

Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca Las Tiendas,
Municipio de Pasto, mediante herramientas SIG.
Periodo 1989 – 2002 – 2014

Trabajo de grado presentado para obtener el título de
Especialista en Información Geográfica



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica
Manizales
2015

Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca Las Tiendas,
Municipio de Pasto, mediante herramientas SIG.
Periodo 1989 – 2002 – 2014

Darío Fernando Botina
Santiago Augusto Martínez Bacca
Cristian Arley Portilla

Trabajo de grado presentado para obtener el título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Programa de Especialización en Sistemas de información Geográfica
Manizales
2015

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

*Dios, por llevarnos a su lado a lo largo de esta vida siempre llenándonos de alegría y gozo y por
inspirar nuestro espíritu para la conclusión de esta tesis.*

*nuestras familias, que nos enseñaron todo el valor y toda la fuerza en un solo abrazo
por su apoyo en todo momento y por darnos la posibilidad de salir adelante con todo su amor y
entrega para nosotros sus hijos.*

*A nuestros compañeros de estudio, a nuestros maestros y amigos, sin su ayuda nunca
hubiéramos podido realizar esta tesis.*

*Gracias a todas y cada una de las personas que participaron en la investigación realizada, ya
que invirtieron su tiempo y conocimientos para ayudarnos a completar nuestro proyecto de tesis.*

A todos ellos se lo agradecemos desde el fondo de nuestras almas.

Gracias

Resumen

Para la determinación de la ampliación de la frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas, se identificó los cambios en la cobertura vegetal a través del análisis de teledetección o percepción remota, para lo cual se seleccionó los años 1989 -2002 - 2014.

Para lograr el presente objetivo se realizó la revisión de la información secundaria y el procesamiento de la misma, mediante la cual se obtuvo una visión clara y precisa sobre el área de estudio, caracterizando e identificando los aspectos generales de la microcuenca. El estudio base para el desarrollo del presente documento fue el Análisis de Expansión de la Frontera Agrícola, En la microcuenca las Tiendas, corregimiento de la Laguna, municipio de Pasto, a través de un SIG. Periodo 1989 – 2002, en el cual se identificó las coberturas existente para los años mencionados mediante el procesamiento de las Imágenes Landsat 4 y 7 respectivamente. Para el desarrollo de este trabajo se homogenizo las coberturas identificadas con anterioridad con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales(IDEAM), en el año 2010.

El reconocimiento y verificación en campo fue parte primordial para identificar las diferentes categorías vegetales existentes en el área de estudio. Posteriormente se realizó el procesamiento de la imagen Landsat 8 para el año 2014, por medio del software ERDAS, logrando identificar las coberturas vegetales, igualmente se homogenizó estas coberturas con la metodología antes mencionada.

Se obtuvo entonces la mapificación de las coberturas vegetales según la metodología mencionada, existentes en los años 1989, 2002 y 2014, posteriormente se analizaron y compararon; mediante la mapificación y matriz de cambios según las dinámicas ejercidas en el territorio en los últimos veinticinco años. Dichos resultados hacen de este estudio un insumo necesario para la futura toma de decisiones relacionadas con planificación y la conservación del recurso suelo y agua, como pauta para el establecimiento de acciones relacionadas con la mitigación de impactos ambientales.

Palabras Claves: Imagen satelitales, SIG, Coberturas, Cambio

Abstract

To determine the expansion of the agricultural frontier in the watershed shops, identified changes in vegetation cover through the analysis of remote sensing and remote sensing, for which he was selected the year 1989 -2002 2014.

To achieve this objective review of secondary information and processing it was made, whereby a clear view was obtained and accurate information on the study area, characterizing and identifying the general aspects of the watershed. The baseline study for the development of this document was Analyzing expansion of the agricultural frontier, On the Tiendas micro basin , Township La Laguna town of Pasto, Through A Sig Period 1989 -. 2002, in which the existing coverage was identified to those years by processing the images Landsat 4 and 7 respectively. For the development of this work coverage's previously identified with Corine Land Cover methodology adapted to Colombia by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM), in 2010 was homogenized.

The recognition and field verification was essential to identify the different existing plant categories in the study area part. Subsequently, the image processing strike Landsat 8 2014 was conducted by the software ERDAS succeeded in identifying plant cover, also these hedges was homogenized with the above methodology.

The mapping of the vegetation cover was then obtained according to the methodology above existing in 1989, 2002 and 2014 were subsequently analyzed and compared; by

mapificación and matrix changes as dynamic exercised in the territory in the last twenty years. These results make this study a necessary for future decision-making related to planning and soil conservation resource and as a guideline for establishing actions related to mitigation of environmental impacts input.

Key Words: Satellite image processing, hedges, changes

Tabla de Contenidos

	Pág
Glosario	14
Introducción	16
1. Área Problemática	18
1.1 Descripción	18
1.2 Delimitación	18
1.3 Formulación	20
2. Objetivos	21
2.1 Objetivo General	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3. Justificación	22
4. Marco Conceptual	24
4.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	24
4.2 Cobertura de suelo	25
4.3 Frontera agrícola	25
4.4 Sensores remotos	26
4.5 Imagen satelital	26
5. Antecedentes	28
6. Metodología	31
6.1 Tipo de trabajo	31
6.2 Procedimiento	31
6.2.1 Fase 1: Determinación de las condiciones físico-bióticas de la microcuenca las Tiendas.	31
6.2.2 Fase 2: Identificación de las Coberturas Vegetales existente en la microcuenca las Tiendas en los años 1989-2002- 2014	32
6.2.3 Fase 3. Adaptación de la leyenda	41
6.2.4 Fase 4. Análisis de cambios de cobertura	42

7. Resultados	44
7.1 Determinación de condiciones físico-bióticas de la microcuenca las Tiendas	44
7.1.1 Localización Geográfica	44
7.1.2 Climatología	45
7.1.3Sectorización Hídrica	47
7.1.4 Geología	48
7.1.5 Geomorfología	49
7.1.6 Suelos	52
7.2.Verificación de la cobertura vegetal en el periodo 1989 y 2002	54
7.3 Caracterización semidetallada de cobertura vegetal	57
7.3.1 Categorización de cobertura vegetal	58
7.3.1.1 Territorios agrícolas	58
7.3.1.2. Bosques y áreas seminaturales	59
7.3.2 Leyenda de cobertura vegetal con metodología Corine Land Cover. Landsat 4- 1989	60
7.3.3 Cobertura vegetal Landsat 7-2002 con metodología Corine Land Cover	63
7.3.4 Cobertura vegetal Landsat 8 2014 Con metodología Corine Land Cover	65
7.4 Ampliación de frontera agrícola según el cambio de cobertura vegetal por procesos	68
7.4.1 Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 1989 – 2002	69
7.4.2 Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 2002-2014	71
7.5 Discusión de resultados	75
8. Conclusiones	77
9. Recomendaciones	78
Lista de referencias	79
Anexos	81

Lista de imágenes

	Pág
Imagen 01. Localización del área de estudio.	19
Imagen 02. Localización del área de estudio según catálogo de planchas 1:25.000, del IGAC	33
Imagen 03 Rectificación del sistema de coordenadas	36
Imagen 04. Cálculo NDVI	37
Imagen 05 Áreas de entrenamiento	38
Imagen 06 Clasificación realizada con áreas de entrenamiento	38
Imagen 07 Clasificación final año 2014	39
Imagen 08 Generalización por el método Neighborhood	40
Imagen 09 Clasificación final año 2014	40
Imagen 10 Puntos salida de campo	41
Imagen 11 Contraste de los cambios de la de la frontera agrícola Periodos 1989-2002 y 2002-2014	74

Lista de tablas

	Pág
Tabla 01.Imágenes satelitales Landsat.	33
Tabla 02.Características Landsat.	35
Tabla 03 Niveles de Coberturas vegetales a la metodología Corine Land Cover establecida para la Microcuenca las Tiendas	42
Tabla 04 Información Estación Meteorológica Wilquipamba	45
Tabla 05 Geología Microcuenca las Tiendas	48
Tabla 06 Coberturas identificadas en la imagen Landsat año 1989	54
Tabla 07 Coberturas identificadas en la imagen Landsat año 2002	54
Tabla 08 Registro fotográfico	55
Tabla 09 Cobertura vegetal Landsat 4- 1989	61
Tabla 10 Cobertura vegetal Landsat 7- 2002	63
Tabla 11 Cobertura vegetal Landsat 8 2014	66
Tabla 12 Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 1989 – 2002	70
Tabla 13 Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 2002-2014	72
Tabla 14 Cambios De Cobertura En 1989-2002-2014	76

Lista de Gráficas

	Pág
Esquema 01 Model Builder intersección de coberturas	43
Gráfica 01 Precipitación Promedio	46
Gráfica 02 Evaporación Promedio	47
Gráfica 03 Porcentaje de Cobertura año 1989	62
Gráfica 04 Porcentajes Cobertura año 2002	64
Gráfica 05 Porcentajes Cobertura año 2014	67
Gráfica 06 Porcentajes Cambios periodo 1989- 2002	71
Gráfica 07 Porcentajes Cambios periodo 2002- 2014	73

Lista de Anexos

	Pág
Anexo 01 Mapa Base	82
Anexo 02 Mapa Sectorización Hídrica	83
Anexo 03 Mapa Geología	84
Anexo 04 Mapa Geomorfología	85
Anexo 05 Mapa Suelos	86
Anexo 06 Mapa cobertura 1989	87
Anexo 07 Mapa cobertura 2002	88
Anexo 08 Mapa cobertura 2014	89
Anexo 09 Mapa cambios 1989-2002	90
Anexo 10 Mapa cambios 2002-2014	91

Glosario

Cobertura de suelo: El término cobertura comprende los atributos de la tierra, los cuales por estar localizados sobre esta ocupan una porción de su superficie; la cobertura puede originarse de ambientes naturales producto de la evolución ecológica (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (cultivos, represas, ciudades, etc.) (Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica [CIDIF], 2005 p. 59).

Cuenca Hidrográfica: Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar; se delimita por la línea de divorcio de las aguas. Se entiende por línea de divorcio la cota o altura máxima superficial, que divide dos cuencas contiguas (República de Colombia, Decreto 1640)

Frontera Agrícola: Limite visible entre el establecimiento de dos coberturas de tipo natural y uno antrópico (Cultivos-Bosque), realizada principalmente por campesinos y agricultores desde la época de la colonia.

Imagen Satelital: Una imagen satelital es una representación visual de los datos, reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial.

Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] s.f).

Sensores Remotos: Sistemas o instrumentos para captar información de un objeto a distancia. La teledetección o percepción remota se refiere a la adquisición de datos de la superficie terrestre con un sensor remoto, y al procesamiento e interpretación de esos datos.

Sistemas de Información Geográfica (SIG): se definen como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

Introducción

En el departamento de Nariño, la expansión de la frontera agrícola crece continuamente con los años y se acentúa debido a las características del modelo económico existente en el departamento, donde las principales actividades económicas desarrolladas por sus habitantes es de tipo agropecuario, razón por la cual, se necesario el estudio del cambio de coberturas vegetales y determinar la incidencia de los diferentes procesos en el territorio.

La presente investigación se desarrolla debido a la importancia de realizar un análisis del crecimiento de la frontera agrícola a través del tiempo en zonas de recarga hídrica como el área de la microcuenca “las Tiendas”, ubicada en la parte alta de la cuenca del Río Pasto. Con la ayuda de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sensores remotos, las cuales facilitan el análisis del fenómeno y su dinámica de crecimiento durante los años 1989, 2002 y 2014.

La clasificación de las coberturas vegetales identificadas en el área de estudio, se realizó según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, insumo que permite establecer la leyenda de mapas y determinar los cambios multi-temporales según requerimientos y generalidades nacionales.

Como consecuencia este estudio aporta al conocimiento, el diagnostico de condiciones fisico-bióticas de la microcuenca Las Tiendas, la identificación de las coberturas vegetales existente y compara los cambios en las coberturas y su impacto a través del tiempo con ayuda de

herramientas SIG. Insumos que sirven como referencia para la toma de decisiones encaminadas a la protección y manejo de los recursos naturales del área de recarga hídrica del municipio de Pasto, además permite identificar la dinámica de cambios y de ampliación de la frontera agrícola que el área de estudio ha presentado y así mismo permite constituir acciones para mitigar y reducir impactos.

1. Área Problemática

1.1 Descripción

En Colombia la expansión de la frontera agrícola, ha sido reconocida como una de las principales causas de la degradación ambiental en el país, siendo la deforestación la principal causa de la pérdida de amplias zonas boscosas para el establecimiento de cultivos y amplias zonas para pastoreo de ganado afectando la estabilidad de los principales ecosistemas incidiendo negativamente en el equilibrio ambiental y los recursos naturales.

La microcuenca las Tiendas localizada en el corregimiento la Laguna, no es ajena a esta problemática, a pesar de pertenecer a la cuenca alta del Río Pasto la cual es fuente principal del acueducto que abastece a la ciudad de Pasto, presenta un crecimiento de la frontera agrícola afectando principalmente al ecosistema de páramo, fábrica natural de agua única en el mundo; afectación realizada principalmente por parte de los pobladores del corregimiento de la Laguna donde la actividad económica principal es de tipo agrícola y pecuaria afectando la calidad ambiental de la microcuenca en términos de calidad y cantidad de los recursos naturales, afectando la biodiversidad y los nichos ecológicos existentes en la microcuenca Las Tiendas.

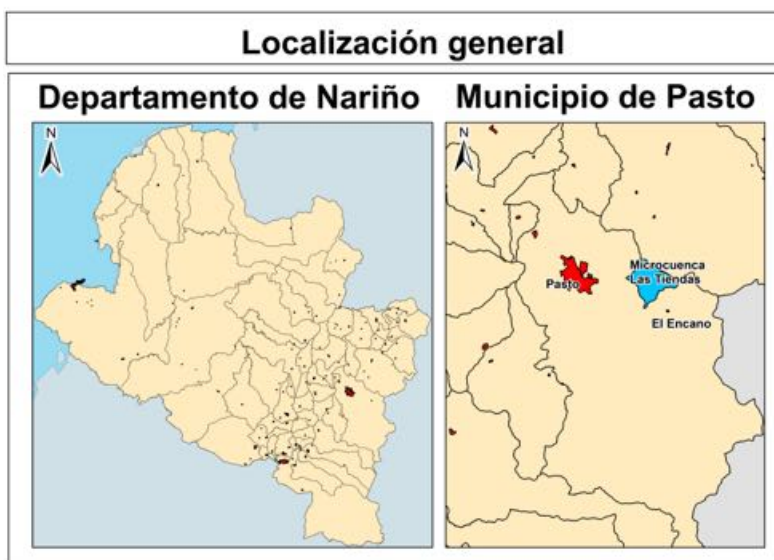
1.2 Delimitación

La cuenca del Río Pasto es uno de los principales afluentes del Río Juanambú, el cual hace parte de la gran cuenca del Río Patía que nace en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes en el Departamento de Nariño, al sur occidente de Colombia. Se

distribuye entre las coordenadas planas 659.000 – 615.000 de norte a sur y 965.000 – 993.000 de occidente a oriente según sistema de referencia oficial adoptado para Colombia por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Marco Geocéntrico Nacional de Referencia - Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (MAGNA SIRGAS) y con coordenadas geográficas con Latitud $1^{\circ} 03' 15''$ - $1^{\circ} 16' 10''$, Longitud $77^{\circ} 8' 14''$ - $77^{\circ} 22' 18''$ según el sistema de referencia mundial WGS84.

La microcuenca las Tiendas se encuentra localizada en la cuenca alta del Río Pasto, en el corregimiento la Laguna, municipio de Pasto, en la vertiente oriental del sistema orográfico de los Andes, nace a una altura de 3.600 m.s.n.m. en el páramo de Bordoncillo, con temperaturas promedio entre 3° a 6° C y con un área de 2494 hectáreas aproximadamente (Corporación Autónoma Regional de Nariño [CORPONARIÑO], 2011: 17).

Imagen 01
Localización general



Fuente: Éste estudio

1.3 Formulación

¿Cuál ha sido la expansión de la frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas, corregimiento la Laguna, Municipio de Pasto?

Las cuencas hidrográficas se han considerado como ecosistemas de suma importancia para la sociedad, ya que de ellas depende que se garantice en primera instancia, la calidad y cantidad del recurso agua; por tal motivo se conforman en unidades de planificación y manejo ambiental, colocándolas en el centro de una serie de actividades socioeconómicas de una región. A pesar de lo anterior, la constante intervención del hombre, causada por la ampliación de la frontera agrícola hacia estos ecosistemas tan frágiles, ha ocasionado el deterioro ambiental.

