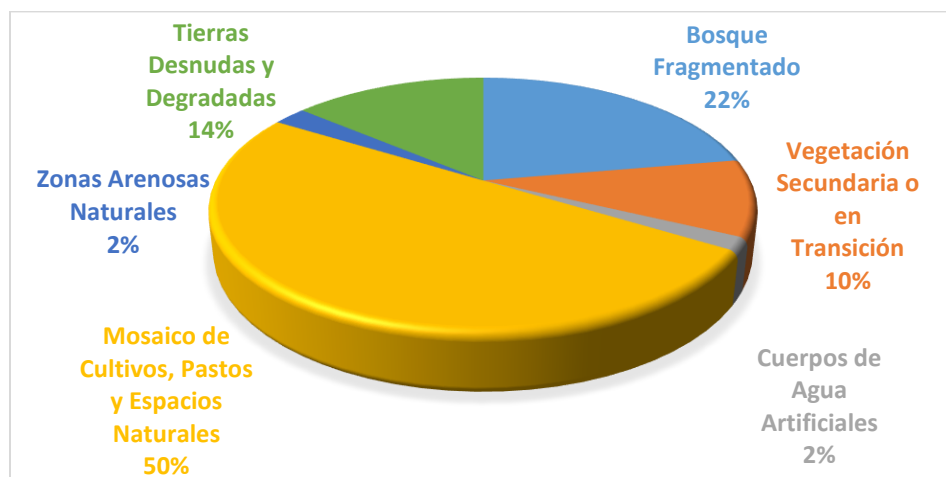


Figura 6. Distribución porcentual de coberturas Año 2013.
Fuente: Elaboración propia

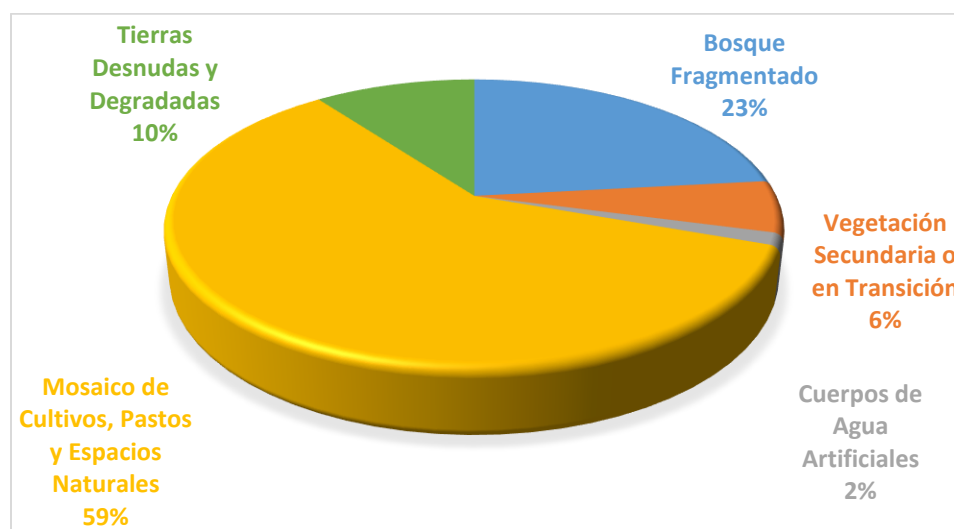
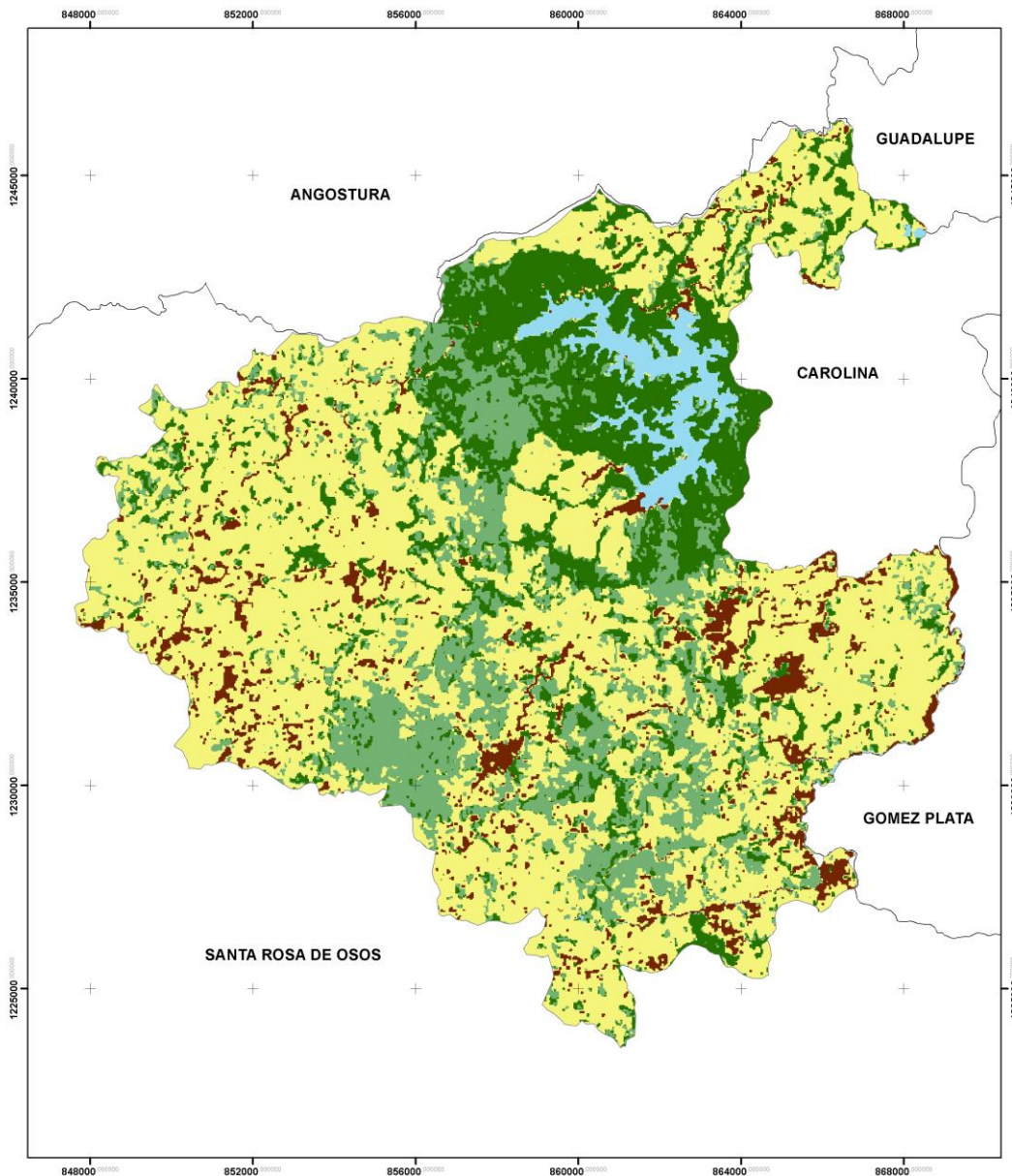


