

RESUMEN

En el siguiente documento se presentan los resultados del análisis espacio-temporal en el uso del suelo y coberturas de la tierra, entre las cotas 3000 y 3500 m.s.n.m. en la zona media de la cuenca del río San Francisco del Municipio de Puracé (Cauca), en el periodo 1989 a 2014. Con el fin de llevar a cabo lo enmarcado en el proyecto y abordar la complejidad de los ecosistemas de páramo, se estructuraron diferentes insumos, herramientas, técnicas y metodologías, sobre las cuales estuvo soportado todo el desarrollo del trabajo. De manera general y siguiendo un orden jerárquico, en principio se obtuvo como insumo principal los sensores remotos, luego se utilizó una técnica metodológica como es la Cartografía Social, para obtener una información que al final fue corroborada y analizada con la Cartografía Temática.

De esta manera, se abordó el análisis de los cambios en coberturas de la tierra y usos del suelo del año 1989 al 2014, aplicando técnicas de teledetección, como la clasificación supervisada de las imágenes satelitales realizada en el programa ENVI 5, que permite obtener un insumo, el cual espacializa los cambios para las temporalidades estudiadas, y a su vez; esta información es representada en una cartografía temática. Igualmente, se analizan estos cambios mediante la investigación con la participación de las comunidades con el propósito de la mapificación del territorio, pero soportado sobre la base del conocimiento socio-espacial que nos permite dar respuesta e indagar más a fondo sobre la explicación de los cambios espaciales en la alta montaña de la cuenca San Francisco.

PALABRAS CLAVES: Usos del suelo, Coberturas de la tierra, Cartografía temática, Cartografía social, Teledetección, Clasificación Supervisada, Territorio.

ABSTRACT

The following document presents the results of the temporary space analysis on the land use and land cover, between 3000 and 3500 level curve m.a.s.l. in the middle area of the San Francisco river basin of the municipality of Puracé (Cauca), in the period 1989 to 2014. In order to carry out what framed in the project and to address the complexity of the moor ecosystems, it is structured different inputs, tools, techniques and methodologies, on which was supported the development of the whole work. In a general way and following a hierarchical order, in principle was obtained as main input remote sensors, then used a methodological technique as the Social Cartography, in order to obtain information that in the end it was corroborated and analyzed with Thematic Cartography.

In this way, addressed the analysis of the changes in coverage of the land and land uses of the year 1989 to 2014, applying techniques of remote sensing, as the supervised classification of satellite images made in the program ENVI 5, that allows you to get an input, which spatializes changes to the temporalities studied, and at the same time; this information is represented in a thematic cartography. Similarly, it analyzes these changes through research with the participation of the communities with the purpose of the mapping of the territory, but supported on the basis of socio-spatial knowledge that enables us to respond and to investigate more thoroughly on the explanation of the spatial changes in the high mountain basin San Francisco.

KEY WORDS: Land uses, Land cover, Thematic cartography, Social cartography, Remote sensing, Supervised classification, Territory.

INTRODUCCIÓN

La alta montaña andina conformada por diversos ecosistemas, entre ellos el de páramo y bosques, de gran importancia por su diversidad biológica y ecosistémica, así como por la regulación en el ciclo hidrológico, ha venido sufriendo una serie de alteraciones ambientales desde hace ya varias décadas, lo cual ha significado la disminución tanto de las coberturas de páramo como las de bosques. El decrecimiento en su área ha traído la aparición de otras coberturas como pajonales, pastos y matorrales de páramo que dominan en número de hectáreas a los bosques y lo rodean formando parches de bosques dentro de la alta montaña, donde cada vez domina menos la presencia del bosque y de la vegetación natural de páramo, que presenta disminución o en algunos casos desaparición del Frailejón (*Espeletia*), muy importante para la retención de agua, la diferenciación ecológica y la formación de nichos. (Sturm, H y Rangel, O. 1985).

A su vez, Colombia cuenta con la presencia de la imponente cordillera de los Andes, donde se ubica la alta montaña, el bosque alto-andino y el páramo, conformados por un gran número de especies de plantas y animales con un alto nivel de biodiversidad, como resultado de un complejo proceso natural llevado a cabo desde hace millones de años, pero que ahora se encuentra bajo la responsabilidad del hombre, pues solo de él dependerá su protección y recuperación o su destrucción, debido a que actualmente la presión de las actividades antrópicas en estos lugares han degradado estos ecosistemas. Aunado a ello suscita el inminente cambio global (natural) que amenaza con la presencia del fenómeno del niño, una complicada situación que podría provocar la desaparición de muchas vertientes que se nutren de la lluvia como fuente principal, así como una fuerte disminución de ríos y quebradas, que traería consigo el desabastecimiento de agua durante varias décadas. (Van der Hammen, T. 1993).

En este sentido, la reducción en las coberturas de páramo es dramática e incluso los estudios demuestran el proceso acelerado en la pérdida de la cobertura original, provocada durante los últimos años por las actividades de intervención antrópica especialmente en terrenos bajo la jurisdicción de las CAR, una situación que evidencia el conflicto socio-ambiental y territorial en estas zonas, donde los cultivos de papa junto al pastoreo han sido el causante de la desaparición de áreas de cobertura original del páramo (Arrellano, H y Rangel, O 2010). En esta misma línea ocurre con las quemas continuas e indiscriminadas, en sectores de importante diversidad florística lo cual produce graves efectos negativos sobre la vegetación de páramo, que provoca la desaparición de las especies más frágiles; degrada y homogeniza lentamente las especies de hábito leñoso por las continuas quemas que no dan lugar a la recuperación de los ecosistemas (Rangel, O 2000. Citado por: Arrellano, H y Rangel, O. 2010).

Por su parte, la cuenca del río San Francisco del Municipio de Puracé (Cauca), ubicada en la jurisdicción del Resguardo Indígena de Puracé y con porciones de su terreno dentro del sector norte del Parque Nacional Natural de Puracé (PNNP) tiene gran importancia ecológica, cultural y biodiversa. Esta cuenca no es ajena a los procesos de intervención antrópica, según los recientes estudios realizados por investigadores demuestran las alteraciones en zonas de bosques alto andinos, paramos y humedales donde la fragmentación ha generado cambios en las coberturas, modificando su distribución espacial, variación en su tamaño y composición en las unidades de paisaje, concluyendo que las alteraciones en estas unidades vegetales son producto de la intervención del hombre, que abarca zonas del Resguardo Indígena de Puracé y el PNNP. (Martínez, J. 2005).

En el sector de San Rafael se han identificado varias actividades antrópicas que afectan negativamente el páramo, entre las principales Muñoz (2008) nos nombra las quemas, ganadería, agricultura y turismo sin control, así mismo en menor intensidad se presenta la extracción de madera. A su vez, Joaquín (2005) plantea en su investigación las principales actividades del hombre que inciden en la

perdida de los ecosistemas del flanco nor-oriental del PNN de Puracé, donde se lleva a cabo la agricultura, la ganadería y las quemadas.

De ahí que, este trabajo de investigación pretenda estudiar el cambio de coberturas de la tierra como producto de los cambios en los usos del suelo, para identificar las zonas de mayor presión por las actividades del hombre y, tener un insumo que permita contribuir a los procesos de gestión y planificación de los ecosistemas para la armonización con las actividades productivas del hombre. Igualmente, al producir conocimiento a través de la cartografía científica, la cartografía social e historia ambiental se permitirá dar posibles respuestas a múltiples interrogantes sobre el territorio, e indagar sobre otros temas que puedan surgir en torno a la compleja relación hombre-naturaleza en la alta montaña incluyendo los ecosistemas de páramo.

En este sentido, este análisis integral permite conocer en términos de localización, el uso que las comunidades han dado a los recursos naturales y los cambios en las coberturas de la tierra producto de esa relación hombre-naturaleza, identificando las zonas donde se han presentado cambios potenciales en las coberturas, que puedan haber alterado la biodiversidad del ecosistema.

Finalmente, se realiza una comparación de las dos abstracciones de la realidad que nos permita obtener mejores resultados, información base de gran utilidad para la planificación de la vida natural y para futuros proyectos que mejoren las condiciones de vida de las comunidades y preserven los ecosistemas de alta montaña.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCIÓN

La cuenca del río San Francisco vierte sus aguas por el flanco nororiental de la Cadena Volcánica de los Coconucos y es afluente de la cuenca alta del río Cauca. Esta cuenca está ubicada dentro del Resguardo Indígena de Puracé y el Parque Nacional Natural Puracé (PNNP), con la presencia de zonas protegidas, de reserva y de turismo con relevancia estratégica para las comunidades de esta zona como para la región. En el área de estudio las personas practican las actividades agrícolas y ganaderas principalmente, otros se dedican a la minería (Azufre), como forma de sustento económico para las familias (Figuroa, A. y Valencia, M. 2009).

En el área mencionada específicamente en la zona media de la cuenca del río San Francisco se lleva a cabo la actividad agrícola tradicional y tecnificada; con la utilización de agroquímicos para el control de plagas, abonos para aumentar la producción de los cultivos que modifican las propiedades físico-químicas del suelo y cambian las coberturas del mismo. De igual manera, se realizan quemas por parte de las comunidades en sus procesos agrícolas afectando las fuentes hídricas así como la calidad del suelo, degradándolo y destruyendo la vida orgánica en estos hábitats de gran importancia para la conservación de los ecosistemas de alta montaña.

1.2. DELIMITACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona media de la cuenca del río San Francisco entre las cotas 3000 y 3500 msnm, el área está dentro del Resguardo de Puracé, así como dentro del Parque Nacional Natural Puracé (PNNP). Además hacia el occidente el límite es la casa del Cabildo de Puracé y hacia el oriente la Laguna San Rafael. Ver figura 1.

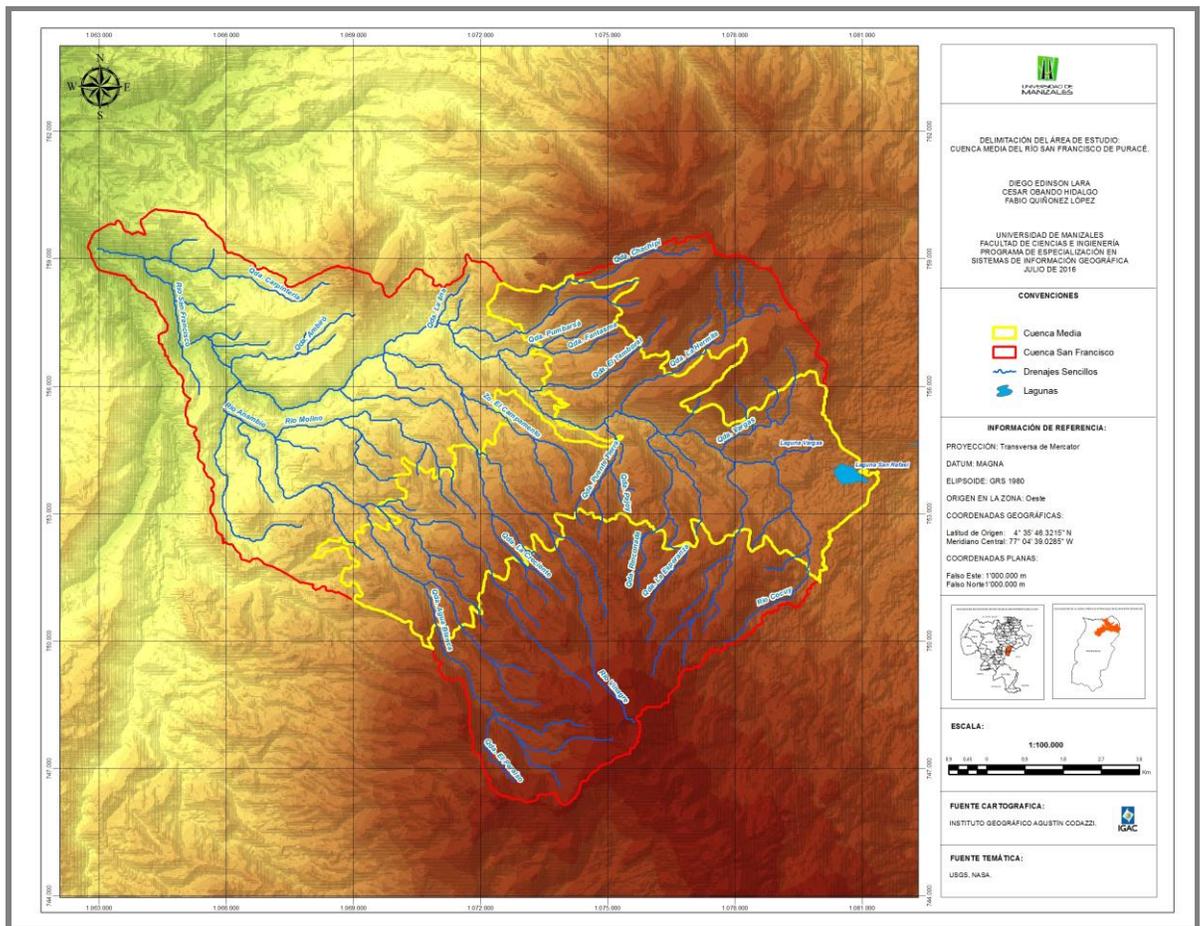


FIGURA 1. Área de estudio.

1.3. FORMULACIÓN

En la zona media de la cuenca del río San Francisco entre las cotas 3000 y 3500 msnm se practican principalmente actividades agrícolas y ganaderas, estos usos del suelo son causantes del cambio en las coberturas de la tierra. En los cultivos se usan agroquímicos que a mediano plazo disminuyen la fertilidad en la tierra, conllevando a la utilización de mayor cantidad de abonos, venenos y fertilizantes perjudiciales para los procesos agrícolas de las comunidades, así como causantes de degradación en el suelo.

También la ganadería representa una fuente de productividad para las comunidades de este territorio, siendo a su vez un factor más de cambios en la cobertura de la tierra debido al consumo de biomasa y la compactación del suelo por parte de los bovinos.

Teniendo en cuenta esta problemática, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cuáles han sido los cambios en las coberturas de la tierra y usos del suelo en la zona media de la cuenca del río San Francisco en el periodo de 1989 a 2014?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis multitemporal de los cambios en las coberturas vegetales y usos del suelo en la zona media de la cuenca del río San Francisco en el Municipio de Puracé, en el periodo de 1989 a 2014.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y delimitar la zona de estudio con base en el área de intervención antrópica, las características biofísicas y los factores morfométricos de la cuenca.
- Definir una metodología para el procesamiento de imágenes satelitales para la extracción de coberturas vegetales.
- Clasificar en escalas de tiempo y espacio la información sobre coberturas vegetales y usos del suelo de la cuenca media del río San Francisco, a través de sensores remotos y cartografía social.
- Plantear estrategias para mitigar los impactos negativos producto de los cambios en coberturas vegetales en la cuenca media del río San Francisco.

3. JUSTIFICACIÓN

En nuestro Departamento la cuenca del río San Francisco, principal afluente de la parte alta de la cuenca del río Cauca de gran trascendencia natural como recurso hídrico, viene presentado constantes cambios en los ecosistemas de Páramo, Subpáramo, y la franja altoandina, posiblemente debido a los procesos naturales e intervención antrópica principalmente entre las cotas 3000 y 3500 msnm de la cuenca del Río San Francisco.

Además estos espacios son de vital importancia para las comunidades asentadas en este territorio, así como para todo el país ya que en estos lugares se encuentran gran cantidad de cuencas, lagunas, ríos, acuíferos, ecosistemas y especies en vía de extinción, de trascendental significado para la vida natural del Cauca. La cobertura natural de la tierra en ecosistemas de alta montaña es fundamental para la retención de aguas, el nacimiento de fuentes hídricas, la regulación del ciclo hidrológico y para la vitalidad ecológica del país.

Por ello, la importancia de plantear la necesidad de estudiar los cambios de esta zona de la cuenca por medio del análisis de cartografía vectorial, imágenes satelitales y realizar un estudio de cartografía social, para entender la visión de las comunidades sobre cómo ha sido su relación con el territorio, y la importancia del recurso natural en sus actividades económicas y productivas que para ellos ha tenido. Partiendo de ello, con la información de los mapas temáticos, más los resultados de la cartografía social, hacer el análisis de los cambios de coberturas de la tierra y usos de suelo de 1989 a 2014, lo cual permitirá obtener mejores resultados.

Finalmente, por medio de un análisis multitemporal se conocerá si ha sido solo el hombre el causante de las alteraciones en la zona entre los 3000 y 3500 msnm de la cuenca, o si ello también obedece a procesos naturales del lugar. Los

resultados de esta investigación servirán para la planificación del territorio, así como para futuros proyectos ecológicos o productivos que mejoren las condiciones de vida de la comunidad y conserven los ecosistemas de páramo ubicados dentro de la alta montaña¹.

¹ No hay homogeneidad de criterios para definir y delimitar el páramo; el término se refiere principalmente a la vegetación característica de la alta montaña andina dentro de las latitudes 8º sur y 11º norte, es decir, desde el norte del Perú hasta la Sierra Nevada, de Santa Marta en Colombia, la cordillera de Talamanca (sector suroriental de los Andes Centroamericanos) y la cordillera de Mérida de Venezuela. Tomado de: Abdón Cortés, Lombana. Los Suelos De Páramo: Reguladores Del Recurso Hídrico En Boyacá, en: Reyes, Pedro. Molano, Joaquin. González, Francisco. Rangel, Orlando. Flórez, Antonio. Iriarte, Patricia y Kraus, Erwin. (1995). EL PÁRAMO, Ecosistema de Alta Montaña, Editorial: Fundación Ecosistemas Andinos; Gobernación de Boyacá. Santa Fe de Bogotá. Pág. 85.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Ecología de los Páramos

4.1.2. Coberturas Vegetales de Páramo. Por otra parte, las coberturas vegetales presentan gran complejidad debido a su variabilidad de ecosistemas, donde podemos encontrar árboles y arbustos de mediano tamaño, zonas con vasta extensión de frailejones, así como arbustales y pastizales con formaciones de gramíneas. (IDEAM, 2002.) Según el documento “Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en Condición Hotspot & Global Climatic Tensor” del IDEAM, entre las principales coberturas vegetales de páramo podemos encontrar:

- **Pajonales:** Coberturas herbáceas ubicadas sobre los 3000 msnm., caracterizadas por las especies de gramíneas (Poaceae).
- **Pastizales:** Esta unidad de cobertura vegetal hace parte de la comunidad herbácea de las gramíneas, los pastizales actualmente son más de origen antrópico que natural, con la finalidad de pastoreo.
- **Frailejones:** Hace parte de las Espeleption, esta unidad se ubica aproximadamente desde los 2600 msnm., en condiciones edáficas y climáticas particulares.
- **Chuscales:** En esta clase de cobertura están las gramíneas con culmo lignificado y hueco, estos pueden llegar a desarrollarse hasta en los 500 msnm., por lo cual no la hace una unidad vegetal solo de páramo.
- **Bosque altoandino:** Estas zonas boscosas las podemos localizar hasta los 3500 msnm aproximadamente, se encuentran en áreas de laderas abrigadas y húmedas.

4.1.3. Cuenca Hidrográfica. Las cuencas son superficies cóncavas u oquedades, por donde por lo regular fluye un río que drena las aguas del área desde las partes altas hasta la desembocadura en el mar (Melville, R. 2014). Todas las personas pertenecemos y estamos sobre la superficie de una cuenca hidrográfica, estas

pueden ser tan pequeñas como una huella o tan inmensas como las grandes extensiones de ríos que finalmente drenan en los océanos (USGS, 2014). Para el presente estudio se entendió cuenca hidrográfica como: “un área de terreno que drena todos los arroyos y las precipitaciones a una salida común, como la salida de un depósito, la boca de una bahía, o en cualquier punto a lo largo de un canal de flujo. La palabra **cuenca** a veces se usa de manera intercambiable con el sumidero de drenaje o captación. Los bordes y las colinas que separan a dos cuencas se denominan la divisoria de aguas. La cuenca se compone de agua superficial - lagos, arroyos, embalses y humedales - y toda el agua del suelo subyacente²”.

De ahí que, una cuenca hidrográfica es también un espacio natural donde el hombre desarrolla sus actividades, por lo cual inequívocamente el ser humano siempre estará inmerso dentro de ella haciendo uso de sus recursos, como se observó en la cuenca del río San Francisco de Puracé.

4.1.4. Páramo. Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Instituto Alexander Von Humboldt un páramo se delimita de acuerdo con sus características biofísicas y socioculturales. Con base en la Guía Divulgativa De Criterios Para La Delimitación De Páramos De Colombia. (Rivera y Ospina, 2011). Se define el área de estudio del proyecto como Páramo bajo (Subpáramo), Bosque Altoandino (Franja Altoandina), Páramo Azonal y Zona de cultivos, debido a que la zona a investigar está ubicada entre los 3000 y 3500 msnm.

- **“Páramo bajo o Subpáramo.** Entre 3200 y 3600 msnm, predomina la vegetación arbustiva y matorrales, además presenta contacto con la vegetación de la media montaña.
- **Bosque Altoandino o Franja Altoandina.** Entre 3000 y 3200 msnm, predominan los bosques altos entre otros tipos de vegetación.

