

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA ASOCIADAS
A PRODUCCIONES CAMPESINAS EN MUNICIPIOS DE LA REGIÓN DE
SUMAPAZ**



**NATALIA BARBOSA SANTIAGO, 190212202
KAREN ROCÍO ARÉVALO ESPINOSA, 190212101**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ
2016**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA ASOCIADAS
A PRODUCCIÓN CAMPESINA EN MUNICIPIOS DE LA REGIÓN DE SUMAPAZ**

NATALIA BARBOSA SANTIAGO, 190212202

KAREN ROCÍO ARÉVALO ESPINOSA, 190212101

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO
MAURICIO CORTÉS HENAO
Ing. Topográfico, Esp.**

**CODIRECTORA
NATALIA ESCOBAR ESCOBAR
B. Sc., cPhD., MSc., Esp.**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ
2016**

Nota De Aceptación

Mauricio Cortés Henao
Director de proyecto

Natalia Escobar Escobar
Codirectora de proyecto

Sócrates Cardona
Jurado

Fernando Ávila
Jurado

Agradecimientos

En primer lugar, de forma espiritual a Dios que me dio la fuerza cuando todo estaba perdido, a mis padres y hermano por el apoyo incondicional, sin su presencia no estaría en el lugar que tengo hoy, a cartografía que cuando aparece en mi vida se vuelve mi refugio, esta tesis es consecuencia de sacrificio, en uno de los peores momentos que atravesé lo mejor eran mis resultados como estudiante. A los docentes por el entendimiento y por compartir su conocimiento. A mi compañera de trabajo por su ayuda y a mi compañero de vida por recorrer esta parte del camino junto a mí.

Natalia Barbosa Santiago

Agradecimientos

A Dios a mi familia a mi mamá y hermano.

A los profesores por brindar el conocimiento para este logro. A todos los campesinos que nos abrieron las puertas de sus fincas, donde compartieron con nosotras su experiencia y sabiduría en el campo. A mi compañera de proyecto de grado por su cualidad optimista.

Karen Rocío Arévalo Espinosa

Dedicatoria

Este logro es dedicado primero a Dios, a mi hija que me impulso a construir una academia en pro de las dos, a mis padres y hermano, a los seres humanos que están generando conciencia frente a la relación equitativa entre naturaleza y hombre, a los campesinos rezagados por un sistema, a ellos quienes son los que nos permiten tener alimentos al alcance de nuestras manos y a todo aquel que se interese en este proyecto.

Natalia Barbosa Santiago

Dedicatoria

A mi mamá por su Fé.

A mi familia.

A mis amigos los cuales han sido un gran apoyo y parte de inspiración ya que tanto ellos como yo sabemos que el camino no es fácil pero tampoco es imposible.

Karen Rocío Arévalo Espinosa

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN.....	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	22
4. OBJETIVOS.....	24
4.1 Objetivo general.....	24
4.2 Objetivos específicos.....	24
5. MARCO REFERENCIAL.....	25
5.1 Marco Teórico.....	25
5.2 Marco Legal.....	36
6. METODOLOGÍA.....	40
6.1.1 Ubicación Espacial.....	40
6.1.2 Universo, población y muestra:.....	45
6.2 METODOLOGÍA OBJETIVO 1.....	52
6.2.1 Trabajo en campo.....	52
6.2.2 Georreferenciación de producciones campesinas.....	54
6.3 METODOLOGÍA OBJETIVO 2.....	57
6.3.1 Identificación del territorio con imágenes satelitales y planchas.....	57
6.3.2 Interpretación de coberturas.....	58
6.3.2 Parámetros de la clasificación supervisada.....	62
6.3.3 Verificación De Histogramas 2007 Imagen 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007 72	
6.4 METODOLOGÍA OBJETIVO 3.....	79
RESULTADOS.....	81
CONCLUSIONES.....	121
BIBLIOGRAFIA.....	123
CIBERGRAFIA.....	125

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación región de Sumapaz a nivel departamental y nacional	41
Mapa 2. Ubicación (71) predios productores campesinos en municipios de la región de Sumapaz.	42
Mapa 3. Mapa ubicación de predios en las veredas de cada municipio.	49
Mapa 4. Ubicación (11) fincas modelo de municipios de la región de Sumapaz	81
Mapa 5. Plano del Predio Gualanday (Fusagasugá) con uso de suelo y coberturas.....	83
Mapa 6. Plano del predio Patio Bonito (Fusagasugá) con uso de suelo y coberturas.	84
Mapa 7. Plano del Predio San Francisco (Silvania) con uso de suelo y coberturas.	85
Mapa 8 Plano del Predio Santa María (Granada) con uso de suelo y coberturas.....	86
Mapa 9. Plano del Predio Villa Juliana (Pasca) con uso de suelo y coberturas.	87
Mapa 10. Plano del Predio El Recreo (Arbeláez) con uso de suelo y coberturas.	88
Mapa 11 Plano del Predio Villa Carmen (Fusagasugá) con uso de suelo y coberturas.	89
Mapa 12. Plano del Predio Sabaneta, (Granada) con uso de suelo y coberturas.....	90
Mapa 13. Plano del Predio El Caucho (Silvania) con uso de suelo y coberturas.	91
Mapa 14. Plano del Predio La Isabela (Arbeláez) con uso de suelo y coberturas.....	92
Mapa 15. Plano del Predio El Consejo (Arbeláez) con uso de suelo y coberturas.....	93
Mapa 16 Multitemporal Predio El Caucho, Silvania, Cundinamarca.	100
Mapa 17 Multitemporal Predio La Isabela, Arbelaez, Cundinamarca.	102
Mapa 18 Multitemporal Predio El Recreo, Arbelaez, Cundinamarca.	104
Mapa 19 Multitemporal Predio El Consejo, Arbelaez, Cundinamarca.	106
Mapa 20 Multitemporal Predio Villa Carmen, Fusagasugá, Cundinamarca.	108
Mapa 21 Multitemporal Predio El Gualanday, Fusagasugá, Cundinamarca.....	110

Mapa 22 Multitemporal Predio Villa Juliana, Pasca, Cundinamarca.....	112
Mapa 23 Multitemporal Predio Patio Bonito, Fusagasugá, Cundinamarca.	114
Mapa 24 Multitemporal Predio San Francisco, Tibacuy, Cundinamarca.....	116

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Vocación de las tierras del área de desarrollo rural (ADR).....	28
Tabla 2. Características del sensor SPOT 5.....	33
Tabla 3. Resolución espacial espectral del sensor Landsat 8.	34
Tabla 4. Leyes para el uso del suelo respecto a la actividad agrícola.	36
Tabla 5. Hoja de cálculo de Excel donde se observa los datos de cada predio.	46
Tabla 6. Localización de fincas modelo en la división rural	48

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Resolución espacial.	31
Imagen 2. Archivos para realización de pos proceso. Al lado derecho de la imagen estaciones ABCC y ABPD	56
Imagen 3. Puntos diamante pos procesado, puntos en cruz archivos brutos sin corregir.....	56
Imagen 4. Traslape de planchas e imágenes satelitales.	58
Imagen 5. Recortes. Imagen superior de 2007 645-341. De septiembre 7 de 2007. Imagen inferior de 2007 646-342. De marzo 1 de 2007. Debido a la diferencia en meses los colores de ambas imágenes tiene contraste distinto.	59
Imagen 6. Recorte de la imagen que cubre 5 de las 9 fincas a estudiar.	60
Imagen 7. Recorte de la imagen que cubre 5 de las 9 fincas a estudiar	60
Imagen 8. Recorte del área de estudio color marrón dentro de la imagen spot del año 2011.	61
Imagen 9. Imagen con el procedimiento layer staking, la figura de fondo en color es el recorte del área de estudio cubrimiento de las 11 fincas.	62
Imagen 10 Signatura editor muestras.	64
Imagen 11 Selección área de entrenamiento	65
Imagen 12 Zona urbana de colores verdosos a grises	65
Imagen 13 clases para selección de nube	66
Imagen 14 Nube tono blanco, en el fondo la parte urbana se observa gris y el resto de la cobertura rojizo.....	66
Imagen 15 Selección área de entrenamiento	66
Imagen 16 Área de rio contrasta de color blanco.	67
Imagen 17 Selección de las distintas clases sobre rio.	67
Imagen 18 Clases seleccionadas de la cobertura rio y cuerpos de agua.	67

Imagen 19 Bosque tono rojo oscuro	67
Imagen 20 Selección de áreas de entrenamiento	68
Imagen 21 Se observa la signatura Bosque después de la realización del merge.	68
Imagen 22 Selección área de entrenamiento pastos.	69
Imagen 23 Contorno negro en la finca el caucho Silvania de tonalidades rojo vivo	69
Imagen 24 Datos de selección de clases.	69
Imagen 25 Tonalidad Rojo claro	70
Imagen 26 Selección áreas de entrenamiento.	70
Imagen 27 Áreas de entrenamiento y merge donde se determinó cultivo.	70
Imagen 28. Selección de las clases.	71
Imagen 29. Clases seleccionadas para suelo desnudo.	71
Imagen 30. Selección de cobertura sombra.	71
Imagen 31. Clases seleccionadas para cobertura sombra.	71
Imagen 32 Pastos Arbolados.	72
Imagen 33 Clases seleccionadas para determinar pastos arbolados.	72
Imagen 34 Limite de Cultivo amarillo Urbano de rojo.	73
Imagen 35 Limite de bosques verde oscuro y verde claro pastos	73
Imagen 36 Azul banda de rio y de rojo banda de urbano.	73
Imagen 37 Banda de rio junto con banda de suelo desnudo.	73
Imagen 38 Separabilidad espectral donde los resultados son excelentes y de media separabilidad.	74
Imagen 39 Separabilidad espectral, 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007	74
Imagen 40 Promedio fue de 1994.59 lo cual demuestra una excelente separabilidad. Imagen 646-342 de marzo de 2007	74

Imagen 41 Separabilidad espectral Supervisada del año 2011.....	75
Imagen 42 Separabilidad espectral Supervisada recorte Landsat 8.....	75
Imagen 43 Opción máxima verosimilitud	76
Imagen 44 Clasificación 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007.	76
Imagen 45 Recorte imagen 2007.....	76
Imagen 46 Imagen de marzo 2007	77
Imagen 47 Imagen supervisada de marzo 2007.....	77
Imagen 48 Recorte en marrón oscuro corresponde a la imagen a supervisar imagen Spot 2011	78
Imagen 49 Clasificada 2011 lista para ArcGIs donde se hará el estudio de las fincas.....	78
Imagen 50 El tono verde al fondo recorte del área de estudio Landsat 2015.....	78
Imagen 51 Imagen supervisada de 2015 del área de estudio.....	78
Imagen 52 Predio Villa Carmen (Fusagasugá) 2007Resultado extracción por mascara.....	79
Imagen 53 Formato vector para proceder con la opción elimínate. Finca villa Carmen (Fusagasugá) 2007	79
Imagen 54 Área suavizada con las coberturas correspondientes. Finca villa Carmen (Fusagasugá) 2007	80

LISTA DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 1. Dibujos de planos de las fincas del municipio de Granada, diseñados por sus propietarios.	52
Fotografía 2. Recorrido sin Guía en finca Villa Juliana, municipio de Pasca.....	53
Fotografía 3. Recorrido con Guía en finca patio bonito, municipio de Fusagasugá.	53
Fotografía 4. Cultivo de papa transición de Convencional a orgánico.....	54
Fotografía 5. Cultivo en reposo. Finca Santa María, Granada.	54
Fotografía 6. Recolección de datos finca patio bonito vereda sardinas.....	55
Fotografía 7. Recolección de datos finca sabaneta vereda sabaneta.	55
Fotografía 8. Bosquejo y boceto de trabajo en campo.	55
Fotografía 9 Predio El Caucho, fecha 15 de maro de 2016. Cultivo de Maíz.....	101
Fotografía 10 Cultivo de acelgas al fondo cultivo de maíz.	101
Fotografía 11 Pastos Arbolados.....	103
Fotografía 12 Parte del área forestal Finca El Recreo. Arbelaez.....	105
Fotografía 13 Área forestal cerro pan de azúcar.....	107
Fotografía 14 Área de pastos en predio El consejo.	107
Fotografía 15 se encuentra cultivo de café y pastos.	109
Fotografía 16 Corral de pollos.....	111
Fotografía 17 Jardín. Arbolado.....	111
Fotografía 18 Cultivo rodeado de cobertura arbórea.....	115
Fotografía 19 Pastos arbolados.....	115
Fotografía 20 cultivo de café en el predio San Francisco.....	117

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Procedimientos del procesamiento y análisis digital de imágenes.....	30
Gráfica 2. Graficas de dispersión como parámetro de calidad estadística.	35
Gráfica 3. Metodología aplicada para el proyecto.....	51
Gráfica 4 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Patio Bonito.....	94
Gráfica 5 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Caucho	94
Gráfica 6 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Caucho	94
Gráfica 7 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Patio Bonito.....	95
Gráfica 8 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Patio Bonito.....	96
Gráfica 9 Porcentajes y Hectáreas. Predios Villa Carmen y Sabaneta.	97
Gráfica 10. Datos Análisis Multitemporal Finca El Caucho. Arbeláez.....	101
Gráfica 11 Datos Análisis Multitemporal Finca La Isabela. Arbeláez.....	103
Gráfica 12 Datos Análisis Multitemporal Finca El Recreo. Arbeláez.	105
Gráfica 13 Datos Análisis Multitemporal Finca El Recreo. Arbeláez.	107
Gráfica 14 Datos Análisis Multitemporal Finca El Recreo. Arbeláez.	109
Gráfica 15 Datos Análisis Multitemporal Finca El Gualanday. Fusagasugá, Cundinamarca.	111
Gráfica 16 Datos Análisis Multitemporal Finca Villa Juliana. Pasca, Cundinamarca.	113
Gráfica 17 Datos Análisis Multitemporal Finca Patio Bonito. Pasca, Cundinamarca.	115
Gráfica 18 Datos Análisis Multitemporal Finca Patio Bonito. Pasca, Cundinamarca.	117
Gráfica 19 Cobertura por predio en el año 2007.	118
Gráfica 20 Cobertura por predio en el año 2011.	119
Gráfica 21 Cobertura por predio en el año 2011.	120

RESUMEN

El proyecto se enfocó en ejecutar un análisis multitemporal mediante imágenes satelitales producidas por el sensor SPOT 5 (Sistema Probatorio de Observación de la tierra), y el sensor Landsat 8 (LAND=tierra y SAT=satélite), obteniendo una superposición de capas de los territorios rurales de los municipios: Fusagasugá, Tibacuy, Silvania, Granada, Arbeláez y Pasca localizados en la región de Sumapaz en periodos de tiempo: 2007, 2011 y 2015, se realizaron trabajos en once (11) fincas modelo productoras agrícolas en transición de modo convencional a orgánico.

El análisis multitemporal permite evidenciar el cambio de coberturas en las unidades campesinas teniendo en cuenta la frontera agrícola y las coberturas naturales, que influyen en el cambio de paisaje. Igualmente, se constituye como herramienta para la toma de decisiones, para el ordenamiento territorial y desarrollo económico sin agotar la base de los recursos naturales renovables y no renovables.

Se obtienen productos finales como: cartografía base en la cual se delimita la zona de la región de Sumapaz con los municipios nombrados anteriormente incluyendo la localización específica de las fincas (georeferenciación). La cartografía temática contienen: coberturas en su mutación espacio-temporal en los años propuestos para cada predio. Los mapas permiten como herramienta, tomar decisiones contextualizados en el manejo sostenible de la agricultura, donde revela la interacción espacio temporal entre las coberturas del suelo, para así propiciar la seguridad alimentaria, la conservación y manejo de los recursos naturales para contribuir con el desarrollo local y regional.

Palabras clave: Sensor, predios, análisis multitemporal, cartografía temática.

ABSTRACT

The project focuses in a multitemporary analysis executes by means of images satelitales produced by the sensor SPOT 5 (Evidential System of Observation of the land), and the sensor Landsat 8 (LAND=tierra and SAT=satélite), obtaining an overlapping cap of the rural territories of the municipalities: Fusagasugá, Tibacuy, Silvania, Granada, Arbeláez and Pasca located in Sumapaz's region in periods of time: 2007, 2011 and 2015, carried out works in eleven (11) Estates I shape agricultural producers in transition of a conventional way to organically.