Es así como la microcuenca las Tiendas, no es ajena a esta situación ya que presenta un alto grado de intervención antrópico, reflejado en la expansión de la frontera agrícola, afectando el equilibrio natural de esta biota.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar la expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca las Tiendas, corregimiento la Laguna, Municipio de Pasto, mediante herramientas SIG, en los años de 1989, 2002 y 2014.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar las condiciones físico-bióticas de la Microcuenca las Tiendas.

Identificar las coberturas vegetales existentes en la Microcuenca las Tiendas en los años 1989, 2002 y 2014.

Implementar la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia en la Microcuenca las Tiendas para los años 1989, 2002 y 2014.

Comparar mediante análisis multitemporal el cambio en las coberturas y su impacto en la microcuenca las Tiendas, para los años 1989, 2002 y 2014, a través de herramientas SIG.

3. Justificación

Las cuencas hidrográficas han soportado fuertes presiones sobre sus recursos naturales, principalmente agua, suelo y bosques; debido a la falta de sensibilización de las comunidades hacia la conservación y buen manejo de estos recursos.

La microcuenca las Tiendas ubicada en la subcuenca alta del Río Pasto es un sector que se caracterizó por estar relativamente libre del deterioro ecológico, ya que abarca el área de nacimiento del Río Pasto en el páramo de Bordoncillo, pero a causa de la masiva acción antrópica por la ampliación de la frontera agrícola, este espacio se ha visto afectado por innumerables problemas ambientales.

La microcuenca las Tiendas está conformada por once quebradas que nacen en el páramo de Bordoncillo y la cuchilla del Tábano drenando una superficie de 29.94 km², representando una de las más grandes microcuencas y la única que aún cuenta con parte de bosque primario, siendo de gran importancia, porque junto con el páramo regulan el agua .

Ante la situación es urgente la acción de todos los actores involucrados e instituciones competentes, como la participación de la comunidad en la elaboración de procesos de sensibilización que conlleve a un adecuado manejo de la planificación integral y sostenible de los recursos naturales, asociado a una educación integral consciente con los propósitos que se pretenden.

Por ello, se justifica elaborar un análisis de expansión de la frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas, con el fin de conocer a fondo los problemas, determinar cuál ha sido el motor de este fenómeno, y la manera como ha incidido en el deterioro de este ecosistema a través de herramientas de Sistemas de Información Geográfico (SIG), en el periodo comprendido entre los años 1989, 2002 y 2014.

4. Marco Conceptual

Para el desarrollo de este proyecto se tiene en cuenta diferentes conceptos que permiten comprender y analizar el proceso de crecimiento de la frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas bajo este contexto se adoptan conceptos como:

4.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG): Los sistemas de información geográfica son una integración organizada de hardware, software y procedimientos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos geográficos referenciados espacialmente para la solución de problemas complejos de la planificación y gestión. (Gutiérrez y Gould. 2000: 14).

Para realizar y analizar ejercicios de carácter geográfico se toma los Sistemas de Información Geográficos (SIG) como herramientas de trabajo esenciales en el ordenamiento territorial y en la gestión de los recursos naturales, ya que tienen varias utilidades para representar y gestionar grandes volúmenes de datos, además de almacenar información geográfica con lo que es posible conocer la posición exacta de cada elemento en el espacio y su información atributiva, datos alfanuméricos comúnmente utilizados para la elaboración y actualización de cartografía. Por otro lado, Rhind (1990) en Foster, M.J. y Shand, P. J. afirma: “son diferentes las cuestiones a las que puede responder un SIG y distingue seis grandes tipos de cuestiones a las que un SIG puede responder; localización, condición, tendencia, ruta, pautas y modelos. En otras palabras que hay, en donde, que ha cambiado, cual es el mejor camino, cuales son las pautas que existen y que ocurriría sí” (p. 218-223). Cuestiones que son de vital

importancia en el que hacer geográfico permitiendo la precisión de la información trabajada, facilitando el análisis para la toma de decisiones para cada caso de estudio.

4.2 Cobertura de suelo: Aspecto morfológico y tangible del suelo. Comprende todos los aspectos que hacen parte del recubrimiento de la superficie terrestre, de origen natural o cultural, que sean observados y permitan ser medidos con fotografías aéreas, imágenes de satélite u otros sensores remotos (Corporación Autónoma Regional del Valle [CVC], 2010). En el informe del CIAF (2005: 59), el término cobertura comprende los atributos de la tierra, los cuales por estar localizados sobre esta ocupan una porción de su superficie; la cobertura puede originarse de ambientes naturales producto de la evolución ecológica (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (cultivos, represas, ciudades, etc.).

4.3 Frontera agrícola: Límite visible entre el establecimiento de dos coberturas de tipo natural y uno antrópico realizada principalmente por campesinos y agricultores desde la época de la colonia. Para Guerrero y Ortega (2012), son los mismos pobladores cercanos a estas áreas los que transforman ecosistemas para la implementación de la ganadería y cultivos, convirtiéndose en colonizadores de estas zonas, siendo esta la única manera de subsistir, ya que son personas en su mayoría de bajos recursos económicos con problemas de tipo social sumado a la deficiente política de ordenación del territorio coadyuvan a la ampliación de la frontera agrícola hacia lugares de conservación (p. 31).

4.4 Sensores remotos: Los sensores remotos son sistemas o instrumentos para captar información de un objeto a distancia (*remote sensor*). La teledetección o percepción remota (*remote sensing*) se refiere a la adquisición de datos de la superficie terrestre con un sensor remoto, y al procesamiento e interpretación de esos datos. Más específicamente, la teledetección es la captación de las características físicas de la superficie terrestre, basada en mediciones de radiación reflejada y emitida de cada componente de esa superficie (Servicio Geológico Minero Argentino [SEGEMAR], s.f.).

4.5 Imagen satelital: Una imagen satelital es el producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial mediante la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste, producto que posteriormente se transmite a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y análisis. Existen diferentes tipos de imágenes satelitales, dependiendo del tipo de sensor y de la finalidad de captación con la que fue construido, al día de hoy, existe una muy amplia gama de tipos de imágenes satelitales que hoy se utilizan en las más diversas áreas, dependiendo de su resolución espacial así como de la información espectral que poseen; desde el espionaje militar, el monitoreo del cambio climático, monitoreo de incendios e inundaciones, seguimiento de huracanes y tifones hasta evaluaciones multiespectrales de vegetación (TELEDET, s.f.).

Las Imágenes satelitales son matrices de celdas llamadas píxeles, formadas por un determinado número de filas y columnas. Cada una de estas celdas representa un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo que se puede distinguir dentro de la

imagen. El tamaño de la superficie que puede ser representada (es decir, el tamaño del píxel) varía dependiendo del satélite y de los sensores que tomen la imagen (SCAN TERRA, S.f.).

5. Antecedentes

Para la cuenca del Río Pasto y su área de influencia se han realizado diversos trabajos investigativos de gran importancia, que ofrecen una caracterización general sobre varios aspectos importantes de la cuenca y sus diferentes características, que además sirven como base para la elaboración de nuevos estudios. Entre los trabajos de carácter regional que se han desarrollado se tienen en cuenta los que tiene relación directa con este proyecto:

Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca las Tiendas, corregimiento la laguna municipio de Pasto, a través de un SIG. Periodo 1989 – 2002

Este trabajo de grado realizado en el año 2005, por los estudiantes Martínez Santiago Augusto, Martínez Juan Alberto y Sotto, Byron Thomas, analiza el crecimiento de la frontera agrícola y su incidencia en el deterioro ecosistémico del mismo, en la misma área de estudio del presente proyecto de investigación, razón por la cual se toma como base para el desarrollo este proyecto para los años 1989 y 2002.

El estudio se desarrolla en base a herramientas SIG, utilizando para el análisis y manipulación de los datos los programas ILWIS y ArcView; Y para el análisis de la expansión de la frontera agrícola se utilizaron imágenes de satélite Landsat 4 y Landsat 7, realizando procesos digitales para realizar la clasificación de la cobertura vegetal para los años 1989 y 2002.

Índice de Escasez Cuenca Río Pasto. Estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional de Nariño en el año 2009, en el marco del “Programa del manejo integral del recurso

hídrico en el departamento de Nariño”, en donde estableció la definición del índice de escasez de agua, con la intención de establecer un indicador bajo la metodología para el desarrollo del cálculo del índice de escasez que encamine la toma de decisiones referente al ordenamiento y reglamentación hídrica, a través de la identificación de la demanda de agua ejercida por las diferentes actividades socioeconómicas y la cuantificación de la disponibilidad de agua superficial (CORPONARIÑO, 2009)

Agenda Ambiental del Municipio de Pasto. Documento que se constituye como base instrumental para fortalecer en el municipio de Pasto la Gestión Ambiental. Este estudio se trabajó de la mano con la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO) y el Municipio de Pasto para la implementación del Sistema de Gestión Ambiental Municipal, impulsando bienestar humano a través del respeto y la solidaridad. Donde se destacan características generales y específicas que sirven como referencia para el desarrollo para el presente estudio.

Plan de ordenamiento y manejo de la microcuenca Barbero. el plan de ordenamiento y manejo de la microcuenca Barbero, Cuenca Alta del Río Pasto, Municipio de Pasto realizado por la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), la Secretaría de Gestión y Saneamiento Ambiental de la Alcaldía de Pasto y la Universidad de Nariño con el Grupo de Estudios y Acciones Ambientales (GREDA). propone alternativas de manejo a través del reconocimiento de las potencialidades y limitantes dentro de las dimensiones: ecológica, económica, político – ideológica, Institucional administrativas – fiscal financiera, e infraestructural encontradas en la zona de estudio, bajo las disposiciones del decreto 1729 de

2002, basándose en la construcción de tres momentos: Imagen ambiental actual, deseada y posible, establece las bases técnicas y sociales para el desarrollo de propuestas y estrategias encaminadas al manejo de dichos recursos los cuales se encuentran directamente relacionados con la población siendo determinantes en la calidad de vida de las mismas (p. 180).

Plan de Ordenamiento de la cuenca del Río Pasto 2011: presenta una radiografía de la situación de esta corriente, detalla las fuentes de contaminación y su estado de calidad, para posteriormente plantear sobre un escenario alcanzable y estructurado sobre la base del conocimiento de las necesidades del ecosistema y de las comunidades y establece al PORH de Pasto como un documento de vital importancia donde se planifica el aprovechamiento y uso sostenible del recurso en su componente de calidad y cantidad.

6. Metodología

6.1 Tipo de Trabajo

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta la investigación aplicada al análisis espacial con la ayuda de herramientas SIG, para determinar la ampliación de la frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas en los años 1989, 2002 y 2014.

6.2 Procedimiento

El proceso metodológico para el desarrollo de este proyecto comprendió 4 fases en consideración de los objetivos propuestos:

6.2.1 Fase 1: Determinación de las condiciones físico-bióticas de la microcuenca las Tiendas.

Para dar inicio al desarrollo de este proceso investigativo, se identificó las condiciones físico-bióticas de la microcuenca las Tiendas; teniendo en cuenta las características de cualquier espacio geográfico como geología, geomorfología, edafología y climatológica, elementos fundamentales para un análisis de expansión de la frontera agrícola. Para tal fin se realizó las siguientes actividades:

a. Revisión de información secundaria. En relación con esta investigación, y los objetivos a desarrollar de la misma se tuvo como base el estudio de Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca las Tiendas, Corregimiento La Laguna, municipio de Pasto, a través de un SIG. Periodo 1989 – 2002. Además de la revisión del Plan de Ordenamiento de la cuenca del Río Pasto 1999 y 2011 y de la Agenda Ambiental del Municipio de Pasto.

b. Síntesis de la información documental: se realizó con la información recolectada, además de hacer una depuración de la información espacial acorde al estudio; lo que conllevó a tener una mayor aproximación a las características físico - bióticas de manera general para el área de estudio en temas geomorfológicos, geológicos, hídricos, suelos y zonas de vida.

6.2.2 Fase 2: Identificación de las Coberturas Vegetales existente en la microcuenca las Tiendas en los años 1989-2002- 2014

a. Elaboración del mapa base e identificación de Imágenes satelitales Esta actividad se realizó para la identificación del área de estudio según información oficial por parte del IGAC a escala 1:25000, que para este caso correspondió la plancha No. 429-II-D en formato digital, y que sirvió como insumo fundamental para la elaboración del mapa base y para la sectorización hídrica de la microcuenca las Tiendas utilizando los parámetros cartográficos correspondientes al sistema de coordenadas oficial asignado por el IGAC. (Ver Mapa Base, Anexo 1).

Imagen 02

Localización del área de estudio según catálogo de planchas 1:25.000, del IGAC.



Fuente: Éste estudio

Teniendo en cuenta que para el desarrollo del presente proyecto se toma como base el estudio de Análisis de expansión de la frontera agrícola en la microcuenca Las Tiendas (p. 48), en donde se realizó un análisis del crecimiento de las actividades agrícolas por medio de imágenes satelitales del programa Landsat TM 4 y 7, para los años 1989 y 2002 respectivamente. Se utilizó una imagen satelital similar para el año 2014, después de identificar características como localización y nubosidad, se inicia el proceso de descarga de cada una de las bandas para el satélite Landsat 8, el cual recolecta imágenes de toda la Tierra cada 16 días. Los datos recogidos por los instrumentos a bordo del satélite están disponibles para descargar de forma gratuita por medio de las páginas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Las imágenes satelitales del programa Landsat, que fueron utilizadas para identificar las coberturas de suelo y la ampliación de la frontera agrícola para los años 1989, 2002 y 2104, en la microcuenca Las Tiendas son:

Tabla 01

Imágenes satelitales Landsat

Imagen	Años	Referencia	Resolución
Landsat 4	1989	p009r59_4t19890807.TM	30 metros por 30metros
Landsat 7	2002	L71009059_05920020912.TM	
Landsat 8	2014	LC80090592014024LGN00.	

Fuente: Éste estudio

b. Procesamiento digital de imágenes: Para el desarrollo de esta actividad se hizo necesario la manipulación del software ERDAS Imagine 2011 y ArcGIS, como herramientas para el procesamiento digital de la imagen Landsat 8 para el año 2014 y que sirvió para la identificación del crecimiento de la frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas para este año. Para este proceso se tuvo en cuenta:

♦ **Resolución Espacial:** la cual designa el objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen, corresponde al tamaño de la mínima unidad del pixel, a menor tamaño de pixel se aumenta la probabilidad de identificar con mayor detalle un objeto.

♦ **Resolución Espectral:** indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede detectar un sensor, un sensor será mejor mientras más bandas proporcione y mientras más estrechas sean.

♦ **Resolución Temporal.** Se refiere a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor y la periodicidad con que este adquiere los datos de la misma porción de la superficie terrestre.

Tabla 02
Características Landsat

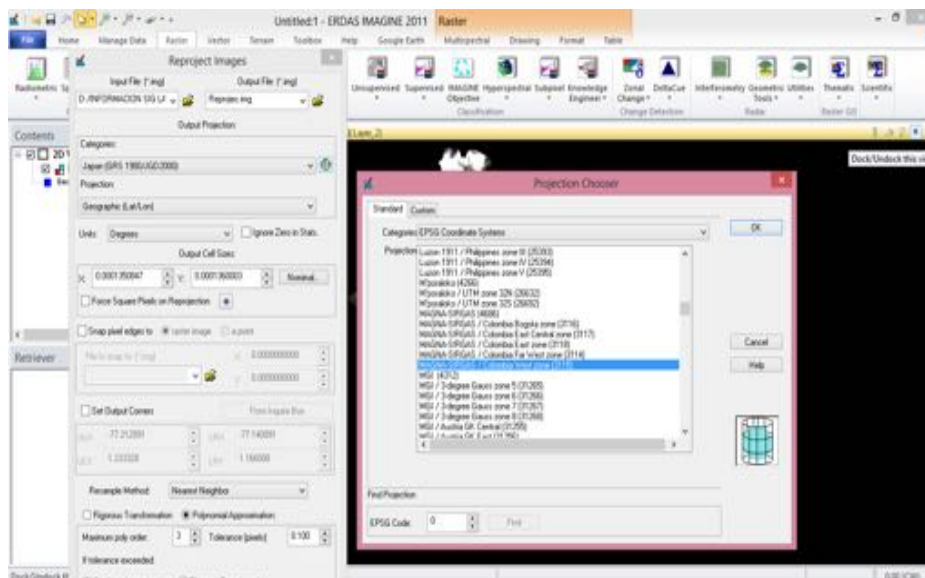
Landsat 8		
Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 1 Coastal	0.43 – 0.45	30
Band 2 Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 NIR	0.85 – 0.88	30
Band 6 SWIR1	1.57 – 1.65	30
Band 7 SWIR2	2.11 – 2.29	30
Band 8 Pan	0.50 – 0.68	15
Band 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 TIRS1	10.6 – 11.19	100
Band 11 TIRS2	11.5 – 12.56	100

Fuente: <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>

Debido a que el área de estudio de la microcuenca las Tiendas se encuentra contenido en una parte de la escena de la imagen satelital no se hace necesario la corrección por corrimiento entre empalmes por el uso de otras imágenes para el análisis de la misma, sin embargo, se realizó

una rectificación del sistema de coordenadas de la imagen que se encuentra en WGS 84, hacia el sistema utilizado para Colombia, Magna Sirgas.