² USGS, Science for a Changing World, (2014). La Escuela de Ciencias del Agua USGS. Recurso en línea. Recuperado de: <http://water.usgs.gov/edu/watershed.html>.

- **Zona de cultivos.** *Generalmente ubicada en alturas menores a los 3000 msnm*.³
- **Páramo Antropizado.** Comprende las zonas de intervención antrópica dentro del páramo en general, las cuales han sido intervenidas o transformadas por la actividad humana. Estas actividades pueden ser la ganadería, la agricultura, la cacería, el turismo y cualquier otra actividad desarrollada por hombres y mujeres, dentro del ecosistema paramuno. (Rivera y Ospina, 2011).

4.2. Conceptos Cartográficos

4.2.1. Cartografía Temática. A partir del siglo XVIII, los cartógrafos, que antes sólo se habían centrado en el estudio del conocimiento geográfico del mundo, comenzaron a plasmar en los mapas datos sociales y científicos, dando lugar al nacimiento de la cartografía temática⁴.

El ser humano siempre ha tenido la necesidad de plasmar la superficie terrestre y situar elementos, de esta inquietud surge la creación de los mapas. El término “cartografía temática” hace referencia a mapas o cartografía de temas específicos, como clima, suelos, degradación ambiental, geomorfología o riesgos naturales, aspectos que pueden estudiarse de una mejor manera cuando se representan espacialmente. Así mismo permite la elaboración de imágenes gráficas particulares que traducen las relaciones espaciales de uno o varios fenómenos, útil en análisis al recolectar y elaborar datos primarios cualitativos y cuantitativos y procesarlos, con el fin de dar a conocer información de un tema o ciencia específicos, bajo una representación especial a través de mapas, gráficos diagramas y perfiles.

¹⁸ Rivera, D. y Rodríguez, C. 2011. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. 2011. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Pág. 68.

⁴ INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL – Latín GEO (SPAIN). Conceptos Cartográficos. Recurso en Línea, Licencia de Creative Commons. Pág. 21.

4.3. Marco Jurídico

4.3.1. Ley 99 de 1993. La presente ley tiene entre sus principales objetivos la creación del Ministerio de Ambiente, la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organizar el Sistema Nacional Ambiental SINA entre otras disposiciones. Establece las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos, como áreas de protección especial. Dentro de las funciones del SINA esta manejar de forma adecuada las cuencas hidrográficas, conforme a la ley 1729 de 2002, para la correcta ordenación y armonización de los Planes de Ordenamiento Territorial, que conlleven a una correcta organización y zonificación del territorio, para la regulación del uso del suelo, fundamentados en el tratamiento especial a zonas especiales como las cuencas hidrográficas.

4.3.2. Artículo 80, C.P. 1991. Es necesario reconocer que antes de la Carta Magna de 1991 no se había hablado sobre medio ambiente, recursos naturales ni desarrollo sostenible. Es en esta constituyente donde se plasman esas ideas innovadoras, ya que en la anterior, la Constitución de 1886 no tenía en cuenta ninguno de estos puntos.

A continuación el artículo 80 de la Constitución Política de 1991:

“Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas”.

En el presente artículo constitucional se habla de manejar y aprovechar los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, con el fin de mantener un ambiente sano y con recursos naturales óptimos para las futuras generaciones. Además enfatiza en el cuidado de los recursos naturales por encima de cualquier

actividad productiva económica, afirmando la necesidad de actuar bajo un criterio ambiental en todos los sectores del país que intervengan de alguna forma los recursos naturales.

4.3.3. Decreto 1729 de 2002: Cuencas Hidrográficas. Determinación de cuenca hidrográfica según el decreto, se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 *“entendiendo que cuenca u hoya hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar”*. Además la cuenca u hoya hidrográfica se delimita por líneas de divorcio de aguas, pero sus aguas subterráneas se pueden extender más allá de los límites de la línea de divorcio. El uso de la cuenca, así como de sus recursos naturales se hará bajo los criterios de la normatividad ambiental del país. (Decreto 1729 de 2002).

La ordenación de una **cuenca** tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. Por medio de la cual esbozamos los conceptos, a realizar respecto a los proyectos investigativos en conservación de las cuencas hidrográficas en los páramos y su utilidad, teniendo en cuenta que la política ambiental de Colombia de acuerdo a la ley 99 de 1993 constituye al *“Uso adecuado de los recursos hídricos, y la protección especial de páramos, sub páramos, nacimiento de agua y zona de carga de acuíferos”*. (Decreto 1729 de 2002).

Por lo tanto, la teoría del problema y la relación entre el proceso investigativo y su relación recíproca con la realidad, se constituye un marco para planificar el uso

sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar y proteger o prevenir el deterioro y restaurar las cuencas hidrográficas.

4.4. ANTECEDENTES

En el ámbito global, nacional y local se han realizado múltiples investigaciones acerca de los cambios en coberturas de la tierra y usos del suelo en cuencas hidrográficas, utilizando sensores remotos para realizar análisis multitemporales en escalas de tiempo y espacio.

- Bullón, Teresa (2003), llevo a cabo una investigación sobre la “definición de coberturas espaciales en el área de Madrid a través de la Teledetección, explicando la organización territorial al norte de Madrid a partir de la clasificación de usos naturales y humanos del suelo”, por medio de la comprobación de técnicas de clasificación tradicionales y de teledetección. Para ello se utilizó el procesamiento de imágenes multiespectrales en IDRISI, detección de aspectos visuales, análisis de datos estadísticos y recorridos de toma de datos y comprobación en campo.
- Farías, R., Siqueira, H., Ferreira, J., Abdala, V. y Ferreira, M. (2012), realizaron un “Diagnóstico de la Persistencia y el Cambio de Ocupación de la Tierra entre 1978 y 2011 en IFTM-Campus Uberaba (Brasil), utilizando el Modelador del Cambio de la Tierra (LCM). Para diagnosticar el uso y ocupación del suelo en Uberaba (Estado de Minas Gerais), se utilizaron los SIG e imágenes satelitales LANDSAT de los años 1978 y 2011, identificando las clases de uso del suelo con el objetivo de evaluar la Persistencia, el Cambio, las Ganancias y las Perdidas en las coberturas clasificadas durante las temporalidades estudiadas. Para ello se utilizó el Land Change Modeller (LCM) de la plataforma IDRISI Selva. Se obtuvo

como resultado relevante la disminución en la cobertura de Bosque Nativo y un aumento en las áreas de pastoreo y suelo desnudo.

A nivel nacional se han llevado a cabo varias investigaciones sobre los cambios en coberturas de la tierra y usos del suelo, utilizando los sensores remotos y levantamiento de datos e información en campo. Llevando a cabo análisis multiespectral de imágenes satelitales LandSat en escalas de tiempo y espacio. Entre ellos conviene nombrar dos estudios realizados en la Universidad Nacional de Colombia sedes Medellín y Bogotá:

- Arellano, Henry (2009). Realizó una investigación sobre las unidades ecológicas, los ecosistemas y la fragmentación en áreas de páramo en Colombia, aplicando un enfoque metodológico sobre las consecuencias ecológicas de la intervención antrópica. Su estudio lo llevo a cabo en varias zonas del país que comprendieron: los páramos de Sumapaz, Serranía de Perijá, La Rusia, Belén, Guantiva, Telecom, Merchán, Santuario, Carmen Carupa, Tablazo, PNN Los Nevados, Guanacas Región de Puracé y los páramos bajo jurisdicción de CORPOGUAVIO. Para ello llevo a cabo la clasificación, análisis y comparación de imágenes satelitales LANDSAT procesadas en Erdas Imagine 8.5 y se evaluó los resultados teniendo en cuenta las actividades antrópicas en cada sector, para determinar las consecuencias ecológicas sobre los ecosistemas de páramo y la influencia que han tenido las CAR en los diferentes procesos de protección o degradación de dichos ecosistemas.
- López, Angie (2010), realizó su proyecto de grado sobre la “estimación de los conflictos en el uso de la tierra por la dinámica de cultivos de palma africana, usando sensores remotos en el Departamento del Cesar”. Para ello definió e identificó los diferentes usos de la tierra en el Cesar, por medio del procesamiento de imágenes satelitales LANDSAT, con el fin de obtener las imágenes debidamente clasificadas, con lo cual, llevo a cabo el análisis de los cultivos de Palma Africana en el Cesar y concluyó con la

discusión sobre el conflicto territorial en estas áreas, producto de la expansión de este cultivo en zonas de nacimientos de agua y fuentes hídricas bajo protección.

Las investigaciones sobre cambios en usos del suelo y coberturas de la tierra en la zona altoandina del Parque Nacional Natural Puracé, utilizando análisis espacio-temporal o multitemporal de imágenes satelitales son limitados. Entre los trabajos más influyentes en la cuenca del Río San Francisco en Puracé podemos nombrar:

- Joaqui, Samir (2005), realizó un “Análisis multitemporal de las coberturas vegetales para ecotopos paramunos caracterizando las intervenciones antrópicas, en una ventana del Parque Nacional Natural Puracé”, utilizando imágenes Landsat TM de diversas temporalidades, fotografías aéreas a escala 1:35000, teledetección y recorridos de campo para identificar los diferentes usos del suelo en el área de estudio.
- Muñoz, Fernando (2008), llevó a cabo una investigación sobre la caracterización biofísica, análisis espacio temporal y de intervenciones antrópicas para humedales altoandinos caso tipo laguna de San Rafael, (zona norte) Parque Nacional Natural Puracé y humedal de Calvache, para ello se utilizó las herramientas SIG, para identificar los cambios en usos del suelo y coberturas vegetales, fue necesario trabajar con fotografías aéreas con un lapso de diez años, con el fin de hacer las comparaciones en cada temporalidad en las dos lagunas.
- Figueroa, Apolinar y Valencia, Mónica (2009), editaron una serie de investigaciones sobre fragmentaciones de ecosistemas de zonas altoandinas en el Cauca, dentro del cual se investigaron las fragmentaciones en la zona de Puracé, para ello emplearon imágenes satelitales, fotografías aéreas, tomaron muestras de algunas coberturas vegetales, realizaron recorridos de observación en la zona y utilizaron una metodología estadística para el manejo de datos en los posteriores análisis.

5. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación descriptiva de los cambios en coberturas de la tierra y usos del suelo en la cuenca media del Río San Francisco de Puracé. Para el desarrollo del proyecto de investigación se utilizaron como herramientas los sensores remotos y las técnicas de cartografía social. El proyecto consta de las siguientes fases y etapas:

5.1. FASE 1. Talleres de Cartografía Social.

ETAPA 1. Recolección de Información y toma de datos en campo.

En esta etapa del proyecto se realizó la recolección de la información primaria y secundaria sobre el área de estudio, realizando los recorridos de observación y registro de datos geográficos. Así mismo, se revisará la cartografía base, imágenes satelitales, bibliografía y se articularán los talleres de Cartografía Social con la comunidad del Resguardo Indígena de Puracé.

Cartografía Social

El ejercicio de Cartografía Social es una herramienta que sirve para construir conocimiento de manera colectiva; es un acercamiento de la comunidad a su espacio geográfico, social, económico, histórico y cultural. La construcción de este conocimiento se logra a través de la elaboración colectiva de mapas, la cual desenlaza procesos de comunicación entre los participantes y pone en evidencia diferentes tipos de saberes que se mezclan para poder llegar a una imagen colectiva del territorio.

Por otra parte, es importante resaltar que existen varias guías metodológicas para hacer Cartografía Social, pero ninguna ha sido establecida como única forma de trabajo o como único método para hacer Cartografía Social, debido a que esta

funciona bajo unos criterios de construcción participativa del conocimiento cuyo pretexto es la elaboración de mapas. Pero que solamente, en primer lugar el conocimiento del territorio; y en segundo lugar la identificación del problema, permite ir diseñando y adaptando esa metodología a una versión única y diferente.

5.1.2. Guía Metodológica

Conversatorio y mapificación con preguntas estructuradas y semiestructuradas por medio de la memoria histórica de la comunidad sobre su territorio:

- ¿Hace cuantos años vive usted en esta zona del Resguardo Indígena de Puracé?
- ¿Qué actividades agrícolas o productivas desempeñaba hace 25 años y cuáles actualmente?
- ¿Cómo se sentía usted hace 25 años viviendo en su finca y como se siente actualmente?, ¿Por qué?
- ¿Cuál era y donde se ubicaba la vegetación natural hace 25 años?
- ¿Cuáles eran y donde se ubicaban las fuentes hídricas y recursos naturales hace 25 años?
- ¿Cuáles eran y donde se ubicaban los diferentes usos del suelo hace 25 años?
- ¿Cuáles y aproximadamente cuantos animales salvajes habían hace 25 años?
- ¿Cuál es y donde se ubica la vegetación natural, fuentes hídricas y recursos naturales en el presente (2014)?
- ¿Cómo ha visto el cambio en la vegetación natural, fuentes hídricas y recursos naturales?
- ¿Cuáles son y donde se ubican los usos del suelo en el presente (2014-2016)?
- ¿Cómo ha visto el cambio en los usos del suelo?
- ¿Cómo es el uso del suelo en el presente (2014-2016)?
- ¿Cuáles y cuantos animales salvajes existen en el presente (2014-2016)?
- Dibujemos en el mapa la vegetación natural, fuentes hídricas, recursos naturales y usos del suelo hace 25 años.
- Pintemos en el mapa la vegetación natural, fuentes hídricas, recursos naturales y usos del suelo del presente (2014-2016).
- Dibujemos en el mapa las actividades productivas del pasado (1989).

- Pintemos en el mapa las actividades productivas del presente (2014-2016).
- ¿Cómo fue el proceso de poblamiento del territorio?
- ¿Qué animales silvestres formaron parte de la dieta alimenticia de la comunidad, se mantiene actualmente?
- ¿Qué importancia ha tenido para usted el Río San Francisco?
- ¿Para usted la naturaleza es un objeto, un sujeto y/o un espíritu?, ¿Por qué?
- ¿Qué influencia ha tenido para usted la presencia del Parque Nacional Natural Puracé PNNP?

ETAPA 2: Revisión de la Cartografía Base

Se revisaron las planchas a escala 1:100.000 (IGAC) de la cuenca del río San Francisco del Municipio de Puracé Cauca, con el fin de establecer la ubicación de infraestructura, red de drenajes y alturas.

ETAPA 3: Revisión de las Imágenes Satelitales

Se hará la revisión y clasificación de las imágenes satelitales sobre coberturas de la tierra y usos del suelo de los años 1989, 1999 y 2014 en diferentes escalas espaciales, con el objetivo de realizar el posterior procesamiento en el software.

5.2. FASE 2. Articulación de la Información en el Software

5.2.1. ETAPA I. Procesamiento de información Cartográfica en ArcGIS y ENVI.

ArcGIS. Para la conformación de la información se utilizó esta útil herramienta, igualmente, para la representación de los mapas de cartografía social se utilizó el software ArcGIS, que permitió digitalizar esta información y plasmarla en un mapa digital. De esta forma se obtuvo la información cualitativa de gran utilidad para realizar el análisis del territorio.

5.2.2. Clasificación de Imágenes Satelitales LandSat

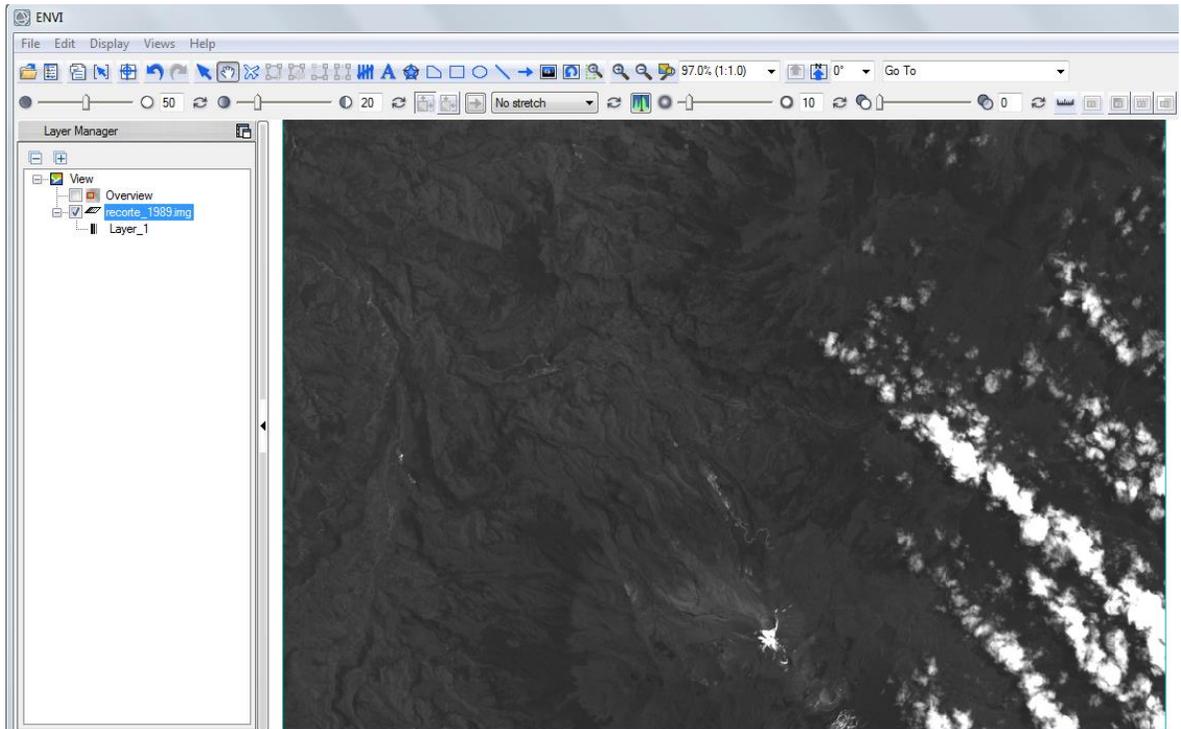
ENVI. Para la clasificación de los mapas de uso del suelo y coberturas de la tierra se utilizó el software ENVI (Environment for Visualizing Images), el cual es un sistema de procesamiento avanzado de imágenes diseñado para elaborar análisis globales a partir de imágenes tomadas tanto desde satélite como de avión. Proporciona un potente entorno, innovador y de trato amigable para visualizar y tratar imágenes de cualquier talla y tipología en una amplia gama de plataformas hardware. (IDRISI España, 2013).

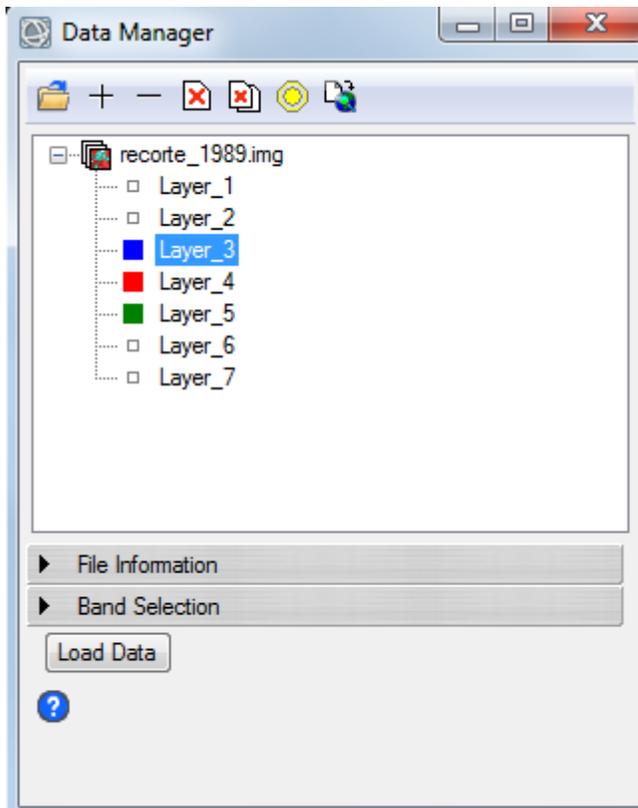
Análisis Multiespectral. Por medio de los procedimientos multiespectrales típicos de la clasificación, usando datos de Landsat TM de Canon City, Colorado. Los resultados de clasificaciones supervisadas y no supervisadas son examinados y fijan los procesos post-clasificación incluyendo la agrupación y combinación de clases e igualmente se discute la valoración de la precisión alcanzada. (Innovanet Tutoriales ENVI).