Figura 7. Distribución porcentual de coberturas Año 2013.
Fuente: Elaboración propia




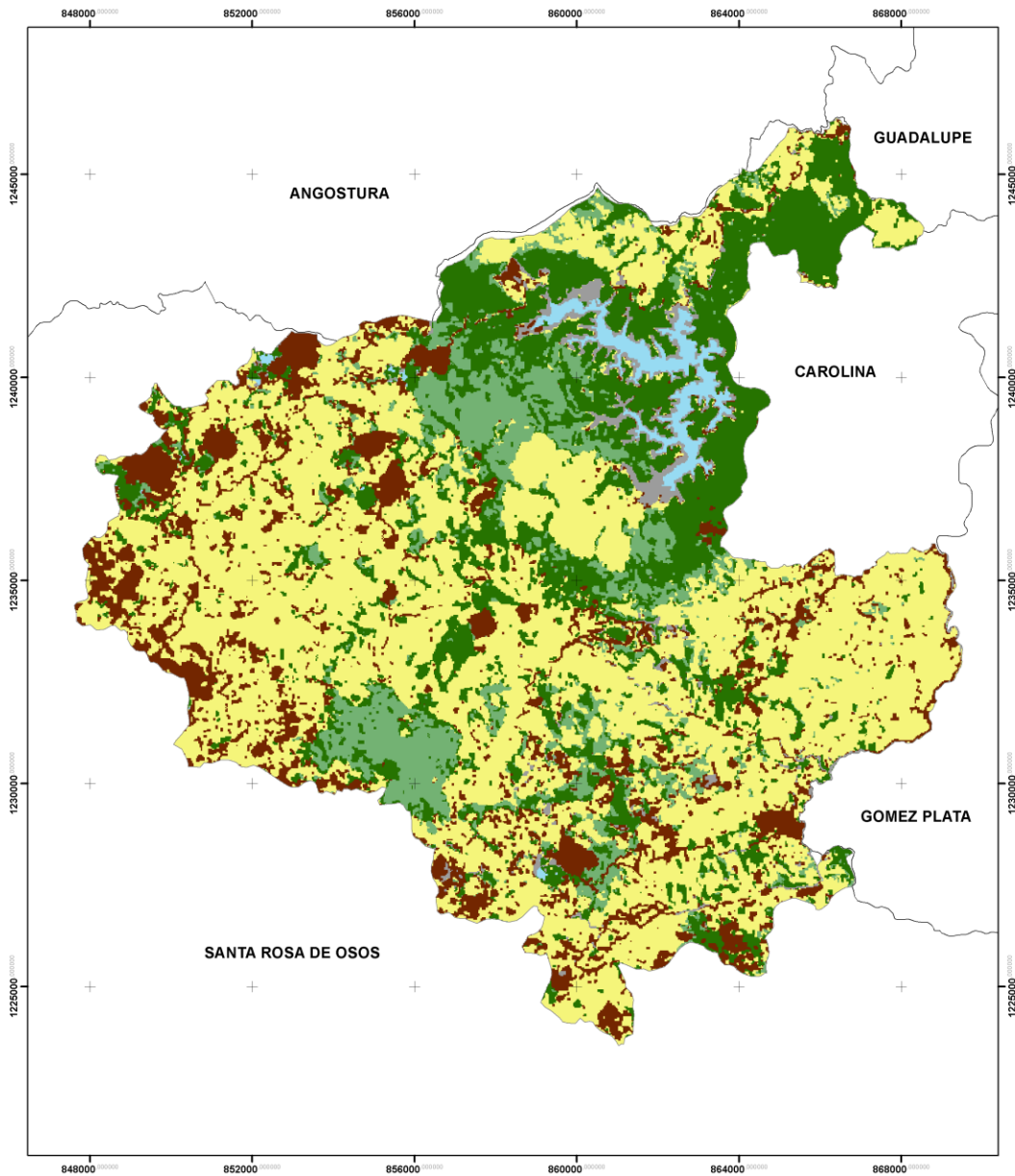
EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USOS DEL SUELO POR LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA VEREDA GUANACAS DE LOS MUNICIPIOS CAROLINA DEL PRÍNCIPE Y SANTA ROSA DE OSOS - ANTIOQUIA			
COBERTURAS DEL ÁREA DE ESTUDIO AÑO 2000		Fuente: Cartografía Base: IGAC CARTOANTIOQUIA	
Cartografía Base □ Área de Estudio □ Antioquia		Sistema de Coordenadas <small> Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota Projection: Transversa Mercator Datum: MAGNA False Easting: 1 000 000 000,000 False Northing: 1 000 000 000,000 Central Meridian: -74,87175 Scale Factor: 1 000,0 Latitude Of Origin: 4,5942 Units: Meter </small>	
Cartografía Temática Cobertura ■ Bosque Fragmentado ■ Vegetación Secundaria o en Transición ■ Cuerpos de Agua Artificiales ■ Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales ■ Tierras Desnudas y Degradadas		Elaboró: Kelly Lorena Marin Cataño Laura Martínez Álvarez Revisó: Juan José García Duque	
		Escala de impresión: 1:92.000	
		Fecha: 04 de Diciembre de 2020	