The multitemporary analysis allows to demonstrate the change of coverages in the rural units bearing in mind the agricultural border and the natural coverages, which influence the change of landscape. Equally, it is constituted as tool for the capture of decisions, for the territorial classification and economic development without exhausting the base of the natural renewable and not renewable resources.

Final products are obtained as: cartography bases in which there is delimited the zone of Sumapaz's region by the renowned municipalities previously including the specific location of the estates (georeferenciacion). The thematic cartography they contain: coverages in his mutation temporary space in the years proposed for every land. The maps allow as tool, to take decisions contextualizadas in the sustainable managing of the agriculture, where the interaction reveals temporary space between the coverages of the soil, this way to propitiate the food safety, the conservation and managing of the natural resources to contribute with the local and regional development.

Keywords: *Sensor, lands, multitemporary analysis, thematic cartography.*

INTRODUCCIÓN

El planeta tierra es un lugar donde la vida considera ser infinita, los componentes base físicos, químicos y biológicos se encapsulan en la naturaleza que resplandece ante los sentidos del ser humano, son el resultado de procesos entre el espacio y tiempo que genera el ecosistema del cual depende nuestra existencia.

La "Cobertura" de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005), en un término amplio, no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua (IDEAM, 2012).

“El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvieco 1996)” (Ruiz y Herrera, 2013).

“La cobertura y el uso de la tierra representan los elementos integradores de la base de recursos. Cambios en la cobertura y uso de la tierra pueden afectar sistemas globales (Ej. la atmósfera, clima y nivel del mar) u ocurrir en sitios localizados pero suficientes para tener un efecto significativo (Meyer y Turner, 1992)” (FAO, 2015).

La afección de la frontera agrícola sobre las coberturas naturales y por ende el cambio de paisaje es reflejado de forma gráfica en los mapas, un precedente y transformación de este proceso que no se detiene. Por otra parte, el avance de la frontera agrícola ocasiona la pérdida de vegetación nativa, bosques y zonas de conservación foco de las reservas de agua dulce como lo es el páramo de Sumapaz reconocido como el más grande del mundo. Este espacio geográfico es afectado por las actividades agropecuarias sin "frontera agrícola" que genera riesgos ambientales, en este caso deforestación y erosión por la alteración de coberturas naturales.

La recopilación de datos con el equipo Mapper Mobile 10 y observación en campo es fundamental para el reconocimiento del territorio físico ya que así se determinan las coordenadas, los tipos de productos, la extensión de los cultivos, las áreas de reserva forestal, situaciones sociales y económicas de trasfondo reveladas por los habitantes de

cada zona, gracias a esto la comparación de coberturas sobre las imágenes satelitales se facilita.

El conocimiento del terreno permite cuantificar el área de las coberturas de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite hechas por los sensores SPOT 5 y LANDSAT 8 en el cambio espacio temporal 2007, 2011 y 2015.

Se aplica la resolución espacial que se obtuvo en el cambio de tamaño de pixel para todas las imágenes de 15m para áreas de los predios que oscilan entre las 2 ha y 19 ha. Las salidas graficas o mapas finales representan discriminación de coberturas para cada finca dividiéndose en: Bosque, Ríos y cuerpos de agua, pastos arbolados, pastos, cultivo, suelo desnudo, urbano, nubes y sombra.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al referirse a la región de Sumapaz en este proyecto se especifican once (11) fincas ubicadas en las zonas rurales con localizaciones y áreas específicas entre veredas de los municipios: Fusagasugá, Tibacuy, Silvania, Arbeláez, Pasca. Este espacio geográfico es afectado por las actividades agropecuarias sin "frontera agrícola" que genera riesgos ambientales, en este caso deforestación y erosión por la alteración de coberturas naturales.

La región se caracteriza por la diversidad de pisos térmicos, con grandes zonas de reserva y con una alta pero frágil riqueza hídrica, donde se presentan serios problemas de contaminación, de deforestación y vertimientos de aguas negras y residuales (Romero, 2012).

"La falta de aplicación de la normatividad vigente, el servicio de asistencia técnica al pequeño agricultor poco oportuno y la falta de planes estratégicos para el mejoramiento de la producción agrícola, están generando conflictos en el uso del suelo de la provincia. La ampliación de la frontera agrícola especialmente en zonas de páramo, en áreas rurales que incluyen zonas de reserva forestal, producen la explotación de estos suelos con cultivos de papa, mora y pastos para ganadería. En esta misma área se están interviniendo los nacimientos de agua, quebradas y lagunas, siendo esta zona hídrica de vital importancia para los municipios de la provincia. Es frecuente encontrar en Pasca, Fusagasugá, Arbeláez, San Bernardo y Cabrera, agricultores que tienen predios en estos límites.

Los suelos están formados por materia orgánica, humus natural y limos, cargados de nutrientes en procesos de desmineralización, son suelos sin uso agrícola, fértiles, profundos y cargados de humedad porque retienen agua. Cuando se usan para actividades agrícolas, las labores de preparación de suelo modifican esta estructura, se drenan para que las siembras no se pierdan por exceso de agua y se surcan con caballón alto para arear el suelo.

La Provincia de Sumapaz, es una región que presenta condiciones climáticas favorables para la producción agrícola y abundantes fuentes de agua, que por su manejo inapropiado se desperdicia, no se almacena en reservorios ni represas. Por otra parte, la actividad

agropecuaria contamina las fuentes y corrientes de agua con los restos de agroinsumos usados y con los desechos orgánicos de las explotaciones pecuarias."

(Análisis de los sistemas de producción agrícola de las Provincias de Soacha y Sumapaz Cundinamarca, 2010).

“De otra parte, Colombia tiene un número muy importante de personas que viven en las zonas rurales, 11.204.685, según las cifras del DANE para el 2012, y las cuales tienen en disponibilidad cerca de 45.402 metros cúbicos per cápita año. Gracias a ello, el país se ubica por encima de regiones como Norte América, Europa, Asia, África SubSahara, y Medio Este. Las actividades agropecuarias su principal sustento de vida. Aunque la agricultura constituye, entre los diferentes sectores económicos, el tercer generador de empleo en el trimestre octubre-diciembre de 2012 el 18% de los ocupados estaban en las actividades agropecuarias, infortunadamente, el subempleo en el campo continúa siendo alto, 31% (DANE, 2013). Igual ocurre con la informalidad. Estos hechos ponen de presente que, no obstante la caída secular de la actividad agropecuaria en el PIB total y la pérdida progresiva de importancia de la misma en la vida económica y social del país, el campo colombiano cuenta con un recurso humano relativamente abundante que está en condiciones de soportar un crecimiento dinámico de la agricultura, al tiempo que se puede beneficiar del mismo en términos de generación de nuevos empleos. A esto se agrega el hecho de que en la producción de bienes agropecuarios intervienen de manera importante los pequeños productores (Perfetti, Balcazar, Hernandez, Leibovich 2013, p.30).

Según Salgado (2004), a principios de la pasada década, los cultivos predominantemente campesinos ocupaban el 67,2 % del área agrícola y participaban con el 61 % del valor de la producción agrícola. Por su parte, el PNUD (2012) afirma que para 2008, los cultivos campesinos ocupaban el 75,9 % del área y el 66,3 % de la producción. La presencia de los pequeños productores en las diversas actividades que hacen parte de la agricultura colombiana no sólo tiene importancia para el desarrollo económico del sector sino que ella tiene especial significancia en materia social, cultural, política y ambiental para el progreso del país.

Por lo anterior expuesto, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo logra la cartografía identificar alteraciones de coberturas de la tierra relacionando la frontera agrícola como una manera de prever y evitar daños a futuro?

3. JUSTIFICACIÓN

Una de las razones para considerar el componente físico biótico como elemento del desarrollo rural con enfoque territorial surge del Plan de Desarrollo 2010 – 2014 Prosperidad para todos, donde de manera explícita, en su Artículo 67, establece: El Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural serán responsables de liderar y coordinar la formulación de la política general de desarrollo rural y agropecuario, de acuerdo con sus competencias, con base en criterios de ordenamiento productivo y social que permitan determinar las áreas prioritarias de desarrollo rural. Para tal efecto, identificarán el uso actual y potencial del suelo, ordenarán las zonas geográficas de acuerdo con sus características biofísicas, sus condiciones económicas, sociales y de infraestructura, lo que podrá ser empleado por los entes territoriales en la elaboración de los Planes de Ordenamiento Territorial en las zonas rurales de los municipios.

Adicional a la anterior consideración, hay otras que reafirman este enfoque: “Las condiciones agroecológicas que caracterizan las Áreas de Desarrollo Rural, tienen un papel preponderante, en cuanto ejercen un efecto directo sobre la capacidad agro productiva del territorio. El tener en cuenta esta condición es necesario por dos razones simples pero contundentes: de una parte, los ecosistemas naturales están contruidos y organizados para generar una cantidad, una calidad, y una intensidad determinada de bienes y servicios: ecológicos, sociales, y económicos; y por otra, son de gran vulnerabilidad y de relativa finitud, por lo que deben ser utilizados y manejados de acuerdo a su capacidad natural de producción y con prácticas adecuadas de manejo, que permitan establecer relaciones armónicas entre el sistema de recursos naturales, y los sistemas productivos que allí se desarrollen.” (INCODER, 2012).

“Es una realidad, que el hombre y la sociedad tienen inexorablemente que subsistir, progresar y desarrollarse a expensas de los recursos naturales. Por ello, los explotan y aprovechan a través de los sistemas de producción, pero cuando no se logra un relacionamiento armónico entre el uso del suelo y el suelo, el territorio y sus recursos

naturales comienzan a vulnerarse y pueden llegar a agotarse o destruirse. Con ello, la naturaleza va perdiendo su capacidad agro productiva hasta llegar al agotamiento total, pero quien pierde realmente es la sociedad, y con ello, sus posibilidades de progreso y desarrollo. De esta manera, la sociedad peca de ineficiencia ecológica pero también, de ineficiencia económica, porque de los recursos naturales dependen en gran medida la riqueza y el desarrollo económico de una región.” (INCODER, 2012).

El modelo de Desarrollo Rural con enfoque territorial que se lleva a cabo en el INCODER, ha priorizado las Áreas de Desarrollo Rural –ADR- como “escenarios básicos de planificación para, el desarrollo económico, social y ambiental de los territorios y comunidades” (Romero, M., 2012).

El estudio cartográfico dio como resultado el análisis multitemporal realizado en las unidades campesinas de los municipios de la región del Sumapaz, el cual pretende cooperar para que los campesinos se constituyan en otros lugares del territorio o adecuen su espacio buscando alternativas de cultivo, labor y aporte a su entorno; ofrecer ventajas de cultivos orgánicos, puede además de ayudar a los productores, preservar los nutrientes del suelo para extender su actividad sobre el mismo más tiempo en comparación con los cultivos químicos.

Los mapas desarrollados son instrumentos de poder, por lo tanto en base a estos se toman las decisiones en cuestión de territorio rural, evitando un daño ambiental por exceso de producción en el área o al no respetar las fronteras agrícolas.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Analizar desde una perspectiva cartográfica la transformación de coberturas de la tierra en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2007, 2011 y 2015 en municipios de la región de Sumapaz.

4.2 Objetivos específicos

- Georreferenciar las producciones campesinas en municipios de interés: Fusagasugá, Pasca, Arbeláez, Tibacuy, Silvania y Granada.
- Realizar el análisis multitemporal de las coberturas de la tierra y su influencia en el cambio de paisaje.
- Elaborar mapas con las coberturas de la tierra para cada predio en el lapso de tiempo 2007, 2011 y 2015.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Marco Teórico

En esta sección se entrelazan los siguientes conceptos: Agroecología, frontera agrícola, coberturas, cambio del paisaje, análisis multitemporal y sensores remotos; esta relación da forma al documento desde las diferentes perspectivas que requieren el tema del proyecto. Se argumenta según el orden propuesto de conocimientos ya mencionados.

"Conceptualmente se ha logrado la separación entre cobertura y uso de la tierra, que anteriormente se empleaban indistintamente; el término "Uso" implica la utilidad que presta un tipo de cobertura al ser humano, para Janssen (2000) el uso se relaciona con las actividades humanas o las funciones económicas de una porción específica de la Tierra (como el uso urbano o industrial, de reserva natural, etc.)

En términos puntuales para la delimitación de las coberturas de la Tierra, el IDEAM (1997) describe la cobertura como la unidad delimitable que surge a partir de un análisis de respuestas espectrales determinadas por sus características fisionómicas y ambientales, diferenciables con respecto a la unidad próxima" (IDEAM, 2012).

En algunos casos, la ocupación del territorio no se planifica sino que, por el contrario, se da por medio de dinámicas espontáneas orientadas por grupos de interés o lógicas de mercado y las cuales generan desequilibrios en términos de la población, las actividades productivas, y la infraestructura, entre otros. Estos desequilibrios repercuten, en el largo plazo, en el deterioro de los recursos naturales, la exclusión social o el uso desordenado del suelo. (Perfetti, J. Balcázar, A. Hernández, A. Leibovich, J, 2013).

La agroecología emerge justo en el momento en que las sociedades altamente industrializadas creían haber resuelto los problemas de producción masiva de alimentos sin comprometer su estabilidad ecosistémica ni la calidad de sus alimentos y varios años después que las tecnologías y las relaciones sociales y económicas que acompañan al modelo de Revolución Verde, se hubieran instalado en países dependientes, especialmente en América Latina, sin haber podido resolver ni los problemas de producción masiva, ni las

inequidades sociales existentes en el campo ni la degradación acelerada de los recursos naturales, inherentes al modelo Revolución Verde (Sicard, 2012).

Cada día la demanda de alimentos es mayor y el ritmo de abastecimiento no es progresivo, tornándose en ocasiones lento y escaso debido a la estacionalidad de la producción agrícola, a la distancia de las áreas de producción con referencia a los centros de consumo, a la capacidad de adquisición de los productos por parte de los consumidores y finalmente, a la calidad biológica y nutricional de los alimentos ofertados (FAO, 2010).

La cobertura global del suelo ha sido modificada para proveer de alimento y abrigo a más de seis billones de personas. En décadas recientes, las áreas dedicadas a actividades agropecuarias se han expandido aumentando los requerimientos de energía, agua y fertilizantes ocasionando grandes pérdidas de biodiversidad (FAO, 2010). Las actividades pecuarias y agrícolas inherentes a los agro ecosistemas afectan la biodiversidad desde el momento mismo en que se decide transformar o eliminar la cobertura vegetal natural para dar lugar a los sistemas productivos específicos, por ejemplo la destrucción de hábitats que incluye la remoción de la cobertura vegetal natural (mediante tala y/o quema), fragmentación, desecación de humedales, inundación, remoción del barbecho, entre otras (Sicard, 2012).

Durante muchos años la expansión de la frontera agrícola ha constituido uno de los principales problemas ambientales que se presentan en áreas donde por condiciones climáticas y sociales se permiten desarrollar actividades agrícolas con posibilidad de desarrollar niveles adecuados de producción. La ampliación de la frontera agrícola, ha sido una constante en la historia del país y aún configura espacios rurales en áreas de bosque húmedo tropical. La concentración de tierras de mejor vocación agrícola y pecuaria, principalmente en la región Andina y valles interandinos, ha impulsado la migración de población, desde los valles fértiles hacia las zonas con suelos poco aptos en la frontera agrícola, y ha causado la transformación del paisaje selvático y la parcelación de la propiedad de las áreas baldías. (Ortiz, 2013).

La región del Sumapaz por poseer diversidad de pisos térmicos con una alta riqueza hídrica, la cual está en peligro dado que el páramo del Sumapaz en el municipio de Pasca ha sido utilizado para la práctica agrícola del cultivo de papa, lo que forja daños en su cobertura alterando así su sistema natural. ("Paramo del Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa", 2008). Los cambios producidos en el uso del suelo han permitido al ser humano apropiarse de los recursos, así mismo de dragar la capacidad de las coberturas en sustentar la producción de alimento. La repercusión está a largo plazo en si se podrá proveer con la misma intensidad los bienes y servicios.