Imagen 03
Rectificación del sistema de coordenadas



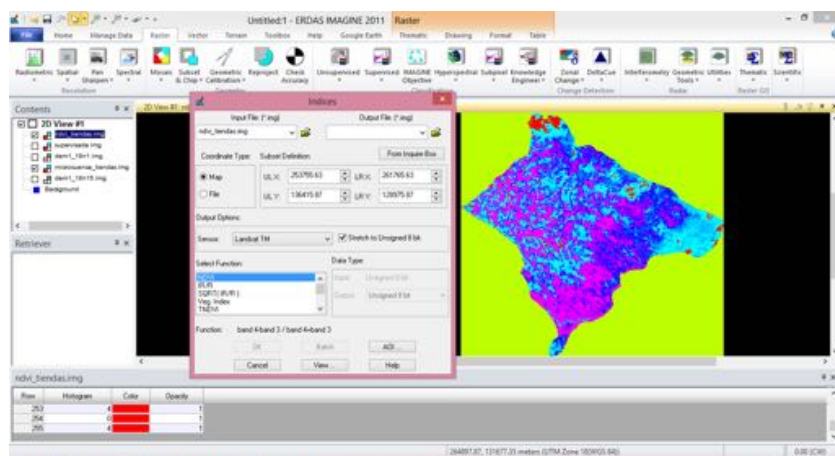
Fuente: Éste estudio

Con el fin de realizar un mejoramiento de algunas características de la imagen satelital Landsat 8, para optimizar el proceso de interpretación visual se realizaron un conjunto de operaciones que permitieron facilitar el análisis para la microcuenca las Tiendas.

Corrección radiométrica : Estas correcciones se realizan para eliminar las distorsiones provocadas por la interferencia de la atmosfera en la radiación reflejada por la superficie, para ello se llevó a cabo correcciones radiométricas que tratan de acercar los niveles digitales originales a los que habría en caso de una recepción ideal.

Se realiza el cálculo del índice de vegetación para discriminar cubiertas que presenten un comportamiento reflectivo distinto en dos o más bandas como por ejemplo, realzar suelos y vegetación. Su cálculo se basa en la comparación de la cantidad de luz reflejada en el visible rojo y el infrarrojo cercano para el área de la microcuenca las Tiendas.

Imagen 04
Cálculo NDVI



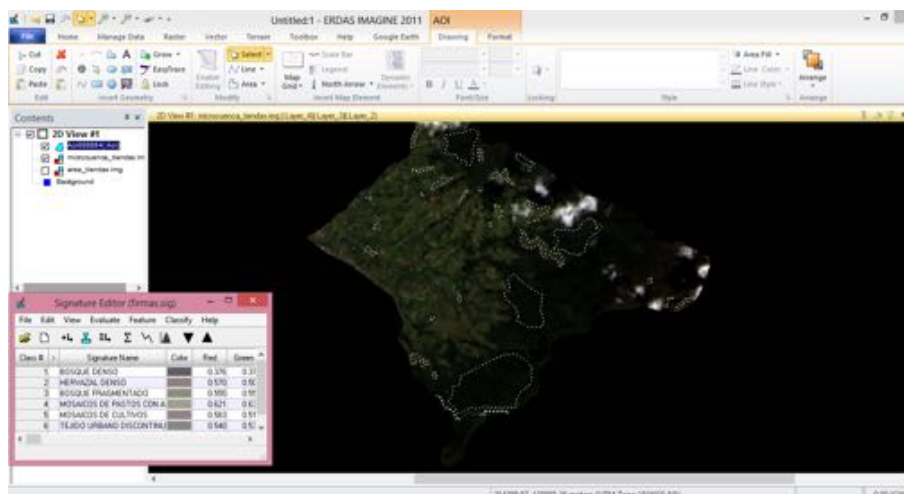
Fuente: Éste estudio

Clasificación de las coberturas vegetales: Este proceso consistió en agrupar los píxeles en un número finito de clases individuales o categoría de datos, con base en los niveles digitales de la imagen satelital, con el fin de identificar los diferentes tipos de coberturas.

El método seleccionado para realizar la clasificación de las coberturas vegetales fue el método de clasificación supervisada debido a que existe un cierto conocimiento previo del área de estudio y de los tipos de coberturas.

Imagen 05

Áreas de entrenamiento

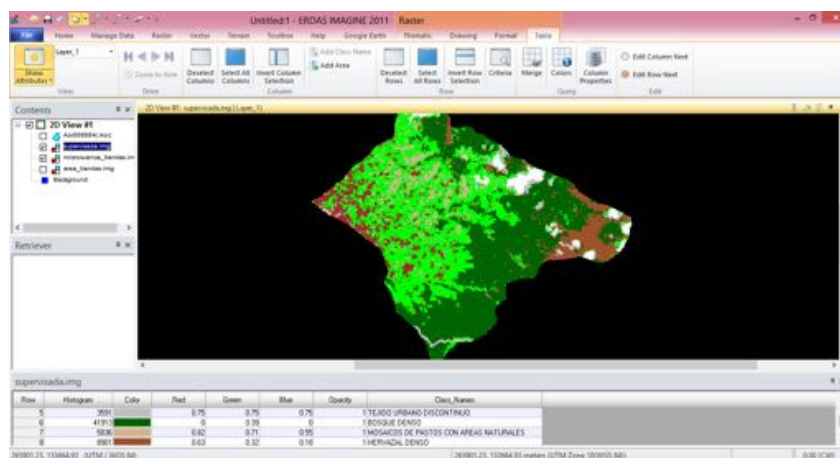


Fuente: Éste estudio

Después de obtener las firmas de la imagen con la creación de las áreas de entrenamiento estas se manipulan teniendo en cuenta que se debe realizar su evaluación mediante análisis matriz de contingencia, separabilidad de firmas, estadísticas e histogramas y curvas espectrales.

Imagen 06

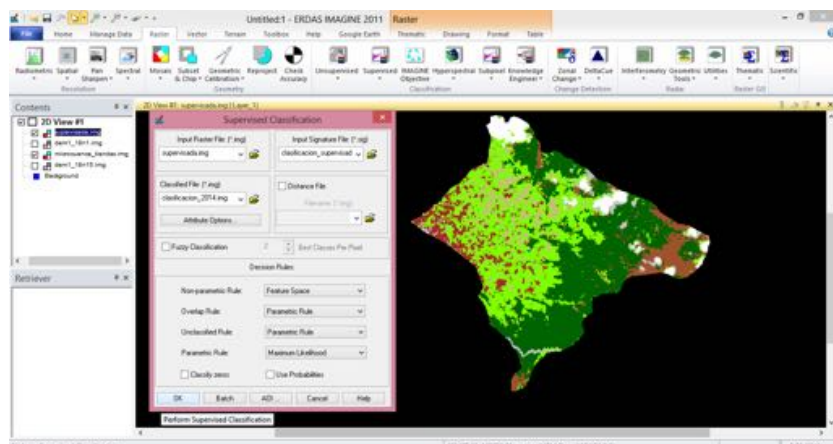
Clasificación realizada con áreas de entrenamiento



Fuente: Éste estudio

Con el análisis de las clases individuales de las capas temáticas se procedió a la realización de la clasificación de la cobertura vegetal en definitiva, teniendo en cuenta el método de clasificación supervisada. Se eligió el método de máxima probabilidad, el cual asume que los datos siguen una función de distribución normal para asignar la probabilidad de que un pixel cualquiera pertenezca a cada una de las clases. El pixel se asigna de este modo a la clase a la que es más probable que pertenezca. Este método puede usarse de forma automática, o puede establecerse algún criterio que permita asignar pixeles a una clase sólo si la probabilidad correspondiente es superior a determinado umbral (Universidad de Murcia, s.f.).

Imagen 07
Clasificación final año 2014



Fuente: Éste estudio

Finalmente, se realizó una edición final de los resultados para la presentación de la clasificación cada clase temática generada, razón por la cual se generalizó las signatures espectrales resultantes debido a que se encuentran pixeles aislados, los cuales no representan un área significativa, por lo cual se hace la generalización con la finalidad de que las clase predominantes absorban estos pixeles.

Imagen 08

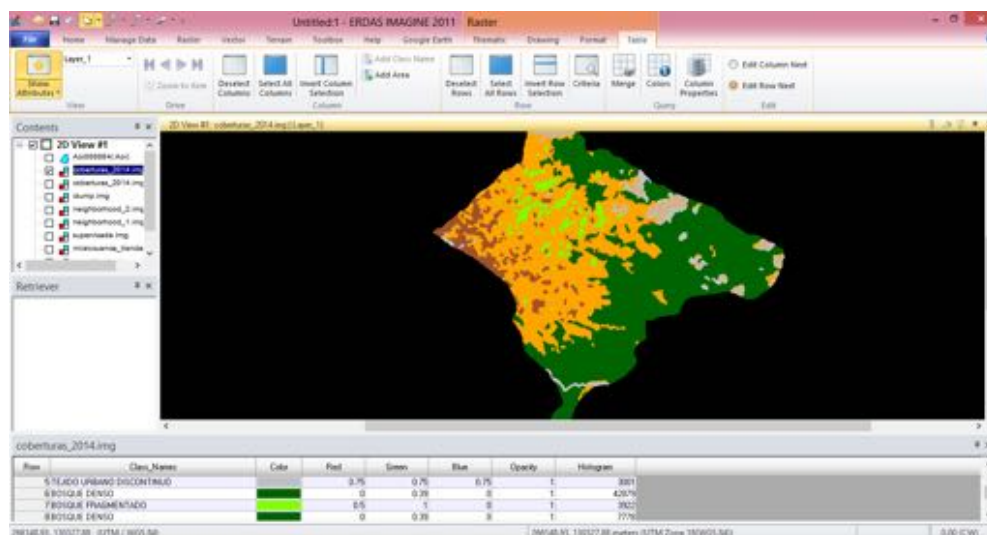
Generalización por el método Neighborhood



Fuente: Éste estudio

Imagen 09

Clasificación final año 2014

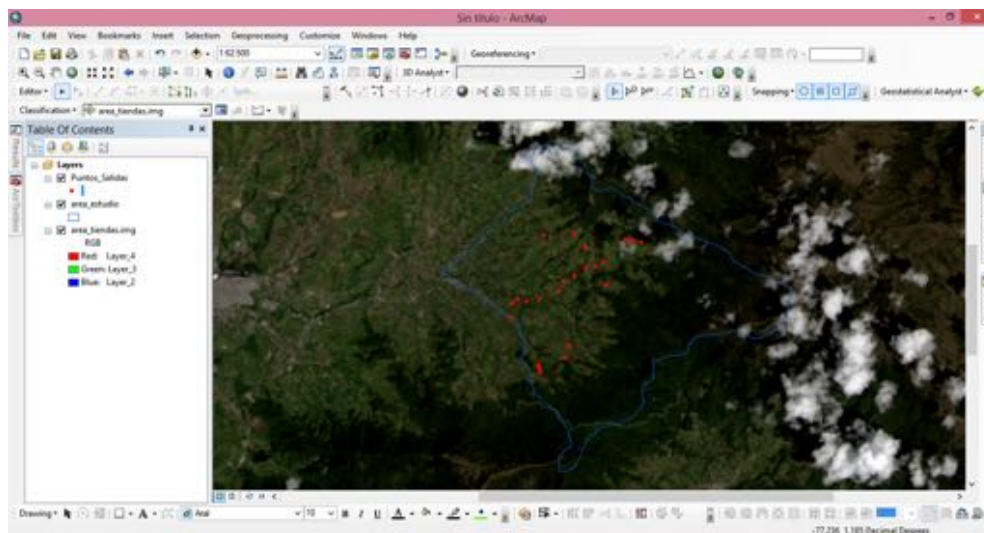


Fuente: Éste estudio

c. Trabajo de Campo: se realizaron 2 visitas al área de estudio con el fin de realizar un reconocimiento en campo para la verificación de las coberturas vegetales existentes en el

área de estudio. Para los recorridos realizados se tuvieron en cuenta zonas donde existía ambigüedad en la información y asignación de coberturas para realizar ajustes en la clasificación para el año 2014.

Imagen 10
Puntos salida de campo



Fuente: Éste estudio

6.2.3 Fase 3. Adaptación de la leyenda

En esta fase se homogeniza y se adapta la información de las coberturas vegetales de los años de estudio 1989, 2002 y 2014 a la metodología Corine Land Cover establecida para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM.) Cabe resaltar que la cobertura vegetal de páramo, se encuentra identificada en la memoria de la metodología utilizada dentro del nivel de bosques y áreas seminaturales, a partir de nivel tres, identificado como herbazal y ahí como herbazal denso.

Tabla 03
Niveles de Coberturas vegetales a la metodología Corine Land Cover establecida para la Microcuenca las Tiendas

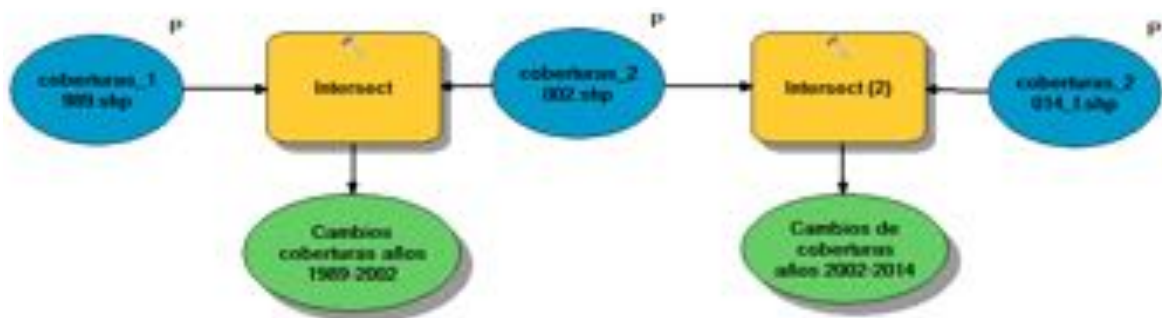
NIVEL_1	NIVEL_2	NIVEL_3
Territorios Artificializados	Zonas Urbanizadas	Tejido Urbano Discontinuo
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosques Denso
		Bosque Fragmentado
	Áreas con vegetación Herbácea y/o Arbustiva	Herbazal
Territorios Agrícolas	Áreas Agrícolas Heterogéneas	Mosaico de cultivos
		Mosaico de pastos espacios naturales
		Mosaico de Cultivos, pastos y espacios naturales

Fuente: Metodología Corine LandCover 2010 - Este Estudio

6.2.4 Fase 4. Análisis de cambios de cobertura

En esta fase se realizó el análisis de los cambios de cobertura vegetal en la microcuenca las Tiendas entre los periodos 1989-2002 y 2002-2014. Con lo anterior se identificó la dinámica de ampliación de la frontera agrícola, aplicando un modelo simple de intersección de las coberturas del año 1989 con el 2002, de igual manera para el periodo 2002 y 2014, permitiendo realizar un análisis de estos cambios.

Esquema 01
Model Builder intersección de coberturas



Fuente: Éste estudio

7. Resultados

7.1 Determinación de condiciones físico-bióticas de la microcuenca las Tiendas

Para explicar las condiciones físico-bióticas presentes en la microcuenca las Tiendas, se analizó el documento elaborado por CORPONARIÑO: Actualización Plan de Ordenamiento de la cuenca del río Pasto. El documento presenta los principales aspectos ambientales que explican la condición actual de la cuenca del Río Pasto, en donde existe una mayor amplitud hacia la parte alta de la cuenca, debido a la falta de información, al mismo nivel, que en la parte media y baja constituyéndose en el limitante para la consulta y actualización de la información de la cuenca. Así mismo se tomó como base el documento de la Agenda ambiental para el municipio de Pasto.

7.1.1 Localización Geográfica

La cuenca del Río Pasto es uno de los principales afluentes del Río Juanambú, el cual hace parte de la gran cuenca del Río Patía que nace en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes en el Departamento de Nariño, al sur occidente de Colombia. Se distribuye entre las coordenadas 659.000 – 615.000 de norte a sur y 965.000 – 993.000 de occidente a oriente según sistema de referencia oficial adoptado para Colombia por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Marco Geocéntrico Nacional de Referencia -Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (MAGNA SIRGAS). y con coordenadas Geográfica con Latitud 1° 03' 15''- 1° 16' 10'', Longitud 77° 8' 14''- 77° 22' 18'' según el sistema de referencia mundial WGS84.