Figura 8. Coberturas del área de estudio año 2000.
Fuente: Elaboración propia




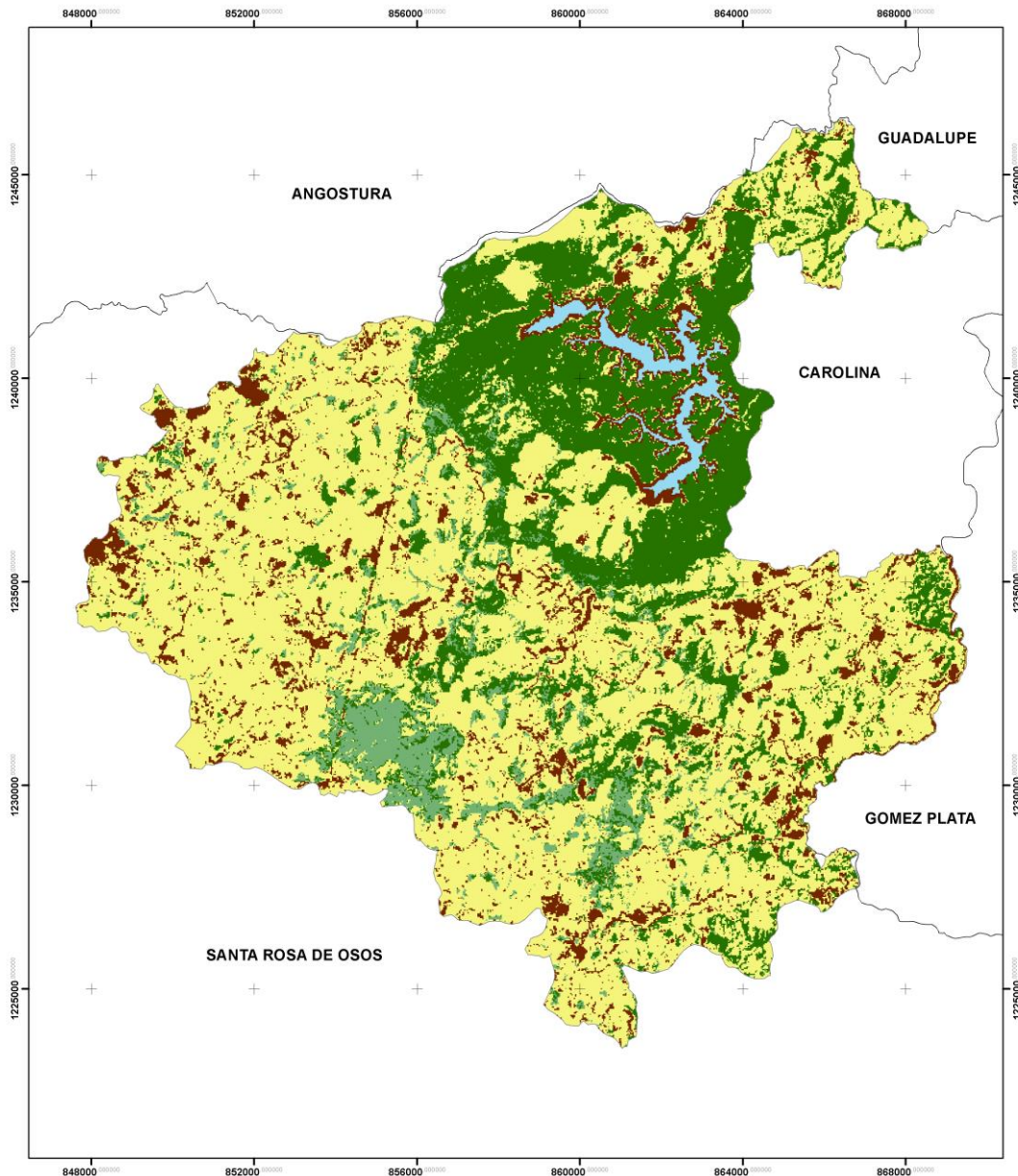
EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USOS DEL SUELO POR LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA VEREDA GUANACAS DE LOS MUNICIPIOS CAROLINA DEL PRÍNCIPE Y SANTA ROSA DE OSOS - ANTIOQUIA			
COBERTURAS DEL ÁREA DE ESTUDIO AÑO 2013		Fuente: Cartografía Base	
Cartografía Base □ Área de Estudio □ Antioquia		Sistema de Coordenadas <small> Coordinate System: MAGNA Colombia Bogotá Projection: Transversa Mercator Datum: MAGDA False Easting: 1 000 000,0000 False Northing: 1 000 000,0000 Central Meridian: -74 0775 Scale Factor: 1,0000 Latitude Of Origin: 4,5962 Units: Meter </small>	
Cartografía Temática Cobertura ■ Bosque Fragmentado ■ Vegetación Secundaria o en Transición ■ Cuerpos de Agua Artificiales ■ Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales ■ Zonas Arenosas Naturales ■ Tierras Desnudas y Degradadas		Fuente: IGAC CARTOANTIOQUIA Elaboró: Kely Lorena Marin Cataño Laura Martínez Álvarez Revisó: Juan José García Duque	
Escala de impresión 1:92.000		Fecha: 04 de Diciembre de 2020	