"El Parque Nacional Natural Sumapaz abarca aproximadamente el 43% del complejo de paramos más grande del mundo, el complejo de Cruz Verde – Sumapaz, el cual según datos del Instituto Alexander von Humboldt (2012), tiene una extensión total de 333.420 Ha, de las cuales solo 142.112 Ha se encuentran protegidas bajo la figura de Parque Nacional Natural Sumapaz. Una de las funciones principales de los ecosistemas que protege el Parque es la regulación hídrica de las cuencas altas de los ríos Tunjuelo, Sumapaz, Blanco, Ariari, Guape, Duda y Cabrera como oferentes de servicios ecosistémica para el Distrito Capital y los departamentos del Meta, Huila y Cundinamarca" (Vallejo et al, s.f).

“En los cultivos Semestrales más representativos en los municipios del ADR de Sumapaz se destacan: la Papa, que paso de tener un área cosechada de 2.601 Has en 2002 a 2.624 Has en 2010, lo que muestra un comportamiento estable, con fluctuaciones que se pueden catalogar como normales su rendimiento promedio para el 2010 fue de 19,3 toneladas por hectárea; el Fríjol en el 2002 presento un área cosechada de 642 Has y en el 2010 fue de 1.686 Has, lo que representa un crecimiento del 162,62%, el rendimiento para el último año (2010) fue de 1,57 toneladas por hectáreas." (INCOCER, 2012).

A continuación, Según la (Tabla 1), un poco más del 16 % de las tierras que conforman el Área de Desarrollo Rural del Sumapaz, tienen vocación agrícola (Clases III y IV), el 27.8 % es adecuada para sistemas agroforestales, el 11 % es de vocación forestal y el 45,1 % no permite ningún tipo de explotación por lo que son áreas que deben protegerse y conservarse en las condiciones actuales.

Tabla 1. Vocación de las tierras del área de desarrollo rural (ADR).

Vocación de uso	Capacidad de uso	Área (ha)	Área (%)
Agrícola	Clase III	5924	2,20
Agrícola	Clase IV	37283	13,85
Agroforestal	Clase VI	75076	27,89
Forestal	Clase VII	29840	11,09
Conservación	Clase VIII	121432	45,11
<i>Total general</i>		<i>269183</i>	<i>100,00</i>

(Romero, Mandius 2012).

"Sobre la erosión de suelos sirven las barreras vivas en terrenos con pendiente pronunciada; protección del suelo por capa de hojarasca (reducción de impacto erosivo de las gotas de lluvia, efecto de la copa y del fuste en la reducción de la velocidad de caída de las gotas de lluvia). Para el mantenimiento de la fertilidad cumple con la fijación biológica de nitrógeno, reciclaje de nutrientes desde las capas más profundas, formación de materia orgánica para el suelo.

Con el fin de contrarrestar, mitigar y disminuir el impacto ambiental generado por los procesos de expansión de la frontera agropecuaria, se ha iniciado a nivel local un proyecto que promueve el uso de sistemas de producción basados en parámetros de agricultura orgánica, y la implementación de SAF's (Sistemas Agroforestales) en áreas de explotación agrícola" (Ortiz, 2013).

La deforestación y la degradación de los bosques es uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta ALC, el cual impacta seriamente en los medios de vida de millones de personas. Los países de la región están haciendo serios esfuerzos para hacer frente a este problema. En el periodo 2010-2015, la tasa de deforestación anual en la región fue de 2,2 millones de hectáreas, lo que representa una disminución de 1,4 millones de hectáreas en relación con el quinquenio anterior (ALC, 2015-2016).

Por su parte, la dimensión temporal de los paisajes permite, a través del establecimiento de comparaciones entre momentos históricos diferentes, precisar el estado pasado y actual de determinados paisajes, lo que marcará la evolución del paisaje en el tiempo. Se utilizan

imágenes de satélite o fotografías aéreas para generar mapas de cobertura de la tierra para dos o más momentos que, posteriormente, por superposición entre pares permiten definir y cuantificar los cambios existentes en dichas coberturas. Estas investigaciones concluyen, desde la perspectiva temporal, que, para el caso concreto de las ABRAE localizadas en los Andes Venezolanos, existe un importante deterioro de las coberturas naturales, traducido en pérdidas significativas y degradación de hábitats naturales que favorece la expansión de las fronteras agrícolas (Molina y Albarrán, 2012).

A partir de teledetección y Sistemas de Información Geográfica se analizaron series temporales de productos del sensor MODIS (Espectro- radiómetro de imágenes de media resolución) y se detectaron los principales sistemas de cultivos de 5 países de Sudamérica. Se cartografiaron las áreas de cultivos anuales para los ciclos productivos 2000/01 y 2010/11, se evaluaron de manera espacialmente explícita los cambios ocurridos entre los mencionados ciclos y se elaboraron hipótesis a fin de entender dichos procesos de cambios. Se observó un incremento del 43% de la superficie cultivada entre ciclos, con una distribución espacial heterogénea. Los cambios más destacables a nivel regional fueron la disminución del 66% en la superficie ocupada con cultivos de invierno como práctica única, y los incrementos del 62% y 52% en la superficie de los cultivos de verano y doble cultivos, respectivamente. La metodología planteada fue adecuada para llevar a cabo análisis que combinan una gran extensión de territorio y tiempo" (Volante, et al., 2015).

Las características de cobertura y uso de la tierra, que tienen expresión sobre las imágenes son reconocidos, analizadas, clasificadas y luego se hace la comprobación de campo para verificar la exactitud de las unidades interpretadas. El levantamiento por este método da resultados con una superior calidad técnica, es rápido y económico, permite estudiar áreas de difícil acceso y puede ser realizado sobre grandes extensiones.

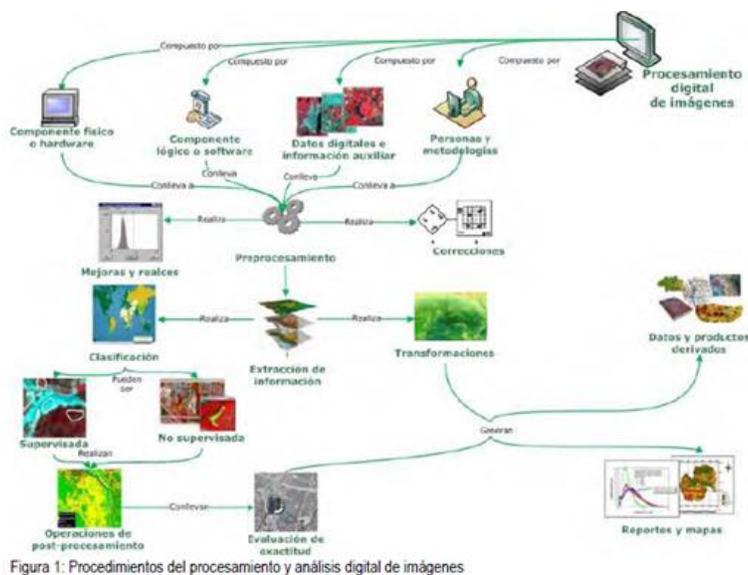
"La resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal en las imágenes de satélite son el componente fundamental para la interpretación de imágenes ya que es a partir de la resolución que se determina la calidad y definición de la imagen digital. En percepción

remota la resolución se entiende desde varios puntos de vista, lo cual permite diferenciar varios tipos." (IGAC, s.f).

A continuación se presentan las diferentes clases de resolución:

5.1.1 Características De Una Imagen Digital:

"Las imágenes poseen de unas propiedades o características específicas en cuanto a su capacidad de registrar y discriminar la información de detalle. Se denominan como la resolución de imágenes o también del sensor, y se divide en 4 tipos: espacial, espectral, radiométrica y temporal (Chuvienco, 2002; Posada, 2008). "(Elena Posada, 2012). A continuación en la (Grafica 1), se muestra el debido proceso para el procesamiento y análisis digital de las imágenes satelitales.



Gráfica 1. Procedimientos del procesamiento y análisis digital de imágenes.

- Resolución Espacial

"Se define por el elemento más pequeño que puede ser discriminado en una imagen. Se mide mediante el Campo de Visión Instantáneo (IFOV) de un sensor ópticoelectrónico, o en la práctica, mediante distancia del terreno que corresponde a ese ángulo y que corresponde a mínima unidad de información incluida en la imagen o píxel. Menor sea el tamaño del píxel, mayor resolución posee la imagen y mayor nivel de detalle es posible

extraer de la misma. Sin embargo, si las áreas de interés son muy heterogéneas, como por ejemplo áreas urbanas, se ha comprobado que mayor resolución espacial afecta negativamente la clasificación digital. Igualmente, cabe mencionar que el umbral para discriminación de los objetos en una imagen es 4 veces mayor que el tamaño de un píxel (Jensen, 1986 y citado por Posada, 2008). La resolución espacial de las imágenes de sensores remotos aplicados a estudios de recursos naturales varía de 1m de hasta 1 km. En Colombia los más utilizados son las imágenes de programas LANDSAT, con resolución espacial de 30 y 15 metros; y las imágenes de programa SPOT de 20 y 10 metros de resolución. Recientemente han entrado al mercado las imágenes del programa espacial IKONOS, con resolución espacial que varía de 1 a 4 mts y QuickBird con resolución que varía de 0.6 mts a 2.4 mts. Es una excelente alternativa, sin embargo es muy costosa y requiere de estudios cuidadosos sobre su aplicabilidad real, así como de generación de los nuevos enfoques metodológicos de procesamiento digital a causa de su alta resolución espacial. También están disponibles, desde hace poco tiempo, las imágenes del satélite Indio – IRIS con resolución de 6 metros (Posada, 2008)." (Elena Posada, 2012). (Imagen 1).

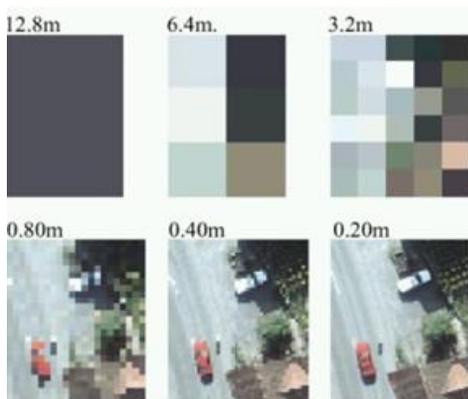


Imagen 1. Resolución espacial.

(IGAC, s.f).

- Resolución Espectral

"Indica el ancho y número de las bandas espectrales que posee una imagen. Una imagen multiespectral se caracteriza por ser más idónea si cuenta con mayor número de bandas, ya que facilita la caracterización espectral de los distintos objetos de la tierra. A la vez es conveniente que estas bandas sean estrechas, ya que las bandas muy amplias registran un valor promedio, que puede encubrir la diferenciación espectral entre los objetos de interés. La elección del número, anchura y localización de las bandas depende de objetivos del estudio. Por ejemplo, para el estudio de la vegetación es recomendable contar con las bandas del rango del espectro visible, infrarrojo cercano y medio; (infrarrojo cercano 800 nm a 2500nm; infrarrojo medio de 2.5 μm a 50 μm para estudio de calidad de las aguas es importante contar con las bandas azul, verde y rojo. La menor resolución espectral posee las imágenes de radar, cuentan con una sola banda y son monoespectrales. Las imágenes óptico electrónicas cuentan con un amplio rango de bandas espectrales en función del programa espacial. Existen programas, como HRIS (High Resolution Imaging Spectrometer) con 196 canales espectrales, (Chuvieco, 2002). Los comunes para Colombia son las imágenes LANDSAT-TM con 7 bandas espectrales hasta el programa LANDSAT-5 y 8 bandas para LANDSAT-7. Siguen las imágenes SPOT, con 3 bandas en el programa SPOT-3 y 4 bandas para SPOT-4. Las imágenes IKONOS y QuickBird cuentan con 4 bandas espectrales (Posada, 2008)." (Elena Posada, 2012).

- Resolución Radiométrica

"Representa la capacidad del sensor para detectar las variaciones en la radiación espectral que recibe. El rango con que se codifica la radiación varía para distintos sensores, sin embargo, los de 256 niveles de codificación o 8 bits son las comunes en el mercado actual de las imágenes de sensores óptico-electrónicos, así como LANDSAT y SPOT. Las imágenes de IKONOS son de 11 bits o 2048 niveles radiométricos. La mayor precisión radiométrica conlleva en teoría a mayor precisión. Sin embargo, según Chuvieco, algunos autores han demostrado que el aumento de 64 a 256 niveles no

implica una mejora significativa en la clasificación de cubiertas vegetales. Igualmente se puede mencionar el caso de radar, que con una resolución radiométrica de 16 bits 65536 niveles de codificación, de ninguna manera podrá superar una imagen multiespectral de 256 niveles en cuanto a discriminación y clasificación de objetos terrestres (Chuvieco, 2002; Posada, 2008; CCRS, 2003)." (Elena Posada, 2012).

- Resolución Temporal

"Es la frecuencia con la que se adquieren las imágenes de la misma porción terrestre y la cual depende de la altura, velocidad e inclinación de la plataforma, así como del ángulo de observación. Las imágenes de LANDSAT (tabla 2) se puede obtener, teóricamente, cada 16 días y de SPOT cada 26 días. Sin embargo, obtención de las imágenes ópticoelectrónicas para mayoría de las regiones de Colombia y específicamente en el área del Pacífico se dificulta debido a las condiciones atmosféricas adversas y alta nubosidad durante casi todo año. Cuando estudian las imágenes en cuanto a su calidad, las 4 resoluciones mencionadas se deben analizar en su conjunto y la selección de una imagen apropiada depende de los objetivos predeterminados por el estudio. Así para algunos estudios puede predominar la riqueza espectral y radiométrica de las imágenes, caso de estudios de vegetación. Para otros, la resolución temporal es más importante, caso de estudio de las áreas urbanas; o en el caso de alguna catástrofe natural, es necesario de contar con las imágenes de muy corta periodicidad." (Elena Posada, 2012).

- Satélite SPOT 5

Tabla 2. Características del sensor SPOT 5

SPOT 5 (Características técnicas)			
<i>Sensor</i>	Pancromático	Multiespectral	
<i>Resolución espacial</i>	2,5 - 5 - 10 m/píxel	10 m/píxel	20 m/píxel
<i>Resolución espectral (nm)</i>	480 – 710	500 - 590 GREEN	610 - 680 RED
		780 - 890 NIR	1580 - 1750 MIR
<i>Resolución radiométrica</i>	8 bits/píxel		
<i>Precisión</i>	< 30 m (1 σ^2)		
<i>Ancho de barrido (Swath Width)</i>	1 escena entera: 60 Km x 60 Km		
	1/2 escena: 40 Km x 40 Km		
	1/4 escena: 30 Km x 30 Km		

<i>Off-NADIR</i>	1/8 escena: 20 Km x 20 Km
<i>Tamaño de escena</i>	Visión lateral: $\pm 27^\circ$, estéreo adelante-atrás
<i>Pares estéreo</i>	Pedido mínimo 1/8 de escena (20 Km x 20 km)
<i>Revisita</i>	No
<i>Programable</i>	2 ó 3 días
<i>Altitud</i>	Sí, estándar o prioritaria
<i>Formato de entrega</i>	822 Km
<i>Lanzamiento</i>	GeoTIFF
	Mayo 2002

² La precisión de localización se evalúa a partir de una estadística realizada sobre un gran número de escenas repartidas por todo el mundo y adquiridas desde Septiembre de 2003.

(Telespazio, 2016)

- Satélites LANDSAT

Landsat 8 presenta 11 bandas (tabla3) La misión de los satélites es establecer una estrategia de captura periódica de imágenes de la superficie terrestre, cuya aplicación es el análisis multitemporal. Los sensores principales instalados a bordo son **MSS, TM y ETM**

Tabla 3. Resolución espacial espectral del sensor Landsat 8.