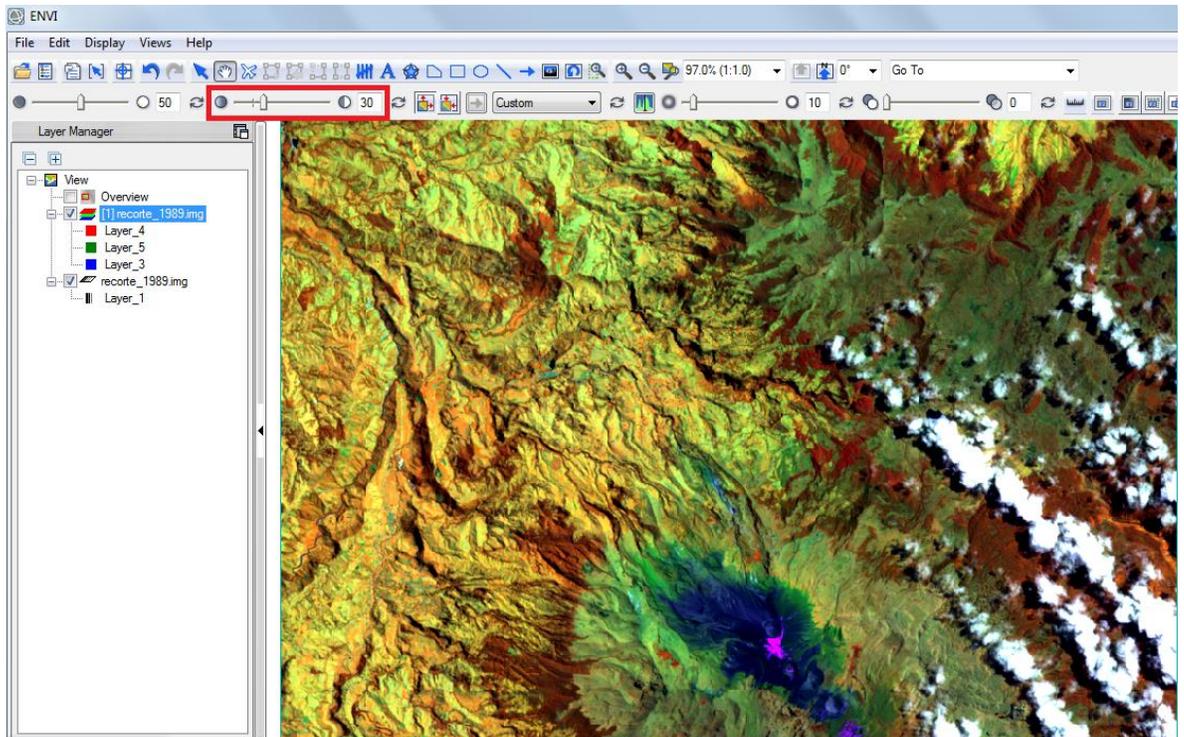
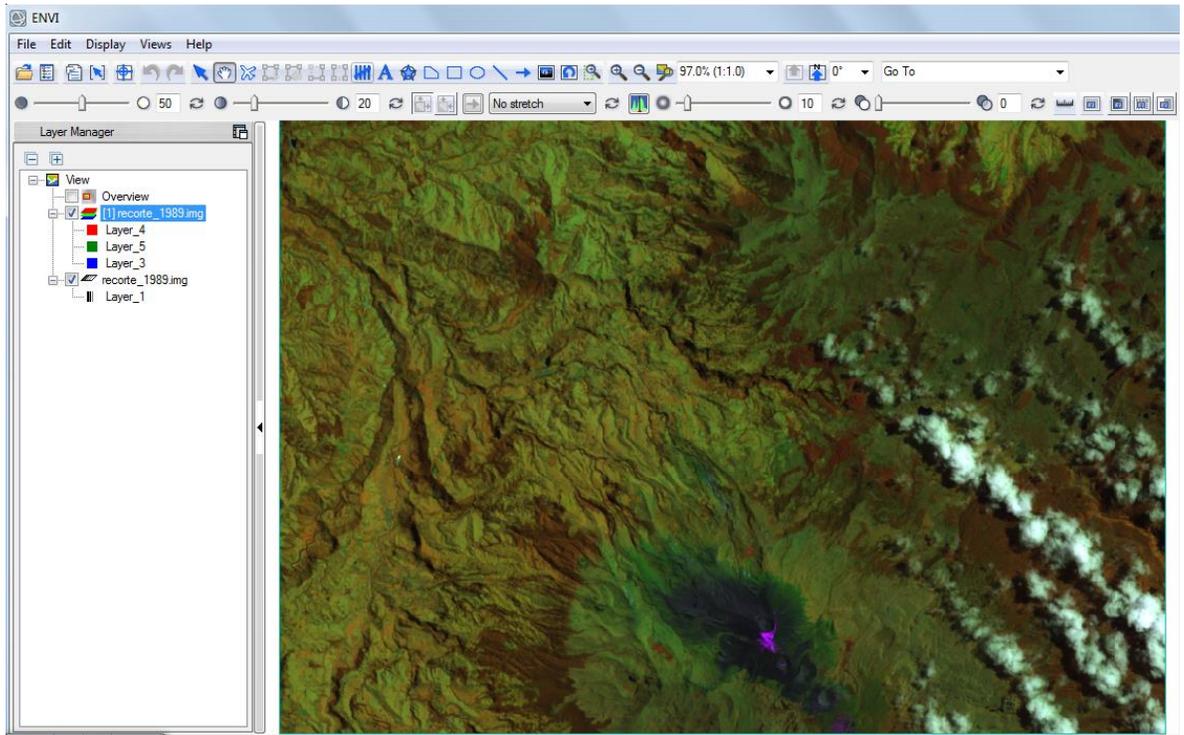
5.3. FASE 3: Análisis Comparativo de los resultados entre la Cartografía Social y Cartografía Científica.

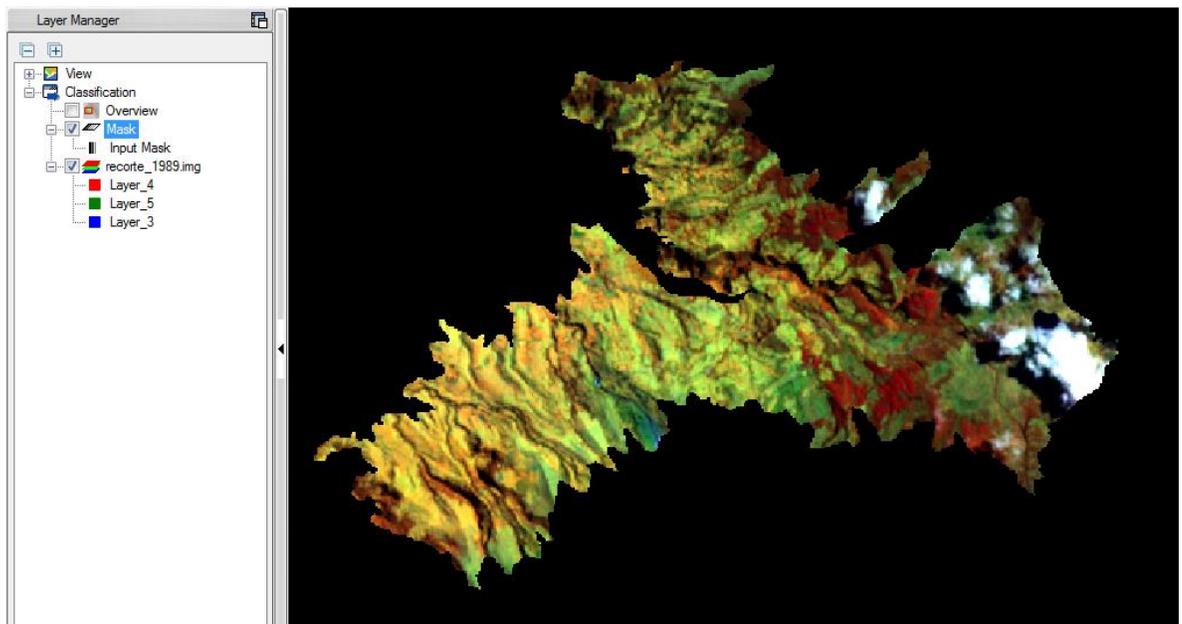
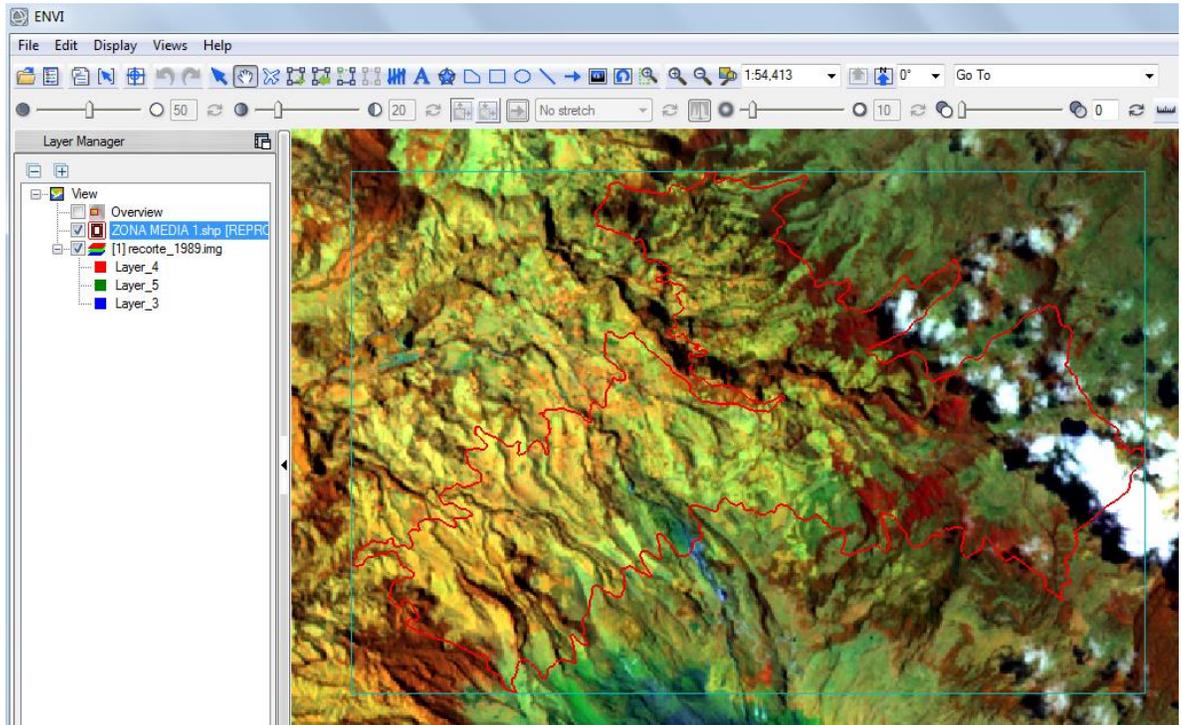
En esta etapa se llevó a cabo la comparación de los análisis de las dos cartografías con el fin de obtener mejores resultados, por medio de la participación de las comunidades en la construcción de la memoria histórica del territorio, lo cual nos permitió corregir y profundizar en algunos temas que los sensores remotos no son lo suficientemente especializados.

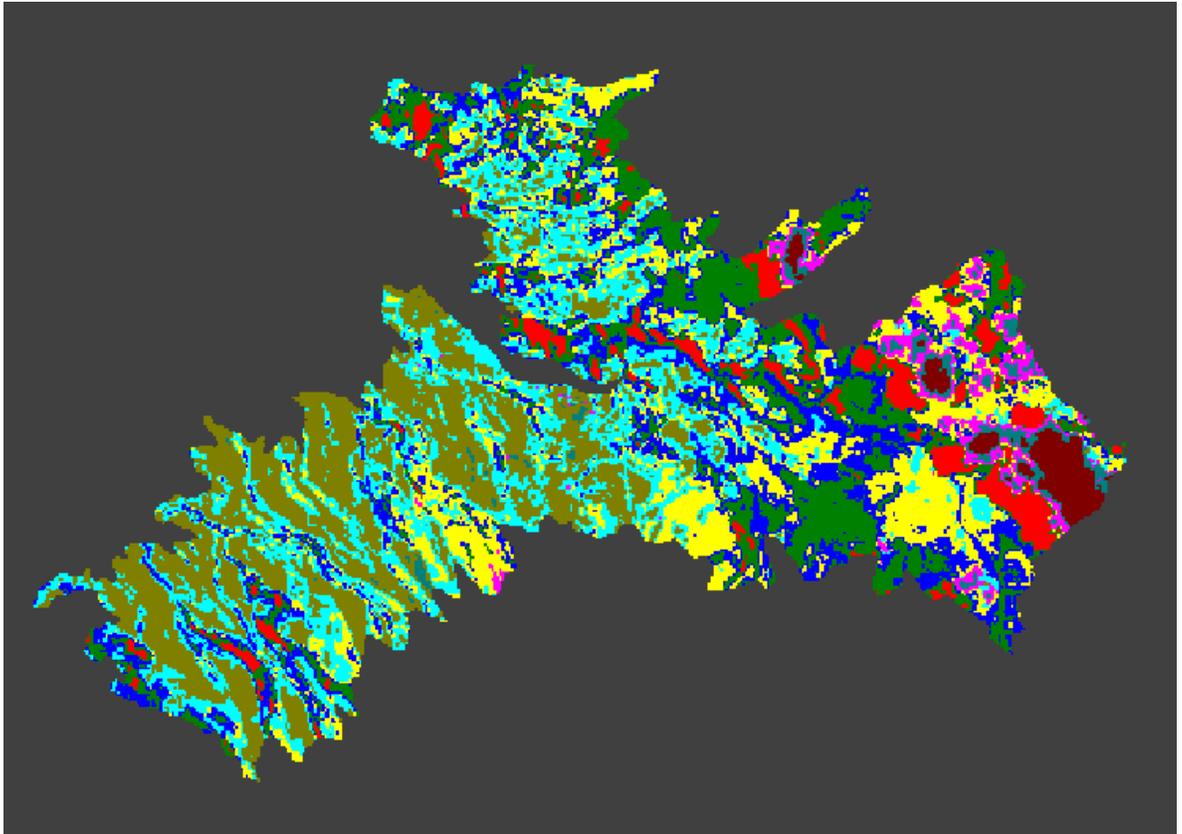
Clasificación Supervisada en ENVI 5







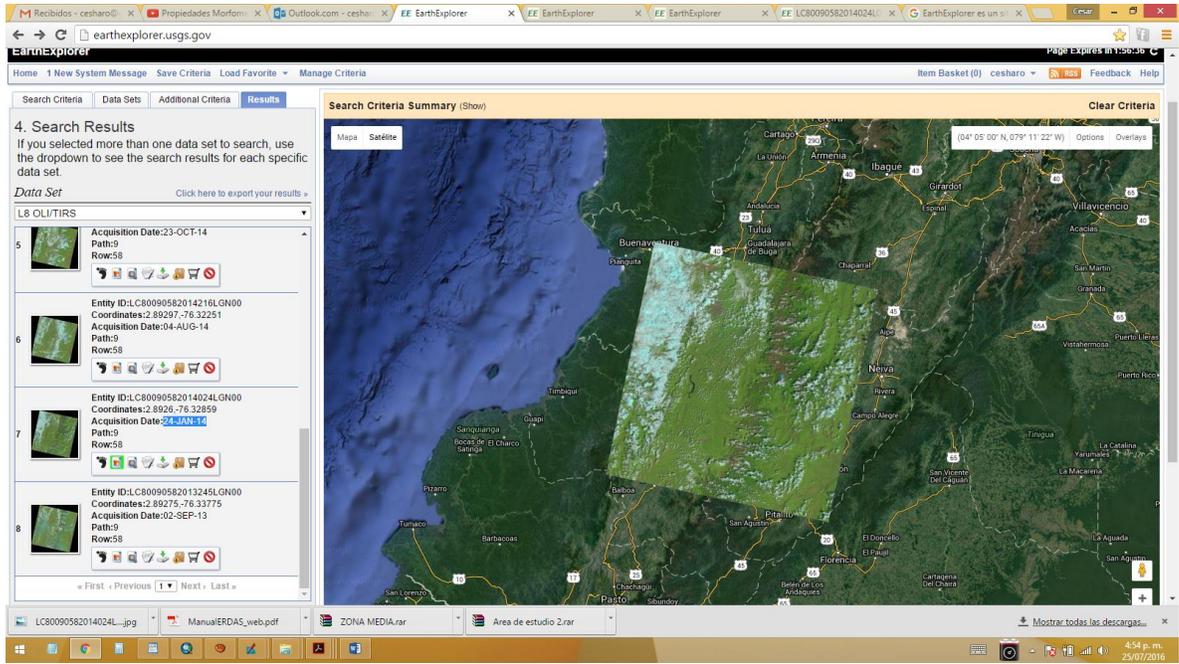




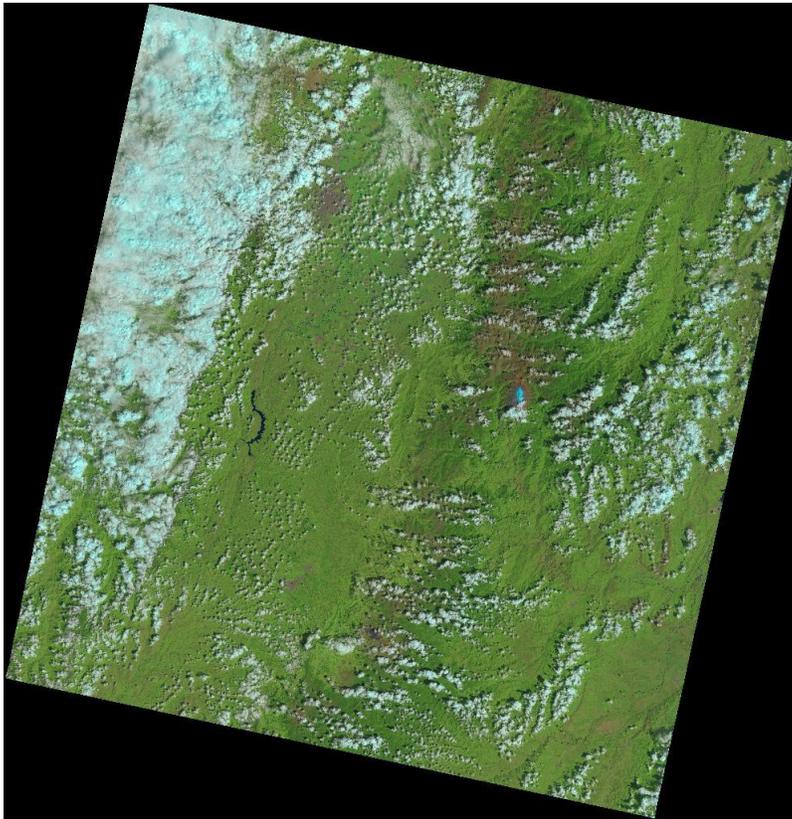
DESCARGA, ECUALIZACIÓN Y REALCE DE LAS IMÁGENES

Las imágenes satelitales Landsat utilizadas para el estudio fueron descargadas del sitio web EarthExplorer perteneciente a USGS Servicio Geológico de los Estados Unidos. Los parámetros para las descargas de las imágenes corresponden al Path 9 y Row 58, cuya escena cubre totalmente el área de interés.

Para una mejor interpretación se apoyó en otras imágenes para subsanar la presencia de nubes y sombras.



La imagen más adecuada fue la LC80090582014024LGN00 del 24 de Junio de 2014

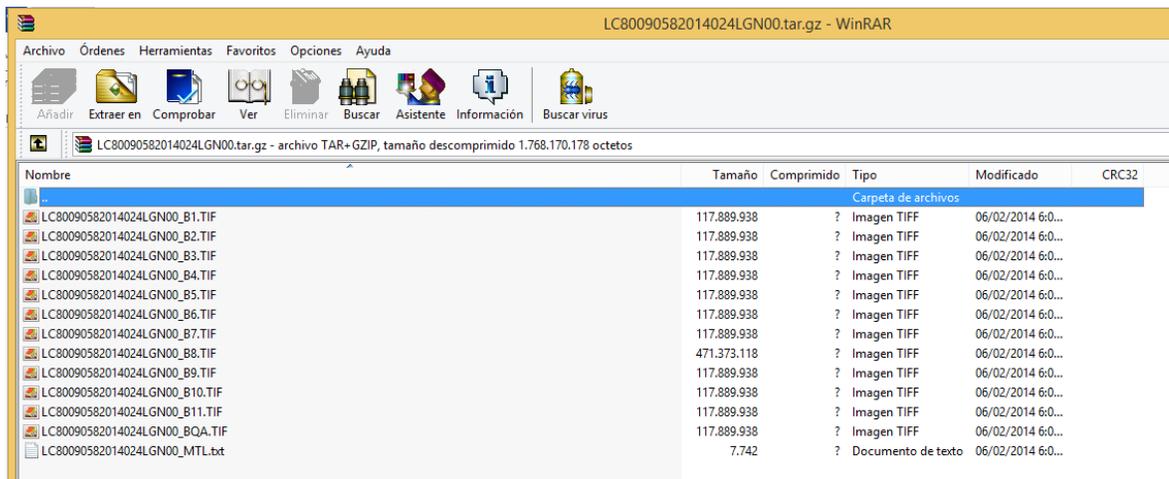


Información imagen satelital para el año 2014.