Figura 9. Coberturas del área de estudio año 2013.
Fuente: Elaboración propia





EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USOS DEL SUELO POR LA EXPANSIÓN AGROPECUARIA EN LA VEREDA GUANACAS DE LOS MUNICIPIOS CAROLINA DEL PRÍNCIPE Y SANTA ROSA DE OSOS - ANTIOQUIA		 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	
COBERTURAS DEL ÁREA DE ESTUDIO AÑO 2020		Fuente: Cartografía Base:	
Cartografía Base □ Área de Estudio □ Antioquia		Sistema de Coordenadas <small> Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota Proyeccion: Transverso Mercator Datum: MAGDA False Easting: 1 000 000,0000 False Northing: 1 000 000,0000 Central Meridian: -74,0775 Scale Factor: 1,0000 Latitude Of Origin: 4,9662 Units: Meter </small>	
Cartografía Temática Cobertura ■ Bosque Fragmentado ■ Vegetación Secundaria o en Transición ■ Cuerpos de Agua Artificiales ■ Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales ■ Tierras Desnudas y Degradadas		Elaboró: Kely Lorena Marin Cataño Laura Martínez Álvarez Revisó: Juan José García Duque	
Escala de impresión 1:92.000		Fecha: 04 de Diciembre de 2020	
			

Figura 10. Coberturas del área de estudio año 2020.
Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la cobertura de VST para los años 2000, 2013 y 2020 presenta un área (Ha) de 4516,40 (17%), 2535,66 (10%) y 1517,58 (6%), respectivamente; es decir, se ha presentado un decrecimiento constante de esta cobertura. De forma similar, los CAA que para el caso de estudio corresponden al embalse Miraflores presenta para los mismos años un área (Ha) de 805,68 (3%), 423,09 (2%) y 350,73 (2%), respectivamente; en este caso el decrecimiento se asocia a las dinámicas naturales de los embalses respecto a la sedimentación.

Por parte de las demás coberturas, no se presenta un comportamiento constante de crecimiento o decrecimiento. Los MCPEN son la cobertura dominante en los mapas obtenidos, abarcando mínimo la mitad del mapa, para los años 2000, 2013 y 2020 presentaron un área (Ha) de 13984,64 (54%), 12933,90 (50%) y 15331,32 (59%), respectivamente. Las TDD presentan para los años de estudio un área (Ha) de 1682,22 (7%), 3575,52 (14%) y 2623,95 (10%), respectivamente. Por último, las ZAN identificadas para el año 2013 presentaron un área (Ha) de 608,58 (2%).

4.3.4. Agrupación de Coberturas

Atendiendo a las dinámicas del área de estudio y partiendo del análisis de las coberturas obtenidas; es decir, coberturas naturales (BF y VST) y antrópicas (CAA, MCPEN, ZAN y TDD); se decidió agrupar las coberturas correspondientes a BF y VST, entendiendo que en las primeras se incluyen las PF, las cuales no se distinguen adecuadamente en las imágenes satelitales debido a la escala y resolución que presentan. Esta agrupación se hace atendiendo las características comunes que ofrecen como coberturas pertenecientes a los BAS, así como por ser las únicas dos Coberturas Naturales (CN) entre las analizadas y por ende las de mayor nivel de vegetación conservado.

De igual manera entre las coberturas antrópicas, las ZAN fueron identificadas para los años 2000 y 2020 por la clasificación supervisada dentro de las TDD, debido a que el código 6 no se creó en las firmas de dichos años al no ser identificables por temas de calidad de la imagen. Por lo anterior, estas coberturas se agrupan bajo la categoría de Áreas Abiertas, sin o con Poca Vegetación (AACPV) ya que estas se caracterizan por tener una escasa cobertura vegetal debido a

procesos erosivos o antrópicos. Para las demás coberturas antrópicas (CAA y MCPEN) no se hacen modificaciones.