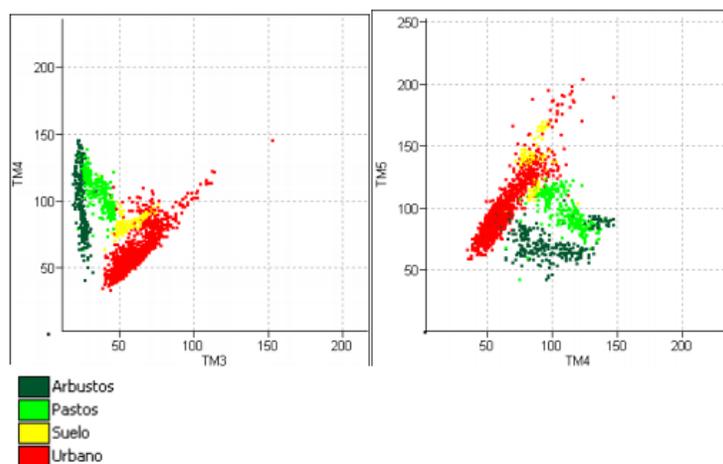
Satélite	Spectral Bands	Ground pixel size	Spectral range	Uses
Landsat 8	Band 2 – Blue	30 metros	0.45 - 0.51 μm	Se recomienda para el seguimiento de los ecosistemas acuáticos (sedimento de mapeo en el agua, hábitat de los arrecifes de coral, etc.). Es la más susceptible a la dispersión atmosférica.
	Band 3 – Green	30 metros	0.53 - 0.59 μm	La banda fue seleccionada porque coincide con la longitud de onda para el verde que vemos al mirar la vegetación.
	Band 4 – Red	30 metros	0.64 - 0.67 μm	Absorbe casi toda la luz roja (clorofila banda de absorción) esta banda puede ser útil para distinguir la vegetación y el monitoreo de la salud de la vegetación.
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	30 metros	0.85 - 0.88 μm	Se recomienda para la definición de la interface agua / tierra.
	Band 6 - SWIR 1	30 metros	1.57 - 1.65 μm	Esta banda es muy sensible a la humedad y por lo tanto se utiliza para controlar la vegetación y la humedad del suelo. También es bueno en la diferenciación entre las nubes y la nieve.

	Band 7 - SWIR 2	30 metros	2.11 - 2.29 μm	Esta banda también se utiliza para la humedad de la vegetación aunque generalmente se prefiere para el mapeo de suelos y la geología.
	Band 8 – Panchromatic	15 metros	0.50 - 0.68 μm	Esta banda está pensada principalmente para aplicaciones que requieran detalle geométrico fino

(USGS, 2016).

- Evaluación estadística de las áreas de entrenamiento

"Las estadísticas evalúan el grado de representatividad de las áreas pilotos y dan idea sobre la separabilidad espectral de las clases temáticas, lo que al final garantiza una buena clasificación. Existen métodos gráficos y numéricos las más utilizadas son los diagramas de firmas espectrales y los diagramas de dispersión espectral (Grafica 2), se basan en el análisis de las medias aritméticas y desviaciones estándar, la primera indica el comportamiento espectral medio de los ND, y la segunda el grado de heterogeneidad de la muestra. En un diagrama espectral se plasman las bandas que intervienen en clasificación en el eje X y las medias de ND de cada clase, con este gráfico se evalúan las tendencias espectrales de cada clase, resaltándose el compartimiento de las bandas espectrales en relación con sus vecinas. Las líneas paralelas y cercanas indican de posible confusión espectral y las intersecciones entre las líneas, la buena separabilidad entre estos (Posada, 2008).



Gráfica 2. Graficas de dispersión como parámetro de calidad estadística.

"La interpretación de imágenes de sensores remotos se asocian a elementos reconocibles, la variación de perspectiva, escala y poco detalle hace de esta actividad algo rigurosa. Se emplea el sensor SPOT 5 (Sistema Probatorio para la Observación de la Tierra) para el procesamiento de imágenes satelitales vinculado por la percepción remota con el fin de monitorear el comportamiento de las coberturas. Con un corredor de una amplitud de 60 km y una resolución que puede ir de 20 m a 1,5 m, los productos SPOT constituyen una referencia cartográfica tanto a escala local como regional, por tal razón, del análisis de las imágenes obtenidas, se generara cartografía a escala 1:25.000.

El uso eficiente del suelo y de los recursos naturales requiere instrumentos que estimulen su aprovechamiento productivo, en especial el de las tierras de vocación agrícola. El diseño de estos instrumentos debe realizarse a partir de información semidetallada (1:25.000), resultante de la identificación de los suelos con capacidad productiva, que permita identificar las condiciones agroecológicas del suelo y la oferta ambiental del territorio. La disponibilidad de información facilita el ordenamiento del suelo rural y provee las herramientas para el diseño de incentivos para su uso eficiente en el marco del concepto de "crecimiento verde". Este ejercicio debe incorporar metodologías que aseguren la participación activa de los pobladores rurales en los procesos de ordenamiento y conducir a la reconversión de las tierras rurales, especialmente en aquellas zonas en donde se presentan conflictos por sobreexplotación y subutilización" (PND, 2014-2018).

5.2 Marco Legal

Mediante leyes y decretos (Tabla 4), se pretende hacer un orden en cuanto al tema de zonas protegidas, la importancia radica para que al realizarse la explotación agrícola de un área pueda desarrollarse dentro de las leyes lo cual procuran regular el uso del suelo en zonas vulnerables para evitar posibles daños como por ejemplo el conflicto bosque vs cultivo.

Tabla 4. Leyes para el uso del suelo respecto a la actividad agrícola.

LEY DECRETO	ARTICULO	APORTE
Ley 99 de 1993	En el aspecto específico de los páramos consagro dentro de sus principios que	Los municipios los cuales tiene contacto con el páramo deben evitar cultivo

LEY DECRETO	ARTICULO	APORTE
	<p>las zonas de paramos, subparamos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos deben ser objeto de protección especial y que la biodiversidad por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, debe ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.</p>	<p>acerca a sus laderas ya que producen una deforestación. Por ende se debe cumplir la ley 99 de 199 donde dice que las zonas de subpáramo deben ser de protección especial.</p>
<p>DECRETO 3600 DE 2007 CAPITULO II Ordenamiento del suelo rural Artículo 4</p>	<p>2. Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales Incluye los terrenos que deban ser mantenidos y preservados por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales o de explotación de recursos naturales. De conformidad con lo dispuesto en el parágrafo del artículo 3° del Decreto 097 de 2006, en estos terrenos no podrán autorizarse actuaciones urbanísticas de subdivisión, parcelación o edificación de inmuebles que impliquen la alteración o transformación de su uso actual.</p>	<p>En los terrenos destinados buen sea a ganadería, agricultura o zonas forestales no se podrá realizar obras civiles como construcciones.</p>
<p>Ley 388 de 1997 CAPITULO IV Clasificación del suelo Artículo 33.</p>	<p><i>Suelo rural:</i> Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.</p>	<p>Suelo rural uso prioritario para las actividades agras pecuarias.</p>

LEY DECRETO	ARTICULO	APORTE
<p>Ley 388 de 1997 CAPITULO IV Clasificación del suelo Artículo 35.</p>	<p><i>Suelo de protección:</i> constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, (<i>suelo urbano, suelo de expansión urbana, suelo rural, suelo suburbano</i>) que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tienen restringida la posibilidad de urbanizarse.</p>	<p>El suelo de protección puede estar en cualquier clase de suelo, por ende en esos lugares protegidos está prohibido las obras civiles como urbanizaciones.</p>
<p>Ley del plan de desarrollo 2015-2018 Capítulo II Movilidad social Artículo 89 C</p>	<p>Los predios no podrán estar ubicados al interior de áreas de conservación y protección ambiental, tales como las áreas del sistema nacional de áreas protegidas, áreas de reserva forestal, áreas de manejo especial y áreas de especial importancia ecosistémica, ni en áreas que hagan parte del suelo de protección, en los términos de que trata el artículo 35 de la Ley 388 de 1997, ni en otras áreas cuyo desarrollo se haya restringido en virtud de la concertación ambiental que</p>	<p>Los predios no pueden estar dentro de áreas de conservación ambiental, ni en áreas que hagan parte del suelo de protección.</p>

LEY DECRETO	ARTICULO	APORTE
	fundamentó la adopción del plan de ordenamiento vigente.	

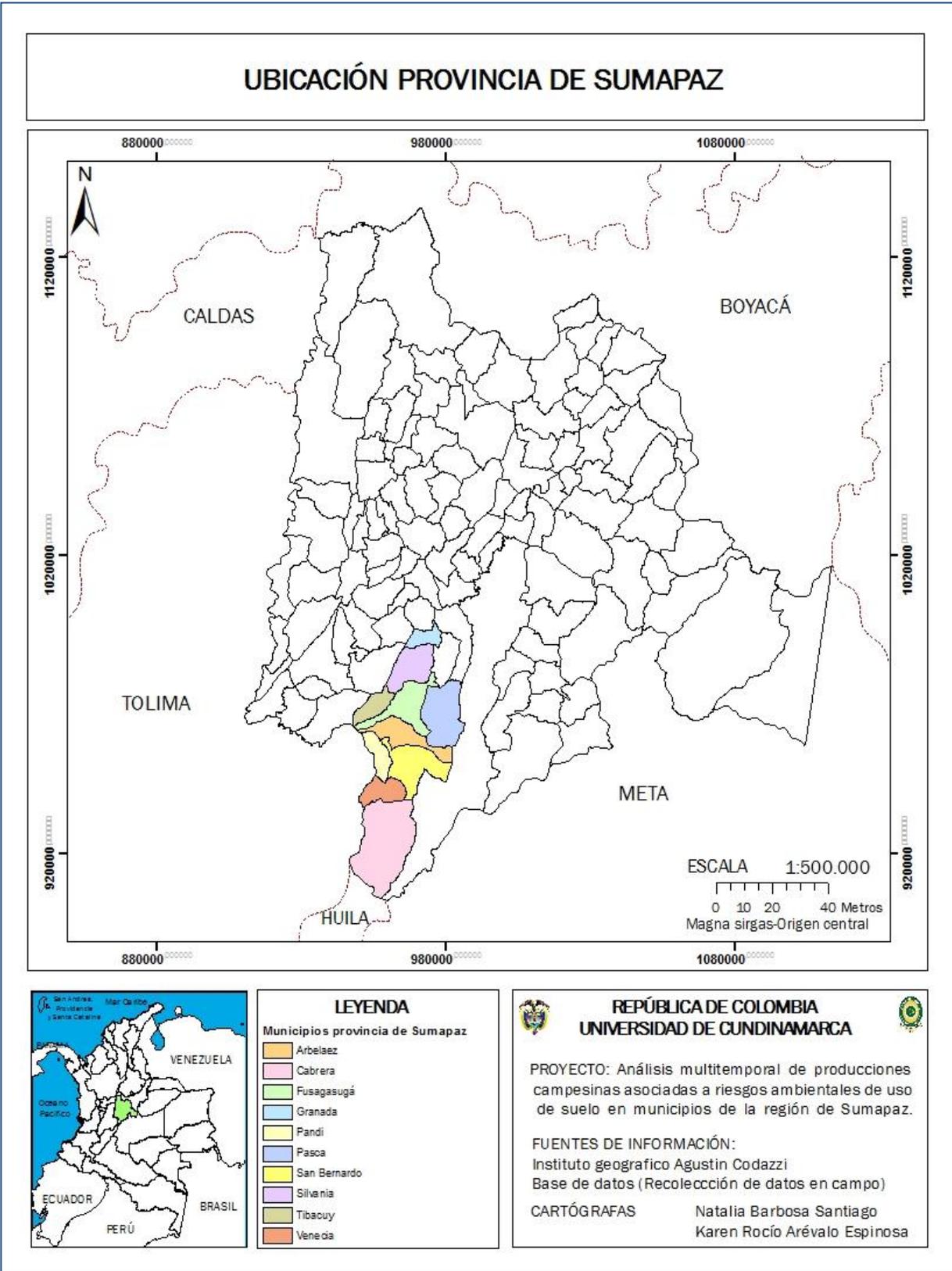
6. METODOLOGÍA

6.1.1 Ubicación Espacial

El diseño metodológico para la caracterización física y grafica del territorio tiene dos fases: una descriptiva, y otra interpretativa. En la primera, se hace una descripción, cuantificación y representación espacial de las principales características y cualidades del Medio Natural, de las que se destacan: los aspectos fisiográficos, hidrológicos, climáticos, edafológicos y de cobertura y uso de la tierra. El producto de esta fase, constituye la oferta ambiental del territorio y la línea base de este componente (Romero, et al, 2012).

La fase interpretativa se realiza con la información generada en la fase descriptiva y tiene como propósito desde la cartografía, contribuir a cumplir los objetivos definidos en la estrategia de transición de cultivo convencional a orgánico con enfoque territorial, acorde a las condiciones naturales del territorio, y socioeconómicas de su población. Bajo este enfoque, la fase interpretativa está orientada a conocer y establecer el análisis multitemporal del territorio en las fechas establecidas: 2007, 2011 y 2015 mediante diferentes sistemas y escalas de valoración (nacional, regional, local), a partir de los cuales se genere información orientada a mejorar la toma de decisiones en la relación de las coberturas naturales y la frontera agrícola.

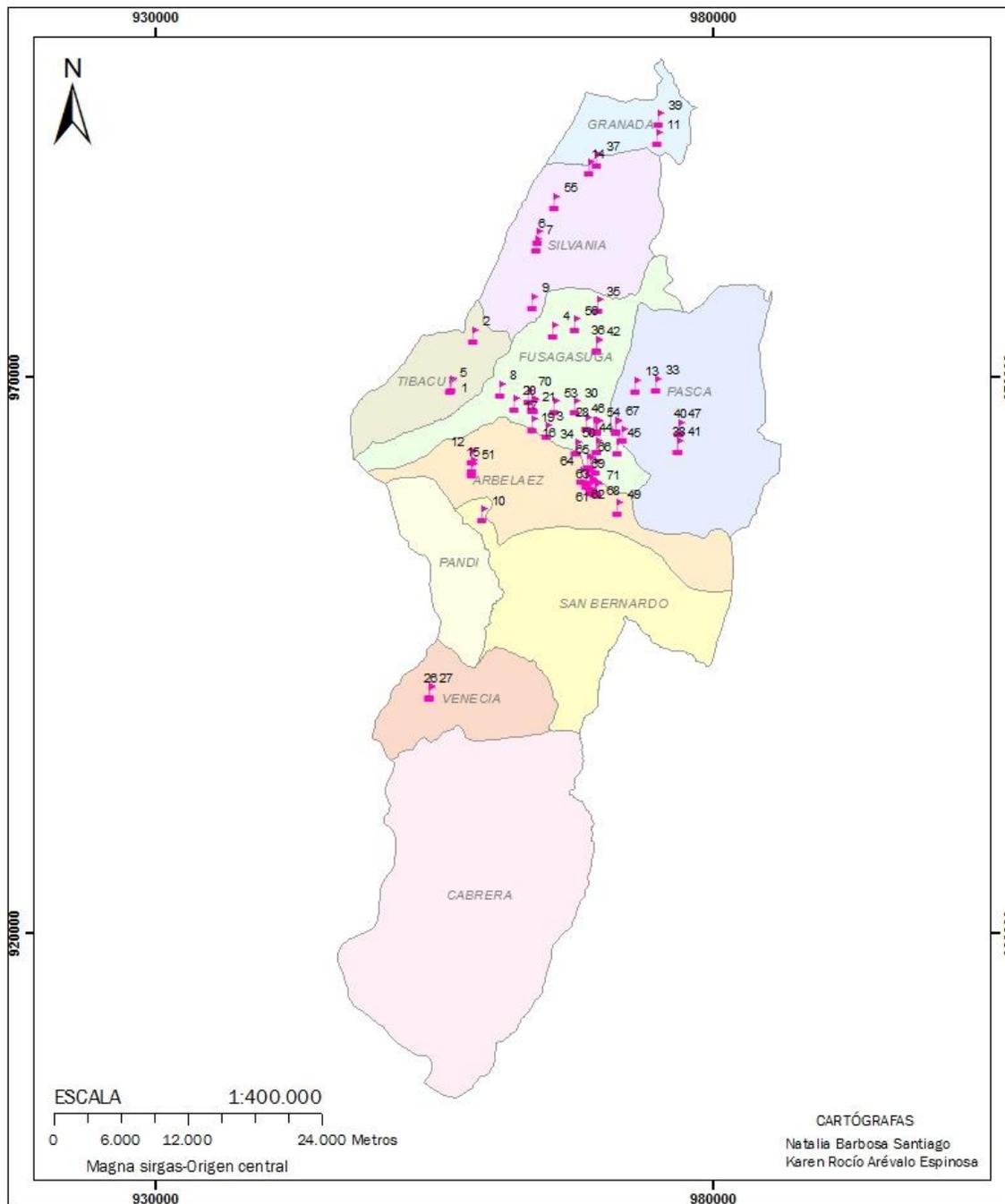
La prioridad desde la perspectiva cartográfica se sustenta en la ubicación de la zona de trabajo a nivel nacional, departamental, regional y local. La única herramienta de dibujo con información cuantitativa y cualitativa que permite observar la ubicación geográfica es el mapa, en este caso se muestra la localización en primera instancia de la región de Sumapaz a nivel departamental y nacional, (Mapa 1), un mapa con la ampliación de la región y los municipios donde se localizan los setenta y un (71) predios productores campesinos en estado de transición convencional a orgánica, estos predios son el resultado de un investigación previa realizada en el mercado campesino donde se visitaron las respectivas fincas para su georeferenciacion. (Mapa 2)



Mapa 1. Ubicación región de Sumapaz a nivel departamental y nacional



LOCALIZACIÓN PREDIOS



Mapa 2. Ubicación (71) predios productores campesinos en municipios de la región de Sumapaz.