Data Set Attribute	Attribute Value
Landsat Scene Identifier	LC80090582014024LGN00
WRS Path	009
WRS Row	058
Target WRS Path	009
Target WRS Row	058
Full or Partial Scene	FULL
Nadir/Off Nadir	NADIR
Data Category	NOMINAL
TIRS SSM Model	N/A
Bias Parameter File Name OLI	LO8BPF20140124145910_20140124154808.01
Bias Parameter File Name TIRS	LT8BPF20140124145516_20140124154901.01
Calibration Parameter File	L8CPF20140101_20140331.03
RLUT File Name	L8RLUT20130211_20431231v09.h5
Roll Angle	-.001
Station Identifier	LGN
Day/Night	DAY
Data Type Level 1	L1T
Sensor Identifier	OLI_TIRS

Date Acquired	2014/01/24
Start Time	2014:024:15:20:11.3148370
Stop Time	2014:024:15:20:43.0848330
Date L1 Generated	2014/02/06
Image Quality	9
Scene Cloud Cover	30.6
Sun Elevation	53.80297145
Sun Azimuth	128.60276936
Geometric RMSE Model X	7.38
Geometric RMSE Model Y	6.073
Ground Control Points Model	-1
Ground Control Points Version	1
Browse Exists	Y
Processing Software Version	LPGS_2.3.0
Center Latitude	2°53'33.36"N
Center Longitude	76°19'42.92"W
NW Corner Lat	3°56'21.88"N
NW Corner Long	76°58'50.30"W
NE Corner Lat	3°34'54.73"N
NE Corner Long	75°18'28.33"W
SE Corner Lat	1°50'17.52"N
SE Corner Long	75°40'44.44"W
SW Corner Lat	2°11'55.68"N
SW Corner Long	77°20'56.72"W
Center Latitude dec	2.8926
Center Longitude dec	-76.32859
NW Corner Lat dec	3.93941
NW Corner Long dec	-76.98064
NE Corner Lat dec	3.58187
NE Corner Long dec	-75.30787
SE Corner Lat dec	1.8382
SE Corner Long dec	-75.67901
SW Corner Lat dec	2.1988
SW Corner Long dec	-77.34909

Después de seleccionada la imagen se procede a descargar el cual es un archivo RAR que contiene información de cada una de las bandas y el metadato



Creación de imagen compuesta en Erdas Imagine

Después de extraer la información del archivo RAR se procede a utilizar la función Layer Stack en Erdas Imagine

La secuencia de ingreso de cada banda es muy importante y definirá el orden dentro del archivo compuesto; se ingresan en orden, comenzando por la más baja en el espectro, en este caso, banda 1. Una vez que haya reunido los siete archivos, se da ok y se crea la imagen multiespectral.

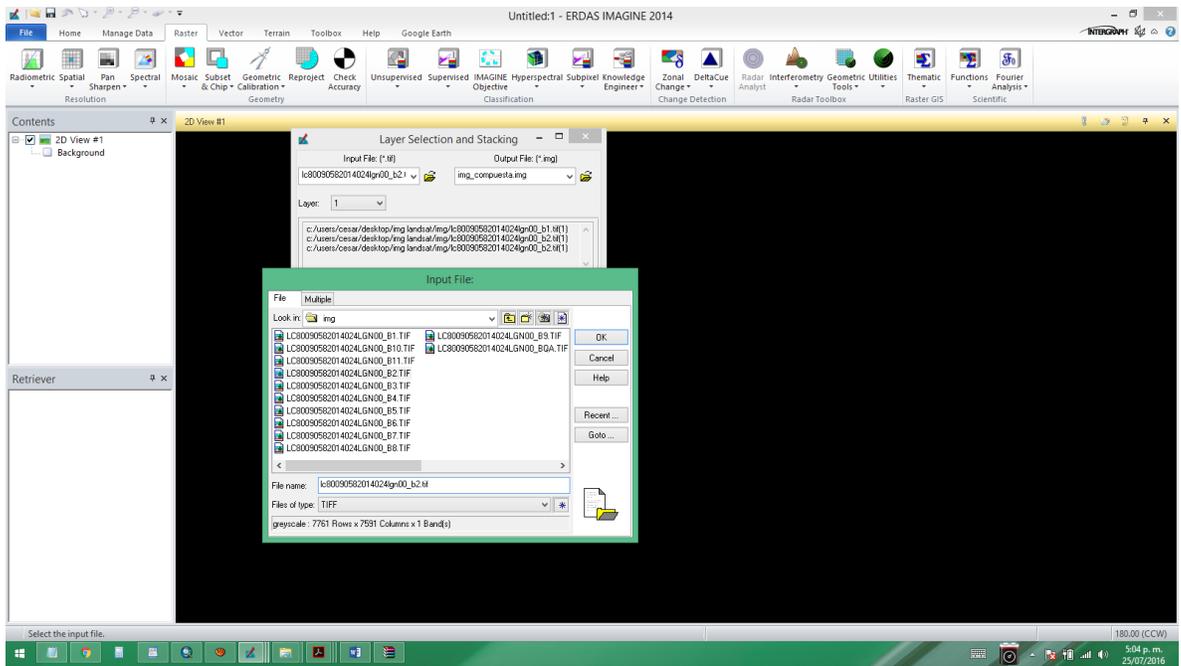
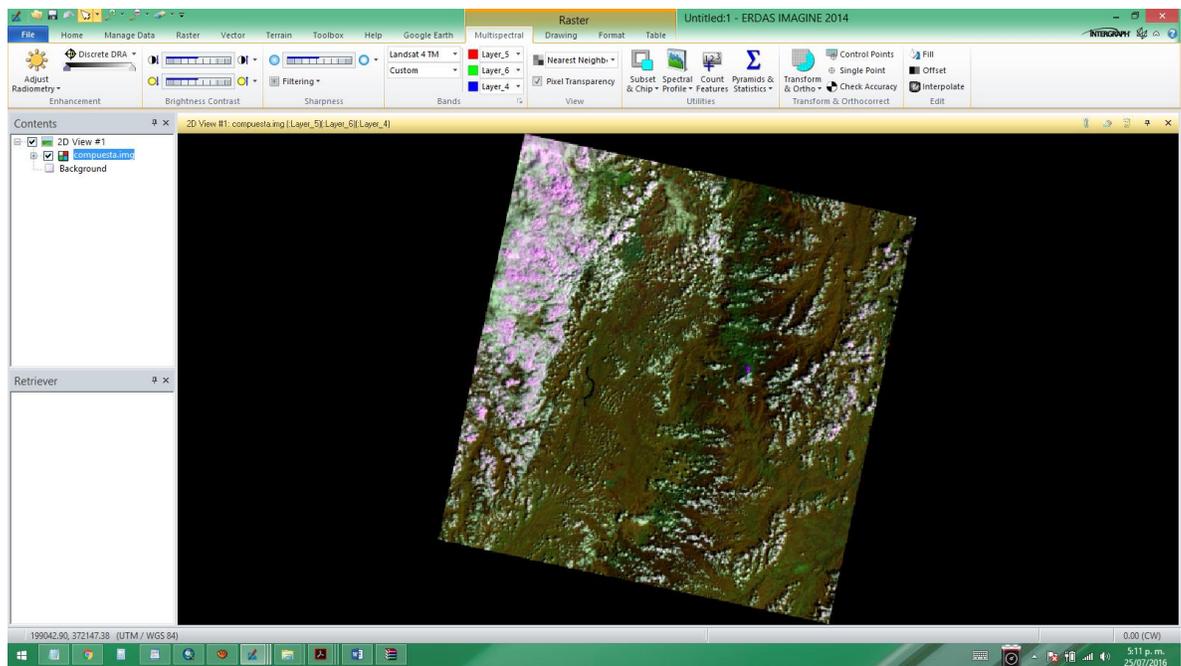


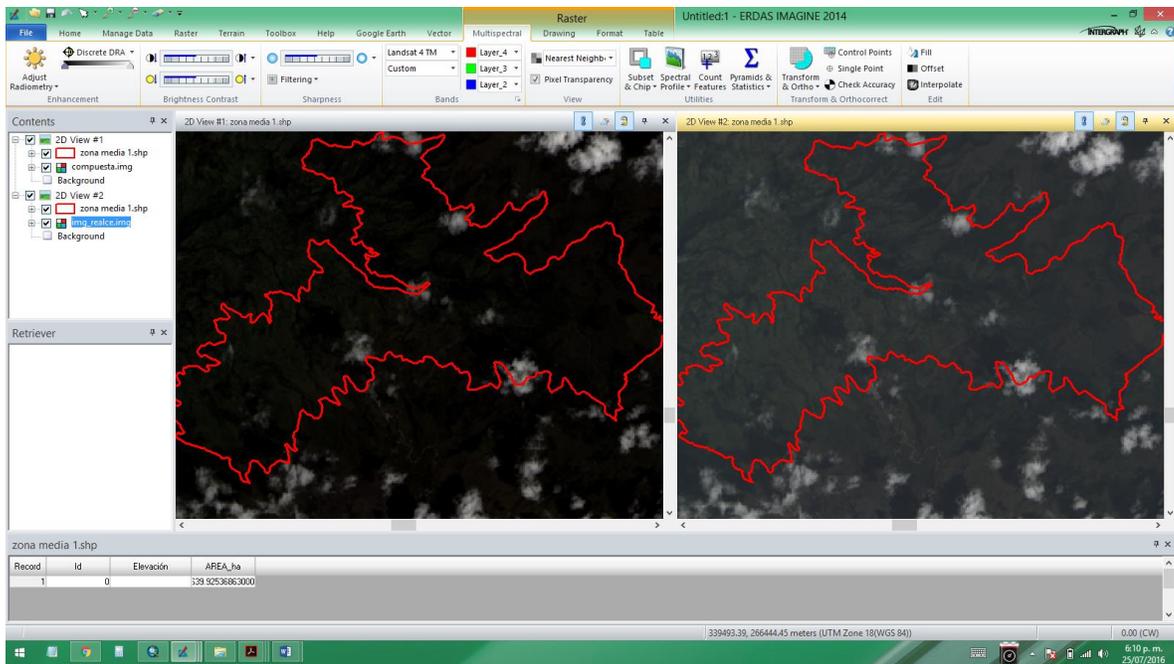
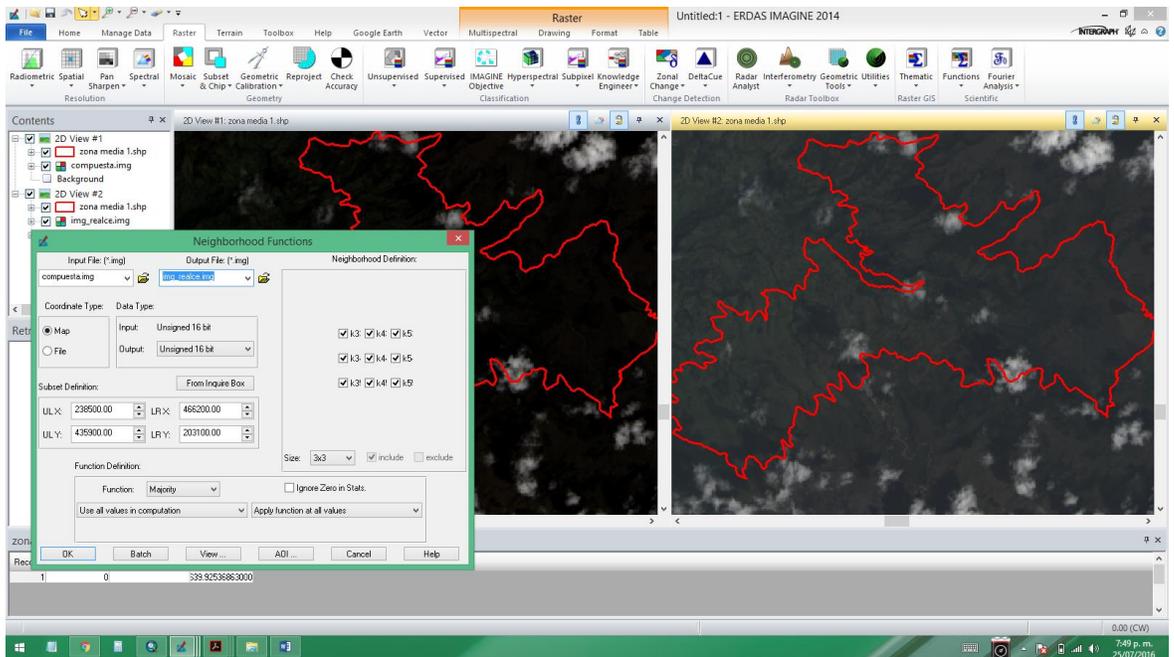
Imagen Multiespectral



Realce de imagen

La optimización de imágenes es un conjunto de procedimientos que se utilizan para lograr que la imagen original sea más fácilmente interpretable para una aplicación en particular.

Los mejoramientos se aplican con el fin de realzar los contrastes y algunas características particulares de las imágenes, para optimizar el proceso de la interpretación visual

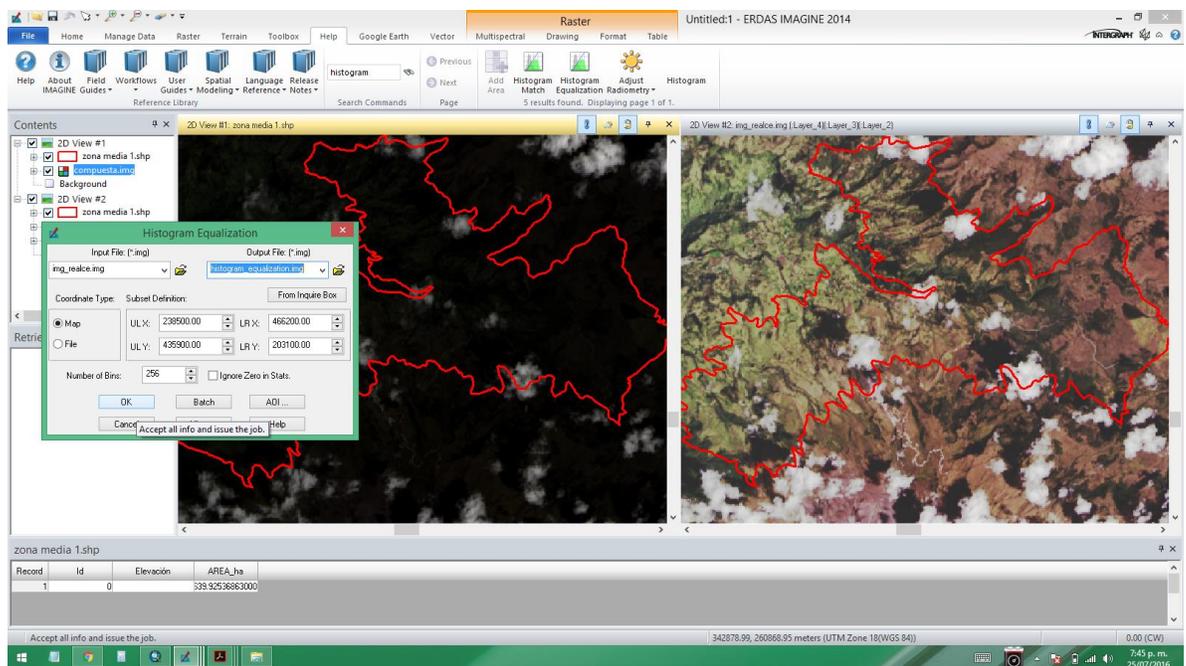


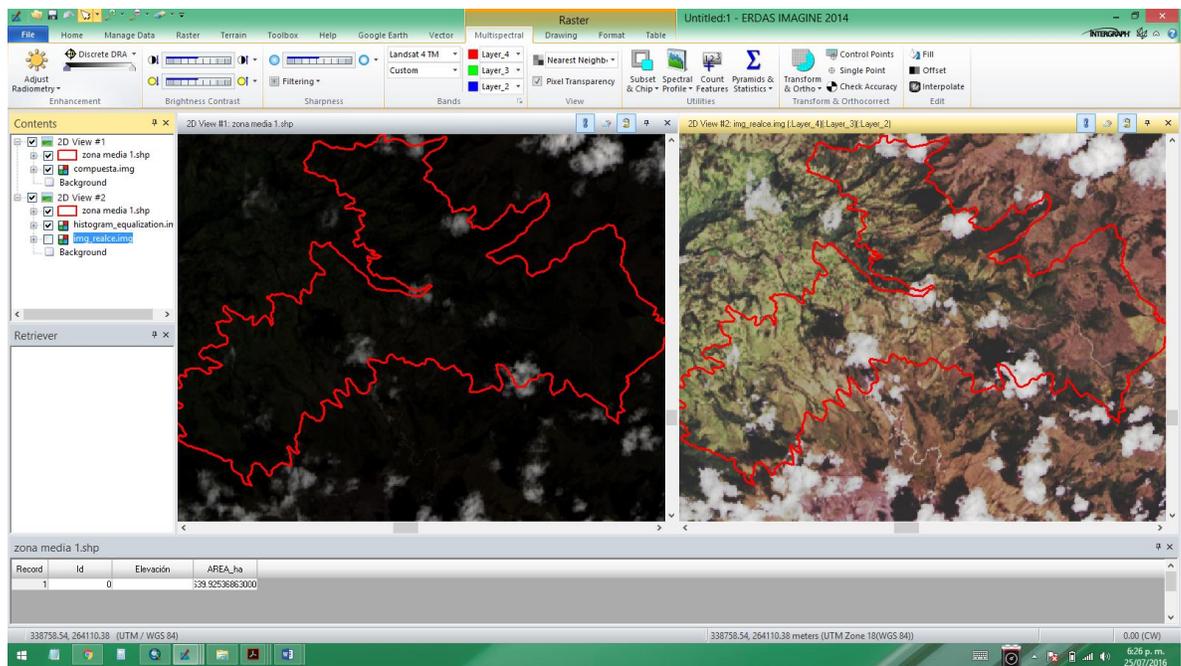
La imagen de la izquierda es la original, la de la derecha se aplicó un realce mejorando notoriamente en aspecto visual.

Ecuación del histograma (Histogram equalization)

La ecuación del histograma tiene como objetivo acentuar el contraste visual, aprovechando de la mejor manera el rango de valores de intensidad disponible.

La ecuación del histograma considera la frecuencia de los DN's. Tal como en el caso de la "expansión lineal", los porcentajes inferior y superior de los DN's a ser considerados en el procesamiento pueden especificarse de acuerdo al interés del usuario; o se pueden tomar los valores sugeridos por el programa; en este caso se tomaron los valores sugeridos por el programa.





La imagen de la izquierda es la original, la de la derecha se aplicó **(Histogram equalization)** mejorando notoriamente en aspecto visual para una mejor interpretación.

Los diferentes procesos realizados en la imagen 2014 también se hicieron para las imágenes 1989 y 1999.

6. RESULTADOS

6.1. Clasificación Supervisada temporalidades 1989, 1999 y 2014.

Para realizar la clasificación supervisada se utilizaron imágenes satelitales Land Sat-5 TM de los años 1989, 1999 y Land Sat-8 Oli-Tirs para el año 2014.

Debido a la escala general de la imagen satelital y la baja resolución de la misma, no fue posible identificar ríos y quebradas, por lo tanto se clasificó la Laguna San Rafael y sobre esta misma se realizó el análisis de cambios.

Se clasificaron nueve coberturas de la tierra en el área de estudio utilizando el programa ENVI 5. Se encontraron Bosques Abiertos Bajos, Bosques Fragmentados, Pastos Arbolados, Mosaico de Pastos y Cultivos, Pastos Enmalezados, Herbazal Denso de Tierra Firme No Arbolado de Páramo, Herbazal Denso Anegado de Páramo, Turberas y Lagunas (San Rafael), dentro de una zona alto andina ubicada entre los 3000 a 3500 msnm. Los tipos de coberturas se identificaron de acuerdo con la metodología oficial de clasificación Corine Land Cover Colombia, Escala 1:100.000.

Con el fin de corroborar la información e identificar mejor cada una de las coberturas observadas en las imágenes satelitales, se realizó trabajo de campo en varias zonas representativas de cada cobertura clasificada dentro del área de estudio, georreferenciando algunas coberturas de relevancia dentro de nuestro estudio, como bosques, fuentes hídricas y coberturas de páramo; en los sectores del cañón San Francisco, Montaña Negra y la Laguna San Rafael. Considerando que la información espacial se ha verificado en campo, se emplea en este estudio también una categorización ecológica, para tratar de identificar como están compuestas las clases de coberturas de la tierra desde las comunidades vegetales. Esto con el fin de complementar el nivel de clasificación del insumo

espacial con el nivel del análisis de campo que permite llegar hasta las categorías ecológicas clasificadas.

Para presentar los mapas, tablas y gráficos de la clasificación supervisada de las coberturas de la tierra se utilizaron abreviaturas para tres de las nueve unidades de paisaje identificadas, debido a que el tamaño de sus nombres generaba problemas en la representación, distribución y estética de los datos espacializados. Por lo tanto, las coberturas con nombres más extensos fueron abreviados de la siguiente manera:

- Bosque Abierto Bajo: Bosque Abierto B.
- Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado de Páramo: Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo.
- Herbazal Denso Anegado de Páramo: Herbazal Denso A. de Pmo.

Al utilizar solo las iniciales o la primera letra de cada palabra en los nombres de las coberturas se logró aprovechar mejor el espacio, tanto en los mapas como en los gráficos y tablas. Además la abreviatura se realizó manteniendo la esencia de la unidad de paisaje con base en la metodología CORINE Land Cover 2010.

A continuación, se presentan los mapas finales de coberturas de la tierra obtenidos a partir de la clasificación supervisada de las tres temporalidades analizadas.