El consolidado bajo los escenarios anteriormente descritos se presentan en la Tabla 16 y en la Figura 11, ya que se considera necesario para los análisis del presente trabajo.

Tabla 16. Agrupación de Coberturas

Cobertura	2000	2013	2020
	ÁREAS (Ha)		
Coberturas Naturales	9391,01	8286,12	7523,46
Cuerpos de Agua Artificiales	805,68	423,09	350,73
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	13984,64	12933,90	15331,32
Áreas Abiertas, sin o con Poca Vegetación	1682,22	4184,10	2623,95
Total	25863,55	25827,21	25829,46

Nota. Fuente: Elaboración propia

La combinación de las coberturas de BF y VST como CN permiten ver que entre el año 2000 y 2020 se presenta una disminución de 1867,55 Ha, lo que representa un promedio de 933,77 Ha por década. Así mismo, para los CAA en el periodo de los 20 años analizados, se presentó una reducción de

454,95 Ha, lo que significa que el promedio decadal es de 227,48 Ha.

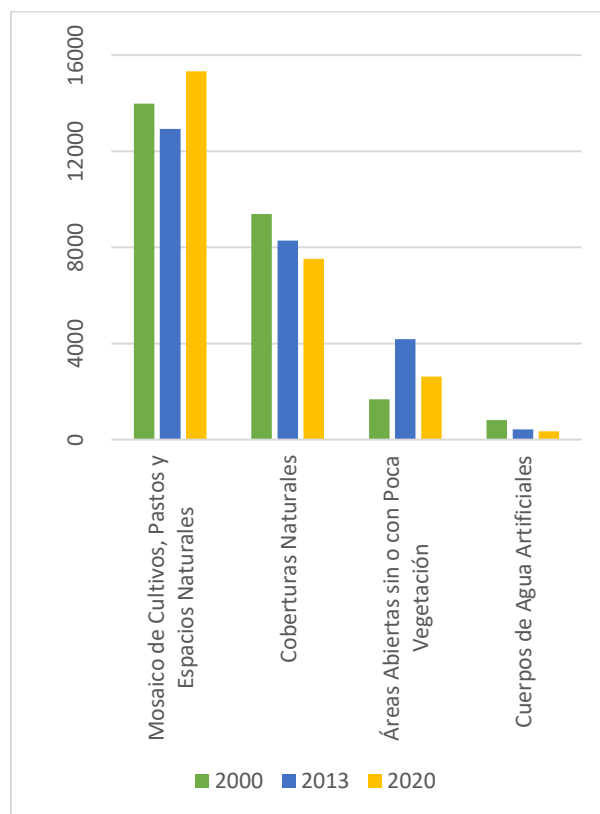


Figura 11. Distribución de coberturas agrupadas para los años 2000, 2013 y 2020.

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, los MCPEN presentaron un crecimiento estimado entre los años 2000 y 2020 de 1346,68 Ha; es decir, un promedio por década de 673,34 Ha. Y las AACPV presentaron un incremento de 941,73 Ha que para cada periodo de 10 años serían aproximadamente 470,87 Ha. Es importante resaltar que este aumento se asocia al decrecimiento del espejo de agua del embalse, y que el elevado crecimiento que se presentó entre el año 2000 y 2013 se puede

deber a las quemadas que se hacen en las áreas de cultivos como parte de los ciclos de la actividad agropecuaria, aspecto que también explicaría la disminución de los MCPEN para ese mismo periodo.

Acorde a lo mencionado en la metodología en la sección 3.5. respecto a la biodiversidad y teniendo en cuenta las pérdidas de coberturas naturales, se debe analizar las posibles afectaciones de estas pérdidas sobre variedad de individuos de flora y fauna presentes en el área de estudio, reconociendo particularmente la importancia de preservar las especies endémicas y amenazadas que la habitan y evaluar la posibilidad de fortalecer la conectividad entre los relictos de bosque y coberturas naturales, a fin de favorecer la conservación de la biodiversidad que caracteriza al ecosistema.

Para estos análisis se propone estudiar la relación entre coberturas y las fuentes hídricas mediante la Figura 12.