A continuación una breve descripción de los municipios relativos a las labores:

- Fusagasugá

- Ubicación de Fusagasugá

Latitud 4° 20' 14"

Longitud 74° 21' 52"

Ubicado al sur occidente de departamento de Cundinamarca, es cabecera principal del Sumapaz, enmarcado topográficamente entre los cerros Fusacatán y el Quinini.

- Límites.

Al norte Silvania y Sibate, al sur Arbeláez, al oriente pasca y Sibate, al occidente Tibacuy, Silvania e Icononzo (Oficina asesora de planeación, 2010).

- Zonificación y uso del suelo rural n el municipio de Fusagasugá.

Se constituye como zonas de protección y reserva las siguientes áreas:

El área de la vereda san Rafael y los robles por su valor paisajístico, hídrico y por ser una zona de recarga de acuíferos. La parte alta de las veredas la aguadita, bermejál, tierra negra, Piamonte, Jordán, la Palma, Pekín, los sauces, sardinas, y parte de las veredas Batan, Barroblanco, el Chocho, Panches, Cuja, Batan y Guavio. La zona forestal está Ubicada en el norte de la meseta de Chinauta, y los ríos Chocho y cuja respectivamente así mismo hacen parte de esta zona los relictos de bosque que bordean la meseta de Novillero. (Oficina asesora de planeación, 2010).

- Arbeláez

Según el Capítulo III aspectos estructurales del territorio del EOT de Arbeláez, 1998. La ubicación geográfica del municipio, latitud: 4° 17' 20" longitud 74° 26',56" pertenece al departamento de Cundinamarca ay hace parte de la provincia de Sumapaz.

Límites: Al norte con Fusagasugá del que se encuentra separados por el Rio Gavio y Cuja y con el municipio de pasca y distrito cápita, al oriente con pasca y el distrito capital, por el sur con San Bernardo, Pandí.

El municipio de Arbeláez se encuentra dentro de la hoya hidrografía del rio Sumapaz, cuja y rio negro.

En el artículo 5 se concluye que los suelos se destinan a uso agrícola, pecuario, forestal, minero y actividades análogas y áreas de protección.

- Sylvania

Según el acuerdo 22 de 2000 PBOT (plan básico de ordenamiento territorial), el municipio de Sylvania se encuentra ubicado en la parte sur del departamento de Cundinamarca y la parte norte de la provincia del Sumapaz, de norte a sur es atravesado por la vía panamericana (vía nacional) y en su costado occidental por la vía Bogotá- san miguel, Fusagasugá y las vías que comunican a los municipios de granada, Fusagasugá y Tibacuy; ambientalmente se encuentra ubicado en subcuenca alta del rio Chocho, poblacionalmente es el segundo municipio más habitado de la provincia; económicamente sus actividades son pecuaria avícola y porcicola y los mayores cultivos son la mora y tomate de árbol.

Actividades Socioeconómicas (Artículo 47. Usos Agrícolas).

Las áreas destinadas a la agricultura, el área mínima del predio para desarrollar actividad socioeconómica es de (1) hectárea, donde además del uso agropecuaria se debe dedicar un mínimo de área del predio al bosque protector.

- Pasca

Según el plan de desarrollo municipal 2012-2015, el municipio está ubicado en la zona sur del departamento de Cundinamarca en la región de Sumpaz. Su cabecera está localizada a los 4° 18'12" de latitud norte y 74° 18'12" longitud oeste, a una altura de 2180 m.s.n.m

La mayor parte del territorio es montañoso, destacándose entre los accidentes orográfico las cuchillas de San Cristóbal: peña de colorados, loma del tendido, cuchilla de los andes, tembladales y zaque, los ríos Batan, Cuja, Bosques, corrales.

El acuerdo No 23 De 2001-Parágrafo 2, afirma que el municipio de pasca está enmarcado por un ámbito netamente rural que sumado a su posición geográfica y su oferta de recursos naturales hacen de este uno de los municipios más importantes de la región del Sumapaz. En el componente rural posee áreas de producción agropecuaria forestal y minera y áreas de conservación y protección de los recursos naturales.

- Tibacuy

Según el Esquema del ordenamiento territorial (EOT) 2001-2010, la delimitación del municipio de Tibacuy, Cundinamarca es: al norte limita con Viota partiendo del alto campo hermoso, lugar donde se bifurcan la cordillera chicui y el cerro la vieja y Sylvania desde el filo de la cordillera de san pedro hasta el nacimiento de la quebrada san José, al sur con Fusagasugá continuando por esta agua abajo del Rio Panches o Chocho hasta la desembocadura en el rio Sumpaz. Y departamento del Tolima por el extremo sur con Icononzo, Tolima, boquerón sobre el Rio Sumapaz.

(La delimitación del deslinde municipal oficial se encuentra en la gobernación de Cundinamarca y en el instituto geográfico Agustín Codazzi).

El municipio se encuentra dividido en 20 veredas, la parte urbana se encuentra dividida en dos cascos urbanos (Tibacuy y Cumaca). El suelo rural es de carácter agropecuario.

6.1.2 Universo, población y muestra:

Se seleccionaron once (11) fincas model de las setenta y uno (71) incluidas en tabla elaborada en la hoja de cálculo (Tabla 5), que almacena la fecha, el nombre de la finca, nombre del productor, teléfono, coordenadas, altura m.s.n.m, vereda (ubicación rural), municipio y departamento.

Tabla 5. Hoja de cálculo de Excel donde se observa los datos de cada predio.

Nombre finca	Altitud msnm	GRAD	MIN	SEG	LAT	GRAD	MIN	SEG	LONG	Vereda	Productor	Municipio	Ha
San Francisco	1747	4	21	49,7	4,363805556	74	26	9,56	-74,4359889	La Gloria	Luis Alberto Abril	Tibacuy	3
El Gualanday	1495	4	21	46,25	4,362847222	74	23	10,41	-74,386225	Cucharal	Elizabeth Alvarado	Fusagasugá	1,15
El Caucho	2080	4	30	6,25	4,501736111	74	21	6,78	-74,3518833	Noruega Baja	Floriberto Cubillos	Silvania	3
La Isabela	1170	4	15	10	4,252777778	74	27	6,09	-74,4516917	El Vergel	Julio Alberto Cubillos	Arbelaez	19,84
Patio Bonito	1707	4	17	7,77	4,285491667	74	21	9,17	-74,3525472	Sardinas	Maria Leticia Bernal	Fusagasugá	3,2
Sabaneta	2729	4	32	5,73	4,534925	74	18	2,17	-74,3006028	Sabaneta	Hugo Enrique Gutierrez	Granada	2,2
Villa Juliana	2089	4	17	22	4,289444444	74	20	46	-74,3461111	San Pablo	Luz Nely Osorio Bejaran	Pasca	1,28
El Recreo	1853	4	13	4,76	4,217988889	74	20	1,56	-74,3337667	Salitre	Carlos Adelmo Baquer	Arbelaez	13
Villa Carmen	1588	4	22	3,01	4,367502778	74	22	5,21	-74,3681139	Jose Piamon	Saborada Caldas Garada	Fusagasugá	2,88
El Consejo	2154	4	14	3,09	4,234191667	74	21	5,49	-74,351525	La Victoria	Wiliam Oswaldo Gonzale	Arbelaez	3,52
Santa Maria	2682	4	31	9,85	4,519402778	74	18	6,12	-74,3017	Santa Fe	Maria Yorleny Ortiz	Granada	4,5

La elección se realiza por medio de estadística, proceso que se describe a continuación. Para la selección de los grupos, primero se llevó a cabo un análisis descriptivo de datos por medio de gráficos de barras horizontales, verticales y apiladas; diagramas de Pareto, diagramas de sectores y de anillo. Posteriormente, se aplicaron con el uso del software estadístico R versión 3.2.3, las técnicas estadísticas multivariantes del análisis de correspondencias múltiples (ACM), la cual está desarrollada para estudiar una población de individuos descritos por un conjunto de variables categóricas, con un determinado número de categorías cada una de ellas (Aguirre, 2013) y el análisis de clúster o conglomerados (AC), el cual es un método que tiene la finalidad de identificar grupos homogéneos de objetos. Dentro de cada conglomerado los objetos tienen características similares entre ellos; pero diferentes a las de los objetos de otros conglomerados (Mooi *et al.* 2011); el análisis por conglomerados permite, de este modo, clasificar a los individuos en base a sus características y de esta manera agruparlos (Vega & Arévalo, 2014). Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados del AC permitieron la conformación de tres grupos, el primero concentró el 40.84%, el segundo el 21.00% y el tercero el 38.03% del total de las fincas encuestadas. Las variables que permitieron esta diferenciación fueron “Infraestructura”, “Producción agrícola y pecuaria”, “Insumos producidos y transformados”, “Trabajo finca”, “Cambio finca”, “Labores madre”, “Asociación”, “Forma parte asociación”, “Edad hijos”, “Nivel escolar madre”, “Nivel escolar hijos”, “Manejo

agua”, “Manejo de residuos agrícolas”, “Riego”; “Insumos químicos”, “Prácticas agroecológicas”, “Abonos orgánicos”, “Participación en eventos”, “Comunicación agropecuaria” y “Servicio de asistencia técnica”. Los grupos identificados se designaron como Productores orgánicos en transición (POTr), Productores convencionales en proceso de transición a orgánicos (PCPTO), y Productores convencionales con interés a la producción orgánica (PCIPO).

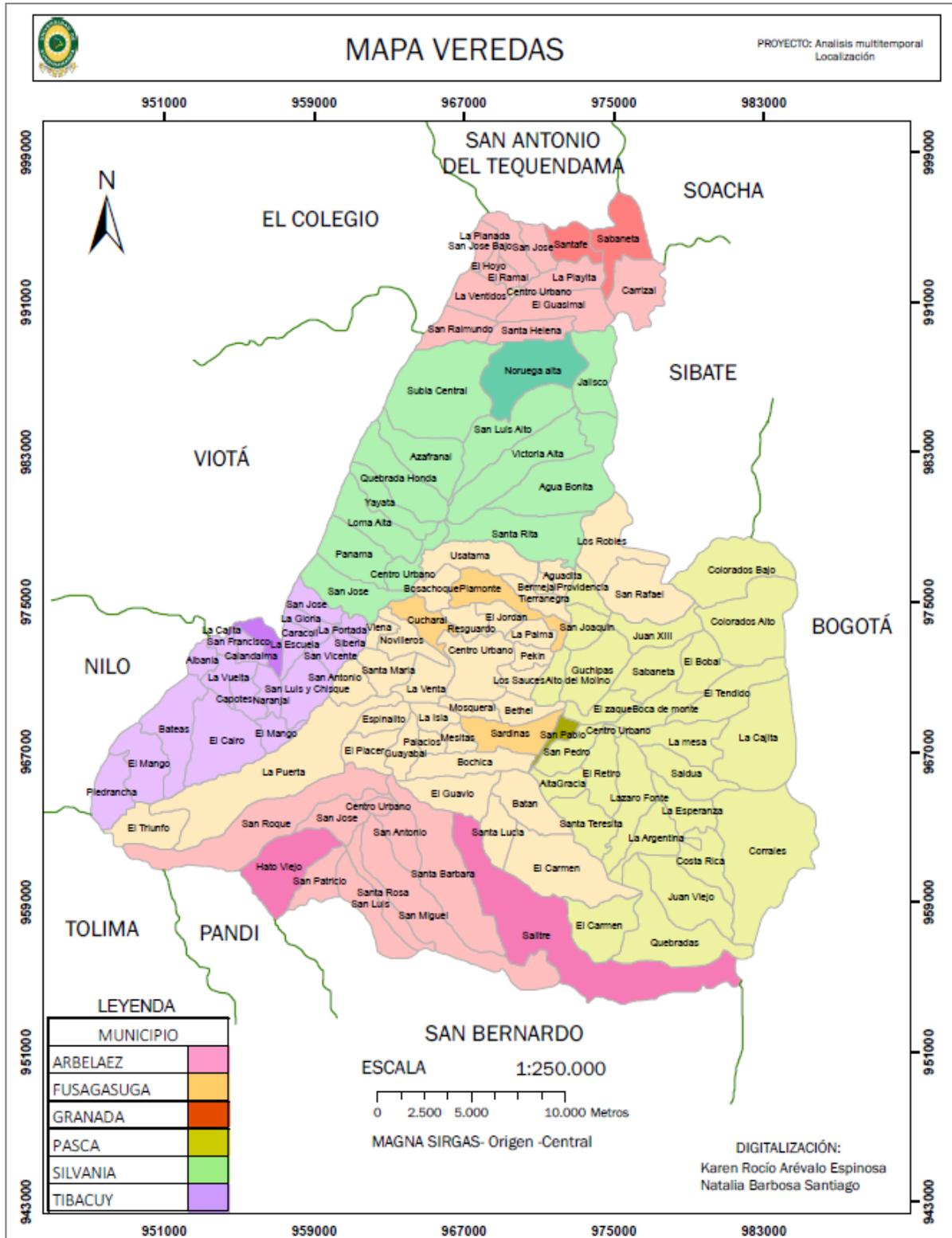
En base a los tres grupos conformados, se procedió a seleccionar por medio de un muestreo aleatorio estratificado (de acuerdo a cada grupo) cuatro (4), tres (3), y cuatro (4) fincas respectivamente. Para ello, en cada grupo, por medio de la función *aleatorio* del programa Excel 2010, se generaron números aleatorios y se ordenaron de menor a mayor; de estos, los primeros cuatro o tres (dependiendo el grupo) fueron seleccionados para continuar con el estudio, teniendo en cuenta además que tuvieran la disponibilidad, de lo contrario se continuó hacia la siguiente finca.

En la (Tabla 6) se observa la división veredal de los municipios de interés, además cada uno de los puntos identificados con el número correspondiente formulado hacen referencia a la ubicación de los predios en su respectiva zona rural. Se presenta una tabla con el nombre del predio y la localización en la vereda acorde al municipio.

Tabla 6. Localización de fincas modelo en la división rural

<i>NÚMERO UBICACIÓN</i>	<i>NOMBRE PREDIO</i>	<i>VEREDA</i>	<i>MUNICIPIO</i>
1	Patio bonito	Sardinas	Fusagasugá
2	Gualanday	Cucharal	Fusagasugá
3	Villa Carmen	Piamonte	Fusagasugá
4	Villa Juliana	San pablo	Pasca
5	San Francisco	La gloria	Tibacuy
6	El caucho	Noruega Alta	Silvania
7	La Isabela	El vergel	Arbeláez
8	El recreo	Salitre	Arbeláez
9	El consejo	La victoria	Arbeláez
10	Santa María	Santa fe	Granada
11	Sabaneta	Sabaneta	Granada

El (mapa 3) de veredas muestra la ubicación de las fincas, donde se puede observar la ubicación geográfica de los predios respecto a las veredas de cada municipio. Se muestra la ubicación de las fincas (mapa 4) las cuales en su mayoría se encuentran entre Arbeláez y Fusagasugá.