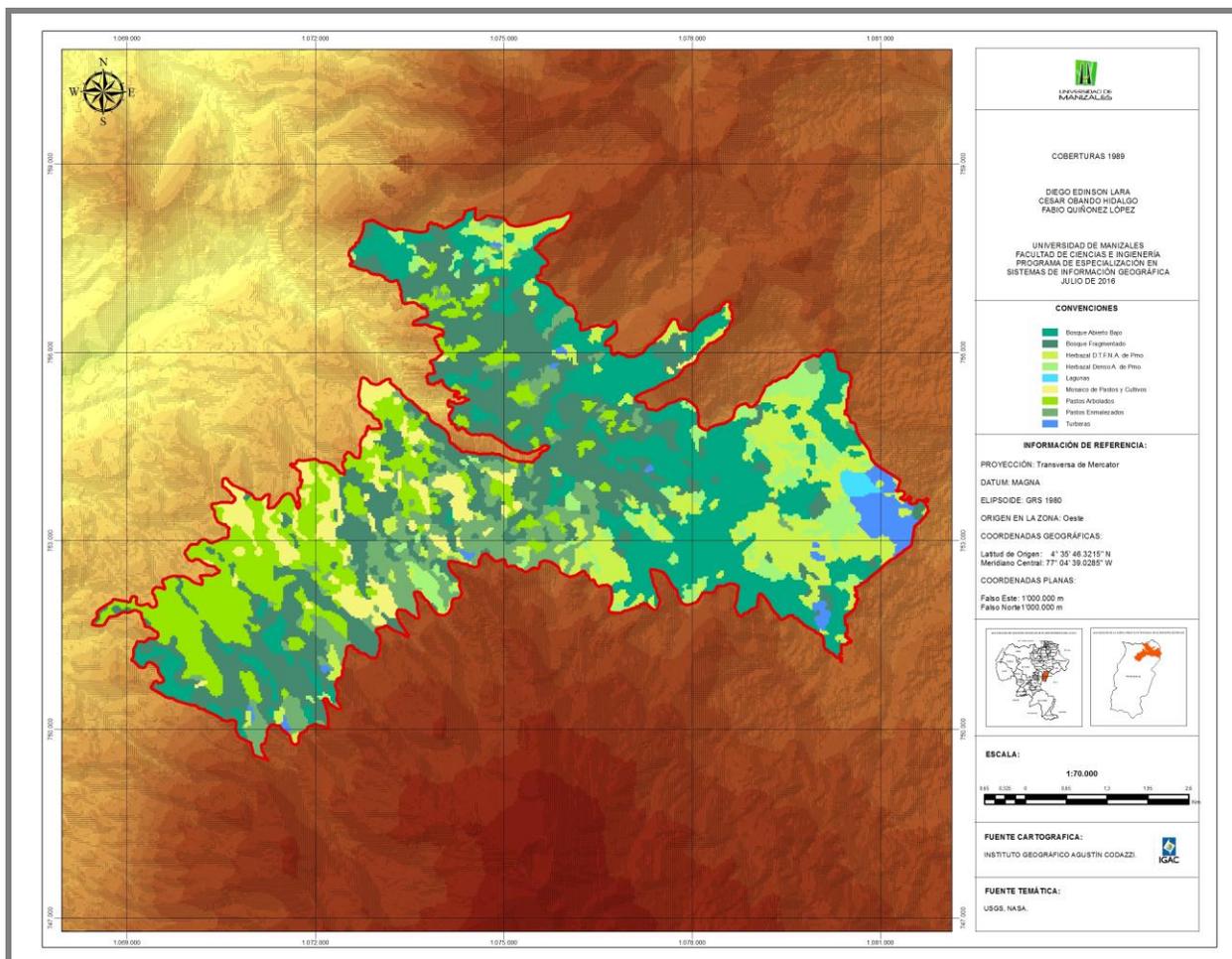
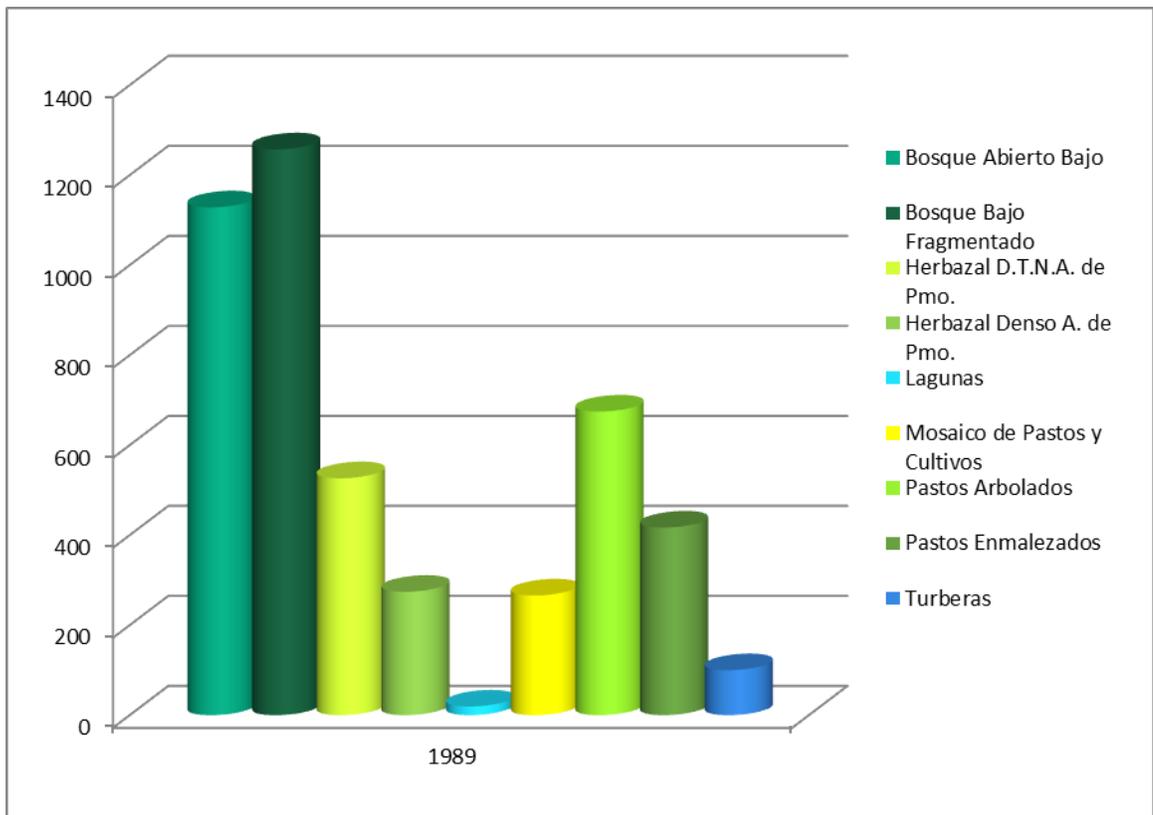


FIGURA 2. Coberturas 1989.

TABLA 1. Clasificación supervisada 1989.

Coberturas de la tierra	1989 (ha)	%
Bosque Abierto Bajo	1128,4	24,2
Bosque Fragmentado	1257,2	27
Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo.	526,4	11,3
Herbazal Denso A. de Pmo.	274,1	5,9
Lagunas	19,2	0,4
Mosaico de Pastos y Cultivos	265,9	5,7
Pastos Arbolados	674,6	14,5
Pastos Enmalezados	416,9	8,9
Turberas	100	2,1
Total	4663	100



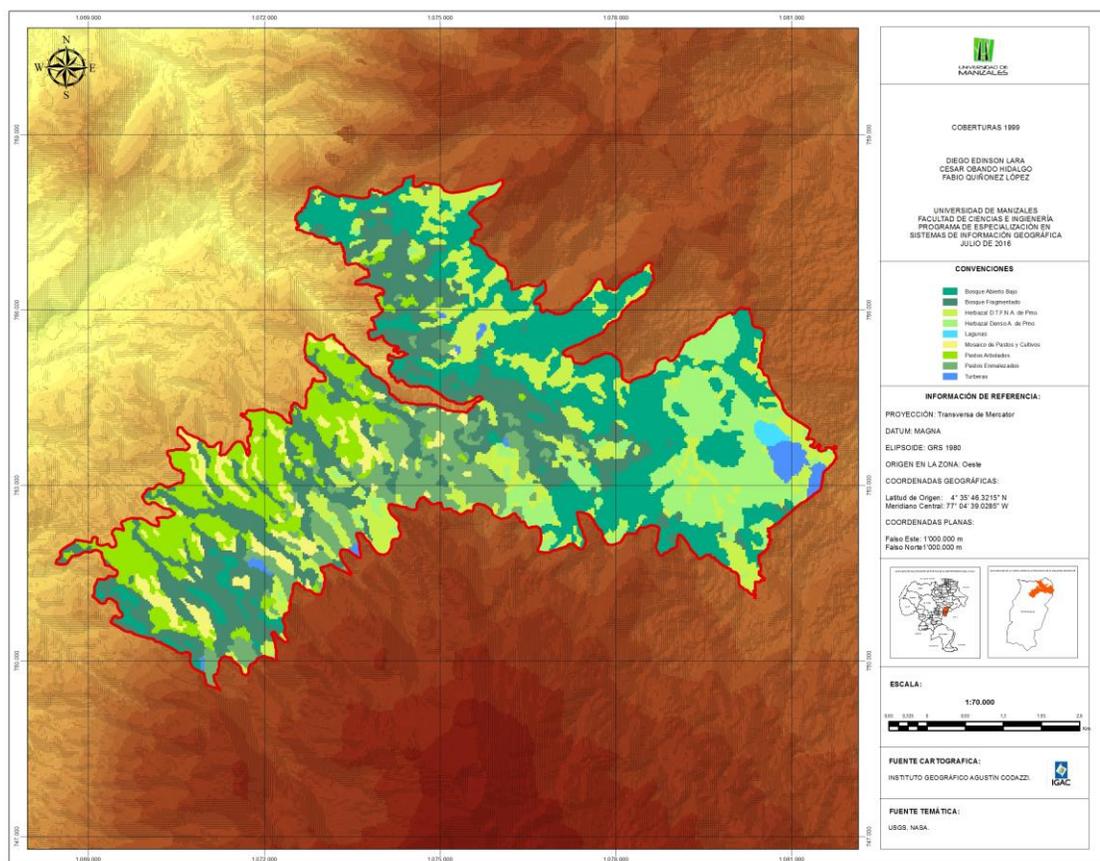
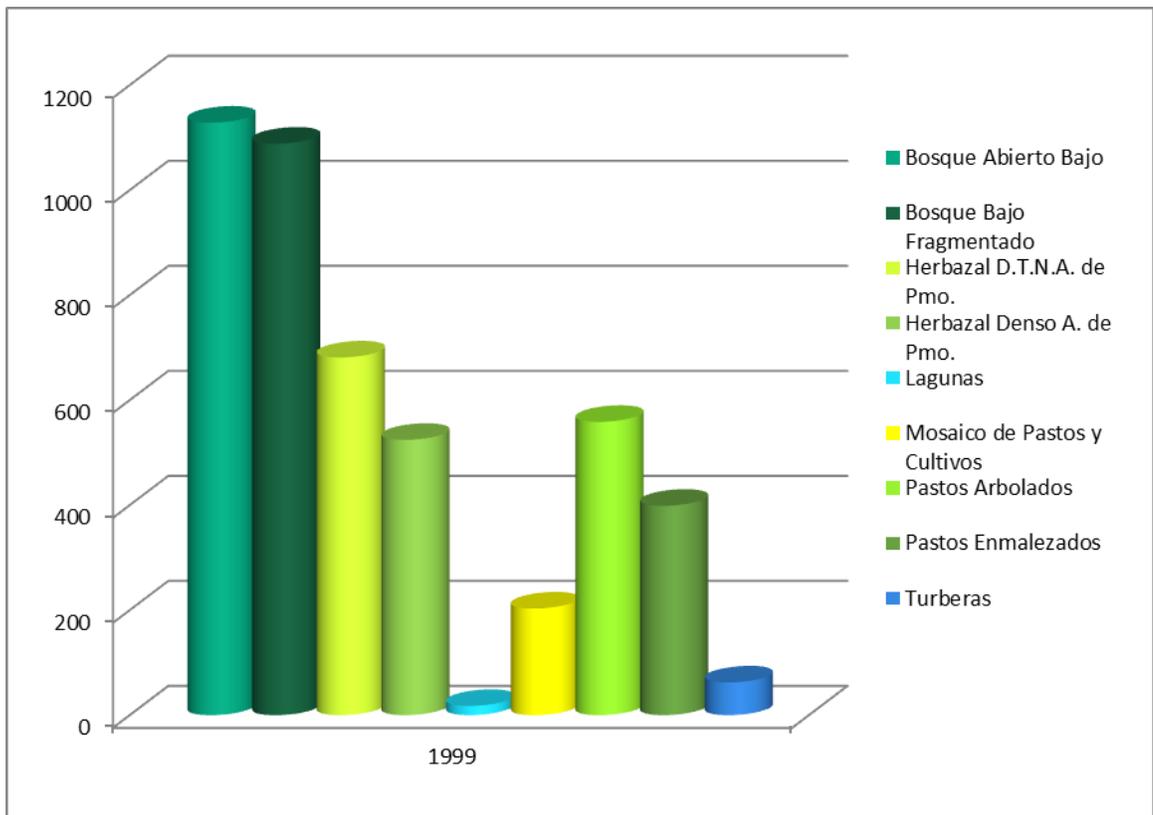


Figura 3. Coberturas 1999.

Tabla 2. Clasificación supervisada 1999

Coberturas de la tierra	1999 (ha)	%
Bosque Abierto Bajo	1128,5	24,2
Bosque Fragmentado	1088,4	23,3
Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo.	681,3	14,6
Herbazal Denso A. de Pmo.	524,3	11,2
Lagunas	17,5	0,4
Mosaico de Pastos y Cultivos	203,1	4,4
Pastos Arbolados	558,6	12
Pastos Enmalezados	398,8	8,6
Turberas	62,3	1,3
Total	4663	100



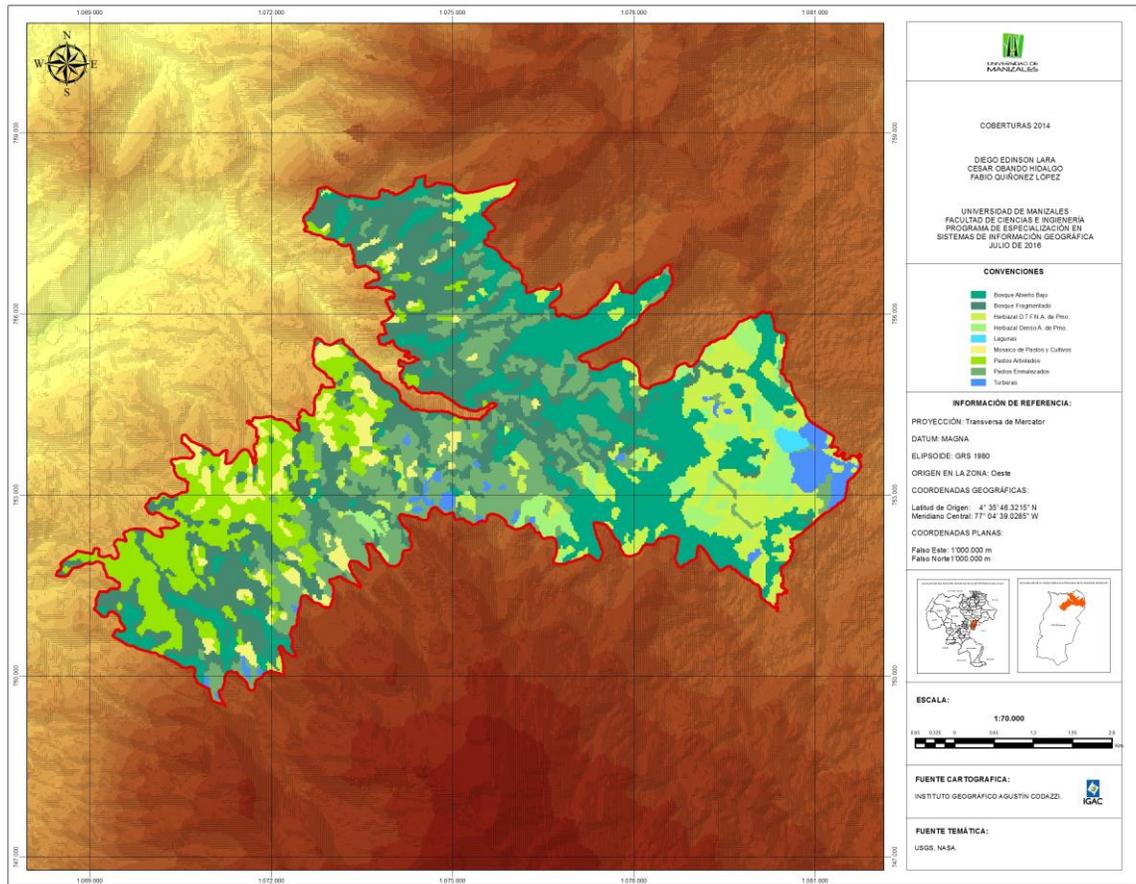


Figura 4. Coberturas 2014.

Tabla 3. Clasificación supervisada 2014

Coberturas de la tierra	2014 (ha)	%
Bosque Abierto Bajo	1074,8	23
Bosque Fragmentado	1151,3	24,7
Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo.	517,4	11,1
Herbazal Denso A. de Pmo.	221,3	4,7
Lagunas	15,9	0,3
Mosaico de Pastos y Cultivos	233,6	5
Pastos Arbolados	571,4	12,3
Pastos Enmalezados	760,6	16,3
Turberas	116	2,5
Total	4663	100

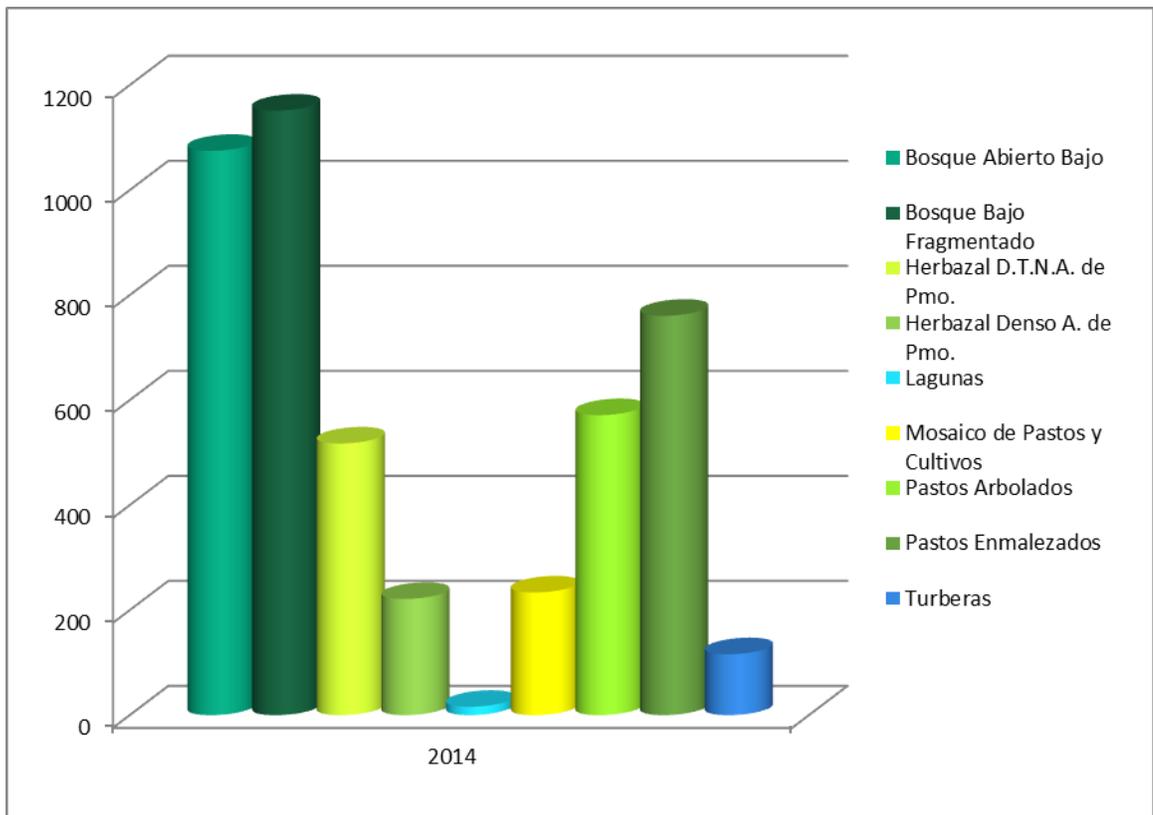
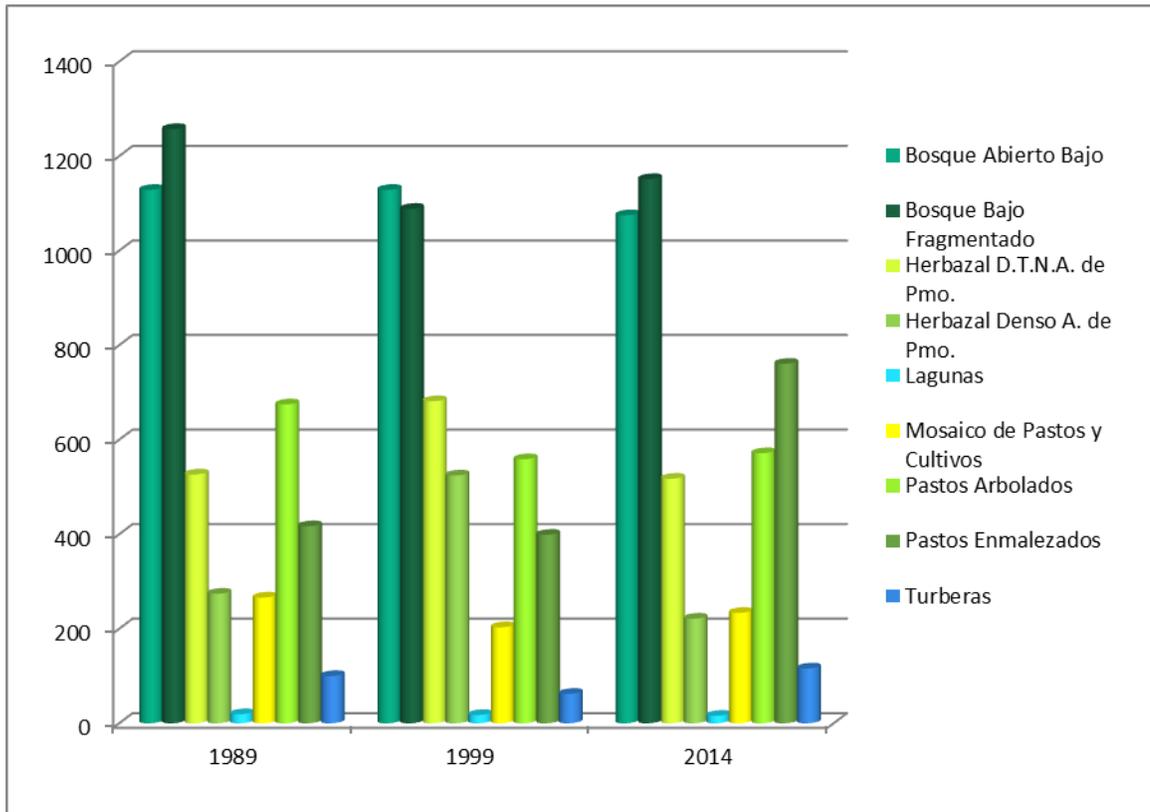


Tabla 4. Clasificación supervisada 1989, 1999, 2014.