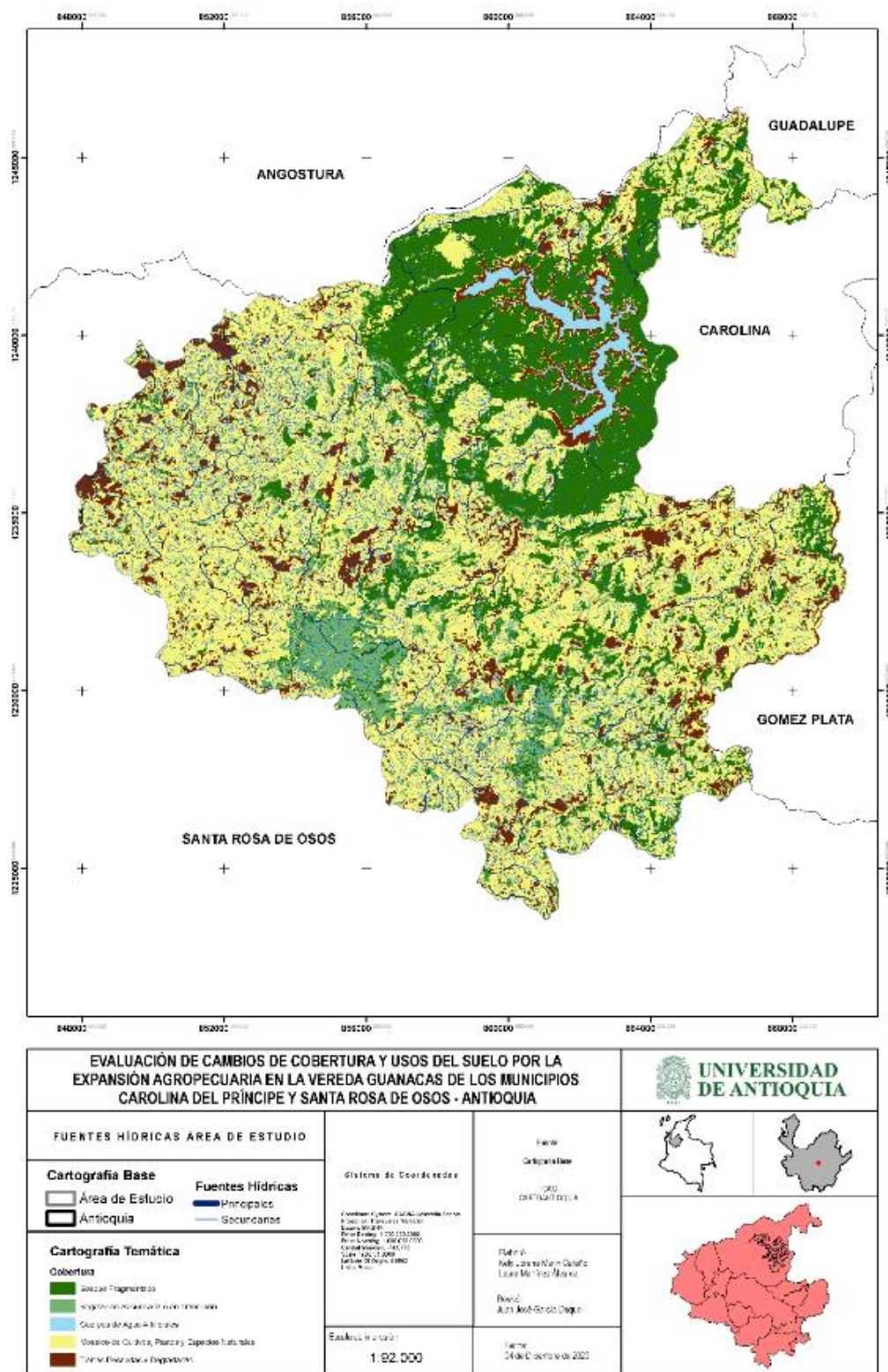


Figura 12. Fuentes Hídricas Área de Estudio.
 Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Bosque Fragmentado presenta un aumento en las coberturas estudiadas para los años comprendidos entre 2000 y 2020, lo que está asociado a la función de conservación de las estrategias implementadas por EPM con las plantaciones en el embalse Miraflores. Las especies plantadas comprenden pinos (*Pinus patula*, *Pinus oocarpa*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) (EPM, 2013), los cuales, aunque actualmente se encuentran proporción y madurez significativa no ofrecen servicios ecosistémicos equivalentes a las de un bosque nativo. Situación similar se presenta en Guanacas, ya que se puede encontrar este tipo de vegetación en diferentes estados sucesionales, que se encuentran en forma de mosaicos, según el tiempo de regeneración vegetal y los usos del suelo pasado (Corantioquia & Alcaldía de Santa Rosa de Osos, 2015), esto se da gracias a la presencia de la reserva de la sociedad civil Guanacas sobre predios que previamente eran destinados a actividades agropecuarias.

La disminución de las coberturas de Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios

Naturales y Coberturas Naturales en el año 2013 tiene una relación directa con el aumento en las Áreas Abiertas, sin o con Poca Vegetación, pues para la implementación de nuevos cultivos en las actividades agrícolas, los productores optan por la quema de la vegetación existente, lo que lleva a la pérdida de la cobertura de pastos. Estas practican son tradicionalmente implementadas atendiendo a la creencia de que las quemadas son una buena práctica de producción debido a que se reduce el tiempo dedicado al deshierbe o descapote y para obtener una buena cosecha (FAO, n.d.). Sin embargo, contrario a la creencia popular, las quemadas producen efectos adversos como reducir la retención de agua en un 25%, la fertilidad del suelo en un 30% y aumento en las tasas de erosión, acarreado la necesidad de soluciones costosas para revertir el daño causado, como la aplicación en exceso de fertilizantes (ONU, 2020).

Para el año 2020 se ve un aumento en los Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales, debido a la recuperación de las zonas de pastos que para el 2013 pertenecían a las áreas abiertas, sin o con poca vegetación, y a su vez durante los 20 años de estudio las coberturas antrópicas asociadas a usos agropecuarios fueron expandiendo y

tomando terreno de las coberturas naturales. Es decir, el crecimiento de los Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales se debe al aumento de pastos para el sustento de la ganadería lechera desde hace más de 20 años y el ingreso de los monocultivos de tomate de árbol y aguacate en los últimos 10 años en los municipios de Santa Rosa de Osos y Carolina del Príncipe (Corantioquia & Alcaldía de Santa Rosa de Osos, 2015), viéndose reflejado en las coberturas naturales presentes en la vereda Guanacas y las veredas con las que limita.