La microcuenca las Tiendas se encuentra localizada en la cuenca alta del Río Pasto, en el corregimiento la Laguna, municipio de Pasto, en la vertiente oriental del sistema orográfico de los Andes, nace a una altura de 3.600 m.s.n.m. en el páramo del Bordoncillo. Geográficamente la microcuenca las Tiendas se encuentra localizada según el sistema de referencia MAGNA - SIRGAS, entre las coordenadas:

Coordenadas planas	
X	Y
985.000	620.000
994.000	629.000

Coordenadas Geográfica	
Latitud	1° 03' 15''
	1° 16' 10''
Longitud	77° 8' 14''
	77° 22' 18''

7.1.2 Climatología

Para este ítem se tuvo en cuenta información estación meteorológica de Wilquipamba, ya que esta estación está dentro del área de estudio, con un periodo comprendido entre los años de 1992 a 2012; los parámetros a analizar fueron: precipitación, evaporación.

Tabla 04
Información Estación Meteorológica Wilquipamba

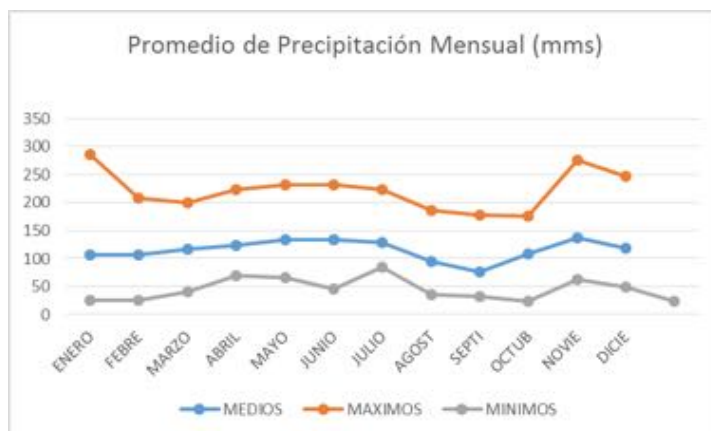
Estación	52045070 Wilquipamba
Fecha-instalación	1990-mayo
Elevación	2850 m.s.n.m
Regional	07 Nariño-cauca
Corriente	Pasto

Fuente. IDEAM

Precipitación y Evaporación

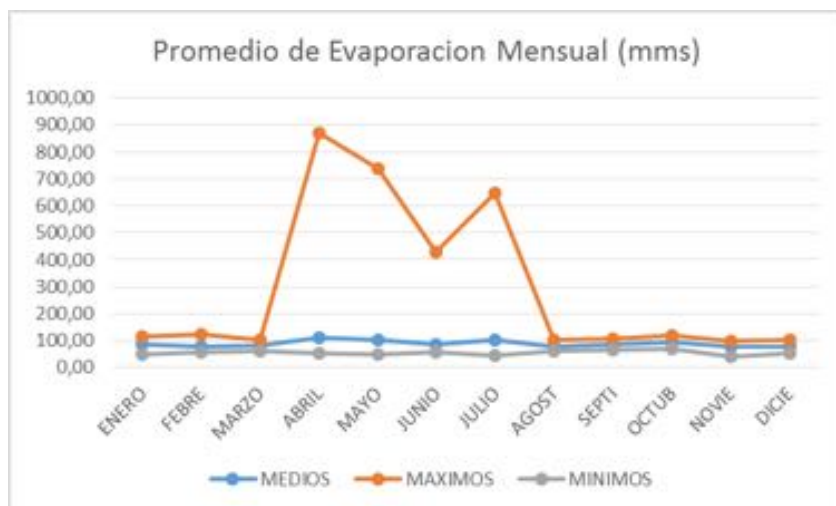
La precipitación se define como el agua proveniente del vapor de agua de la atmósfera, depositada en la superficie de la tierra de cualquier forma como lluvia, granizo, rocío, neblina o nieve (COORPONARIÑO, 2011: 46). Para la microcuenca Las Tiendas se presentan una mayor precipitación de 285,8 m.m.s determinado para el mes de enero .y una precipitación mínima 24.3 m.m.s., indicada para el mes de octubre.

Gráfica 01
Precipitación Promedio



Fuente: Éste estudio

Gráfica 02
Evaporación Promedio



Fuente: Éste estudio

7.1.3 Sectorización Hídrica

El recurso hídrico en la microcuenca las Tiendas es abundante, consta de 10 tributarios incluida el área de escurrimiento directo, drena una superficie de 29.94 Km², con un caudal promedio de 91,00Lts/Sg, según el Plan de Ordenamiento de Río Pasto 2011, representando una de las más grandes microcuencas y la única que aún cuenta con parte de bosque primario, como se puede observar, los afluentes son: (Ver Mapa Afluentes, Anexo 2)

- Quebrada Las Pilas
- Quebrada Loma redonda
- Quebrada Garrapatero
- Quebrada El Retiro
- Quebrada El Flautal
- Quebrada Pozo hondo
- Quebrada Las Minas
- Quebrada Zapayurco
- Quebrada La Chorrera
- Área escurrimiento directo

7.1.4 Geología

Para la identificación de la geología del área de estudio, se tomó como información base, la memoria explicativa de la geología de las plancha 429 - Pasto a escala 1:100.000 (Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS], 1991), determinando que la microcuenca las Tiendas presenta las siguientes formaciones.

Tabla 05
Geología Microcuenca las Tiendas

ERA	GRUPO	NOMBRE	SÍMBOLO	Área (Ha)
Cenozoica	Vulcanitas	Lavas y Cenizas + Depósitos Glaciares y Fluvio-Glaciares	TQvlc + Qsgf	2334,550
		Lluvia de Ceniza	Qvc	150,462
		Avalanchas Ardientes y de Escombros	TQva	5,044

Fuente. INGEOMINAS

Lavas y Cenizas + Depósitos Glaciares y Fluvio-Glaciares (TQvlc + Qsgf). Esta unidad es la más representativa en el área de estudio, conformada según la memoria explicativa de la plancha 429, por lavas y/o caídas de ceniza no diferenciables, generalmente hay predominio de lavas que se hallan cubiertas por cenizas o tiene intercalaciones de ellas. Los depósitos netamente glaciares se hallan cubiertos totalmente por vegetación de páramo y sólo son distinguible los el tipo fluvio-glaciár, representados por gravas y arenas principalmente. La datación de los depósitos glaciares se restringe al cuaternario.

Lluvia de Ceniza (Qvc) Representan la actividad explosiva de los diferentes focos volcánicos. Los depósitos se componen fundamentalmente de vidrio, biotita, plagioclasa,

hornblenda, cuarzo, feldespatos potásicos, y fragmentos de pumita. Predominan las composiciones dacíticas y andesíticas.

Avalanchas Ardientes y de Escombros (TQva). Son rocas compuestas principalmente por fragmentos de material formado en el momento de la explosión o de fragmentos de un domo o lava que se colapsa; el color rojizo se debe a los óxidos de hierro sineruptivos. Los depósitos son caóticos, dado el carácter turbulento y violento de flujo, y pueden o no estar soldados, dependiendo del espesor. (Ver Mapa Geológico, Anexo 3)

7.1.5 Geomorfología

Para la identificación de la geomorfología de la microcuenca las Tiendas, se tomó Leyenda Geomorfológica del Departamento de Nariño. Determinada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Ver Mapa, Anexo 4). Según este estudio la microcuenca las Tiendas, presenta un paisaje de montaña categorizado de la siguiente manera:

MB. Con tipo de relieve de coladas de lava, se caracteriza por ser de topografía irregular, relieve fuertemente ondulado, quebrado, pendientes 3-25%, forma plana y ondulada, incisiones poco profundas y relieve quebrado a muy escarpado, pendientes 25-75% y mayores, incisiones profundas, fuertemente disectados, en alturas entre los 2.000 y 4.000 metros.

Escurrecimiento concentrado, presencia de cárcavas, remoción en masa, especialmente solifluxión, terracetas, deslizamientos en forma de avalanchas y de coladas de barro volcánico y

en sectores escarpados los desprendimientos rocosos. Esta unidad es la más predominante en el área de estudio, ubicadas al oriente y norte de la misma.

MK. Con tipo de relieve de depresión, se caracteriza por Relieve plano-cóncavo, pendientes 0-3%, sin disección, en alturas entre los 2.000 y 3.600 metros. En general no hay evidencias de procesos geomorfológicos; sólo algunos sectores presentan movimientos de remoción en masa como solifluxión plástica de tipo patas de vaca. Esta unidad se encuentra ubicada sur del área de estudio.

MF. Son tipo de relieve de loma, se caracteriza por relieve ondulado y moderadamente inclinados a ligeramente escarpados, pendientes entre 7 y 50%, fuerte disección, formando una red de drenaje densa de tipo dendrítico, en alturas entre los 1.000 y 3.000 metros.

Remoción en masa, principalmente deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, golpes de cuchara, formación de terracetas y patas de vaca.

Presentan erosión hídrica laminar y en surcos, grado ligero y moderado y escurrimiento difuso y concentrado.

Algunas unidades presentan una topografía suavizada por el modelado volcánico, producto de las depositaciones de ceniza volcánica que cubre el relieve preexistente. Esta unidad se encuentra ubicada al sur del área de estudio.

ME. Con tipo de relieve Filas y Vigas, se caracteriza por ser de relieve fuertemente quebrado a muy escarpado, pendientes 25-75% y mayores, conforman valles profundos en V, fuerte y moderadamente disectado, desarrollando una red de drenaje densa de tipo dendrítico y subdendrítico, en altitudes entre los 500 y 3.600 metros.

Erosión hídrica laminar y en surcos, ligera y moderada; movimientos de remoción en masa, principalmente deslizamientos, derrumbes, reptación y solifluxión; desprendimientos rocosos y formación de terracetas y patas de vaca.

Presencia de abundantes surcos y cárcavas en grado moderado y algunos sectores en grado severo, especialmente en regiones secas, frecuentemente se presentan sectores con afloramientos rocosos y algunas veces misceláneos de ceniza. Esta unidad se encuentra ubicada al occidente del área de estudio.

MD Con tipo de relieve Filas Relieve muy escarpado, pendientes mayores del 75%, moderada disección, conforman laderas largas e incisiones profundas, en altitudes entre 3.700 y 4.200 metros. Remoción en masa, principalmente deslizamientos, afloramientos rocosos y están afectados por desprendimientos de rocas. Esta unidad se encuentra ubicada al occidente del área de estudio.

7.1.6 Suelos

Para la identificación de las clases de suelos del área de estudio se tomó el estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Ver Mapa, Anexo 5).

III t3. Son suelos de clima frío húmedo y muy húmedo, en relieve moderado a fuertemente inclinado. Los suelos son muy profundos a moderadamente profundos, bien drenados, de texturas moderadamente gruesas y moderadamente finas, muy fuerte a moderadamente ácidos, de fertilidad variada. Su uso está limitado por pendientes inclinadas, heladas frecuentes y por la susceptibilidad a la erosión. Son aptas para cultivos como papa, cebollas, haba, arveja, hortalizas, mora, curuba y pastos como kikuyo y rye grass. Se debe sembrar en sentido transversal a la pendiente, combinar los cultivos limpios con semipermanentes, aplicar fertilizantes, incorporar los residuos de las cosechas, implementar la rotación de potreros, controlar plagas, malezas y enfermedades, evitar el sobre pastoreo y manejar las aguas de escorrentía.

VI sc2. Tierras en clima muy frío húmedo y muy húmedo, en relieve plano moderadamente inclinado. Los suelos son muy profundos, profundos y superficiales, bien drenados, de texturas moderadamente gruesas, muy fuertemente ácidos, de fertilidad baja y alta retención de fosfatos. Su uso está limitado a las bajas temperaturas, fuertes vientos, alta saturación de aluminio y algunos sectores a la poca profundidad efectiva. Tienen aptitud para pastos como poa y kikuyo, así como actividades en silvicultura y vida silvestre y en algunos sectores cultivos como papa, hortalizas, maíz. Se debe fertilizar, aplicar enmiendas, conservar los

bosques naturales, reforestar con especies nativas y protegerlas, ya que representan áreas de abastecimiento de agua.

VIII^{ts}3. Tierras en clima frío húmedo y muy húmedo, en relieves moderadamente escarpados. Los suelos son muy profundos, profundos a moderadamente profundos y algunos superficiales, bien drenados y excesivamente drenados, de texturas variables, muy fuerte a moderadamente ácidos, de fertilidad baja y moderada. Su uso está limitado por las pendientes escarpadas, susceptibilidad a la erosión, alta saturación de aluminio, fertilidad baja y algunos por poca profundidad efectiva. Tienen aptitud para pastos como kikuyo, rye-grass, orejuela, para bosques protectores, productores-protectores y vida silvestre. Se debe mantener y proteger la vegetación natural, eliminar las quemas, controlar la tala indiscriminada y evitar el sobre pastoreo y la sobrecarga de animales.

VIII^{ts}1. Son suelos desarrollados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre andesitas. Se caracterizan por ser profundos, de textura franco arenosa y arenosas en profundidad, bien drenados y de baja retención de humedad.

VIII^{ts}2. Con relieves moderadamente a fuertemente escarpados. Son suelos desarrollados a partir de depósitos de cenizas volcánicas que se destacan sobre esquistos, neis y magmáticas, son bien drenados moderadamente profundos, limitados por la presencia de capa cementada y/o roca.

7.2. Verificación de la cobertura vegetal en el periodo 1989 y 2002

Teniendo como base el estudio. Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca las Tiendas, corregimiento la Laguna, municipio de Pasto, a través de un SIG. Periodo 1989 – 2002. En el cual se identificó las coberturas existentes en el área de estudio, mediante una clasificación supervisada que consistió en seleccionar muestras, en forma de zonas de píxeles concretos, que se asignaron por el usuario a una clase concreta, basándose en el conocimiento previo que se tiene sobre la imagen, con lo cual se identificó y clasificó las imágenes en: cultivos, forestal (bosque primario), forestal 2 (rastrojos y bosque intervenido), pastos y páramo. La información antes mencionada se verificó en este estudio mediante el software ArcGis 10.2.

Tabla 06.
Coberturas identificadas en la imagen Landsat año 1989

Uso	Has	%
Cultivos	414,79	16,66
Forestal	1233,25	49,53
Forestal 2	581,83	23,37
Paramo	95,27	3,83
Pastos	164,91	6,62

Fuente: Este Estudio

Tabla 07
Coberturas identificadas en la imagen Landsat año 2002

Uso	Has	%
Cultivos	578,09	23,21
Forestal	1120,3	44,99
Forestal 2	489,44	19,65
Paramo	89,65	3,60
Pastos	212,7	8,54

Fuente: Este Estudio

Verificación en Campo. Para el presente estudio como se mencionó en la metodología, se realizaron 2 salidas de campo para, lo cual contribuyo a dar una mejor percepción del territorio, las coberturas existentes y las dinámicas a que este se ve expuesto.

Tabla No 08
Registro fotográfico

2005

2015

Cultivo de Papa



Pastos



Fuentes Hídricas-Boque Ripario

Fuentes Hídricas.Pastos



Intervención Frontera Agrícola





Fuente: Este Estudio.

7.3 Caracterización semidetallada de cobertura vegetal

Se realizó la caracterización de las coberturas vegetales presentes en la microcuenca las Tiendas. Por medio de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia y establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM en el 2010. Dicha metodología establece las características generales para la identificación de coberturas. Para el presente estudio se identificaron en las siguientes coberturas para los periodos 1989- 2002 y 2014.

7.3.1 Categorización de cobertura vegetal

En el área de estudio se identificaron las siguientes coberturas vegetales a continuación se describe las categorizadas según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia y su codificación.

7.3.1.1 Territorios agrícolas: son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas (IDEAM, 2010).

Áreas agrícolas heterogéneas: Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales. Se definieron las siguientes unidades:

- **Mosaico de cultivos:** Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, 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
- **Mosaico de pastos con espacios naturales:** Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de

espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

7.3.1.2. Bosques y áreas seminaturales. Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación

I. Bosques: Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. la clasificación de esta categoría está dada por la altura que pueda alcanzar el dosel

- **Bosque denso.** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros.

- **Bosque fragmentado.** 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.

II. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva: Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

- **Herbazal Denso:** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999). Dentro de este nivel se incluye la cobertura de páramo

7.3.2 Leyenda de cobertura vegetal con metodología Corine Land Cover. Landsat 4- 1989.

Realizada la clasificación de la cobertura vegetal de la imagen Landsat 4- 1989. , se identifica cuatro tipos de coberturas en dos categorías principales. En siguiente el cuadro se da a

conocer el área expresada en hectáreas y la categorización de las diferentes coberturas identificadas. (Ver mapa, Anexo 6)

Tabla No 09
Cobertura vegetal Landsat 4- 1989

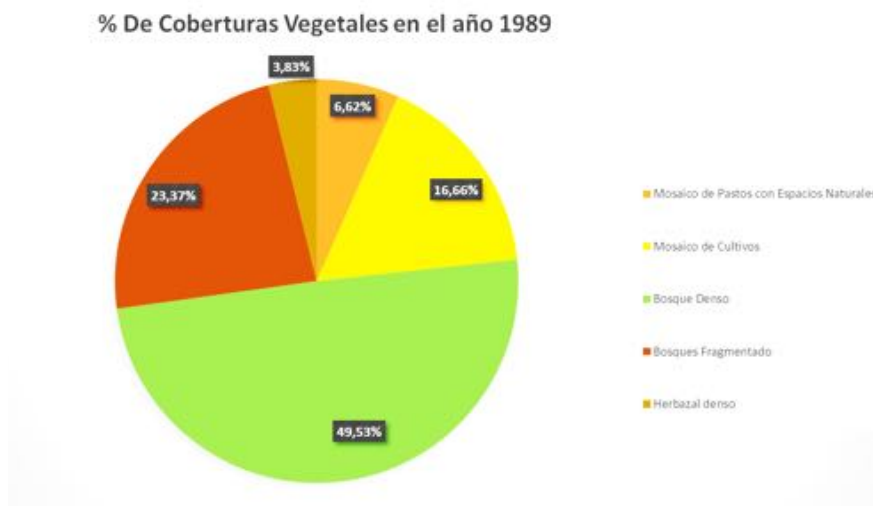
Nivel_1	Nivel_2	Nivel_3	Area_ha
Territorios Agrícolas	Áreas Agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	164,909
		Mosaico de Cultivos	414,797
Bosques y Áreas Semi Naturales	Bosques	Bosque Denso	1233,246
		Bosques Fragmentado	581,829
	Áreas con vegetación Herbácea y/o Arbustiva	Herbazal Denso	95,275

Fuente: Este Estudio.

A nivel de porcentaje según la imagen Landsat 4, para el año 1989 se identifica que la mayor cobertura vegetal presente en el área de estudio, en este año es el bosque denso con un 49,52%, seguida del bosques fragmentados con el 23,36%,

La cobertura de mosaico de cultivos representa el 16,65%, los mosaico de pasto con espacios naturales con un 6,62%, y finalmente la cobertura de herbazal denso con un 3,82% del área total.

Gráfica 03
Porcentaje de Cobertura año 1989



Fuente: Éste estudio

Mosaico de pastos con espacios naturales. Como se muestra anteriormente esta cobertura representa el 6,62% de la cobertura vegetal del año 1989. Esta unidad se encuentra distribuida al occidente de la microcuenca las Tiendas, de manera heterogénea entre los 2800 y 3000 msnm., con mayor presencia, y hacia el oriente entre 3100 y 3150 msnm., en donde se evidencia mayor afectación de la ampliación de la frontera agrícola.

Mosaico de Cultivos. Representa el 16,66%, de la cobertura vegetal, se encuentra al oriente del área de estudio, entre los 2750 y los 3050 msnm., con mayor presencia, y hasta los 3200 msnm., con cultivos dispersos, en donde evidencia la ampliación de la frontera agrícola,

Bosque Denso. Esta cobertura representa el 49,53% de la cobertura vegetal msnm altitudinal. Esta unidad se encuentra ubicada al oriente de la microcuenca las Tiendas, entre los 3050 y 3500 metros sobre el gradiente altitudinal.

Bosque Fragmentado. Representa el 23,37% de la cobertura del año 1989, ubicada entre los 2750 y los 3200 msnm., de manera dispersa entre el centro y el occidente de la microcuenca.

Herbazal Denso. Representada por la cobertura de paramo, con el 3,83% de la cobertura del año 1989, esta cobertura se ubica con mayor presencia al oriente de la microcuenca entre los 3400 y 3600 msnm, y un pequeño parche al nororiente entre los 3300 y 3450 msnm.

7.3.3 Cobertura vegetal Landsat 7-2002 con metodología Corine Land Cover

Realizada la clasificación de la cobertura vegetal de la imagen Landsat 7- 2002. , se identifica cinco tipos de coberturas en dos categorías principales. En siguiente el cuadro se da a conocer el área expresada en hectáreas y la categorización de las diferentes coberturas identificadas. (Ver Mapa, Anexo 7)

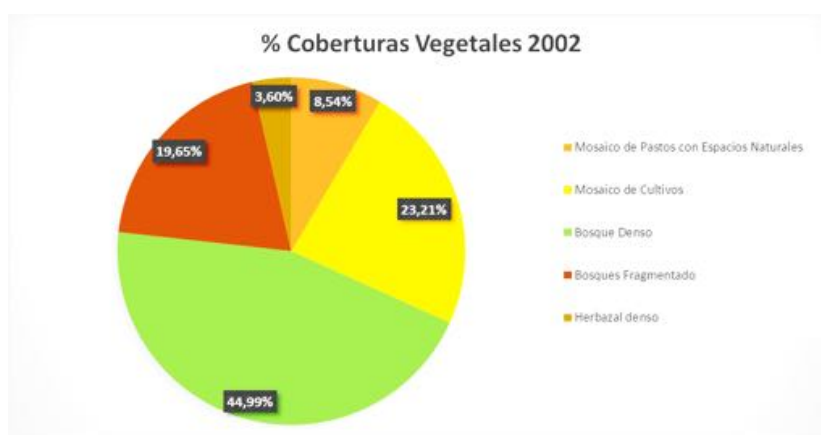
Tabla 10
Cobertura vegetal Landsat 7- 2002

Nivel_1	Nivel_2	Nivel_3	Área _ha
Territorios Agrícolas	Áreas Agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	212,697
		Mosaico de Cultivos	578,094
Bosques y Áreas Semi Naturales	Bosques	Bosque Denso	1120,304
		Bosques Fragmentado	489,436
	Áreas con vegetación Herbácea y/o Arbustiva	Herbazal denso	89,652

Fuente: Este Estudio.

A nivel de porcentaje según la imagen Landsat 7, para el año 2002 se identifica que la mayor cobertura vegetal presente en el área de estudio, en este año es la cobertura de Bosque denso con el 44,98%, seguida del mosaico de cultivos con un 23,21%, bosques fragmentados con el 19,65%, mosaico de pastos con espacios naturales representa el 8,54% y finalmente la cobertura de herbazal denso con un 3,60%.

Gráfica 04
Porcentajes Cobertura año 2002



Fuente: Éste estudio

Mosaico de Cultivos. Representa el 23,21%, de la cobertura vegetal, se encuentra al oriente del área de estudio, entre los 2750 y los 3050 msnm., con mayor presencia, y hasta los 3200 msnm., con cultivos dispersos, en donde evidencia la ampliación de la frontera agrícola.

Mosaico de Pastos con Espacios Naturales. Esta cobertura representa el 8,54% de la cobertura vegetal del año 2002. Esta unidad se encuentra distribuida al occidente de la microcuenca las Tiendas, de manera heterogénea entre los 2800 y 3150 msnm. En el cual se evidencia la ampliación de la frontera agrícola.

Bosque Denso. Esta cobertura representa el 44,99% de la cobertura vegetal. Esta unidad se encuentra ubicada al oriente de la microcuenca las Tiendas, entre los 3050 y 3500 msnm. Disminuyendo esta cobertura entre los 3100 y 3150 msnm. y en algunos parches sobre alturas mayores.

Bosque Fragmentado. Representa el 19,65% de la cobertura del año 2002, ubicada entre los 2750 y los 3200 msnm., de manera dispersa entre el centro y el oriente de la microcuenca, se identificó algunos parches de esta cobertura en la zona más alta.

Herbazal Denso. Con el 3,60% de la cobertura del año 2002, esta cobertura se ubica con mayor presencia al oriente de la microcuenca entre los 3400 y 3600 msnm, y un pequeño parche al nororiente entre los 3300 y 3450 msnm.

7.3.4 Cobertura vegetal Landsat 8 2014 Con metodología Corine Land Cover

Realizado el procesamiento, y la clasificación de la cobertura vegetal de la imagen Landsat 8- 2014, se identifica seis tipos de coberturas en tres categorías principales. En siguiente el cuadro se da a conocer el área expresada en hectáreas y la categorización de las diferentes coberturas identificadas. (Ver Mapa, Anexo.8)

Tabla 11
Cobertura vegetal Landsat 8 2014

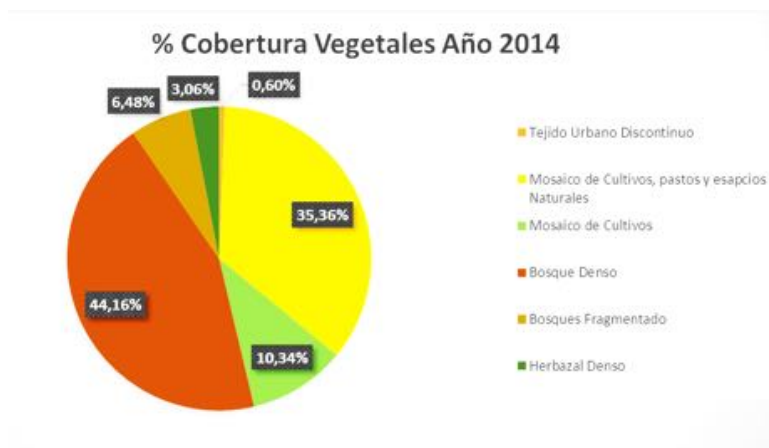
Nivel_1	Nivel_2	Nivel_3	Área _ha
Territorios Artificializados	Zonas Urbanizadas	Tejido Urbano Discontinuo	15,064
Territorios Agrícolas	Áreas Agrícolas heterogéneas	Mosaico de Cultivos, pastos y espacios Naturales	880,64
		Mosaico de Cultivos	257,474
Bosques y Áreas Semi Naturales	Bosques	Bosque Denso	1099,89
		Bosques Fragmentado	161,476
	Áreas con vegetación Herbácea y/o Arbustiva	Herbazal Denso	76,124

Fuente: Este estudio.

La cobertura identificada para el año 2014, presenta cambios con relación a los años 1989 y 2002, ya que se evidencia según la unidad mínima de mapeo dos unidades diferentes a la de los años antes expuestos, como lo son la cobertura de tejido urbano discontinuo y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, esta última establecida por la cantidad de pastos y cultivos distribuidos en el área de estudio.

Según lo anterior, la cobertura más representativa para el año 2014 en la microcuenca las Tiendas sigue siendo el bosque denso con un 44,16%. La cobertura de cultivos, pastos y espacios naturales con un 35,36%, seguida de mosaico de cultivos con el 10,34%, bosque fragmentado con el 6,48%, Herbazal Denso con 3,06% y finalmente el Tejido Urbano Discontinuo con el 0,60%

Gráfica 05
Porcentajes Cobertura año 2014



Fuente: Éste estudio

Tejido Urbano Discontinuo. Con el 0,60% de la cobertura del área de estudio, se encuentra ubicada en dos sectores, la primera en la cabecera corregimental de la Laguna al occidente, y la segunda sobre la vía hacia el Encano, al sur de la microcuenca las Tiendas.

Mosaico de Cultivos Representa el 10,34%, de la cobertura vegetal, se encuentra al occidente del área de estudio, entre los 2800 y los 2900 msnm., con mayor presencia, y hacia el oriente que se ubica en altitudes mayores de manera dispersa.

Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales. Esta cobertura representa el 35,36% de la cobertura vegetal del año 2014. Esta unidad se encuentra distribuida en la mayor parte de la microcuenca, y es por la cual se evidencia con mayor visualización la ampliación de la frontera agrícola.

Bosque Denso. Esta cobertura representa el 44,16% de la cobertura vegetal, ubicada al oriente de la microcuenca las Tiendas, entre los 3050 y 3500 msnm.

Bosque Fragmentado. Representa el 6,48 % de la cobertura del año 2014, ubicada entre los 2750 y los 3200 msnm., de manera dispersa entre el centro y el norte de la microcuenca, se identificó algunos parches de esta cobertura en la zona más alta.

Herbazal Denso. Con el 3,06 % de la cobertura del año 2014, esta cobertura se ubica con mayor presencia al oriente de la microcuenca entre los 3400 y 3600

7.4 Ampliación de frontera agrícola según el cambio de cobertura vegetal por procesos

Para determinar la ampliación de la frontera agrícola, según los cambios de la cobertura vegetal encontrados en la microcuenca las Tiendas, se realiza la matriz de cambio de cobertura, en donde se establece la dinámica, de cambio en cada periodo de este estudio. Entre 1989 - 2002 y 2002 - 2014.

- **Sin Cambio.** Áreas de las diferentes coberturas que no han sufrido cambios en el periodo determinado en este estudio.
- **Recuperación:** Áreas de cobertura que por procesos naturales y/o antropicos han permitido la recuperación del material vegetal, pasando de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, bosque fragmentado a bosque denso, y de mosaico de cultivos y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque fragmentado, a partir

de intervención natural y antrópica, como con procesos de reforestación y buenas prácticas agropecuarias, estas con mínima incidencia en el territorio.

- **Deforestación:** Áreas que han sufrido tala o pérdida de coberturas forestales, en el bosque denso y en herbazal denso.

- **Intervención Actividad agrícola:** está asociada al cambio de cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado a mosaico de cultivos, donde generalmente se encuentran cultivos de papa y/o producción de vegetal.

- **Intervención Actividad Pecuaria:** Esta intervención esta direccionada a actividades ganaderas, principalmente la producción lechera, este cambio se da entre mosaico de cultivos, bosque denso, bosque fragmentado a mosaico de, pastos con espacios naturales

7.4.1 Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 1989 – 2002

En la siguiente matriz se evidencia los cambios de cobertura vegetal, el cual permite dar una visión más clara de los cambios y procesos que la cobertura ha presentado. En un periodo de tiempo.

Tabla 12
Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 1989 – 2002

2002						
1989	Coberturas	Mosaico de Cultivos	Mosaico de pastos con espacios naturales	Bosque Denso	Bosque Fragmentado	Herbazal Denso
	Mosaico de Cultivos	Sin Cambio	Intervención Pecuaria	No Aplica	Recuperación	No Aplica
	Mosaico de pastos con espacios naturales	Intervención Agrícola	Sin Cambio	No Aplica	Recuperación	No Aplica
	Bosque Denso	Intervención Agrícola	Intervención Pecuaria	Sin cambio	Deforestación	No Aplica
	Bosque Fragmentado	Intervención Agrícola	Intervención Pecuaria	No Aplica	Sin Cambio	No Aplica
	Herbazal Denso	No Aplica	No Aplica	No Aplica	Deforestación	Sin Cambio

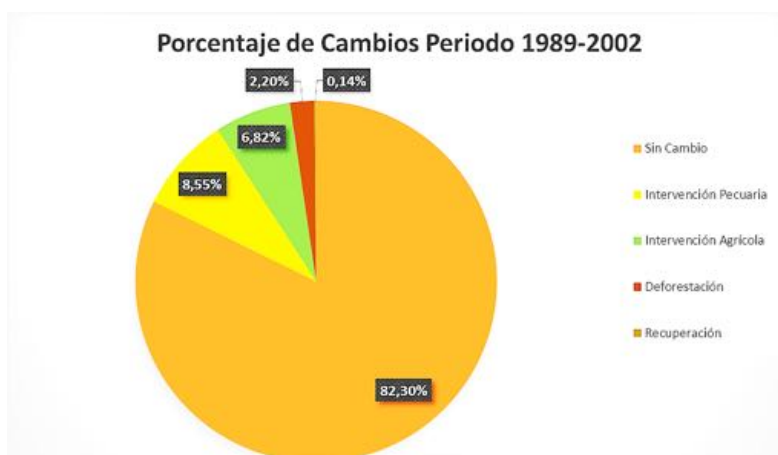
Fuente: Este Estudio.

De acuerdo al mapa de cambios de cobertura vegetal, generado en este estudio y la matriz de cambios para el periodo 1989-2002 m, se 2049,07 Ha, de coberturas que no presentaron cambios (sin cambios), distribuidas en toda el área de estudio. Un área de 212,89 has de coberturas estuvieron expuestas a procesos de intervención pecuaria, se ubican en su mayoría en la zona occidente de la microcuenca, y con intervención avanzada de ampliación de frontera agrícola hacia el oriente entre los 3050 y 3200 msnm.