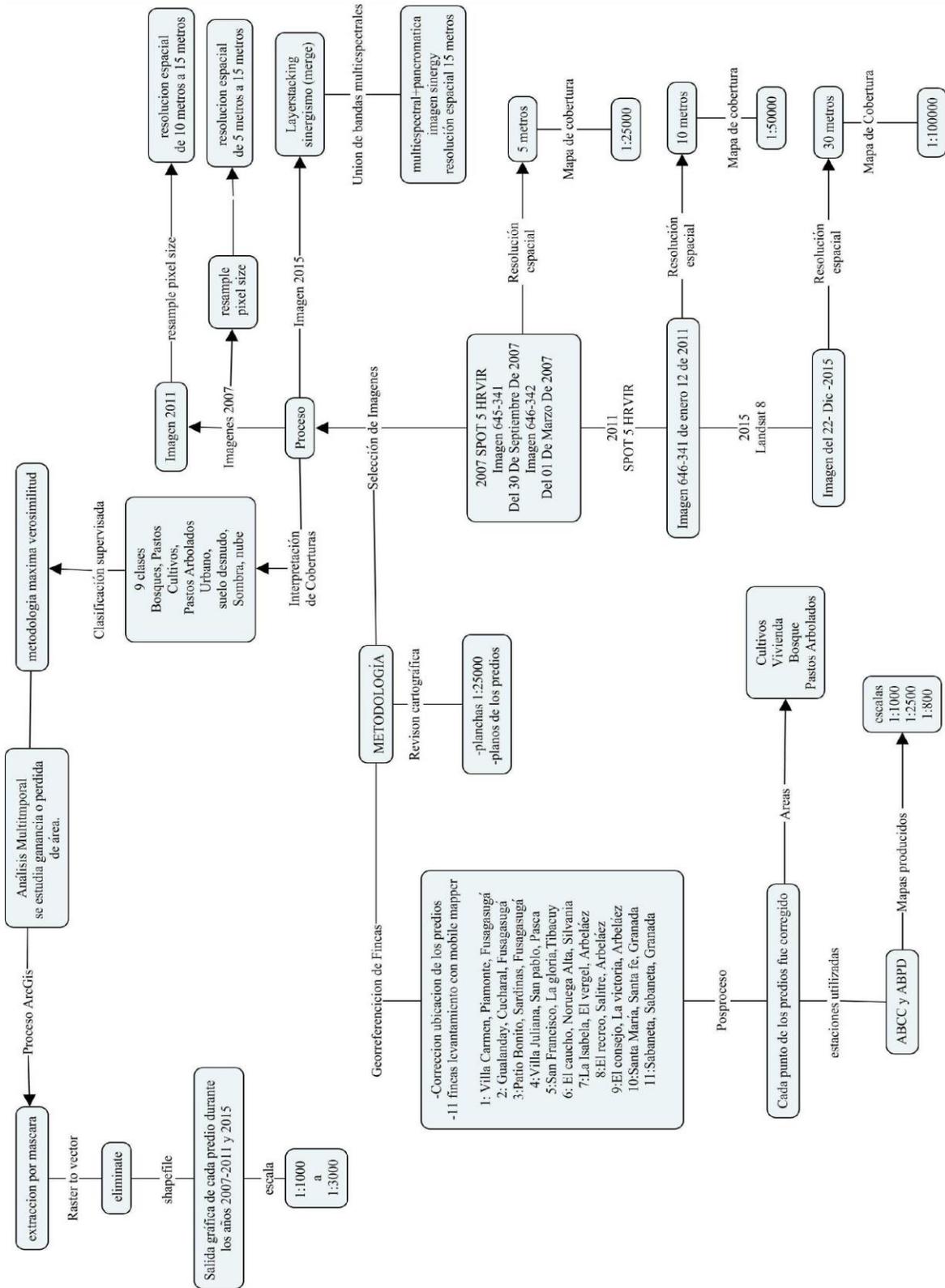


Mapa 3. Mapa ubicación de predios en las veredas de cada municipio.

El diseño metodológico (Grafica 3) para la caracterización física y grafica del territorio tiene dos fases: una descriptiva, y otra interpretativa. En la primera, se hace una descripción, cuantificación y representación espacial de las principales características y cualidades del Medio Natural, de las que se destacan: los aspectos fisiográficos, hidrológicos, climáticos, edafológicos y de cobertura y uso de la tierra. El producto de esta fase, constituye la oferta ambiental del territorio y la línea base de este componente. (Romero, et al, 2012)

La fase interpretativa se realiza con la información generada en la fase descriptiva y tiene como propósito desde la cartografía, contribuir a cumplir los objetivos definidos en la estrategia de transición de cultivo convencional a orgánico con enfoque territorial, acorde a las condiciones naturales del territorio, y socioeconómicas de su población. Bajo este enfoque, la fase interpretativa está orientada a conocer y establecer el análisis multitemporal del territorio en las fechas establecidas mediante diferentes sistemas y escalas de valoración (nacional, regional, local), a partir de los cuales se genere información orientada a mejorar la toma de decisiones en la relación de las coberturas naturales y la frontera agrícola.

El trabajo que se desarrolla en este documento pertenece al proyecto de investigación MANEJO SUSTENTABLE DE REDES PRODUCTIVAS DE LA REGIÓN DEL SUMAPAZ presentado a convocatoria interna de la UDEC.



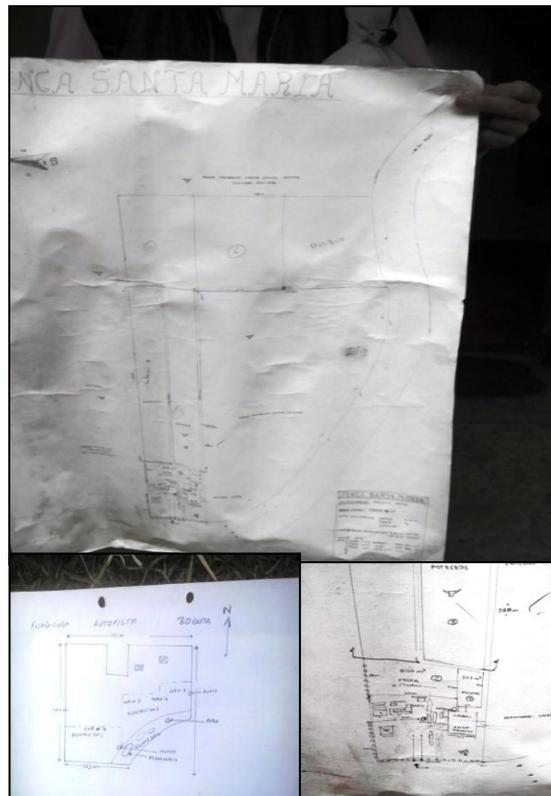
Gráfica 3. Metodología aplicada para el proyecto.

6.2 METODOLOGÍA OBJETIVO 1

Georreferenciar las producciones campesinas en municipios de interés: Fusagasugá, Pasca, Arbeláez, Tibacuy, Silvania y Granada.

6.2.1 Trabajo en campo

La técnica con la que se inicia el proyecto se basa en la observación en campo, de las formas del paisaje, en referencia a las coberturas y el uso de suelo: Bosque, pastos, cultivos, cuerpos de agua y vías. Además, el recorrido de los cascos urbanos a las veredas permite una observación detallada del territorio, en algunas zonas el transporte de buses llegaba hasta cierto punto y el resto de recorrido se hacía a pie durante una o más horas, según el predio a visitar. Al llegar al punto se dispone a hacer cartografía social por medio de socialización de la interacción con los campesinos y algunos dibujos que ellos registran de su propio conocimiento sobre el territorio. (Fotografía 1)

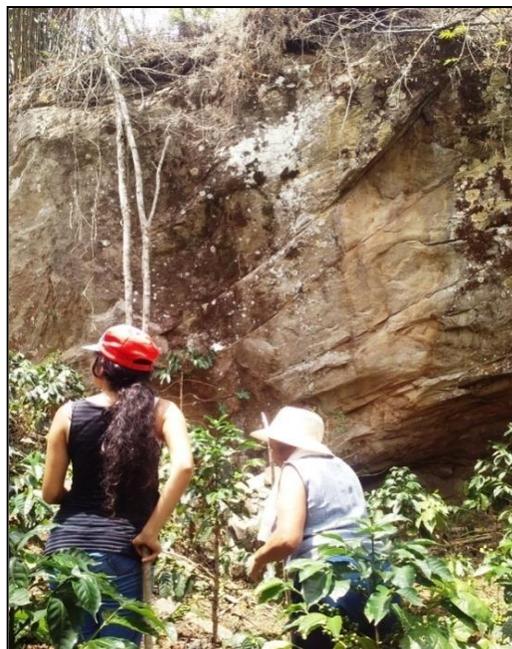


Fotografía 1. Dibujos de planos de las fincas del municipio de Granada, diseñados por sus propietarios.

Algunas personas ofrecían su compañía en el recorrido a través de los linderos de las fincas, puesto que las áreas de levantamiento oscilan entre las 2 Ha y 19 Ha, esto facilitó la recolección de datos en campo, cuando se dependía de encontrar los linderos por las cartógrafas, el registro se hizo dispendioso ya que todos los predios no contaban con las cercas, las divisiones se perdían y era necesario reiniciar la práctica. (Fotografías 2 y 3).



Fotografía 2. Recorrido sin Guía en finca Villa Juliana, municipio de Pasca



Fotografía 3. Recorrido con Guía en finca patio bonito, municipio de Fusagasugá.

La cartografía social con algunos campesinos describe el uso del suelo con sus cultivos como una variación a la siembra según la época del año, el clima que se presente, la demanda y oferta de los alimentos, otros se dedican a cultivar siempre la misma semilla; los inconvenientes que precisan casi todos es que el dejar de usar fertilizantes y químicos tardara la producción, la rentabilidad económica no será igual, aun así son conscientes de que como pequeños productores no ganan si no que en muchas ocasiones pierden, proponen además una alimentación saludable para sus familias ya que es en ocasiones la ganancia que queda, otros con fortuna han logrado contratos con los supermercados de cadena para vender sus productos limpios o llamados orgánicos. (Fotografías 4 y 5).



Fotografía 4. Cultivo de papa transición de Convencional a orgánico.



Fotografía 5. Cultivo en reposo. Finca Santa María, Granada.

6.2.2 Georreferenciación de producciones campesinas.

Se toman los puntos indicados para cada predio con el equipo Mobile Mapper 10 ajustado a las coordenadas planas Gauss Krueger, en oficina se trabaja el postproceso en el software Mobile Mapper office que permite por medio de los rinex y las estaciones ABPD y ABCC hacer la corrección con una precisión de 50 cm. Con la visualización grafica en ArcGis se observó la ubicación sobre la superficie terrestre a través de mapas generales (shapes).

El equipo que se usa es el Mobile Mapper 10, se configura según el sistema de proyección magna Colombia Bogotá, en coordenadas planas ara evitar el proceso que se dio al inicio con la hoja de cálculo que contenía los setenta y un (71) predios puesto que las coordenadas aparecían geográficas, así que se realizó la conversión en magna pro 3. Las once (11) fincas modelo si se trabajan directamente con Gauss Krueger y así solo resta el post-proceso en el software Mobile Mapper Office a partir de los datos crudos, los rinex descargados a partir de la semana GPS y las estaciones más próximas a la zona trabajada ABPD Y ABCC del IGAC que aprueba una corrección con precisión a los 50 cm. (fotografías 6 y 7).

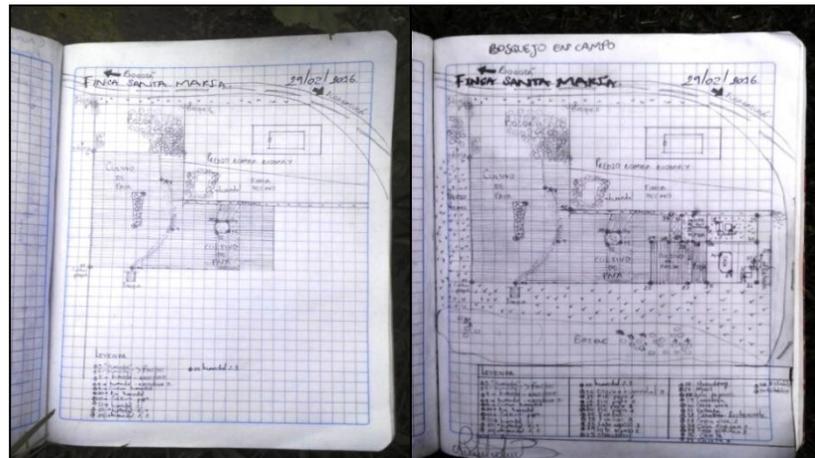


Fotografía 6. Recolección de datos finca patio bonito vereda sardinas.



Fotografía 7. Recolección de datos finca sabaneta vereda sabaneta.

En base con la cartografía social y la observación en campo se realizan bosquejos y bocetos de los predios acorde al uso de suelo y coberturas, es una reseña para la comparación con las coberturas presentadas en los mapas con las respectivas coberturas. (Fotografía 8).



Fotografía 8. Bosquejo y boceto de trabajo en campo.

Los datos tuvieron un pos proceso en el software Mobile Mapper office, esta operación se realiza mediante ficheros rinex de las estaciones más cercanas (imagen 2) ubicadas en Bogotá, en este caso se utilizaron la ABCC (Fontibón-El tinal) y ABPD (Usme-El uval). Al realizarse el pos proceso se nota el desplazamiento de los puntos (imagen 3).

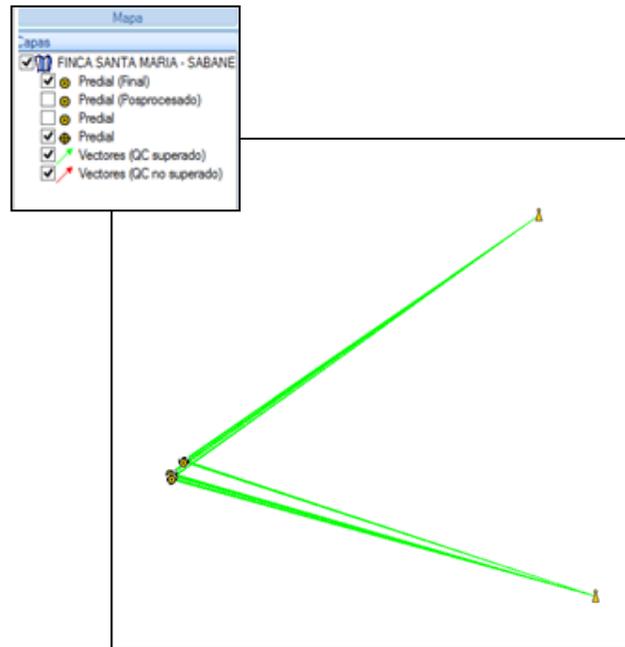


Imagen 2. Archivos para realización de pos proceso. Al lado derecho de la imagen estaciones ABCC y ABPD

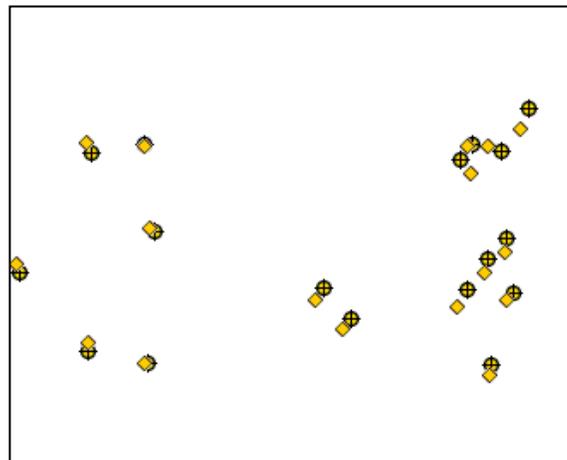


Imagen 3. Puntos diamante pos procesado, puntos en cruz archivos brutos sin corregir.