Coberturas de la tierra	1989 (ha)	1999 (ha)	2014 (ha)
Bosque Abierto Bajo	1128,4	1128,5	1074,8
Bosque Fragmentado	1257,2	1088,4	1151,3
Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo.	526,4	681,3	517,4
Herbazal Denso A. de Pmo.	274,1	524,3	221,3
Lagunas	19,2	17,5	15,9
Mosaico de Pastos y Cultivos	265,9	203,1	233,6
Pastos Arbolados	674,6	558,6	571,4
Pastos Enmalezados	416,9	398,8	760,6
Turberas	100	62,3	116
Total	4663	4663	4663



6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA CLASIFICADAS

Para definir las unidades ecológicas de clasificación de coberturas se utilizó la metodología CORINE Land Cover (2010), Escala: 1:100.000, debido a la escala de trabajo de las imágenes satelitales LandSat 1:100.000. Este insumo no permitió identificar la subdivisión de categorías ecológicas en las coberturas de páramo, para ello fue necesario utilizar la información levantada en los recorridos de campo con el fin de obtener las categorías de profundización ecológica desde la asociación vegetal específica para las coberturas clasificadas, principalmente los herbazales de páramo. De esta manera, se obtuvo una unidad de paisaje generalizada del tipo de herbazales a partir de CORINE (2010) y, una sub división de estas categorías descritas con base en las características ecológicas tomadas de: **Cuatrecasas 1989 y *Rangel 2000.

**José Cuatrecasas Arumí, Aspectos de la vegetación natural en Colombia, tomado de: Revista PEREZ ARBELAEZIA (1989).

*J. Orlando Rangel Churio, Colombia Diversidad Biótica III, La Región de vida Paramuna (2000).

A continuación se presenta la Tabla 1, donde se exponen las unidades de paisaje con sus características según CORINE (2010) y la descripción ecológica de estas unidades, entre ellas la subdivisión en los herbazales de páramo. Integrando la información del nivel menos detallado, en este caso la descripción según CORINE al nivel más detallado la descripción ecológica y los datos recolectados en campo, para mantener un orden lógico en la escala de estudio.

Tabla 5. Descripción de las coberturas de la tierra clasificadas.

<p>Clasificación Corine Land Cover (2010) Escala 1:100.000</p>	<p>Descripción Corine Land Cover (2010) Escala: 1:100.000</p>	<p>Descripción Ecológica (Adaptada de **Cuatrecasas 1989, *Rangel 2000 y observación en campo)</p>
<p>Bosque Fragmentado</p>	<p>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.</p>	<p>Vegetación con una altura de dosel no mayor a 10 metros, con presencia de **<i>Polylepis</i> (árbol colorado o coloradito), <i>Brunellia</i> (árbol riñón, cedrillo), <i>Tibouchina lepidota</i> (<i>Melastomaceae</i>) (árbol siete cueros o mayo), <i>Hesperomeles</i> (árbol mortiño), <i>Podocarpus</i> (Pino) y <i>Myrtaceae</i> (Eucalipto), entre otras especies menos representativas, acompañados de pastos para la ganadería y parcelas de cultivos. Cobertura ubicada principalmente entre los 3000 a 3300 msnm. en el cañón San Francisco y las Veredas Campamento y Pilimbala.</p>
<p>Bosque Abierto B. (Bosque Abierto Bajo)</p>	<p>Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros e inferior a 15 metros, y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura</p>	<p>Vegetación boscosa con una altura de dosel no mayor a los 15 metros, conformada por una dominancia de **<i>Weinmannia</i> (árbol encenillo), <i>Polylepis</i> (árbol colorado o coloradito), <i>Brunellia</i> (árbol riñón, cedrillo), <i>Alnus</i>, <i>Betulaceae</i> (árbol Aliso). *<i>Tibouchina lepidota</i> (<i>Melastomaceae</i>) (árbol siete cueros o mayo), <i>Hesperomeles</i> (árbol mortiño), <i>Escallonia Myrtilloides</i> (árbol tibar, rodamonte). A diferencia del Bosque Fragmentado, esta cobertura no ha sido intervenida con potreros para la</p>

	original y las características funcionales.	ganadería o parcelas para cultivos, pero si para la extracción de madera. Se ubica entre los 3300 y 3500 msnm. del cañón del río San Francisco, Montaña Negra y partes altas del río Cocuy.
Lagunas (Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales, CORINE 2010).	Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.	Corresponde específicamente a la Laguna San Rafael, ubicada en un valle aluvial a 3354 msnm. en el sector nor-oriental del Parque Nacional Natural de Puracé.
Pastos Arbolados	Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos.	Vegetación conformada por elementos herbáceos introducidos de Gramíneas o <i>Poaceae</i> : <i>Dactylis glomerata</i> (pasto azul), <i>Holcus lanatus</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Agrostis palustris</i> , (pajonales o pastizales para la ganadería). Estos están acompañados por árboles con un 30% del área total de la cobertura, con dominancia de especies de <i>Brunellia</i> (árbol riñón, cedrillo), <i>Tibouchina lepidota</i> (<i>Melastomaceae</i>) (árbol siete cueros o mayo), <i>Hesperomeles</i> (árbol mortiño), <i>Podocarpus</i> (Pino) y <i>Myrtaceae</i> (Eucalipto), estos árboles miden entre 5 a 10 metros de altura. Los Pastos arbolados se ubican principalmente entre los 3000 a 3200 msnm. en las Veredas Campamento, Tabio y Chapio.

Turberas	Son terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas. Se encuentran frecuentemente en áreas andinas en terrenos situados por encima de los 3.200 msnm.	Esta cobertura corresponde al humedal de páramo, distribuido en su mayoría en el humedal de la Laguna San Rafael, con dominancia de <i>Cyperaceae</i> (genero <i>Carex</i>) y <i>Poaceae</i> (genero <i>Holcus</i>). Así como, <i>*Lachemilla orbiculata</i> y <i>Lachemilla aphanoides</i> prados de tipo cespitoso, en suelos húmedos o irrigados. Estas zonas pantanosas se encuentran entre los 3300 a 3500 msnm. dentro del área de estudio.
Pastos Enmalezados	Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.	Cobertura vegetal dominada por gramíneas en macollas, con presencia de especies de <i>*Festuca</i> , <i>Calamagrostis effusa</i> , <i>Calamagrostis recta</i> y <i>Calamagrostis toluensis</i> . Estos pastos y pajonales se caracterizan por la ausencia de prácticas agrícolas y tecnológicas lo cual favorece la aparición de malezas. Su ubicación está dada entre los 3200 a 3500 msnm en el cañón del río San Francisco, en la Vereda Pilimbala y las faldas del Volcán Puracé. Su uso está dedicado a la ganadería extensiva.
Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo. (Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado)	Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso de tierra firme, donde no existe presencia de	Debido a las condiciones fisiográficas del terreno y gracias a los recorridos de campo identificamos dos tipos de Herbazales, que no pudieron

<p>de Páramo) Adaptado de la Unidad de Paisaje Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado (CORINE 2010).</p>	<p>elementos arbóreos y/o arbustivos, o en caso de existir en ningún caso representarán más de 2% del área total de la unidad. Se localizan principalmente en áreas con limitaciones de suelos y de clima, como la altillanura de la Orinoquía, y las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña.</p>	<p>diferenciarse en la imagen satelital pero si en la observación en campo. Por lo tanto definimos Herbazales D.T.F.N.A. de Páramo tipo A y tipo B, los cuales se definen a continuación:</p> <p>Tipo A: Herbazales con presencia de Frailejonal – Pajonal - Rosetal, con dominancia de Frailejón. Con especies de <i>*Calamagrostis</i>, <i>Espeletia</i>, <i>Espeletopsis</i> y <i>Libanothamnus</i>. Estas rosetas, además del Frailejón, están conformadas por Puyas del genero <i>Bromelia</i>, asociadas a <i>Calamagrotis</i> que define su fisionomía.</p> <p>Este Herbazal tipo A se encuentra en partes húmedas, sobre suelos mejor drenados, principalmente en las zonas de páramo del sector San Rafael, sector de Vargas y partes altas del Río Cocuy, entre los 3300 a 3500 m.s.n.m.</p> <p>Tipo B: Herbazales con presencia de Pajonal – Helechal – Rosetal, con dominancia de Pajonal. Con especies de <i>*Calamagrostis</i>, <i>Thelypteridaceae</i>, <i>Polypodiaceae</i> y <i>Licopodyaceae</i>.</p> <p>Esta cobertura se ubica sobre suelos mejor drenados, en ecosistemas que no son propios del páramo sino de la alta montaña, con exposición a la ganadería, lo cual favorece la presencia de pajonales. Este herbazal tipo B se ubica hacia los sectores del cañón del Río San Francisco, Quebrada La Hermita, Quebrada El Tamboral,</p>
--	---	---

		Quebrada Fantasma, Quebrada Pumbarsá y Quebrada Chachipi. Cobertura situada sobre los 3200 a 3500 m.s.n.m.
M. Pastos y Cultivos (Mosaico de Pastos y Cultivos)	Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.	Esta cobertura está conformada por pastos, elementos herbáceos introducidos de <i>Gramíneas</i> o <i>Poaceae</i> : **<i>Dactylis glomerata</i> (pasto azul), <i>Holcus lanatus</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Agrostis palustris</i> , (pastos limpios dedicados a la ganadería). Además, la componen pequeñas parcelas de cultivos menores a 3 hectáreas, donde se siembra esencialmente papa, arveja, fresa y cultivos integrales en menor proporción de tierra. Esta área se encuentra asentada sobre los 3000 a 3300 msnm. en las Veredas Campamento, Tabio y Pilimbala del Municipio de Puracé.
Herbazal Denso A. de Pmo. (Herbazal Denso Anegado de Páramo) Adaptado de la Unidad de paisaje Herbazal Denso de Tierra Firme con Arbustos (CORINE 2010).	Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbustivos dispersos que ocupan entre 2% y 30% del área total de la unidad, los cuales se localizan principalmente en áreas con limitantes edáficas y climáticas, generalmente en alturas entre 300 a 800 msnm, así como en las zonas de páramo y subpáramo de	Para identificar mejor este tipo de Herbazal y debido a las condiciones edafológicas y fisiográficas se dividió en dos tipos. Tipo A: cobertura con especies representativas de Musgos y Tremedales o agrupaciones de plantas vasculares de cojín, como: <i>*Distichia Muscoides</i> (colchones compactos), <i>Azorella</i> (Cojines-Almoadillas) y <i>Sphagnum</i> (musgos). También es posible encontrar <i>Ericáceas</i> de porte

	la alta montaña.	<p>herbáceo.</p> <p>Tipo B: se ubica en otras áreas más localizadas sobre suelos más drenados, donde ocasionalmente encontramos *<i>Espeletia</i> (Frailejón), <i>Blechnum</i> (helecho), <i>Neurolepys Aperta</i> y <i>Chusquea Tessellata</i> (Chuscales).</p> <p>Se localizan principalmente en los sectores San Rafael y Cocuy, entre los 3300 y 3500 msnm.</p>
--	------------------	---

**José Cuatrecasas Arumí, Aspectos de la vegetación natural en Colombia, tomado de: Revista PEREZ ARBELAEZIA (1989).

*J. Orlando Rangel Churio, Colombia Diversidad Biótica III, La Región de vida Paramuna (2000).

6.3. COBERTURAS DE LA TIERRA CLASIFICADAS EN LAS TEMPORALIDADES 1989, 1999 Y 2014

Como se observa en la tabla 4 de clasificación supervisada de 1989, 1999 y 2014, la cobertura predominante durante las tres temporalidades es el Bosque Fragmentado, con presencia de los géneros y familias de árboles como: *Polylepis* (árbol colorado o coloradito), *Brunellia* (árbol riñón, cedrillo), *Tibouchina lepidota* (*Melastomaceae*) (árbol siete cueros o mayo), *Hesperomeles* (árbol mortiño), *Podocarpus* (Pino) y *Myrtaceae* (Eucalipto), con un promedio de 1131,76 hectáreas durante los tres años analizados, siendo 1989 el año que presenta mayor representatividad con 1257 ha., mientras en 1999 hubo una disminución de

169 ha, para finalmente presentar una recuperación en el año 2014 con una totalidad de 1151 ha. Esta cobertura se ha localizado principalmente en zonas como el cañón San Francisco, partes altas de las quebradas Chachipí, Pumbarsá, Fantasma, El Tamboral, La Hermita y el Río Anambio, como lo muestran las Figuras 2, 3, 4.

Dentro de esta misma cobertura, se encuentran inmersos otros géneros de árboles menos representativos. Así como extensiones de terreno con pastos dedicados a la ganadería y parcelas de cultivos, que no representan más del 30% del área total del Bosque Fragmentado, el cual es utilizado para la extracción de madera y ha sufrido procesos incipientes de colonización que han determinado su intervención. Esta Cobertura se ubica principalmente entre los 3000 a 3350 msnm. de la cuenca del río San Francisco de Puracé.

Después del Bosque Fragmentado encontramos el Bosque Abierto Bajo, como la segunda cobertura vegetal con mayor número de hectáreas, durante las tres temporalidades como lo expone la Tabla 4. Esta cobertura está conformada por los *Bosques Achaparrados* y *Bosques Alto Andinos* descritos por Rangel (2000) y Cuatrecasas (1989), con elementos arbóreos de familias y géneros como *Weinmannia* (árbol encenillo), *Polylepis* (árbol colorado o coloradito), *Brunellia* (árbol riñón, cedrillo), *Alnus*, *Betulaceae* (árbol Aliso), *Tibouchina Lepidota* (*Melastomaceae*) (árbol siete cueros o mayo), *Hesperomeles* (árbol mortiño), *Escallonia Myrtilloides* (árbol tibar, rodamonte). Los cuales tienen una altura del dosel superior a 5 metros e inferior a 15 metros.

Esta cobertura arbórea representa entre el 30% y 70% del área total de la unidad, sus formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. (CORINE, 2010). El Bosque Abierto Bajo se caracteriza por mantenerse sin intervención de la ganadería o la agricultura, sin embargo, en los recorridos de campo se pudo observar algunas zonas donde se realizaba extracción de madera

de forma artesanal, con fines domésticos y comerciales. Si bien en la imagen satelital esta cobertura aparenta ser un bosque denso, lo que ha ocurrido es una reducción del área boscosa, la cual ahora ocupa aproximadamente un 70% de lo que ocupaba anteriormente.

Como se observa en las figuras 2, 3, 4, la localización del Bosque Abierto B. se encuentra en las partes altas del cañón del Río San Francisco, Quebrada La Hermita, Montaña Negra y Río Cocuy, entre los 3300 a 3500 m.s.n.m. Así mismo, en la Tabla 4 y Gráfico 4 se observan áreas con un promedio de 1.110 ha. en las tres temporalidades, evidenciando una pérdida del bosque al pasar de 1.128 ha. en 1989 para luego en el año 2014 desciende a 54 ha., acaeciendo una disminución de 53,69 ha., la variación más significativa de esta cobertura durante los tres años analizados.

De otra parte, la cobertura de Lagunas, entendida como el espejo de agua de la Laguna San Rafael, se ha diezclado como lo muestra la Tabla 1 y Gráfico 1, pasando de 19 ha. en el año 1989 a 17,5 ha. en 1999 y finalmente 15 ha. en el año 2014, presentando una pérdida total de 4 ha. desde 1989 a 2014, con un promedio total en su hectáreaaje de 17 ha., un valor muy similar al observado en el año 1999.

La Laguna San Rafael se encuentra ubicada en la zona nor-oriental del Parque Nacional Natural de Puracé P.N.N.P., a los 3354 m.s.n.m., sobre un pequeño valle aluvial, su cuerpo de agua recibe la Quebrada Chorrillos, a su vez forma el Río Bedon que sigue su curso hacia el departamento del Huila; sus suelos son muy superficiales y poco drenados, en tanto sus orillas son pantanosas, con alta saturación de agua. (Yasnó 2000, citado por: Joaquí, S. 2005).

De otro lado, la Tabla 4 y Figura 4 nos muestran los Pastos Arbolados con un promedio de 601 ha. durante las tres temporalidades, con una mayor distribución en el año 1989 con 675 ha., disminuyendo a 571 ha. en el 2014, para una total de 104 ha. desaparecidas entre el periodo inicial y el periodo final. Esta cobertura

vegetal incluye tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles es mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. (CORINE, 2010).

De igual modo, se compone de elementos herbáceos introducidos de Gramíneas o *Poaceae*: *Dactylis glomerata* conocido como pasto azul, *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis palustris*, como pajonales o pastizales para la ganadería. Estos están acompañados por árboles con un 30% del área total de la cobertura, con dominancia de géneros y familias de *Brunellia* denominado árbol riñón, cedrillo, *Tibouchina lepidota* (*Melastomaceae*) árbol siete cueros o mayo, *Hesperomeles* árbol mortiño, *Podocarpus* o Pino y, *Myrtaceae Eucalyptus* o Eucalipto, estos árboles no superan los 10 metros de altura. Los Pastos arbolados se ubican principalmente en zonas circundantes a la Quebrada Agua Blanca, Quebrada La Creciente, Río Anambio y Río Vinagre en las Veredas Campamento, Tabio y Chapio, entre los 3000 a 3200 m.s.n.m. dentro del área de estudio. (Ver figuras 2, 3, 4).

Con respecto a la cobertura de Turberas, es necesario puntualizar que corresponde al sector de la Laguna San Rafael, donde rodea fragmentos del espejo lagunar para conformar el ecosistema paramuno de esta zona, asentado en los 3354 m.s.n.m. aproximadamente. Con presencia de pequeños parches en otros sectores, localizados en las partes altas de la Quebrada Agua Blanca y Quebrada Puente Tierra, como se puede observar en las Figuras 2, 3, 4.

De acuerdo con la Tabla 4 y Gráfico 4, la cobertura vegetal de Turberas tiene un promedio de 91 ha., en el año 1989 contaba con 95 ha. pero al año 2014 arrojó un valor de 117 ha., lo cual evidencia un aumento de 21,2 ha. desde el periodo inicial al periodo final analizado.

En cuanto a sus características fisonómicas, son terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y

materias vegetales descompuestas. (CORINE, 2010). Además, esta cobertura corresponde al humedal de páramo, distribuido en su mayoría en el humedal de la Laguna San Rafael, con dominancia de *Cyperaceae* (genero *Carex*) y *Poaceae* (género *Holcus*). Así como, *Lachemilla orbiculata* y *Lachemilla aphanoides* prados de tipo cespitoso, en suelos húmedos o irrigados (Rangel, 2000). Estas zonas pantanosas se encuentran entre los 3300 a 3500 m.s.n.m. dentro del área de estudio.