169,73, has de intervención agrícola, ubicada de manera dispersa hacia el occidente de la microcuenca las Tiendas. 53,66 has con procesos de deforestación en su mayoría en las partes altas con cobertura de bosque denso y herbazal denso, identificando con esto el deterioro

ambiental en este periodo. Con procesos de recuperación vegetal. 3,53 has ubicada en el centro del área de estudio. (Ver Mapa, Anexo 9)

Gráfica 06
Porcentajes Cambios periodo 1989- 2002



Fuente: Éste estudio

7.4.2 Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 2002-2014

De acuerdo al mapa de cambios de cobertura vegetal, generado en este estudio y la matriz de cambios para el periodo 2002-2014, se identificó que 1206,13 has, de coberturas, no presentan ningún cambio, distribuidas de manera homogénea en el oriente de la microcuenca las Tiendas y con menor proporción y de manera dispersa hacia el occidente y centro. 880,06 has de coberturas presentan procesos de intervención agropecuaria ubicada en su mayoría en la zona centro de la microcuenca, hacia el sur y hacia el oriente con intervención avanzada de ampliación de frontera agrícola.

Tabla 13
Matriz de cambios cobertura vegetal entre los años 2002-2014

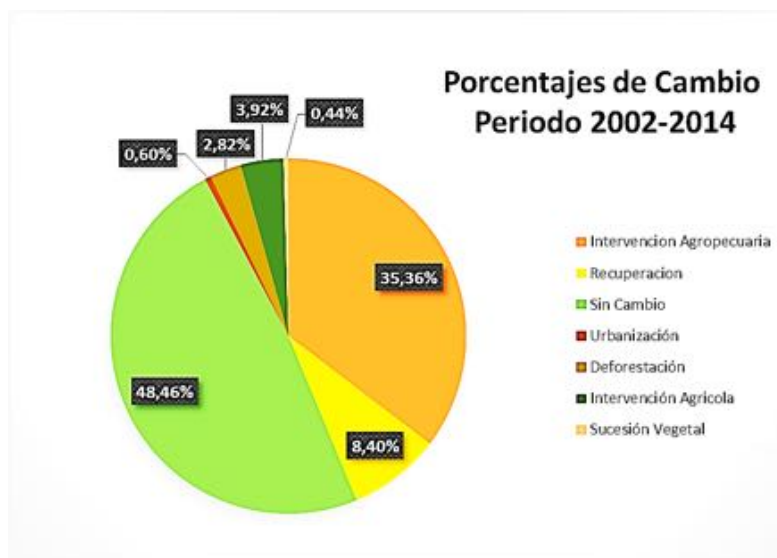
		2014					
2002	Coberturas	Mosaico de Cultivos	Mosaico de Cultivos , pastos y espacios naturales	Bosque Denso	Bosque Fragmentado	Herbaza l Denso	Tejido Urbano Discontinuo
	Mosaico de Cultivos	Sin Cambio	Intervención Agro-pecuaria	No Aplica	Recuperación	No Aplica	Urbanización
	Mosaico de pastos con espacios naturales	Intervención Agrícola	Intervención Agro-pecuaria	No Aplica	Recuperación	No Aplica	Urbanización
	Bosque Denso	Intervención Agrícola	Intervención Agro-pecuaria	Sin cambio	Deforestación	No Aplica	Urbanización
	Bosque Fragmentado	Intervención Agrícola	Intervención Agro-pecuaria	No Aplica	Sin Cambio	No Aplica	No Aplica
	Herbazal Denso	No Aplica	Intervención Agro-pecuaria	No Aplica	Deforestación	Sin Cambio	No Aplica

Fuente: Este Estudio

De acuerdo al mapa de cambios de cobertura vegetal, generado en este estudio y la matriz de cambios para el periodo 2002-2012 , se identificó que 1206,13 has, de coberturas no presentan ningún cambio, distribuidas de manera homogénea en el oriente de la microcuenca las Tiendas y con menor proporción y de manera dispersa hacia el occidente y centro. 880,06 has de coberturas presentan procesos de intervención Agropecuaria ubicada en su mayoría en la zona centro de la microcuenca, hacia el sur y hacia el oriente con intervención avanzada de ampliación de frontera agrícola.

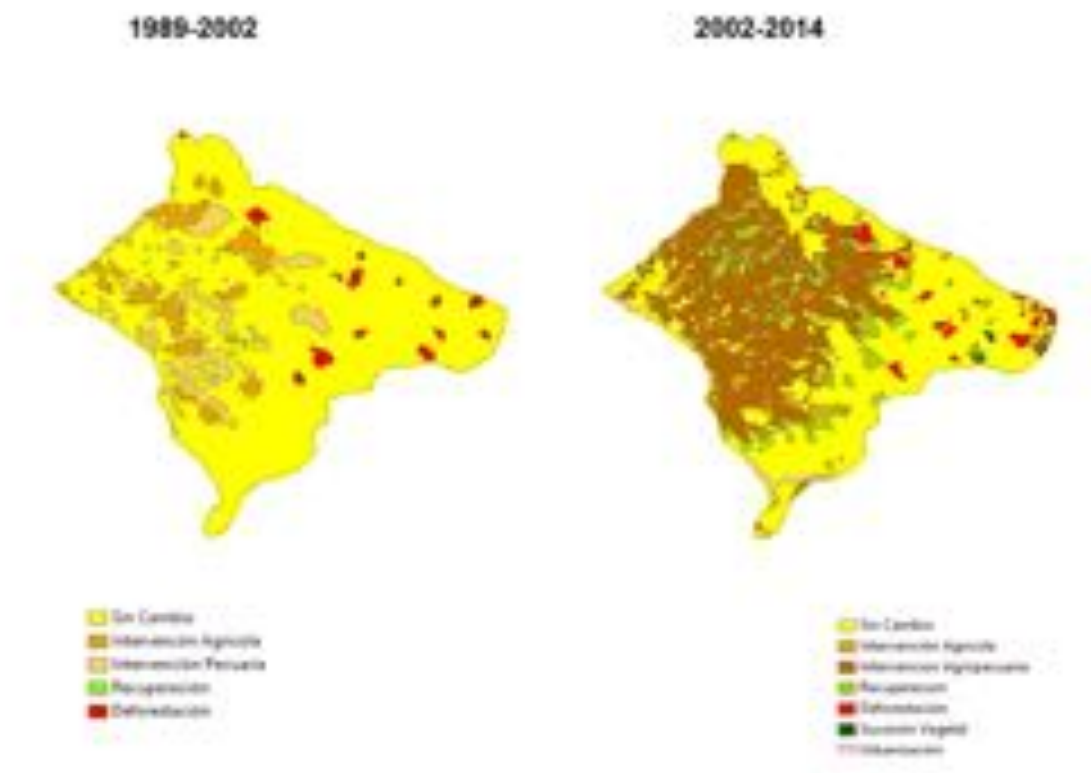
209,13 hectáreas han sido recuperadas, con procesos naturales y/o antrópicos, 97,53 has, han sufrido procesos de intervención agrícola, se ubicada de manera dispersa de la microcuenca las Tiendas. 70,27 has con procesos de deforestación en su mayoría en las partes altas con cobertura de bosque denso y herbazal denso, identificando con esto el aumento del deterioro ambiental en este periodo. Con procesos naturales de sucesión vegetal 10,87 has ubicado en las partes más altas sobre la cobertura de herbazal denso y finalmente la urbanización como proceso identificado y espacializado en esta periodo con 15,05 has. (Ver Mapa, Anexo 10)

Grafica 07
Porcentajes Cambios periodo 2002- 2014



Fuente: Éste estudio

Imagen 11
 Contraste de los cambios de la de la frontera agrícola
 Periodos 1989-2002 y 2002-2014



Fuente: Éste estudio

En la anterior imagen se evidencia las diferentes intervenciones, de los últimos 25 años, en los cuales el territorio de la microcuenca las Tiendas ha estado expuesto al deterioro ambiental, al aumento o expansión de la frontera agrícola el cual se acentúa entre el año 2002 y 2014.

7.5 Discusión de resultados

La microcuenca las Tiendas posee en su mayoría una cobertura de bosque denso el cual ha disminuido su cobertura debido al avance de la frontera agrícola, en los últimos 25 años el bosque denso ha perdido 133,36 hectáreas. Es decir 5,33 ha por año, lo cual evidencia la falta de control ambiental en esta zona de vital importancia para la comunidad, ya que como se mencionó anteriormente es una de principales fuentes abastecedoras del acueducto de la ciudad de Pasto.

El bosque fragmentado es la cobertura que más se ha deteriorado en el periodo 1989-2014, ya que ha perdido 420,33 hectáreas, debido a que ha sido intervenido con procesos agrícolas, pecuarios y de deforestación.

El Páramo, identificado como herbazal denso en este estudio ha sido deteriorado con procesos de deforestación, perdiendo así 19,15 has en los últimos 25 años.

La Cobertura de Mosaico de cultivos ha disminuido en el área de estudio en gran medida, debido a procesos de intervención pecuaria. Esta unidad tenía en año 1989, 414,80 ha y en el año 2014 257,47 has, es decir a disminuido 157,33 hectáreas en este periodo.

La cobertura mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, se identificó en la imagen Landsat 8 del año 2014 como la de mayor predominancia en el territorio después del bosque denso. Esta cobertura esta aglomerada de esta manera debido a la cantidad de monocultivos y pastos presentes en el área de estudio por tal razón se generalizo los pequeños parches de

cobertura existentes en este tipo de mosaico para dar lugar a ello. Cabe aclarar que zona en los años 1989 y 2002 no presentaba características y dinámicas relacionadas a este tipo de mosaico.

En relación con la cobertura de mosaico de pastos y espacios naturales identificados en los años 1989 y 2002, cambia en el año 2014 en gran medida por la cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, gracias al aumento de la dinámica agrícola en la microcuenca en este intervalo de tiempo.

Tabla 14
Cambios De Cobertura En 1989-2002-2014

Cobertura	1989 (Ha)	2002 (Ha)	2014 (Ha)
Mosaico de Cultivos	414,80	578,09	257,47
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	164,91	212,70	
Mosaico de Cultivos, pastos y espacios Naturales			880,64
Bosque Denso	1233,25	1120,30	1099,89
Bosques Fragmentado	581,83	489,44	161,48
Herbazal Denso	95,27	89,65	76,12
Tejido Urbano Discontinuo			15,06

Fuente: Este estudio

8. Conclusiones

Con el análisis de la información de las coberturas para los años 1989, 2002 y 2014 se pudo establecer que la ampliación de la Frontera agrícola en la microcuenca las Tiendas, tiene un crecimiento continuo debido a las dinámicas de presión ejercidas en el territorio por el cambio del uso del suelo por procesos como de intervención agrícola, pecuaria y tala de bosque.

La microcuenca las Tiendas posee un alto grado de intervención antrópica, lo que ha causado deterioro de las condiciones ambientales naturales, conllevando así la pérdida de vegetación nativa y de biodiversidad.

Con la ampliación de la frontera agrícola en zonas como el bosque denso pone el riesgo la calidad del recurso hídrico por el uso de agroquímicos y pesticidas en los cultivos, y sumada la contaminación por coliformes fecales generados por la ganadería, los cuales llegan indirectamente a los cauces de las quebradas que alimentan el cauce principal del acueducto el centenario

Con los procesos asociados a la tala de bosque y el establecimiento de cultivos se genera presión sobre el territorio en términos de oferta hídrica debido al desequilibrio del balance hídrico que se genera en estos procesos.

Con la identificación y análisis de las principales dinámicas que influyen en el deterioro ambiental de la microcuenca las Tienda a través de herramientas de sistemas de información geográfica SIG, se apoya la toma de decisiones en beneficio del medio ambiente.

9. Recomendaciones

A pesar de los problemas que presenta la microcuenca las Tiendas, anteriormente mencionados en el proyecto, aun es un ecosistema que presta servicios ambientales a la región, como producción de agua, cobertura de páramo y nicho para especies de flora y fauna.

Es necesario que las entidades territoriales impulsen alternativas en pro de la conservación de los recursos naturales, que mejoren las condiciones ambientales territorio y así la intervención antrópica a estos ecosistemas sea regulada y encaminada al desarrollo de procesos sostenibles.

Es recomendable implementar por parte de la administración municipal proyectos de agricultura orgánica, como alternativa al uso intensivo del suelo por parte de los agroquímicos, a manera de estrategia para diversificar la producción, estableciendo rotación de cultivos y producción de abono orgánico.

Es importante que se sigan realizando estudios de este tipo, y así poder determinar las condiciones y los agentes involucrados en el deterioro y pérdida de las coberturas vegetales

Lista de referencias

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). 2009. Índice de Escasez Cuenca Río Pasto. San Juan de Pasto.

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). 2011. Plan de Ordenamiento del Río Pasto. Pasto, Colombia.

Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). 2011. Alcaldía Municipal de Pasto y Grupo de Estudios y Acciones Ambientales (GREDA). Plan de Ordenamiento y manejo de la microcuenca Barbero, Cuenca Alta del Río Pasto, Municipio de Pasto. San Juan de Pasto.

Corporación Autónoma Regional del Valle (CVC). 2010. Guía explicativa de la temática de cobertura y uso de suelo. Recuperada en: <http://geocvc.co/pdf/GuiaCoberturaUso.pdf>

Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica (CIAF). 2005. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. Colombia.

Guerrero, Daisy Gabriela y Ortega, Daniel Antonio. 2012. Estudio del cambio en la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del Parque Nacional Natural (P.N.N.) complejo volcánico Doña Juana - Cascabel periodo 1989-2011. Trabajo de grado para optar el título de Geógrafo Aplicado. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias humanas. Departamento de Geografía.

Gutiérrez, Javier y Gould, Michael. 2 (Eds.). 2000. SIG: Sistemas de Información Geográfica. Madrid, España: Editorial Síntesis.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Imágenes del territorio. Recuperado en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/>

Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS). 199. Geología de las planchas 429 – Pasto. Escala 1:100.000 Memoria Explicativa.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá.

Martínez, Santiago Augusto, Martínez, Juan Alberto y Sotto, Byron Thomas. 2005. Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca Las Tiendas, Corregimiento La Laguna Municipio de Pasto, a través de un SIG. Periodo 1989 - 2002. Trabajo de grado para optar el título de Geógrafo con énfasis en planificación Regional. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias humanas. Departamento de Geografía.

Rhind, D. (1990): Global databases and GIS. En: Fosteer, M.J. y Shand, P. J. (eds). 1990. The Association for Geographic Information Yearbook. Londres, Taylor & Francis and miles Arnold.

República de Colombia. Decreto 1640 de agosto de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Publicado en Diario Oficial 48510.

Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) en El Blog de Franz. Recuperado en: <http://acolita.com/descargar-imagenes-satelitales-landsat-8/>

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) Sensores remotos, conceptos básicos. Recuperado de: <http://www.segemar.gov.ar/index.php/sensores-remotos/conceptos-basicos>

SCAN TERRA. Consultora. Recuperado en: http://www.scanterra.com.ar/conosca_mas.html

TELEDET. Tutorial de percepción remota. ¿Qué es una imagen satelital? Recuperado en: <http://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>

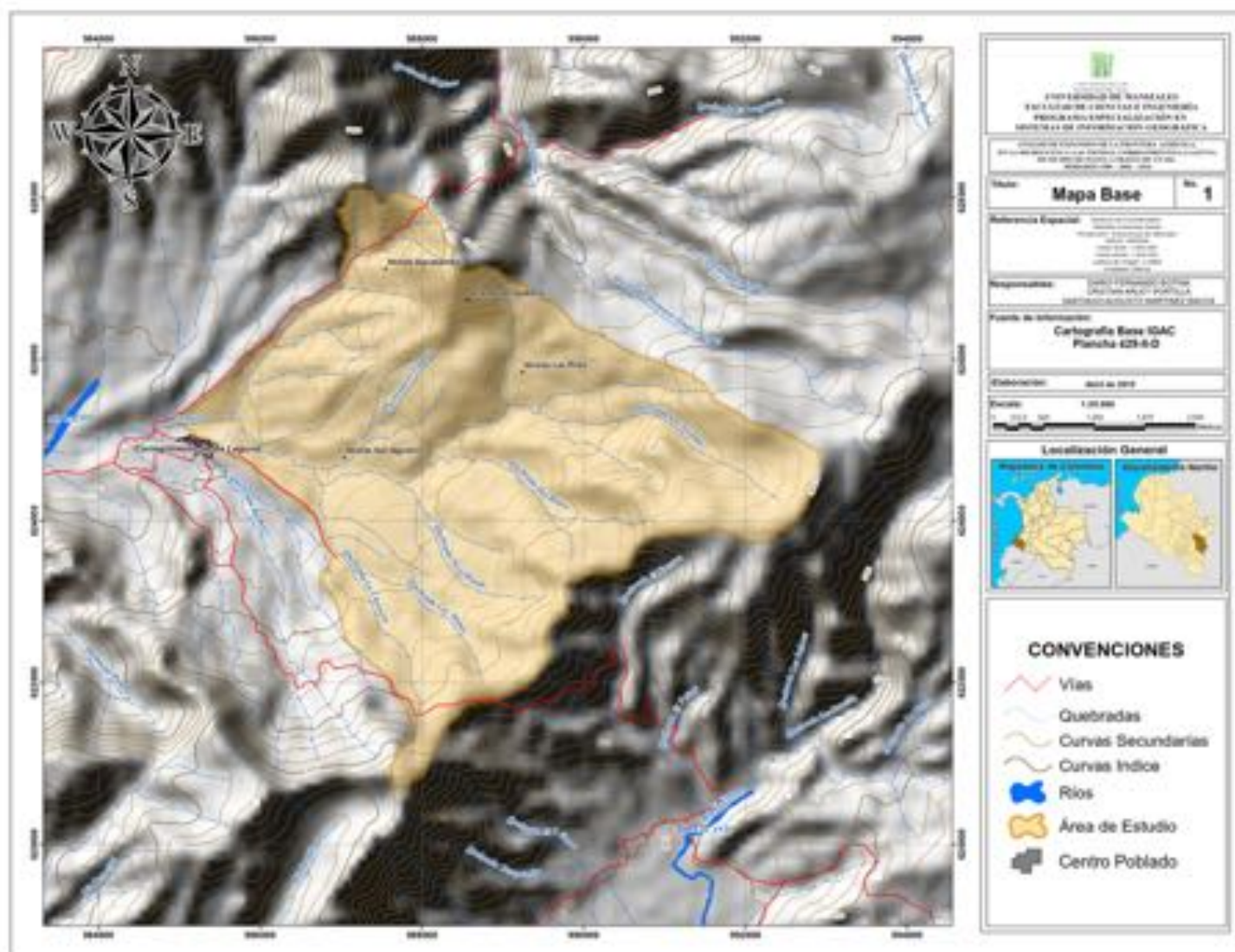
Universidad de Murcia. Páginas de apoyo para la docencia en las asignaturas SIG y Teledetección. Recuperada en: <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/clasific1.html>