Se obtiene el shape de cada predio, el cual se visualiza en el software Arcmap, a partir de la unión de los puntos coordenados se dibuja un polígono donde se delimitan los espacios usados para cultivo, bosque, infraestructura y cuerpos de agua, este diseño espacial permite que los profesionales en ciencias agropecuarias y afines puedan formular una distribución del espacio y uso de suelo más efectiva en relación de las producciones campesinas y el entorno natural. Las coordenadas permiten calcular el área total y además las áreas específicas de animales, cultivo, bosque y construcciones, así se clasifican de forma cualitativa y cuantitativa las zonas (mapa 5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 12,1 3, 14 y 15), la información cualitativa está representada en los datos del predio, los tonos y texturas para cada cobertura y cuantitativos todos los registros numéricos en metros cuadrados, hectáreas y porcentajes.

6.3 METODOLOGÍA OBJETIVO 2

Realizar el análisis multitemporal de las coberturas de la tierra y su influencia en el cambio de paisaje.

6.3.1 Identificación del territorio con imágenes satelitales y planchas

Los polígonos de color azul es el shape de los predios localizados en traslape con la imagen satelital y las planchas. La imagen satelital del 2011 cubre todos los municipios nombrados anteriormente y por consiguiente las 11 fincas modelo. Las planchas nos permiten georreferenciar y reconocer vías, ríos, cerros y demás elementos que acceden situar sobre el territorio y corroborar que es correcto el punto de vista de los predios. (Imagen 4).

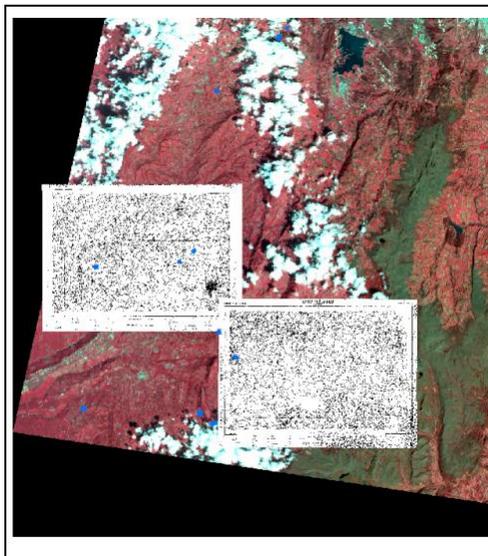


Imagen 4. Traslape de planchas e imágenes satelitales.

6.3.2 Interpretación de coberturas

Se obtienen las imágenes satelitales de los sensores Spot 5 HRVIR.

- Imagen 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007.
- Imagen 646-342 Del 01 De Marzo De 2007.
- Imagen 646-341 de enero 12 de 2011.
- Landsat 8

Imagen ID: LC80080572015356LGN00 de Diciembre 22 de 2015

Igualmente, se utilizan las planchas 246 ID, 246 IIID, 246 IV C Y 246 IIIB que superponen la misma parte del territorio para corroborar los elementos del relieve y vías observados en campo, así mismo se usa el shape de los polígonos (fincas) para la ubicación completa.

Luego de reconocer el territorio y la previa ubicación de los predios sobre la conjugación de las imágenes satelitales se procede a juntar los dos (2) respectivos recortes del año 2007. (Imagen 5).

La imagen superior corresponde a la imagen consultada y proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el nombre de la imagen: Pat- Row 645-341 del 30 de septiembre de 2007, correspondiente al sensor Spot 5 HRVIR. La imagen inferior de nombre imagen: Path-Row 646-342, corresponde al 1 de marzo de 2007. De esta forma, se logra cubrir el área total alrededor de los 11 predios objeto de estudio. El recorte para la imagen satelital Spot del año 2011 y la Landsat del año 2015 se realiza de igual forma, permitiendo que el espacio analizado tenga la misma proporción sobre la superficie en diferentes lapsos de tiempo.

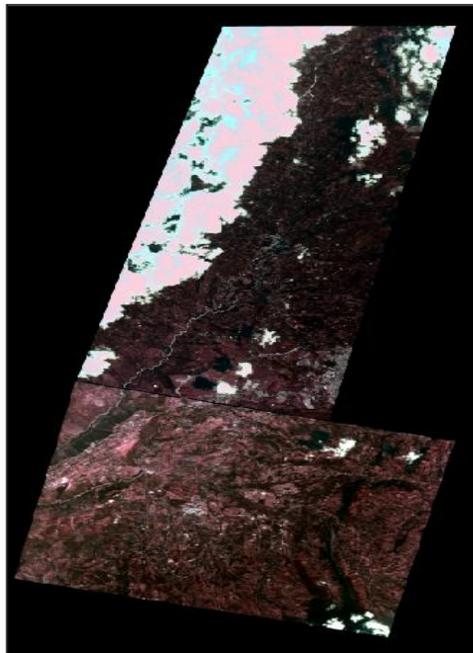


Imagen 5. Recortes. Imagen superior de 2007 645-341. De septiembre 7 de 2007. Imagen inferior de 2007 646-342. De marzo 1 de 2007. Debido a la diferencia en meses los colores de ambas imágenes tiene

- Imagen 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007

Cubre las siguientes fincas: Gualanday, Villa Carmen, Patío Bonito; Fusagasugá. San Francisco, Tibacuy; El caucho, Silvania. Recorte (imagen 6) donde se observa el área elegida.

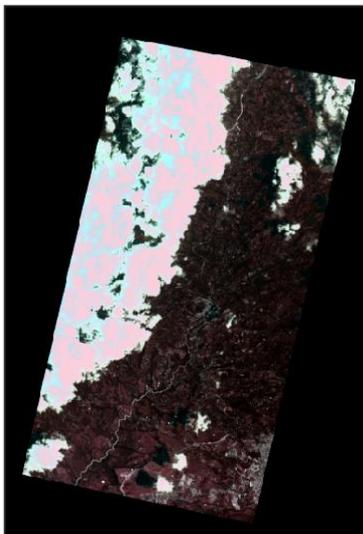


Imagen 6. Recorte de la imagen que cubre 5 de las 9 fincas a estudiar.

- Imagen 646-342 Del 01 De Marzo De 2007

Cubre las siguientes fincas: La Isabela, El consejo, el recreo; Arbelaez. Villa Juliana; Pasca. (Imagen 7).

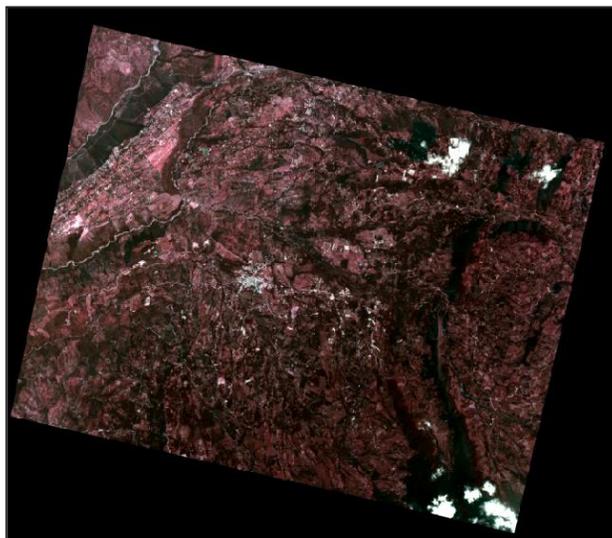


Imagen 7. Recorte de la imagen que cubre 5 de las 9 fincas a estudiar

- Imagen 646-341 de enero 12 de 2011

La imagen consultada y proporcionada por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), para el año 2011 en formato TIFF fue 646-341 del satélite Spot, la cual cubre el total del área de estudio en la fecha del 2011-01-12, posee una resolución espacial de 10 m, esta cubre parcialmente los municipios donde están ubicados todos los predios analizados. Con un recorte AOI, se realizó el corte del polígono, como se muestra en la imagen de mayor color. (Imagen 8).

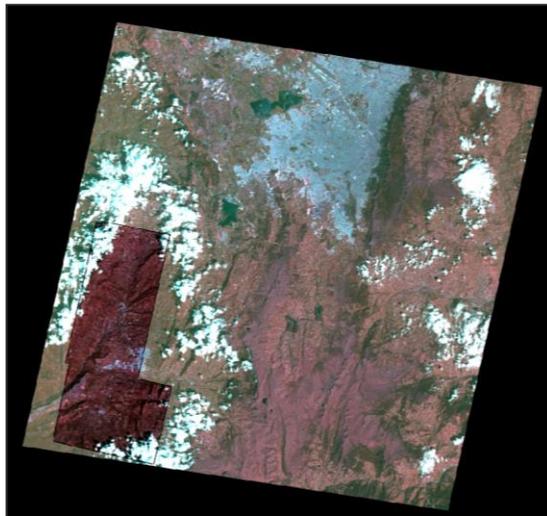


Imagen 8. Recorte del área de estudio color marrón dentro de la imagen spot del año 2011.

- Imagen Landsat

8

ID:

LC80080572015356LGN00, Diciembre 22 de 2015

Esta imagen cubre todas las fincas antes de la realización del recorte y la clasificación se realiza un sinergismo el cual es el procedimiento de unión de bandas las multiespectrales y la banda pancromática. Para que dé como resultado una imagen de 15 metros de resolución espectral. Luego se procede a la realización del recorte (imagen 9), el tono verde es el recorte hecho del área de estudio.

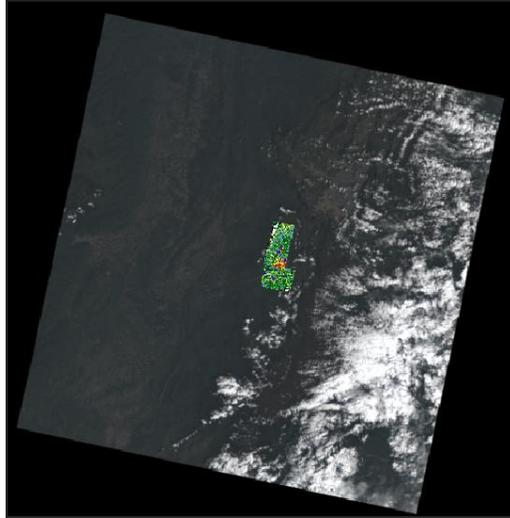


Imagen 9. Imagen con el procedimiento layer staking, la figura de fondo en color es el recorte del área de estudio cubrimiento de las 11 fincas.

6.3.2 Parámetros de la clasificación supervisada

De acuerdo a lo mencionado, la imagen SPOT 5 HRVIR la cual cuenta con una resolución espacial de la imagen multiespectral de 10 m y de la imagen pancromática de 5 m (dicha selección estuvo condicionada por una cobertura de nubes del 20%), logrando generar cartografía escala 1:25.000. Respecto a la imagen LANDSAT 8, con una resolución espacial de la imagen multiespectral de 30 m y de la imagen pancromática de 15 m (dicha selección estuvo condicionada por la cobertura de nubes del 36%), se puede generar cartografía escala 1:100.000. Las dos imágenes ya contaban con corrección geométrica, es decir, ya contaban con un sistema de referencia asignado.

La imagen satelital Landsat 8 del año 2015 se le realiza un sinergismo en el cual se utiliza el “método de componentes principales tiene por objeto sintetizar la información de un grupo amplio de variables (bandas espectrales) en un grupo de menor tamaño (componentes) que recogen la mayor parte de la información, y en este sentido permite eliminar información altamente correlacionada entre bandas que resulta redundante” (Riaño 2010). con el fin de complementar los datos y mejorar la clasificación y detección de cambios de la zona usando datos multitemporales (Pohl y Van Genderen, 1998), uniendo el

detalle espacial de las imágenes pancromáticas Spot 5 de 5 m y Landsat 8 de 15 m, así como las 4 bandas de la imagen multiespectral Spot 5 y las 7 bandas multiespectrales Landsat 8. La imagen satelital SPOT 5 del 2011 posee únicamente la información multiespectral, la cual posee una resolución espacial de 10 m.

Finalmente, se cuenta con tres escenas con distinta resolución espacial, por tal razón se trabajará con una resolución espacial de 15 m debido a que ese es el tamaño de pixel de mayor tamaño, de las imágenes con que se tienen para el estudio.

“En el caso particular de la clasificación de coberturas vegetales, muchos especialistas han optado por trabajar bajo las técnicas supervisadas, ya que los algoritmos de clasificación no-supervisada se orientan a definir propiamente los grupos que intervendrán en la clasificación” (Chuvieco, 2000)

Para la construcción de los mapas de cobertura de la tierra, ya que no se contaba con las firmas espectrales de las coberturas a identificar, tampoco con el equipo necesario (espectro radiómetro) para recoger dicha firmas espectrales y debido a que ya que se conocía el área de estudio mediante visita a campo, se utilizó la metodología de clasificación supervisada, que define las clases espectrales presentes en las imágenes, centrándose en la interpretación humana, que en la consecución de los resultados (Chuvieco, 1995); se deben seleccionar los criterios de similitud y algoritmos de agrupación de los ND (Posada, 2004), (Posada, Ramírez, y Espejo, 2012). Se asume que los niveles digitales de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados (clusters) más o menos nítidos según el caso, estos serían pixeles con un comportamiento espectral homogéneo.

Para la aplicación de este método es necesario suministrar algunos valores tales como el número de clases que se desea crear, los tamaños mínimos y máximos de cada una, o ciertas tolerancias para la distinción entre clases. Estos parámetros guían (al algoritmo) en la definición de clases, que se produce en estos métodos de forma simultánea a la asignación de los elementos de las clases, cumpliendo con las características buscadas de homogeneidad, número de clases, etc. (Olaya, 2007) proporcionando una definición de dichas clases a través de los valores estadísticos de las mismas. Estos valores se emplearán para asignar una interpretación a cada clase una vez éstas hayan sido definidas.

El procedimiento de recolección de áreas de entrenamiento y generación de firmas se realizó en el software ERDAS IMAGINE, por lo anterior se utiliza 3 o más muestras para que los perfiles espectrales den los resultados esperados.

Sobre cada imagen se hace un recorte (AOI) opción en el software ERDAS IMAGINE que permite trabajar una zona en concreto alrededor de cada predio productor, así se analiza el cambio de paisaje respecto a la relación de coberturas naturales y frontera agrícola.

En el software ERDAS IMAGINE se procesan las imágenes satelitales SPOT 5 y se configura la combinación de las 3 bandas para observar cuales aportan mejor información espectral por medio de una correlación según la cobertura a identificar, por ejemplo para este tipo de sensor la combinación RGB 432 permite observar la vegetación más antigua de la joven, para la interpretación de tipo de cultivo la combinación que varía en tonos sobre esta cobertura es la RGB 241, así se sigue interactuando con las combinaciones que se interpretan según lo requerido por la realización de la cartografía.

Se procede a realizar la clasificación supervisada, esta se realiza mediante un AOI y usando el editor de clases (Imagen 10). Las clases elegidas son: Urbano, Bosques, Pastos, Pastos Arbolados, Ríos-Cuerpos de Agua, Nubes, Sombra, Suelo Desnudo, Cultivo. Para la definición de cada cobertura, se toman de 3 a 10 muestras, dándole mayor criterio a la definición de las mismas, finalmente, estas se pueden agrupar con la opción (merge selection signatures).

Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
1		NUBE		1.000	1.000	1.000	12	12
2		RIOS CUERPOS DE AGUA		0.000	0.000	1.000	9	21
3		Class 1		0.487	0.518	0.509	1	22
4		Class 2		0.575	0.521	0.525	2	23
5		Class 3		0.459	0.459	0.461	3	24
6		Class 4		0.823	0.851	0.822	4	25
7		Class 5		0.440	0.471	0.471	5	26
8		Class 6		0.461	0.478	0.473	6	27
9		Class 7		0.544	0.589	0.581	7	28
10		Class 8		0.438	0.483	0.475	8	29
11	▶	URBANO		1.000	0.000	0.000	10	30

Imagen 10 Signatura editor muestras.