En el periodo estudiado es evidente la disminución del área correspondiente al espejo de agua del embalse Miraflores, asociado a la sedimentación constante de este, la cual se relaciona con la remoción de cobertura vegetal en las áreas aledañas, para permitir la entrada de cultivos y áreas de pastoreo con lo que se disminuye la retención de sedimentos que se decantan sobre el cuerpo de agua, ya que factores como el potencial erosivo de la lluvia, la erodabilidad del suelo, la topografía, el uso del suelo, sus coberturas vegetales y las prácticas de conservación del suelo, determinarán la cantidad de erosión producida y por tanto la producción de sedimentos (Arcila, 2019).

Teniendo en cuenta la biodiversidad del área de estudio y conociendo los patrones que esta ha seguido respecto a la pérdida de cobertura vegetal y crecimiento de zonas agropecuarias, asociada a la deforestación y cambio del uso del suelo se generaría sobre la biodiversidad de la zona pérdida de especies endémicas y amenazadas de flora y fauna, y la pérdida de variabilidad genética de sus poblaciones. Adicionalmente, con la reducción de las coberturas naturales cambia la abundancia y composición de las especies y se produce el aislamiento de los parches de bosque generado, el cual rompe con la conectividad llevando a una reducción en los números de poblacionales de las especies que habitan los fragmentos, ya sea por un aumento de la mortalidad o por un aumento en las emigraciones de los individuos que lleva a la degradación paulatina del bosque (EPM, 2013).

Todo lo anterior está influenciado por el hecho de la existencia de pocos bosques, por tanto es importante la implementación de estrategias y modelos de conservación que trasciendan de la teoría a la implementación y que estén acorde con la finalidad de preservar las coberturas naturales, pues aunque en la actualidad existen estrategias de conservación como el sistema de áreas

protegidas municipales y locales para Santa Rosa de Osos y Carolina del Príncipe, que si bien tienen una adecuada estructura, no alcanzan una implementación efectiva, o como en el caso de las plantaciones forestales de EPM aunque están destinadas a la conservación, no se realiza con las especies adecuadas para la prestación de los servicios ecosistémicos propicios para conservación de la biodiversidad presente.

Es sabido, que las especies dependen de bosques interconectados y en buen estado de conservación, especialmente las migratorias, y las áreas de los bosques de protección representan grandes áreas en estados avanzados de sucesión que permite la llegada de un gran número de especies a estas áreas. Las especies migratorias hacen contribuciones de gran impacto a los bosques que habitan como flujo de recursos constantes, transportan nutrientes esenciales para la regeneración de los bosques y son grandes indicadores del estado de los bosques.

Atendiendo a la situación presente y a las dinámicas manifestadas por los cambios de coberturas y usos del suelo del área de estudio, así como las múltiples iniciativas de conservación existentes, se propone diseñar

proyectos de conectividad para los relictos de bosque presentes, en especial los ubicados en las periferias de los cuerpos de agua, ya que como se puede apreciar en la distribución de las coberturas naturales actuales, los parches están asociados con la cercanía de esto a alguna de las fuentes hídricas principales, reconociendo que el recurso hídrico juega un papel fundamental para la subsistencia y desarrollo de los individuos (Fundación Grupo HTM, Corantioquia, 2014). La preservación de los relictos de bosque a través de la conectividad que favorecen las redes hídricas del área de estudio es vital, pues estos son los últimos relictos de bosque altoandino que quedan en esta parte de Antioquia.

El presente trabajo permitió confirmar la pertinencia de la metodología CLC para levantar coberturas naturales y antrópicas mediante la clasificación supervisada, a partir de la asignación de firmas espectrales. De las experiencias del trabajo, se recomienda tener cuidado con la asignación de las firmas en los píxeles de la imagen satelital, apoyados en la experiencia del profesional conector de la herramienta y de las áreas a evaluar, pues errores en dichas asignaciones pueden conducir a reprocesos.

Este estudio es una base para seguir con el análisis de los comportamientos en la zona de la vereda Guanacas de los municipios de Santa Rosa de Osos y Carolina del Príncipe, relacionados con los cambios de cobertura y usos del suelo, en donde se pasa de zonas naturales a zonas de producción agropecuaria; así como evaluar su incidencia en la pérdida de biodiversidad y en la conectividad de los ecosistemas presentes, teniendo en cuenta que la zona de estudio es de alta importancia ecosistémica. También, se presenta como una base para futuros estudios que se realicen en esta zona de estudio o en ecosistemas con características similares, ya que hasta el momento no se ha desarrollado estudios para esta clase de territorios y la literatura hasta ahora disponible para análisis de coberturas y usos del suelo están basadas en otro tipo zonas geográficas.