Anexos

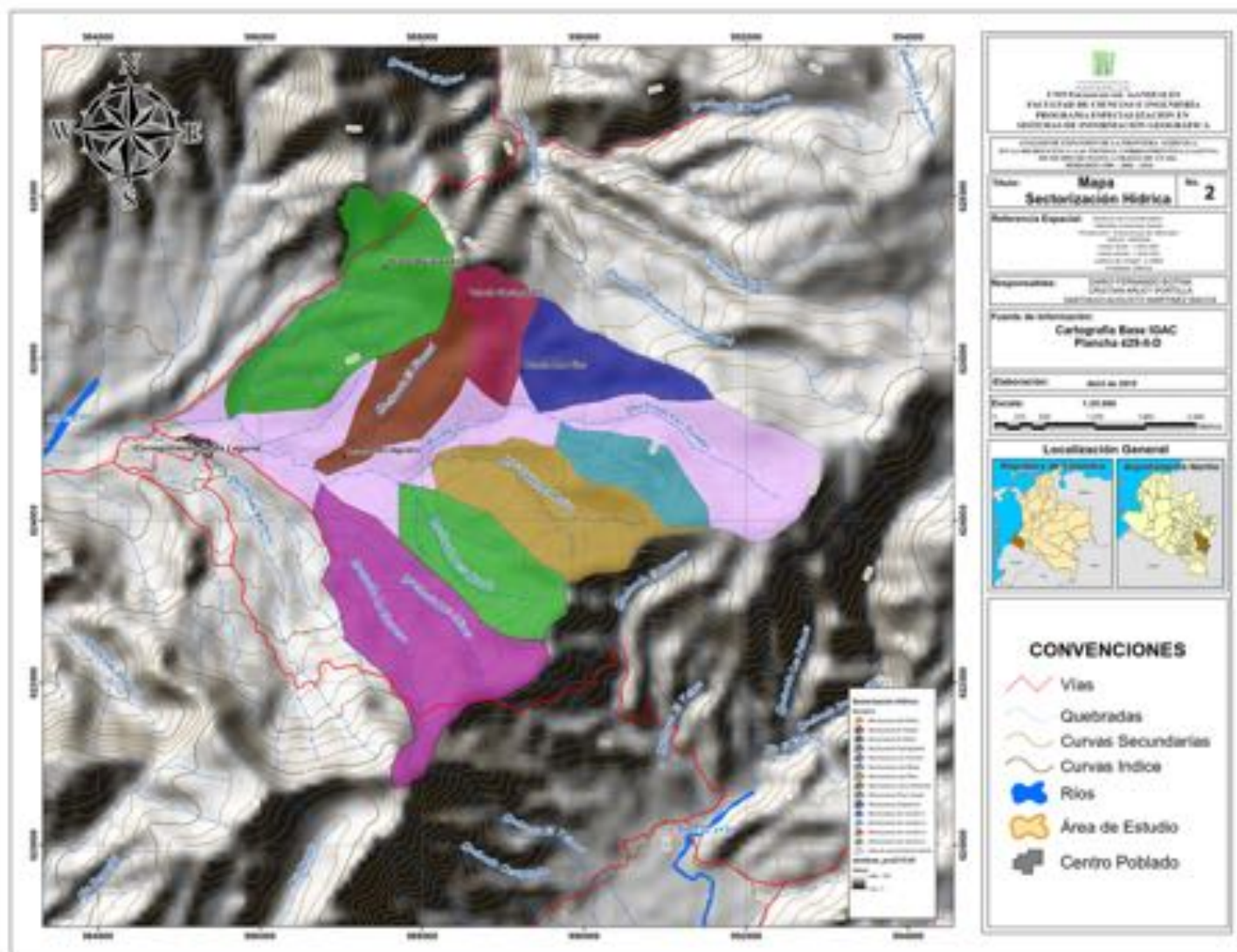
Resumen Analítico

Título del proyecto	Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca las Tiendas, corregimiento la Laguna, municipio de Pasto, a través de un SIG. Periodo 1989 – 2002 – 2014
Presidente	¿Quién es el jurado? Cargo, Universidad de Manizales
Tipo de documento	Trabajo de grado presentado para obtener el título de Especialista en Información Geográfica
Referencia documento	Darío Fernando Botina, Santiago Augusto Martínez Bacca, Cristian Arley Portilla. Análisis de expansión de la frontera agrícola, en la microcuenca Las Tiendas, municipio de Pasto, mediante de herramientas SIG. Periodo 1989 – 2002 – 2014. Año 2015. P. 55
Institución	Programa Especialización en Sistemas de Información Geográfica. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales.
Palabras claves	Imagen satelitales, procesamiento, Coberturas, cambios
Descripción	Se identifica el cambio de cobertura vegetal de la microcuenca las Tiendas en el periodo 1989. 2002 2014, con la ayuda de herramienta SIG. e imágenes satelitales de los años mencionados. Posteriormente se realiza el análisis del cambio de estas coberturas, identificando la dinámica que ejercen los sistemas productivos, las áreas de conservación la deforestación ante el territorio objeto de este estudio.
Fuentes	Análisis De Expansión De La Frontera Agrícola, En La Microcuenca Las Tiendas, Corregimiento La Laguna, Municipio de Pasto a través De Un SIG. periodo 1989 – 2002 del Plan de Ordenamiento Rio Pasto 2011. Planchas 429. . Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia. 2010 IDEAM.
Contenido	Introducción Objetivos Marco Conceptual Metodología Resultados
Anexos	Mapa Base Mapa Sectorización Hídrica Mapa Geología Mapa Geomorfología Mapa Suelos Mapa cobertura 1989 Mapa cobertura 2002 Mapa cobertura 2014 Mapa cambios 1989-2002 Mapa cambios 2002-2014