Por otra parte, se clasificaron los Pastos Enmalezados, los cuales están representados por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido fundamentalmente a la ausencia de prácticas técnicas e industriales para el mejoramiento, al igual que la escasa adecuación y manejo de terrenos para la intervención de la ganadería o cultivos. Generalmente la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 metros (CORINE, 2010).

Este tipo de vegetación está dominada por gramíneas en macollas, con presencia de especies de *Festuca*, *Calamagrostis effusa*, *Calamagrostis recta* y *Calamagrostis toluensis*. (Rangel, 2000). Por lo tanto, son pastos y pajonales dedicados a la ganadería extensiva e intensiva, caracterizados por la ausencia de prácticas agrícolas y tecnológicas lo cual favorece la aparición de malezas. Su ubicación está dada entre los 3200 a 3500 m.s.n.m. en la cuenca del río San Francisco, más precisamente en las partes altas del Río Anambio, Quebrada La Creciente, Quebrada Pajoy, Quebrada Puente Tierra y algunas zonas del cañón San Francisco, como se observa en las Figuras 2, 3, 4.

En este sentido, según la Tabla 4 y Gráfico 4, los Pastos Enmalezados tienen un promedio de 513 ha., con un significativo aumento de 332 ha. desde 1989 cuando mostro un valor de 403 ha. al año 2014 con 735 ha., mientras en 1999 se mantuvo muy similar al año 1989.

Para el caso del Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado de Páramo (Herbazal D.T.F.N.A. de Pmo.), las Figuras 2, 3, 4, nos muestran su ubicación y

distribución, principalmente en el sector de San Rafael y en áreas circundantes al Río Cocuy, Quebrada Vargas y Quebrada Tierradentro. Su localización está determinada sobre suelos mejor drenados, entre los 3300 a 3500 msnm. en la cuenca del Río San Francisco.

Esta cobertura natural está constituida por un herbazal denso de tierra firme, donde la presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos en ningún caso representan más de 2% del área total de la unidad de paisaje. Se encuentran localizados principalmente en áreas con limitaciones de suelos y de clima, como la altillanura de la Orinoquía, y las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña (CORINE, 2010), como es el caso del Páramo de Puracé.

Así mismo, el Herbazal D.T.F.N.A. de Páramo está integrado por Herbazales con dominancia de Frailejónal - Pajonal - Rosetal. Con especies de *Calamagrostis*, *Espeletia*, *Espeletiopsis* y *Libanothamnus*. (Rangel, 2000). Estas rosetas, además del Frailejón, están conformadas por Puyas del género *Bromelia*, asociadas a *Calamagrostis* que define su fisionomía. De otra parte, encontramos en menor cantidad helechal y cortadera, con especies de *Thelypteridaceae*, *Polypodiaceae* y *Lycopodiaceae*.

Continuando con la misma cobertura, según la Tabla 1 y Gráfica 1, el Herbazal D.T.F.N.A. de Páramo tiene un promedio de 538 ha. para las tres temporalidades clasificadas, con 502 ha. en 1989 y 481 ha. en el año 2014 nos muestra una baja de 21,8 ha., una pérdida en esta cobertura que obedece según Julio Cesar Caldón (2016) a las quemas indiscriminadas, como también a la inclusión de ganado en zonas de páramo.

De otra parte, la cobertura vegetal Mosaico de Pastos y Cultivos (M. Pastos y Cultivos) está integrado por tierras ocupadas con pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual; además ninguna de las dos coberturas

representa más del 70% del área total del mosaico (CORINE, 2010). En el caso de la cuenca media del Río San Francisco las parcelas de cultivos no sobrepasan las 3 ha., según los recorridos de campo realizados y la información revisada en documentos.

Este tipo de cobertura está conformada por pastos, elementos herbáceos introducidos de *Gramíneas* o *Poaceae*: *Dactylis glomerata* denominado pasto azul, *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis palustris*, pastos limpios dedicados a la ganadería (Cuatrecasas, 1989). Además, la componen pequeñas parcelas de cultivos menores a 3 hectáreas, donde se siembra esencialmente papa, arveja, fresa y cultivos integrales en menor proporción de tierra. Esta área se encuentra asentada sobre los 3000 a 3300 msnm., principalmente bordeando las Quebradas Agua Blanca, La Creciente, Campamento y los Ríos Molino, Vinagre y Anambio del Municipio de Puracé, así como lo señalan las Figuras 2, 3, 4 de Clasificación Supervisada para las tres temporalidades.

En lo relacionado con las áreas, en la Tabla 4 y el Gráfico 4, el Mosaico de Pastos y Cultivos presento un valor de 269,5 ha. en el año 1989, para el año 2014 arrojo una cifra de 236,7 ha., una disminución de 32,8 ha. en un periodo de 25 años, lo cual se atribuye a la caída en las prácticas agrícolas como lo afirma la comunidad. En promedio esta cobertura tiene 236,9 ha. durante los tres años medidos.

Finalmente, se describe el Herbazal Denso Anegado de Páramo (Herbazal Denso A. de Pmo.), con una presencia de 255 ha. en el año 1989 y 203,4 ha. en el año 2014, presentando un descenso en 51,6 ha. entre el periodo inicial y el periodo final de análisis, como se estipula en la Tabla 4 y Gráfico 4. Mientras su promedio total de hectáreas esta en 320,2 ha.

El Herbazal Denso Anegado de Páramo corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea, con presencia de elementos arbustivos dispersos que ocupan entre 2% y 30% del área total de la unidad, los cuales se localizan principalmente en áreas con limitantes edáficas y climáticas, generalmente en

alturas entre 300 a 800 msnm, así como en las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña (CORINE, 2010). Tal es el caso del área de estudio.

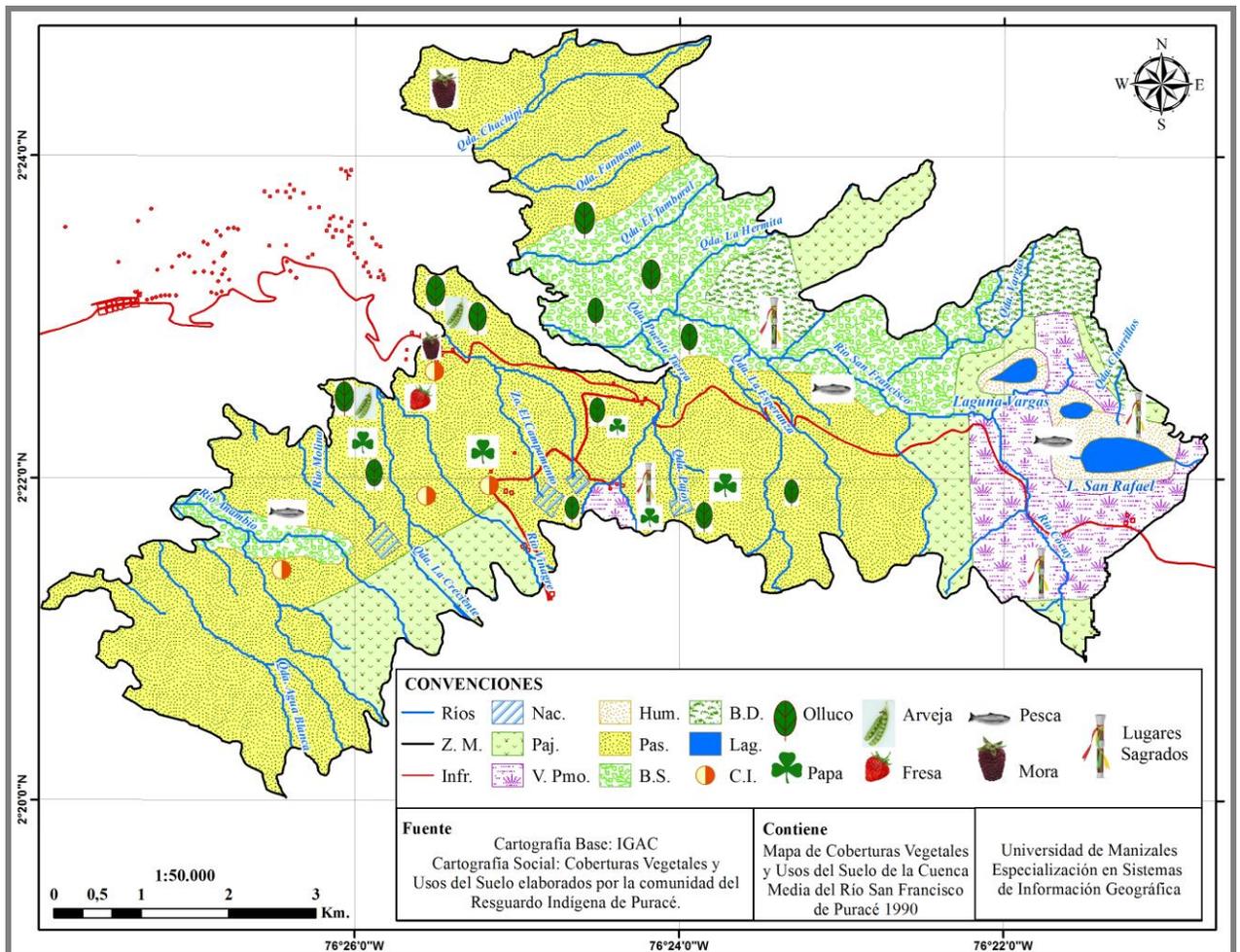
Esta vegetación de zonas anegadas la componen especies representativas de Musgos y Tremedales o agrupaciones de plantas vasculares de cojín, como: *Distichia Muscoides* llamados colchones compactos, *Azorella* denominados Cojines-Almoadillas y *Sphagnum* conocidos como musgos. En otras áreas más localizadas encontramos ocasionalmente *Espeletia* o Frailejón, *Blechnum* o helecho, *Neurolepys Aperta* y *Chusquea Tessellata* referido a los Chuscales (Rangel, 2000). Esta cobertura se localiza fundamentalmente en zonas húmedas que permanecen anegadas durante todo el año, en los sectores de la Laguna San Rafael, partes altas de la Quebrada Vargas (Incluyendo la Laguna Vargas), Quebrada Tierradentro, Río Cocuy y algunos relictos observados hacia las faldas del Volcán Puracé, entre los 3300 a 3500 m.s.n.m., según las Figuras 2, 3, 4.

ANÁLISIS DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA Y USOS DEL SUELO UTILIZANDO CARTOGRAFÍA SOCIAL

Por medio de los recorridos de campo, la interacción con los actores sociales, la participación de la comunidad y los talleres de cartografía social e historia ambiental con los mayores del Resguardo Indígena de Puracé R.I.P. permitieron conocer cuáles han sido las coberturas vegetales y usos del suelo en la cuenca media del Río San Francisco durante los años de 1990, 2000 y 2014-2016. De esta forma, las personas como conocedoras de su territorio y en un ejercicio de memoria, reconocimiento y empoderamiento de su territorio matizaron los diferentes cambios de las coberturas vegetales y usos del suelo, así como su relación con la naturaleza.

En este sentido, en la relación hombre – medio fue posible identificar cuáles han sido las actividades antrópicas y usos del suelo que han suscitado los diferentes cambios en las coberturas vegetales, haciendo hincapié en la pérdida de la cobertura de Bosques, la disminución del espejo de agua de la Laguna San Rafael y la ampliación de las zonas de Pastos, las cuales han ido en aumento ganando terreno sobre las coberturas boscosas y coberturas de páramo.

A continuación, se presentan los mapas de cartografía social sobre coberturas de la tierra y usos del suelo durante el periodo 1989 a 2014.



Coberturas Vegetales y Usos del Suelo año 1990

En el mapa de coberturas vegetales y usos del suelo de 1990, se observa la presencia de los Pastos como la cobertura con mayor área en el mapa, ocupando casi la totalidad del flanco sur-occidental de la cuenca media, hacia las Quebradas Agua Blanca, La Creciente, Campamento, Río Anambio y Río Vinagre, también se pueden visualizar en los sectores de las Quebradas Chachipi, Pumbarsá, Fantasma, Pajoy, Puente Tierra, La Esperanza y parte del Río Cocuy. Esto demuestra el aumento de los pastos en comparación al año 1980.

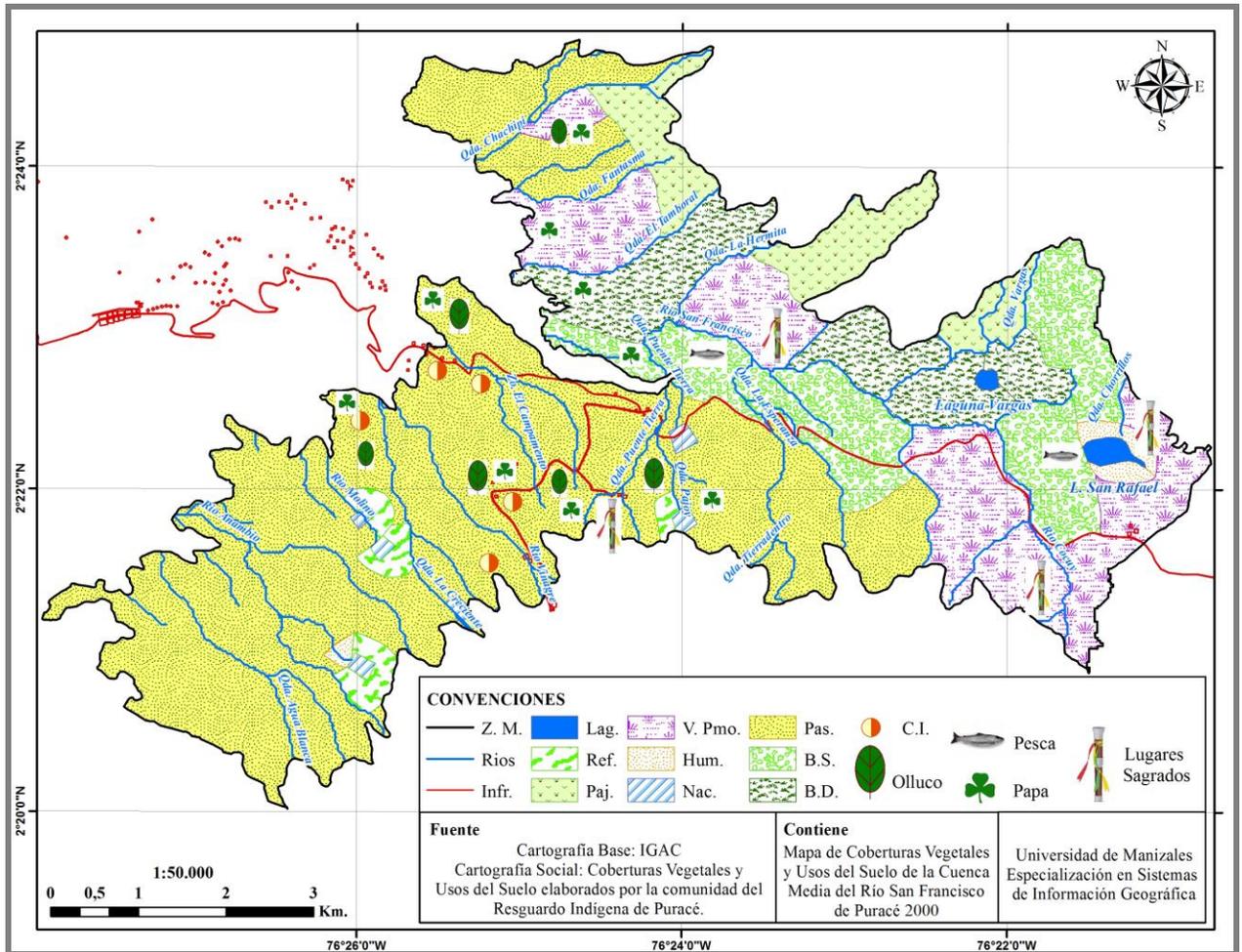
Seguidamente se puede observar la cobertura de Pajonales en las partes altas de los sectores de la Quebrada La Creciente, Río Anambio, Río Vinagre, Quebrada Vargas, Quebrada Chorrillos, partes altas del Río Cocuy y Quebrada La Hermita. También, se identifican extensiones de terreno de la cobertura de Bosque Secundario hacia los sectores de la Quebrada El Tamboral, Quebrada La Hermita, Quebrada Vargas, vertiente principal del Río San Francisco y fracciones de terreno en la zona circundante al Río Anambio, donde se practicaba la pesca durante esta temporalidad. Por su parte, la cobertura de Bosque Denso con menor distribución que el Bosque Secundario, se encuentra específicamente en las partes altas de la Quebrada Vargas, Quebrada Chorrillos y en una zona comprendida entre la Quebrada La Hermita y la vertiente principal del Río San Francisco en la cuenca media.

En cuanto a coberturas de páramo se refiere, es posible observar la Vegetación de Páramo en el flanco oriental de la cuenca media, hacia los sectores de la Quebrada Vargas y la Laguna San Rafael, así como en la parte alta de la Quebrada Puente Tierra. Igualmente, se puede identificar el Humedal de Páramo en la zona circundante al perímetro de la Laguna San Rafael y Laguna Vargas, junto a la Vegetación de Páramo y los Pajonales.

De otra parte, en torno a los usos del suelo se observa la presencia de los Cultivos Integrales o Huertas Caseras, conformadas por las mismas plantas y cultivos descritos en la temporalidad de 1980. Los Cultivos Integrales están localizados principalmente en la parte media del Río Anambio, Quebrada La Creciente, Río Vinagre en la curva hacia la mina y hacia la Quebrada Campamento, donde también se pueden encontrar zonas de cultivo de Fresa y Mora, como se observa en la figura 51. Para esta temporalidad se mantienen los cultivos de papa, distribuidos en los sectores del Río Molino, Quebrada La Creciente, Río Vinagre, partes altas de las Quebradas Pajoy y Tierradentro.

Para el año de 1990 el cultivo de Olluco tiene gran presencia en los sectores de la Quebrada La Creciente y Río Molino, donde también es posible encontrar cultivos de Arveja, situación similar al sector de la Quebrada Campamento donde se observan cultivos de Arveja en medio de cultivos de Olluco. En el flanco norte de la cuenca media, en los sectores de la Quebrada Fantasma, Quebrada El Tamboral, Quebrada La Hermita y Quebrada Puente Tierra se visualizan cultivos de Olluco, así como en los sectores de las partes altas de la Quebrada Campamento, muy cerca de las zonas de Nacimiento de Agua de esta misma Quebrada. Igualmente, en la parte alta de la Quebrada Pajoy donde se observan Nacimientos de Agua se encuentran cultivos de Olluco y Papa, con un último cultivo identificado en la parte alta de la Quebrada La Esperanza.

Hacia el extremo nor-occidental de la cuenca media, se observa un cultivo de Mora a un costado de la Quebrada Chachipi. De otra parte, se identifican las zonas dedicadas a la Pesca, en los sectores del Río Anambio donde predomina el Bosque Secundario, en la vertiente principal del Río San Francisco y en las Lagunas de Vargas y San Rafael. A su vez, los lugares sagrados donde se practica la medicina tradicional han sido representados en las partes altas de la Quebrada Tierradentro, Quebrada Pajoy, vertiente principal del Río San Francisco cerca a la desembocadura de la Quebrada La Esperanza, al igual que en el flanco oriental de la cuenca en los sectores de la Laguna San Rafael, Quebrada Chorrillos y parte alta del Río Cocuy.



Coberturas Vegetales y Usos del Suelo año 2000

En el mapa sobre coberturas vegetales y usos del suelo del año 2000, se observa mayor presencia de la cobertura de Pastos cubriendo la gran mayoría del terreno del flanco sur-occidental de la cuenca media del Río San Francisco, en los sectores de la Quebrada Agua Blanca, Río Anambio, Río Molino, Quebrada La Creciente, Río Vinagre, Quebrada Campamento, Quebrada Puente Tierra, Quebrada Pajoy, Quebrada Tierradentro, así como en el flanco norte de la cuenca, hacia la Quebrada Chachipi, Quebrada Pumbarsá y Quebrada Fantasma. En la misma figura, se pueden identificar las zonas de Pajonales localizadas en las

partes altas de la Quebrada Chachipi, Quebrada Pumbarsá, Quebrada Fantasma, Quebrada El Tamboral, Quebrada La Hermita y parte alta de la Quebrada Vargas.