6. REFERENCIAS

- Andrade Pérez, G., & Castro, L. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia: invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo*, 16(30), 53–71.
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteysesarrollo/article/view/3196>
- Camacho, J., Juan, J., Pineda, N., Cadena, E., Barvo, L., & Sánchez, M. (2015). Cobertura/Usos del suelo en una porción de la zona de transición Mexicana de Montaña. *Atlas de La Cuenca Lerma-Chapala: Construyendo Una Visión En Conjunto*, 21, 117.
http://www2.inecc.gob.mx/emapas/download/lch_cambio_de_uso_del_suelo.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020). Monitoreo de la cobertura de suelo | Biodiversidad Mexicana.
<https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/cobertura-suelo>
- Corantioquia (2003). Plan de Ordenamiento y Manejo Cuenca del Río Guadalupe.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Corantioquia, & Alcaldía de Santa Rosa de Osos. (2015). Consolidación de iniciativas de conservación en el municipio de Santa Rosa de Osos - Antioquia Sistema Local de Áreas Protegidas-SILAP.
- CDB - Convención sobre Diversidad Biológica. (1992). Texto final del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Cumbre para la Tierra. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, 3 al 14 de junio.
<https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>
- Disperati, L., Gonario, S., & Viridis, P. (2015). Assessment of land-use and land-cover changes from 1965 to 2014 in Tam Giang-Cau Hai Lagoon, central Vietnam. *Applied Geography*, 58, 48–64.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.12.012>
- EPM. (2013). Diseño del documento del proyecto REDD+ EPM. 256.

- EPM (2016-2017). Inventario de flora y fauna embalse Miraflores Carolina del Príncipe.
- ESRI. (2016). Función NDVI—Ayuda | ArcGIS for Desktop. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- ESRI. (2016). ¿Qué son los datos ráster? — Ayuda | ArcGIS for Desktop. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
- FAO. (n. d.). La agricultura migratoria - conocimientos técnicos locales y manejo de los recursos naturales en el trópico húmedo. Retrieved November 26, 2020, from <http://www.fao.org/3/ad435s/AD435S05.htm>
- Fundación Grupo HTM, Corantioquia, M. C. del P. (2014). Sistema Municipal de Áreas Protegidas. SIMAP Carolina del Príncipe.
- Galicia, L., García-Romero, A., Gómez-Mendoza, L., & Ramírez, M. I. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia*, 58(4), 50–60. https://www.researchgate.net/publication/283353151_Cambio_de_uso_de_l_suelo_y_degradacion_ambiental
- Gobernación de Boyacá. (2011). Cobertura y uso del suelo en Boyacá. 8.
- Goldewijk, K. K. (2001). Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database. *Global Biogeochemical Cycles*, 15(2), 417–433. <https://doi.org/10.1029/1999GB001232>
- Hooke, R. L. B., Martín-Duque, J. F., & Pedraza, J. (2012). Land transformation by humans: A review. *GSA Today*, 22(12), 4–10. <https://doi.org/10.1130/GSAT151A.1>
- Humboldt State Geospatial Online. (2019). Supervised Classification. Introduction to Remote Sensing. <https://doi.org/10.1201/9780203741917-9>
- IAvH. (2017). Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia (Vol. 3, Issue 2). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>

- IDEAM. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra Ministerio del Medio Ambiente. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762
- IDEAM. (2014). COBERTURAS DE LA TIERRA - IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosis temas/coberturas-tierra>
- IDEAM. (2017). Informe del Estado del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Colombia. In Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables en Colombia. AGUA. https://www.siac.gov.co/contenido/contenido_imprimir.aspx?conID=1259&catID=822
- IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA. (2008). 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.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA. (2015). Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia. 252. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023423/1_INFORME_BIENAL_ACTUALIZACION.pdf
- Jiménez, S. (2016). Combinación RGB con bandas del satélite Landsat 5 y 7. Combinación RGB Con Bandas Del Satélite Landsat 5 y 7. <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>
- Lillesand, T., Kiefer, R., & Chipman, J. (2004). Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition). In The Geographical Journal (Vol. 146). <https://doi.org/10.2307/634969>
- Nené-Preciado, A. J., Sansón, G. G., Mendoza, M. E., & De Asís Silva Bátiz, F. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. Investigaciones Geográficas, 2017(94), 64–81. <https://doi.org/10.14350/rig.56770>

- ONU. (2020). El impacto de las quemas agrícolas: un problema de calidad del aire. <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-impacto-de-las-quemas-agricolas-un-problema-de-calidad-del-aire>
- Otukei, J. R., & Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12 (SUPPL. 1), 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.002>
- Plan nacional de Teledetección. (n. d.). Plan Nacional de Teledetección. Retrieved November 25, 2020, from <https://pnt.ign.es/programa-landsat>
- Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418–422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Ramankutty, N., & Foley, J. A. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 13(4), 997–1027. <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>
- Rica, U. D. C., Mora, M., Hurtado, V., Teoría, L. A., Cambio, D. E. L., El, E. N., Partir, P. A., Cambio, D. E. L., Uso, D. E. L., Rica, U. D. C., José, S., & Rica, C. (2015). The theory of change in the Landscape from land use and land cover change (LUCC APPROACH). its usefulness in environmental history. *Reflexiones*, 94(2), 25–33. <https://www.redalyc.org/pdf/729/72946471002.pdf>
- Sahagún-Sánchez, F. J., & Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT*, 12(2), 06. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i2.831>
- Sepúlveda-Varas, A., Saavedra-Briones, P., & Esse, C. (2019). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. *Herramienta para la sustentabilidad*

productiva de un territorio. Revista de Geografía Norte Grande, 2019(72), 9–25. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000100009>