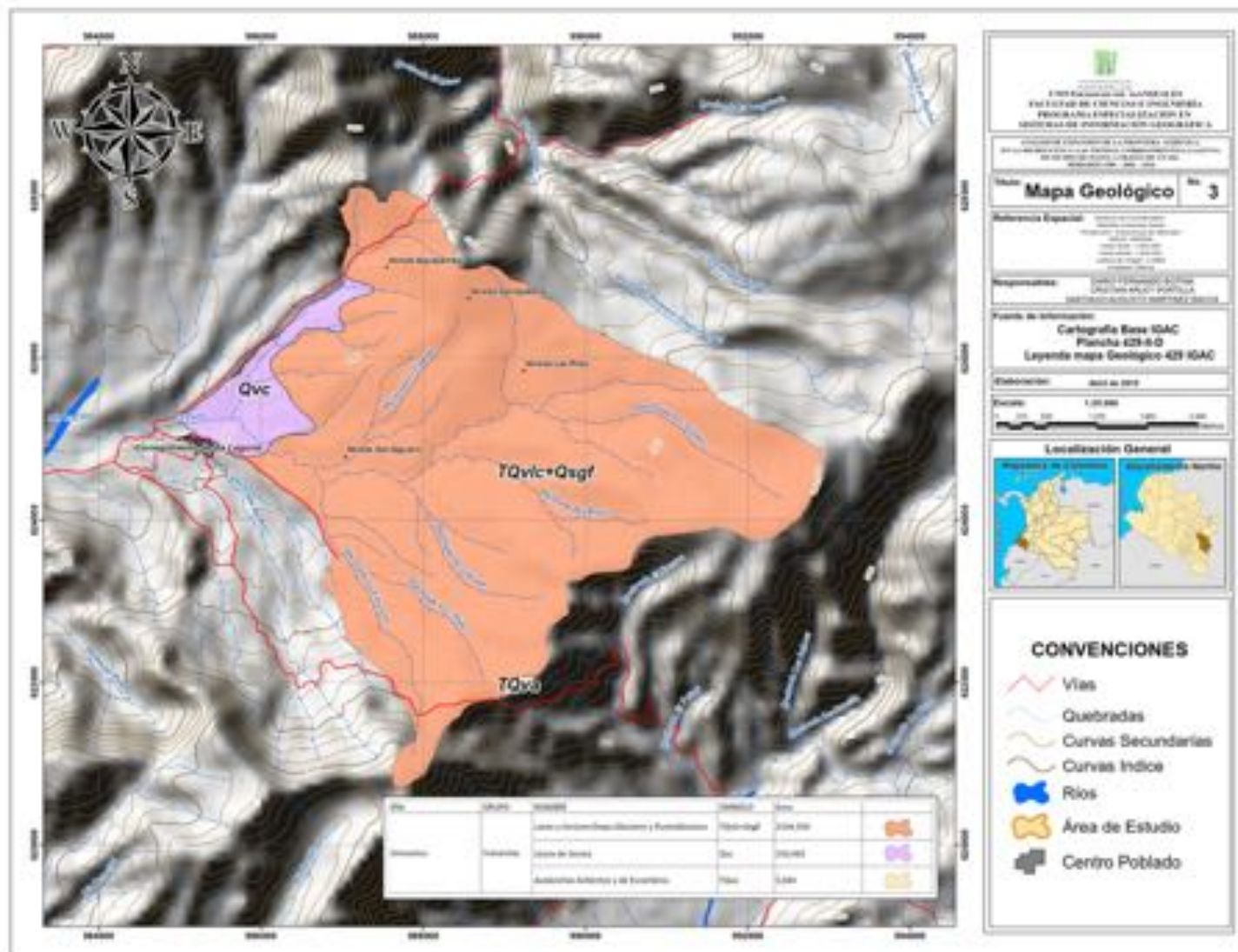
Anexo 01



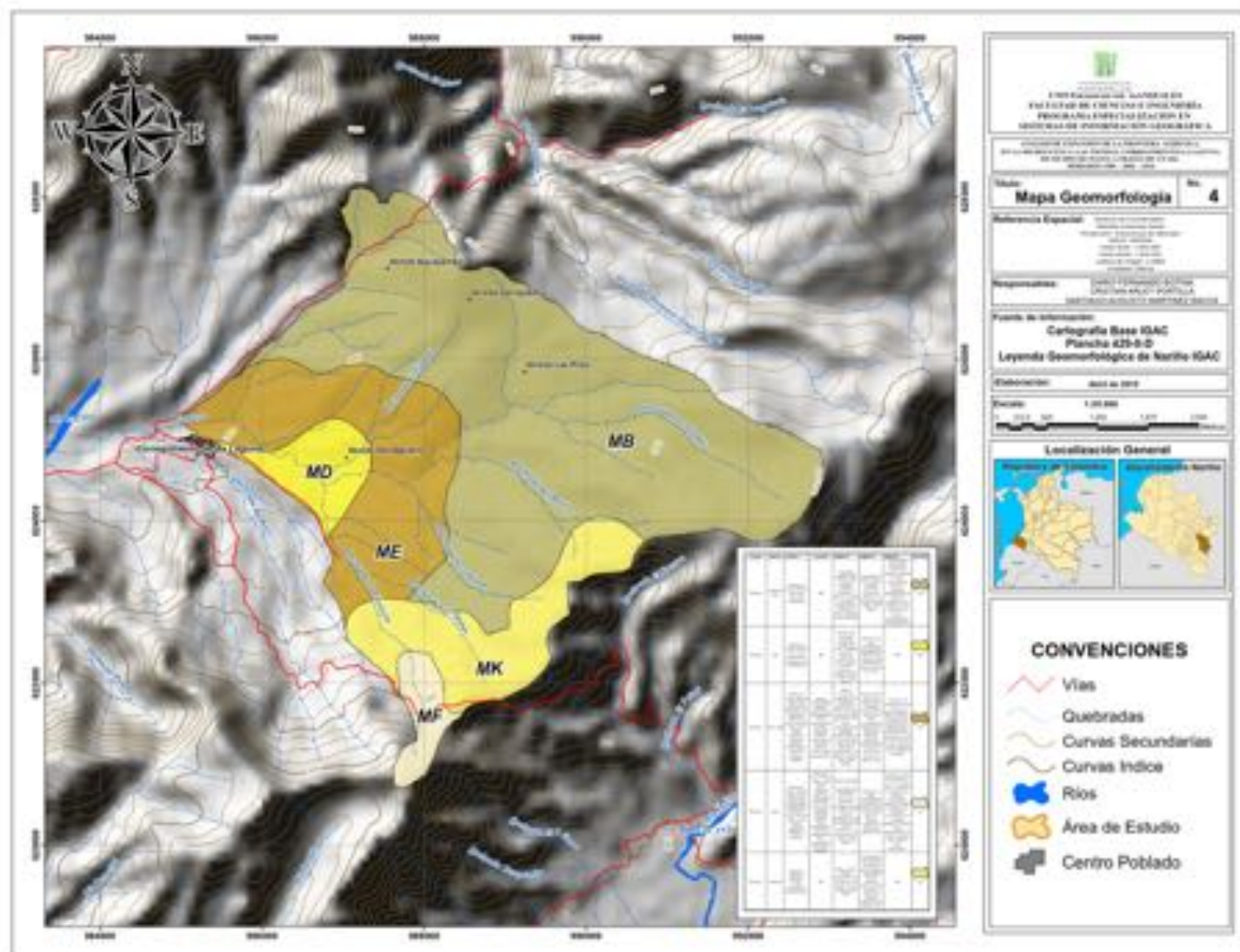
Anexo 02



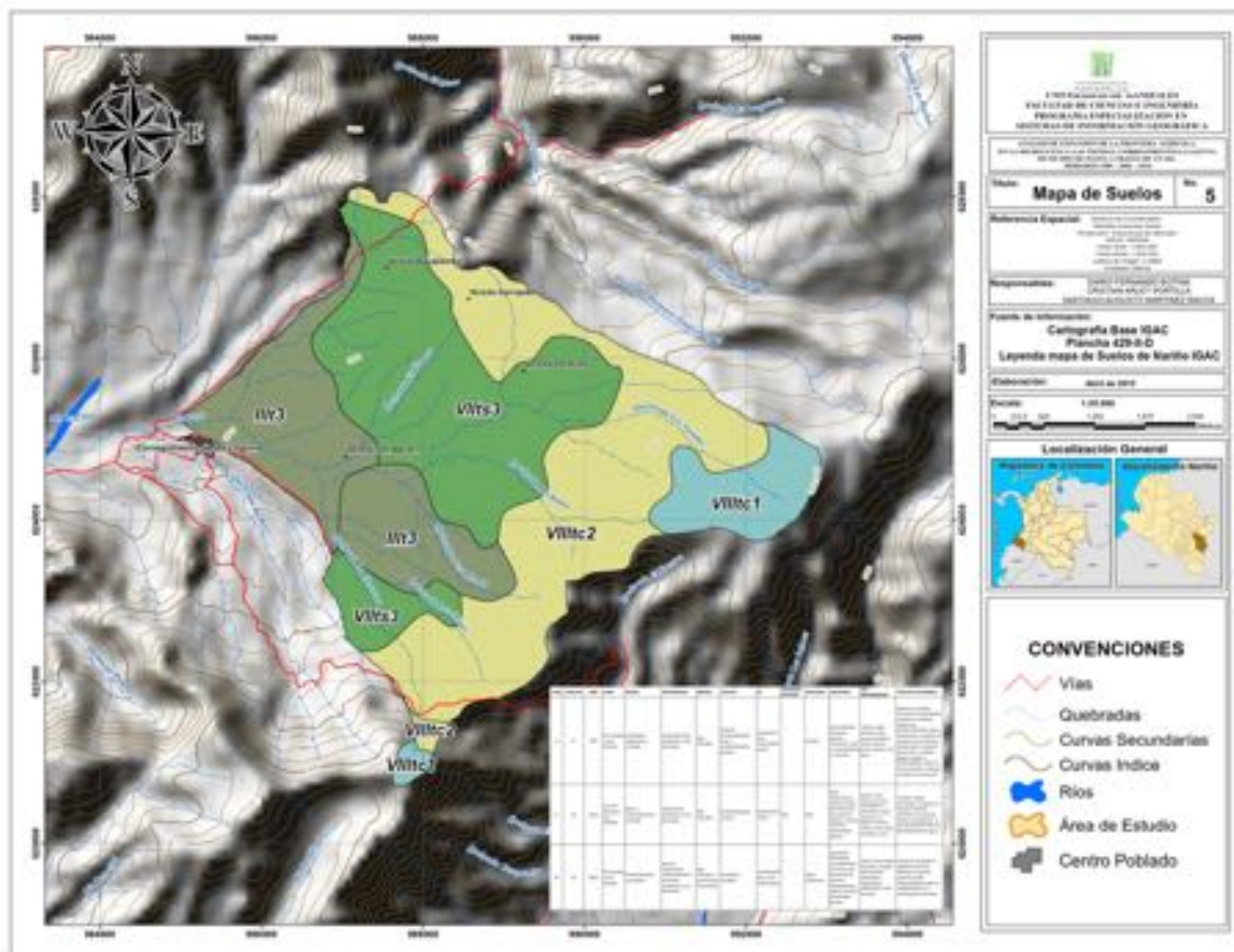
Anexo 03

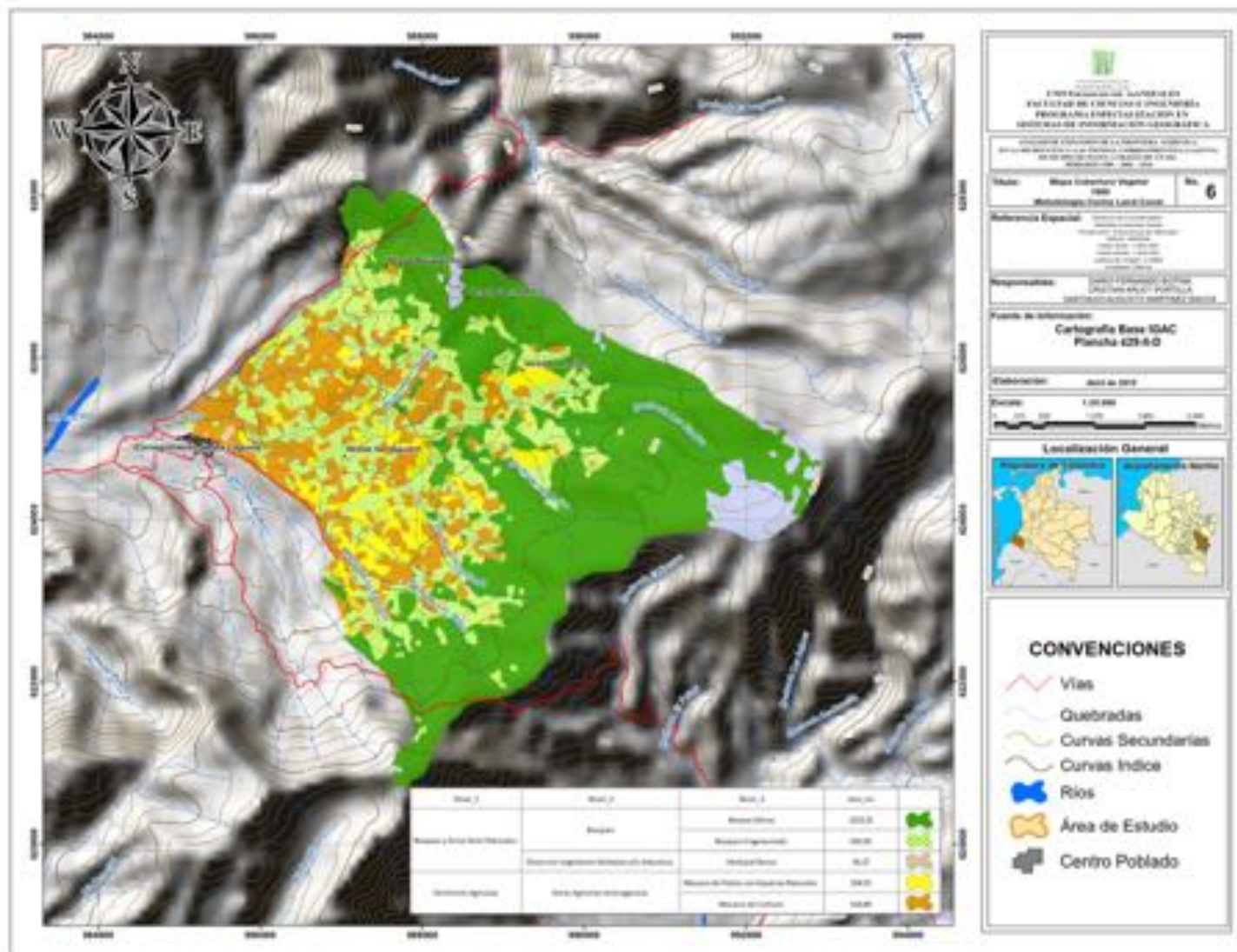


Anexo 04

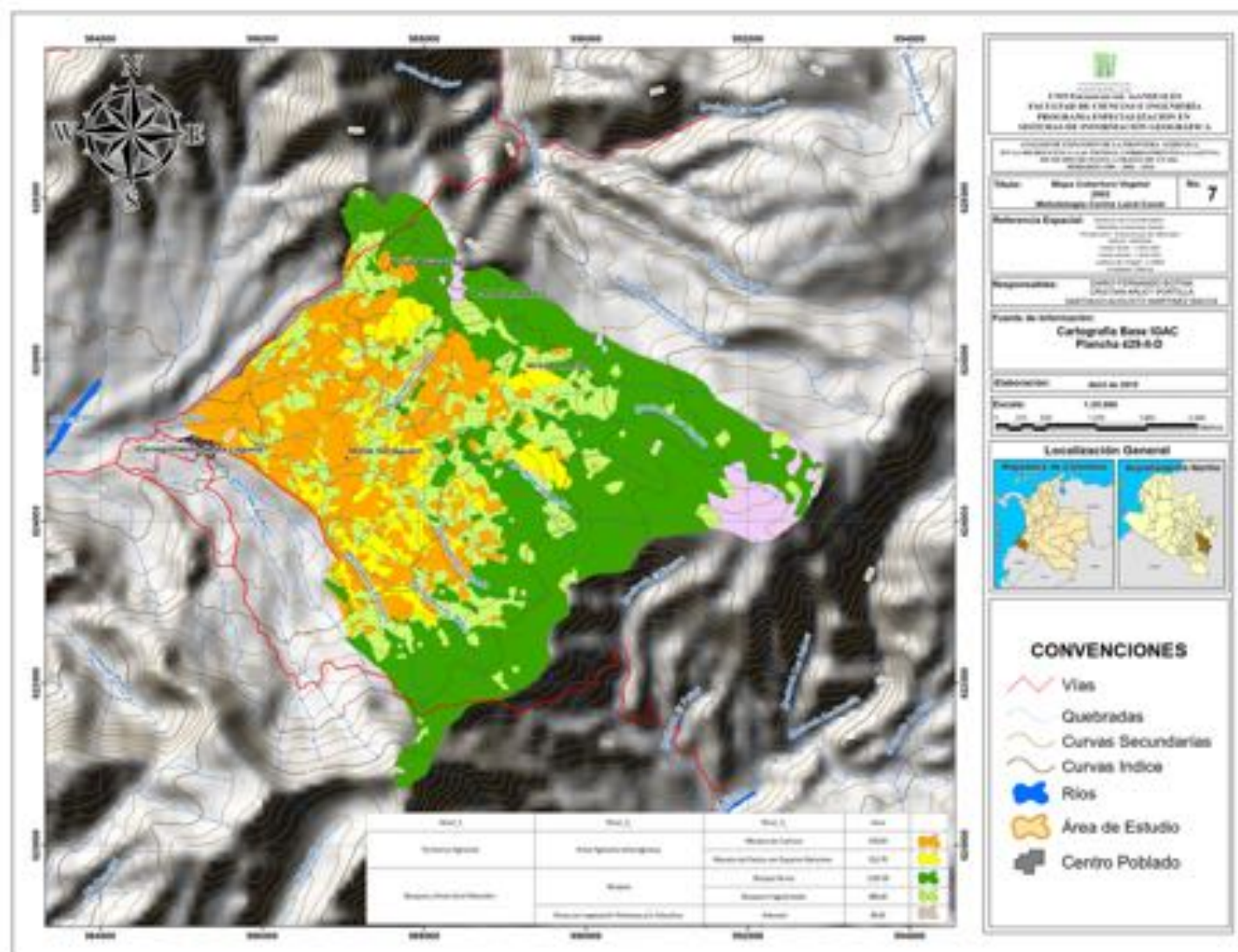


Anexo 05

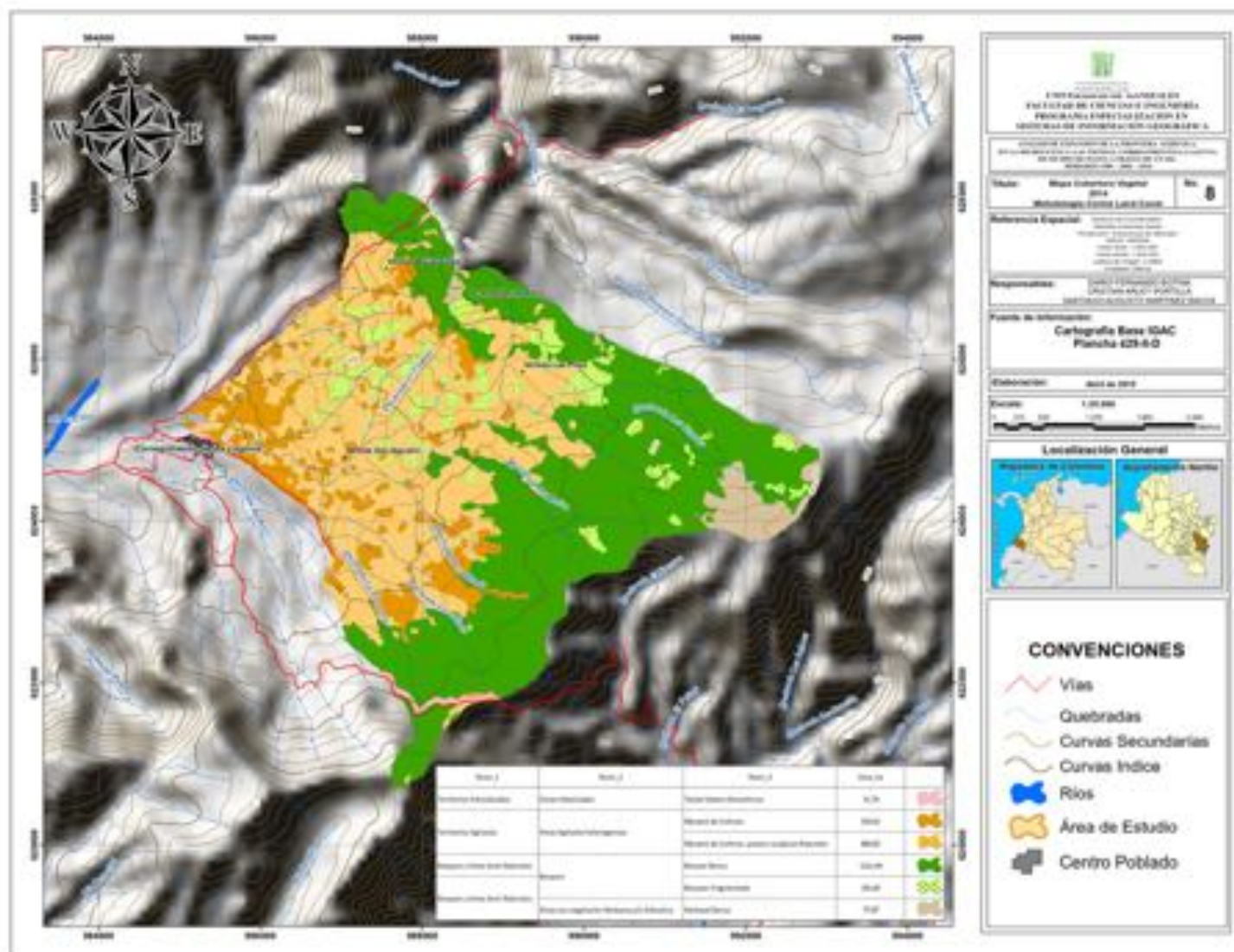




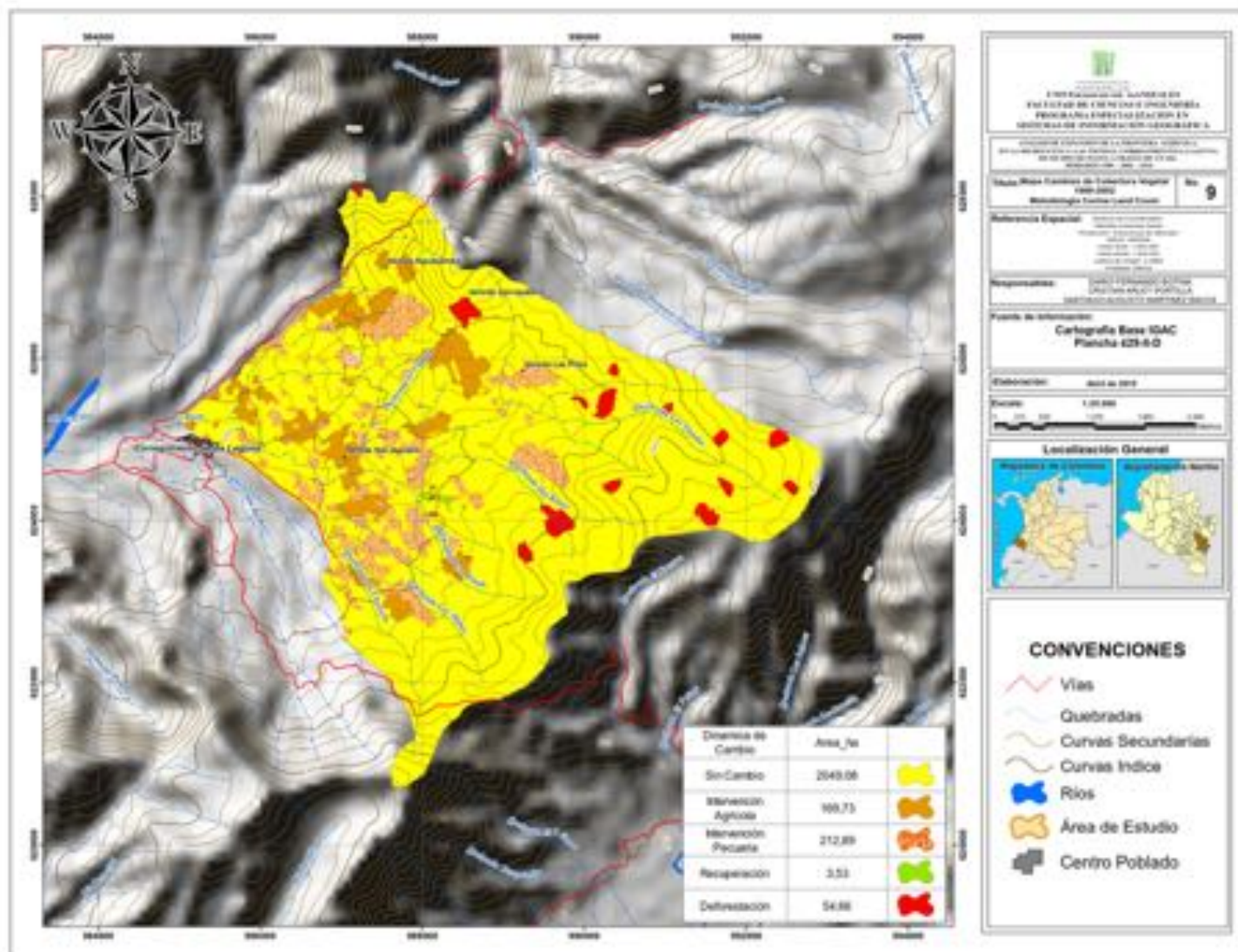
Anexo 07



Anexo 08



Anexo 09



Anexo 10