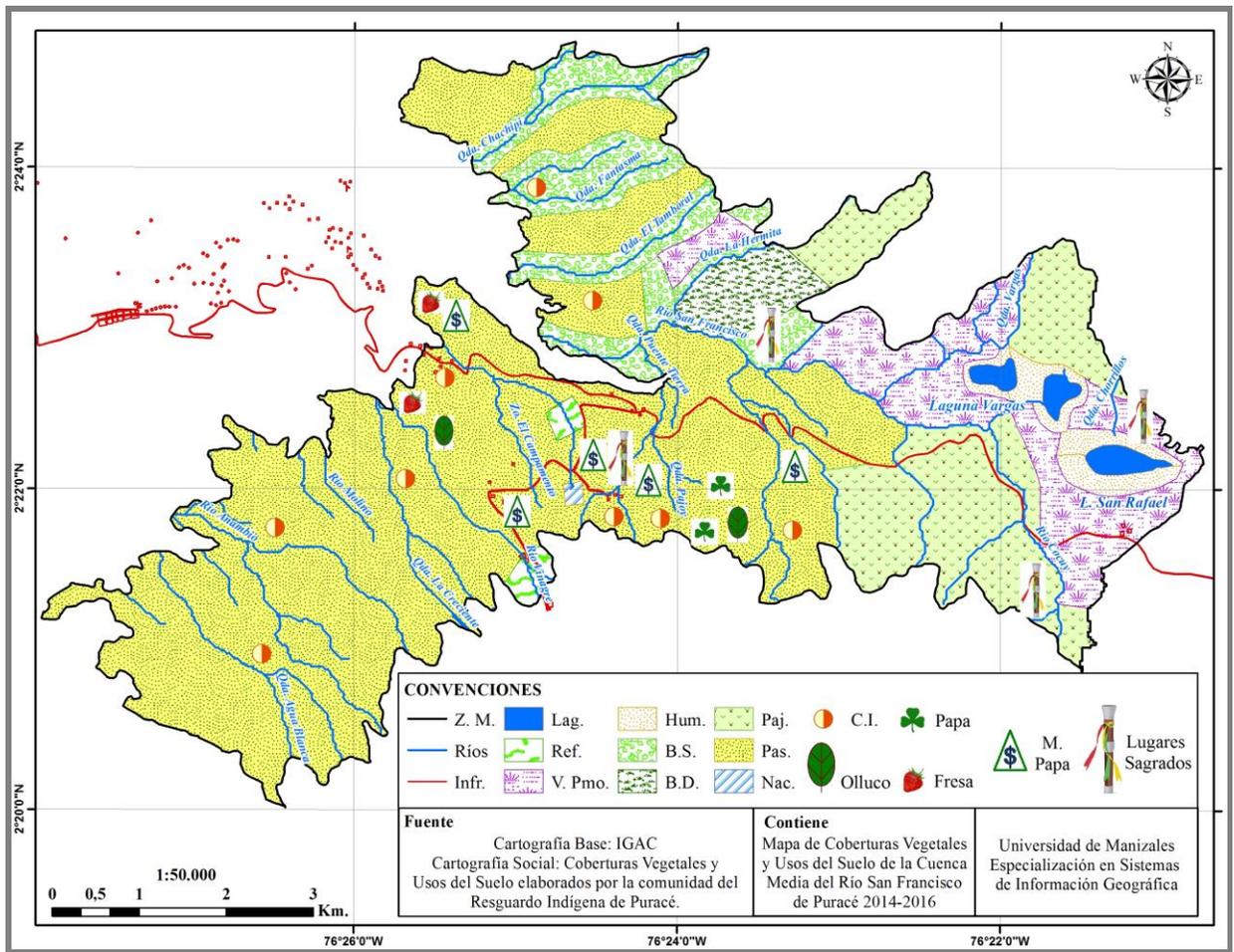
La cobertura de Bosque Secundario se logra identificar en el costado sur a la vertiente principal del Río San Francisco, en las partes altas de la Quebrada Vargas, Quebrada Chorrillos, sector de San Rafael, Quebrada La Esperanza y Quebrada Puente Tierra. Mientras, el Bosque Denso se logra identificar entre las Quebradas El Tamboral y La Hermita, así como hacia los costados norte de la vertiente principal del Río San Francisco y sector de la Laguna Vargas. A su vez, en esta temporalidad del 2000 se pueden ver zonas de Reforestación, ubicadas junto a las zonas de Nacimientos de Agua, principalmente en las partes altas de los Ríos Anambio, Molino, Quebrada Pajoy y Quebrada Puente Tierra. También es posible visualizar una zona de Nacimiento de Agua en la parte alta de la Quebrada La Creciente, con una fracción de Reforestación hacia la parte media de la Quebrada.

En cuanto a coberturas de páramo, se logra identificar Vegetación de Páramo en el sector de San Rafael, partes altas del Río Cocuy, Quebrada La Hermita, costado norte de la vertiente principal del Río San Francisco, Quebrada Chachipi, y entre las vertientes de las Quebradas Fantasma y El Tamboral. De la misma manera, la cobertura de Humedal de Páramo se haya localizada alrededor de la Laguna San Rafael y en la parte alta del Río Anambio junto a una zona de Nacimiento de Agua y reforestación.

Por otra parte, en los usos del suelo agrícola continúan existiendo los Cultivos Integrales (Huertas Caseras) localizados principalmente en la zona occidental de la cuenca, en sectores de la Quebrada Campamento, Río Molino, Quebrada La Creciente y Río Vinagre. Cabe señalar que estos Cultivos Integrales continúan siendo conformados por las mismas plantas y cultivos de las décadas anteriores.

También se pueden identificar zonas de cultivo de Papa junto a cultivo de Olluco en sectores de la Quebrada La Creciente, Río Vinagre, Quebrada Campamento, Quebrada Puente Tierra, Quebrada Pajoy y Quebrada Chachipi. En otros sectores de las Quebradas Fantasma, El Tamboral, Puente Tierra y Pajoy se encuentran cultivos de Papa de forma individual. De otro lado, en esta temporalidad del año 2000 las zonas de Pesca solo encuentran en la Laguna San Rafael y vertiente principal del Río San Francisco, mostrando una disminución en relación a las anteriores temporalidades, principalmente la de 1980.

Finalmente, se ubican los lugares sagrados en el sector de la Laguna San Rafael, Quebrada Chorrillos, parte alta del Río Cocuy y vertiente principal del Río San Francisco. Estas zonas de lugares sagrados se mantienen vigentes en las últimas tres décadas.



Coberturas Vegetales Y Usos Del Suelo Año 2014-2016

En el sobre coberturas vegetales y usos del suelo del año 2010, se puede visualizar la cobertura de Pastos, la cual ocupa la totalidad del flanco sur-occidental de la cuenca media, en los terrenos de la Quebrada Agua Blanca, Río Anambio, Río Molino, Quebrada La Creciente, Quebrada Campamento y Río Vinagre. Así como en algunos sectores de la Quebrada Chachipi, Quebrada Pumbarsá, Quebrada Fantasma, Quebrada El Tamboral, fracciones de la vertiente

principal del Río San Francisco, Quebrada Puente Tierra, Quebrada Pajoy y Quebrada Tierradentro.

También, se puede observar la cobertura de Pajonales hacia la parte alta de la Quebrada La Hermita, Quebrada Vargas, Quebrada Chorrillos, con una notable expansión hacia el Río Cocuy y Quebrada Tierradentro. De otra parte, la cobertura de Bosque Secundario se encuentra en las riveras de las vertientes de las Quebradas Chachipi, Pumbarsá, Fantasma, El Tamboral, La Hermita y algunas zonas de la vertiente principal del Río San Francisco. En esta misma línea se expone el Bosque Denso, localizado específicamente en el costado derecho de la Quebrada La Hermita y el Río San Francisco, lo cual demuestra la disminución en esta cobertura en relación a las décadas anteriores.

A su vez, las coberturas de Vegetación de Páramo se hayan distribuidas en el flanco oriental de la cuenca, hacia los sectores de la Laguna San Rafael, Laguna Vargas, Quebrada Vargas, Quebrada La Hermita y Río Cocuy. Igualmente, el Humedal de Páramo se ubica exclusivamente en los suelos circundantes a la Laguna Vargas y Laguna San Rafael, localizadas en el flanco oriental de la cuenca media del Río San Francisco. De otro lado, se pueden ver zonas de Reforestación en la parte alta del Río Vinagre y Quebrada Campamento, así como una zona de Nacimiento de Agua en la parte alta de la Quebrada Campamento.

Por su parte, en torno a los usos del suelo dedicados a la agricultura se puede observar zonas dedicadas a los Cultivos Integrales (Huertas Caseras) conformadas por plantaciones y pequeños cultivos para el consumo del hogar. Estos cultivos se encuentran principalmente en sectores de la Quebrada Agua Blanca, Río Molino, Quebrada La Creciente, Quebrada Campamento, Quebrada Puente Tierra, Quebrada Pajoy, Quebrada Fantasma y Quebrada El Tamboral. Es necesario soslayar que estos Cultivos Integrales se asientan en los patios o jardines de las viviendas, y además son de menor tamaño en relación a las décadas anteriores de los años 1980, 1990 y 2000.

De igual forma, es posible identificar la aparición de un uso del suelo agrícola que anteriormente no había aparecido, el cual se denomina Monocultivo de Papa (M. Papa), distribuido principalmente en sectores del Río Vinagre, Quebrada Campamento, Quebrada Tierradentro, Quebrada Pajoy y Quebrada Puente Tierra. A diferencia de los demás cultivos de papa, estos son extensiones de monocultivos que pueden alcanzar las dos hectáreas de terreno y son cultivados por agentes externos a la comunidad. En una relación opuesta se encuentran los cultivos de papa tradicionales, los cuales para esta temporalidad se encuentran diezmados, con presencia hacia los sectores de las partes altas de la Quebrada Pajoy y Quebrada Tierradentro.

En esta temporalidad reaparecen los cultivos de Fresa, ubicados hacia las partes bajas de la Quebrada Campamento y Río Vinagre. También, es posible observar los cultivos de Olluco, que al igual que la papa tradicional han disminuido notablemente, la ubicación del cultivo de Ulluco está dada específicamente en las partes bajas del Río Vinagre y hacia las partes altas de la Quebrada Pajoy. Es importante señalar la disminución de los cultivos durante la temporalidad del año 2010, pero el notable aumento del cultivo de papa como monocultivo de agentes externos a la comunidad del Resguardo Indígena de Puracé.

Finalmente, se pueden identificar los Lugares Sagrados, localizados en la parte alta de la Quebrada Puente Tierra, vertiente principal del Río San Francisco, parte alta del Río Cocuy, sector de la Laguna San Rafael y Quebrada Chorrillos.

ESTRATEGIAS PARA MITIGAR LOS IMPACTOS NEGATIVOS PRODUCTO DE LOS CAMBIOS DE COBERTURAS VEGETALES Y USOS DEL SUELO.

Los estudios relacionados con los cambios progresivos en la cobertura vegetal y de uso de suelo, han cobrado importancia en la investigación ambiental, ya que han permitido evaluar las tendencias multitemporales de procesos como la deforestación y degradación ambiental, provocadas por actividades humanas.

En este contexto, uno de los objetivos de este estudio fue evaluar el impacto de las actividades antrópicas provocadas en la cuenca media del río San Francisco en un periodo de 25 años, las cuales han afectado y afectan las dinámicas en los ecosistemas presentes, la desaparición de cobertura vegetal natural, cambios en el uso del suelo, el régimen hidrobiológico, entre otros, hacen parte de los incalculables efectos provocados por la actividad.

Dentro de los principales impactos identificados en el estudio se encuentra: el pastoreo de ganado, el cual ocasiona la compactación de los suelos, y la siembra indiscriminada de papa y fresa en la cuenca. A lo anterior se han establecido las siguientes estrategias para mitigar los impactos negativos producto de los cambios de coberturas vegetales identificados en la cuenca.

1. Restauración ecológica de los ecosistemas degradados:

Esta propuesta debe surgir como una estrategia concertada entre la comunidad y los actores políticos e instituciones competentes, con el fin de recuperar las zonas vegetales degradadas, mediante procesos de restauración ecológica natural o la implementación de procesos de reforestación en la zona de influencia del subpáramo que favorezcan la regeneración de frailejones y la vegetación propia del área de estudio. Esta actividad no es sencilla pero se debe vincular a todos los actores posibles: entidades gubernamentales y no gubernamentales, establecimientos educativos, comunidad organizada en las veredas, para

implementar planes de restauración, zonificación de áreas para la siembra de viveros, monitoreo y vigilancia con el propósito de que provean material vegetal con especies de la zona, para la recuperación de la franja altoandina.

2. Monitoreo a los proceso de restauración ecológica:

Esta estrategia permite recopilar la información necesaria para conocer el desempeño que han tenido las prácticas implementadas de restauración ecológica, de acuerdo con los objetivos planteados. Para lo anterior, se deben definir metas a corto, mediano y largo plazo, así como las variables, indicadores y métodos para la toma y análisis de la información; es aquí donde los sistemas de información geográfica constituyen una de las herramientas organizacionales más completa que permiten manipular grandes cantidades de información para su monitoreo, permite realizar análisis espaciales complejos, en un tiempo determinado, con diferentes escenarios, para así de esta manera obtener resultados poder tomar las decisiones de gestión pertinentes para ajustar la estrategia o las técnicas de restauración.

3. Asistencia técnica

Brindar asistencia técnica para la reubicación y adecuación de actividades productivas de acuerdo al uso compatible de los recursos naturales del subpáramo, los cuales no generen impacto negativo en estas áreas, y de esta manera se promueva el desarrollo de otras alternativas económicas a la comunidad, como por ejemplo el turismo sostenible y sustentable.

4. Educación ambiental.

Generar conciencia ambiental en los actores sociales sobre la importancia de los ecosistemas de páramo, las coberturas vegetales, el recurso hídrico y la vulnerabilidad que tienen frente a cualquier acción antrópica. Se pretende con esta propuesta abrir un espacio en las escuelas rurales de las veredas en zonas de subpáramo y aquellas ubicadas en su zona de influencia, para abordar estas

temáticas a partir de talleres, con el objeto de generar conciencia sobre la problemática y garantizar que las medidas correctivas que puedan implementarse se mantengan en el tiempo y para las futuras generaciones.

5. Investigación científica y saberes ancestrales

Se debe Impulsar la investigación por parte de las entidades territoriales para profundizar los conocimientos sobre los procesos antrópicos que se dan en estos ecosistemas y como lo han afectado, y aunque lo ideal sería que los páramos, estuviesen blindados contra esos problemas, estos no pueden ser ajenos a las dinámicas sociales ya que se debe entender estos ecosistemas como territorios construidos socialmente.

Desarrollar con las comunidades de los páramos estrategias tales como producción sustentable para disminuir el uso de agroquímicos en la producción agrícola en cultivos como la papa y la fresa; para ello se hace necesario por parte de las entidades territoriales una asistencia técnica, involucrando además los saberes ancestrales.

CONCLUSIONES

Como resultado del estudio se evidenciaron cambios significativos de cobertura y uso del suelo de la cuenca media San Francisco del Municipio de Puracé, durante el periodo de 1989 a 2014, debido a procesos antrópicos muy fuertes como la ganadería, la extracción de madera, el uso indiscriminado de fertilizantes y la siembra de papa, lo cual ha generado un deterioro de pérdida en la vegetación nativa de las zonas de páramo y alta montaña de la zona, generando de esta manera fragmentación del bosque y pérdida de la biodiversidad.

Se resalta entre los cambios más representativos y la cobertura predominante durante las tres temporalidades es el Bosque Fragmentado, con un promedio de 1131,76 hectáreas durante los años analizados, siendo 1989 el año que presenta mayor representatividad con 1257 ha., mientras en 1999 hubo una disminución de 169 ha, para finalmente presentar una recuperación en el año 2014 con una totalidad de 1151 ha.

Otro cambio representativo ocurre con el Bosque Abierto Bajo, como la segunda cobertura vegetal con mayor número de hectáreas descritas por Rangel (2000) y Cuatrecasas (1989) en el ítem 6.3 de la pag. 59 del documento. Esta cobertura arbórea representa entre el 30% y 70% del área total de la unidad, sus formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. (CORINE, 2010). El Bosque Abierto Bajo se caracteriza por mantenerse sin intervención de la ganadería o la agricultura, sin embargo, en los recorridos de campo se pudo observar algunas zonas donde se realizaba extracción de madera de forma artesanal, con fines domésticos y comerciales.

En el área de estudio se pudo observar una fuerte tendencia de cambio de bosques a pastos hacia el flanco sur-occidental de la cuenca media del Río San

Francisco, e igualmente en las practicas socio-económicas se evidenció el aumento de la ganadería lo cual incrementó la cobertura de pastos desde finales de 1989.

En la zona media de la cuenca del Río San Francisco se evidencia la influencia de las prácticas agrícolas, pecuarias y actividades de extracción de recursos naturales sobre la pérdida de flora y fauna, en relación a las décadas anteriores a 1989.

En la zona de estudio el sector de menos intervención se encuentra ubicado en el flanco nor-oriental en la zona de montaña negra donde se ubican los bosques más conservados del área de estudio. No obstante en sectores como San Rafael la ganadería viene en un proceso de crecimiento que si bien es menor en relación a otros sectores, tiene gran influencia sobre los ecosistemas de páramo que allí se encuentran.

Es indudable la disminución en el espejo de agua de la Laguna San Rafael e ineludible la influencia de las actividades de ganadería, quemas y de variabilidad climática que han promovido el bajo nivel en el agua de la laguna.

Los resultados de este trabajo demuestran la necesidad acuciante de tomar medidas para la conservación, protección y recuperación de los bosques alto andino, así como de las coberturas de páramo, lagunas y lagunetas de gran importancia en la regulación ecológica y el ciclo hidrológico. Por lo tanto, las instituciones del Estado junto con la comunidad deben aunar esfuerzos en la armonización de las actividades del hombre con la naturaleza.

6. BIBLIOGRAFÍA

ARELLANO, H. (2009). Las unidades ecológicas, los ecosistemas y la fragmentación en áreas de páramo en Colombia. Un enfoque metodológico sobre las consecuencias ecológicas de la intervención antrópica. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Departamento de Biología. Trabajo de Maestría en Biología.

BULLÓN, T. (2003). Definición de coberturas espaciales en el área de Madrid a través de la Teledetección. Trabajo de Maestría, UNIGIS. Quito, Ecuador.

CLARK LABS, (2012). IDRISI Spotlight: Land Change Modeler. Clark Labs, Clark University. Worcester, MA 01610-1477 USA. p. 4.

EASTMAN, J. (2012). IDRISI Selva Tutorial, Manual versión 17. Idrisi Source Code 1987-2012, J. Ronald Eastman. Idrisi Production 1987-2012. Clark University.

FARIAS, R., SIQUEIRA, H., FERREIRA, J., ABDALA, V. y FERREIRA, M. (2012). Diagnóstico de la Persistencia y el Cambio de Ocupación de la Tierra entre 1978 y 2011 en IFTM-Campus Uberaba (Brasil), utilizando el Modelador del Cambio de la Tierra (LCM). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro-Campus Uberaba, Minas Gerais – Brasil. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 679.

FIGUEROA, A. y VALENCIA, M. (2009). Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca. Grupo de Estudios Ambientales, Editorial Universidad del Cauca, Popayán. p. 400.

ICONTEC, (2010). Presentación de trabajos escritos según Normas Icontec 1486 6° Actualización.

JOAQUÍ, S. (2005). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales para ecotopos paramunos caracterizando las intervenciones antrópicas, en una ventana del parque nacional natural Puracé”. Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca.

LOPEZ, A. (2010). ESTIMACIÓN DE CONFLICTOS DE USO DE LA TIERRA POR DINÁMICA DE CULTIVOS DE PALMA AFRICANA, USANDO SENSORES REMOTOS. CASO: DEPARTAMENTO DEL CESAR. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Escuela de Geociencia y Medioambiente. Trabajo de Maestría en Medioambiente y Desarrollo.

MARTÍNEZ, J. 2005. Estudio Espacio Temporal del Proceso de Fragmentación en la Zona Nor-Oriental del Parque Nacional Natural Puracé, Mediante el Análisis de las Comunidades Vegetales. Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca.

MOSQUERA, A. (2009). Caracterización de dos zonas de transición, mediante el análisis de las coberturas vegetales y variables microambientales en una zona de paramo, en el sector nororiental del parque nacional natural Puracé. Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca.

MUÑOZ, F. (2008), Caracterización biofísica, análisis espacio temporal y de intervenciones antrópicas para humedales altoandinos caso tipo laguna de San Rafael, (zona norte) parque nacional natural Puracé y humedal de Calvache. Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca.

REYES, P., MOLANO, J., GONZÁLEZ, F., RANGEL, O., FLÓREZ, A., IRIARTE, P. y KRAUS, E. (1995). EL PÁRAMO, Ecosistema de Alta Montaña. Editorial: Fundación Ecosistemas Andinos; Gobernación de Boyacá. Santa Fe de Bogotá. p. 180.

RANGEL, O. (2010). DIVERSIDAD BIÓTICA X, Cambio Global (Natural) y Cambio Climático (Antrópico) en el Páramo Colombiano. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Instituto de Ciencias Naturales. ISBN 978-958-719-499-9. p. 556.

STURM, H. y RANGEL, O. (1985). ECOLOGÍA DE LOS PÁRAMOS ANDINOS: Una Visión Preliminar Integrada. Universidad Nacional de Colombia. Editora Guadalupe Ltda. Bogotá D.E.

7. REFERENCIAS DE INTERNET

Centro de Recursos IDRISI España. [en línea] 2004; [Fecha de consulta: 12 de Abril de 2016] Disponible en: <http://www.sigte.udg.edu/idrisi/idrisi-selva/land-change-modeller>.