- Cobertura Urbana

Spot 5 de 2007 y 2011; RGB 231

Landsat 8, 2015; RGB 764

Como se puede observar la cobertura urbana tiene un tono gris verdoso (imagen 11) que la distingue de las demás coberturas que presenta tonos azules. Se observa en la (imagen 12) la toma de muestra sobre la vía, la cual corresponde al área urbana.



Imagen 12 Zona urbana de colores verdosos a grises



Imagen 11 Selección área de entrenamiento

-Cobertura Nube.

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 432

Landsat 8, 2015, RGB 532

El cual permite distinguir mejor las nubes, Se realizó la toma de 7 muestras de la cobertura nube (Imagen 13). La cobertura nube en el área de estudio se puede observar el tono blanco (imagen 14). Toma de clase sobre la nube (imagen 15).

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
2	Class 1		0.805	0.822	0.838	1	14
3	Class 2		0.791	0.841	0.855	2	15
4	Class 3		0.804	0.827	0.843	3	16
5	Class 4		0.855	0.809	0.826	4	17
6	Class 5		0.847	0.811	0.828	5	18
7	Class 6		0.819	0.818	0.834	7	19
8	Class 7		0.805	0.822	0.838	8	20
9	NUBE		1.000	1.000	1.000	9	21

Imagen 13 clases para selección de nube



Imagen 14 Nube tono blanco, en el fondo la parte urbana se observa gris y el resto de la cobertura rojizo.

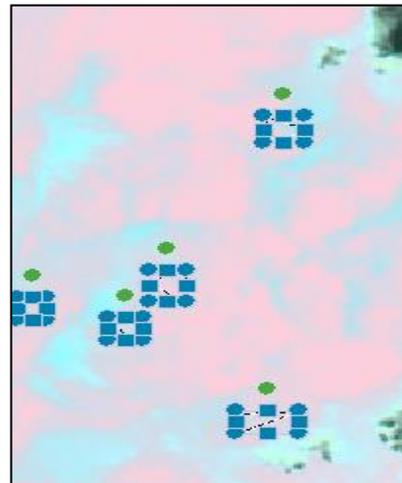


Imagen 15 Selección área de entrenamiento

- Cobertura Ríos Y Cuerpos De Agua

Spot 5; 2007 y RGB 421

Landsat 8, 2015, RGB 564

Donde se distingue el rio el cual contrasta con el resto de coberturas, (imagen 16), las muestras fueron elegidas a lo largo de del área. Como modelo la (imagen 17). Se tomará (8) ocho áreas de entrenamiento (imagen 18).



Imagen 16 Área de río contrasta de color blanco.



Imagen 17 Selección de las distintas clases sobre río.

Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
3		Class 1		0.642	0.661	0.620	1	22
4		Class 2		0.694	0.750	0.712	2	23
5		Class 3		0.611	0.650	0.621	3	24
6		Class 4		0.713	0.793	0.782	4	25
7		Class 5		0.790	0.839	0.837	5	26
8		Class 6		0.690	0.794	0.756	7	27
9		Class 7		0.823	0.837	0.789	8	28
10		Class 8		0.788	0.861	0.799	10	29
11	▶	RIO Y CUERPOS DE AGUA		0.000	0.000	1.000	11	30

Imagen 18 Clases seleccionadas de la cobertura río y cuerpos de agua.

- Cobertura Bosques

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 132

Landsat 8, 2015 RGB 562

Se puede determinar el área de bosques dado que al realizar esa combinación el tono que aparece es un rojo oscuro y la cobertura de bosque es más densa que el resto de áreas a identificar como se observa en la (imagen 19). Se han elegido 8 áreas de entrenamiento dispersas (imagen 20). Después de determinar las áreas de entrenamiento se van eligiendo uno a uno en la signatura para realizar el merge y determinar la clase bosque como se observa en la (imagen 21).

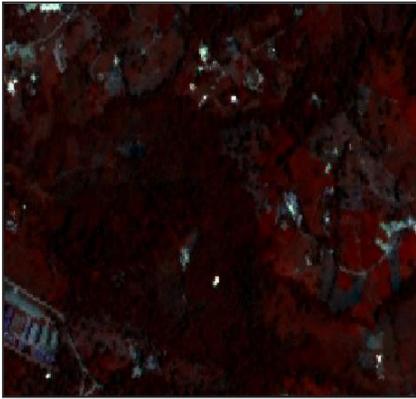


Imagen 19 Tonalidad Rojo oscuro cobertura de Bosque

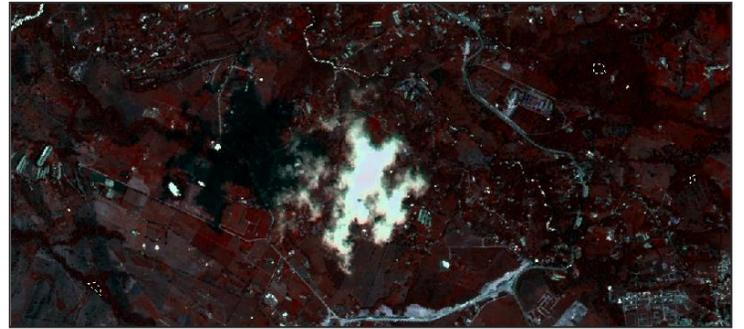


Imagen 20 Selección de áreas de entrenamiento

Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
4		Class 1		0.257	0.257	0.258	1	31
5		Class 2		0.235	0.237	0.243	2	32
6		Class 3		0.226	0.244	0.250	3	33
7		Class 4		0.261	0.254	0.259	4	34
8		Class 5		0.229	0.243	0.249	5	35
9		Class 6		0.234	0.252	0.254	7	36
10		Class 7		0.250	0.272	0.277	8	37
11		Class 8		0.259	0.263	0.267	10	38
12	▶	BOSQUES		0.000	0.392	0.000	12	39

Imagen 21 Se observa la signatura Bosque después de la realización del merge.

- Cobertura Pastos

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 123

Landsat 8, 2015 RGB 564

Las tonalidades rojas vivas (imagen 22). Dentro de los polígonos se alcanzan a ver esos tonos rojos brillantes. Se tomaron seis clases en distintos puntos (Imagen 23) y las clases seleccionadas en la tabla de la signatura (Imagen 24).



Imagen 23 Contorno negro en la finca el caucho Silvania de tonalidades rojo vivo

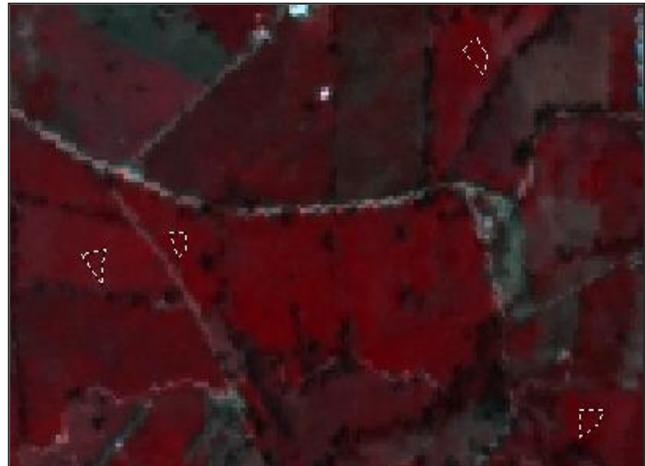


Imagen 22 Selección área de entrenamiento pastos.

Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
4		BOSQUES		0.000	0.392	0.000	12	39
5		Class 1		0.320	0.304	0.287	1	40
6		Class 2		0.279	0.275	0.263	2	41
7		Class 3		0.267	0.259	0.251	3	42
8		Class 4		0.283	0.276	0.262	4	43
9		Class 5		0.275	0.267	0.259	5	44
10		Class 6		0.280	0.275	0.261	7	45
11	▶	PASTOS		0.000	1.000	0.000	8	46

Imagen 24 Datos de selección de clases.

- Cobertura Cultivo.

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 123

Landsat 8, 2015 RGB 654

Se determinó con tonos rojos claros como se observa en la (imagen 25), las selecciones de las clases (imagen 26) para determinar el cultivo. Se eligió 8 áreas de entrenamiento (imagen 27).



Imagen 25 Tonalidad Rojo claro

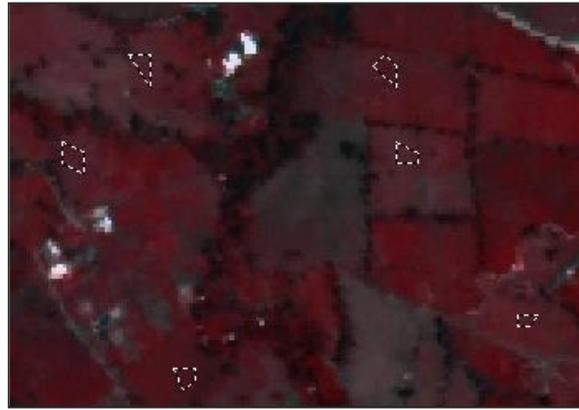


Imagen 26 Selección áreas de entrenamiento.

Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
6		Class 1		0.387	0.354	0.340	1	47
7		Class 2		0.356	0.326	0.314	2	48
8		Class 3		0.364	0.341	0.326	3	49
9		Class 4		0.348	0.334	0.321	4	50
10		Class 5		0.389	0.353	0.342	5	51
11		Class 6		0.428	0.392	0.370	7	52
12		Class 7		0.336	0.328	0.319	10	53
13		Class 8		0.361	0.346	0.335	13	54
14	▶	CULTIVO		1.000	1.000	0.000	14	55

Imagen 27 Áreas de entrenamiento y merge donde se determinó cultivo.

- Cobertura Suelo Desnudo

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 413

Landsat 8, 2015 RGB 432

Para determinar suelo desnudo la guía fue la orilla de la carretera (imagen 28) donde se observa la selección de clases. Las áreas de entrenamiento elegidas fueron seis para determinar la clase final de suelo desnudo (imagen 29)



Imagen 28. Selección de las clases

7	Class 1		0.663	0.605	0.650	1	56
8	Class 2		0.622	0.591	0.639	2	57
9	Class 3		0.703	0.652	0.681	3	58
10	Class 4		0.674	0.643	0.670	4	59
11	Class 5		0.381	0.341	0.349	5	60
12	Class 6		0.397	0.355	0.365	7	61
13	▶ SUELO DESNUDO		0.627	0.322	0.176	10	62

Imagen 29. Clases seleccionadas para suelo desnudo.

- Cobertura Sombra

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 312

Landsat 8, 2015 RGB 532

Se seleccionaron (6) seis clases para determinarlas (Imagen 30). Selección de las clases para sombra (Imagen 31).

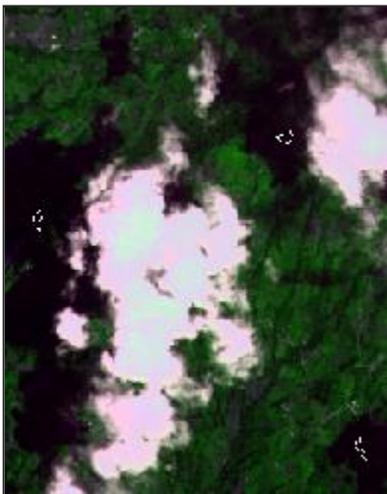


Imagen 30. Selección de cobertura sombra.

1	Class 1		0.202	0.263	0.273	1	1
2	Class 2		0.185	0.249	0.259	2	2
3	Class 3		0.185	0.260	0.267	3	3
4	Class 4		0.190	0.264	0.270	4	4
5	Class 5		0.224	0.291	0.290	5	5
6	Class 6		0.197	0.267	0.270	6	6
7	▶ SOMBRA		0.000	0.000	0.000	7	7

Imagen 31. Clases seleccionadas para cobertura sombra.

-Pastos Arbolados

Spot 5; 2007 y 2011 RGB 142

Landsat 8, 2015 RGB 532

La (imagen 32) muestra ejemplo de pastos arbolados. Se seleccionaron 6 áreas de entrenamiento como se observa cada una de las clasificaciones (Imagen 33).



Imagen 32 Pastos Arbolados.

3	Class 1		0.827	0.827	0.827	1	15
4	Class 2		0.753	0.753	0.753	2	16
5	Class 3		0.827	0.827	0.827	3	17
6	Class 4		0.753	0.753	0.753	4	18
7	Class 5		0.827	0.827	0.827	5	19
8	Class 6		0.753	0.753	0.753	6	20
9	PASTOS ARBOLADOS		0.297	0.623	0.316	9	21

Imagen 33 Clases seleccionadas para determinar pastos arbolados.

6.3.3 Verificación De Histogramas 2007 Imagen 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007

Los histogramas representan la separabilidad de cada clase (imagen 34) se valoró las coberturas de urbano y cultivo, esta elección se realizó dado que hay varias áreas de cultivo, en partes urbanas hay que tener en cuenta que estamos trabajando en municipios rurales.

Pastos bosques –esta cobertura es muy distinta y la comparación no está de más, ya que se ha teniendo en cuenta que hay áreas de fincas que están con un límite de pastos y bosques que es bien marcada (Imagen 35).

Ríos y urbano muestran una buena separabilidad pues hay que tener en cuenta que estás dos coberturas son totalmente distintas como se muestra en la (imagen 36).

Suelo desnudo y ríos muestra una buena separabilidad lo que significa que la elección de las clases es correcta (imagen 37).

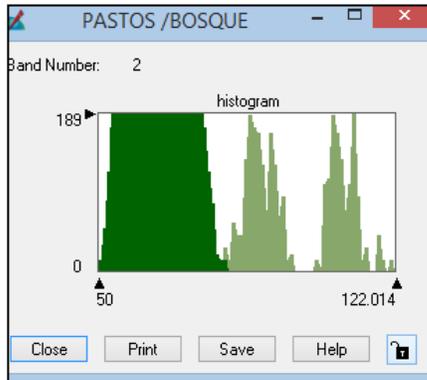


Imagen 35 Limite de bosques verde oscuro y verde claro pastos

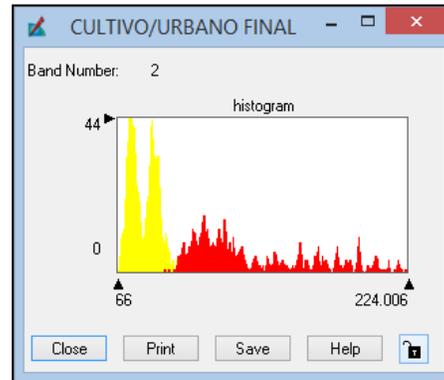


Imagen 34 Limite de Cultivo amarillo Urbano de rojo.

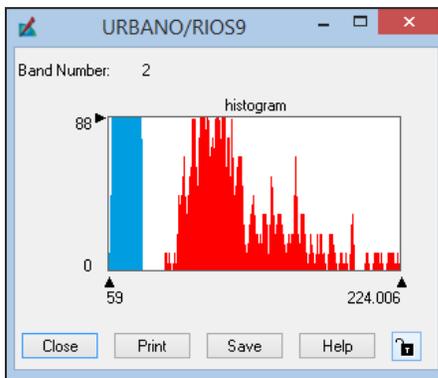


Imagen 36 Azul banda de rio y de rojo banda de urbano.

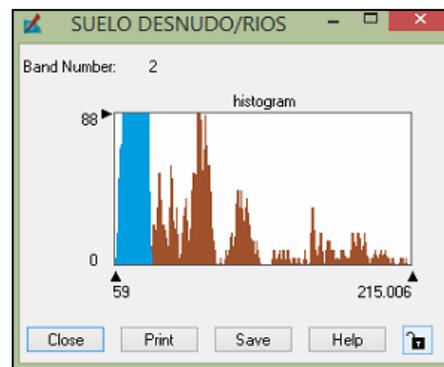


Imagen 37 Banda de rio junto con banda de suelo desnudo.

6.3.4 Separabilidad Espectral

Se observa que en ninguna clase hay errores de separabilidad, el valor mayor a 1950 corresponde a excelente separabilidad, entre 1950 y 1900 separabilidad media y la baja separabilidad es menor a 1900 (Manual Erdas, 2012). Al obtener la separabilidad espectral se realiza la clasificación Supervisada, (imágenes 38, 39, 40, 41 y 42).

Signature Separability Listing

File: c:/users/karen/desktop/spot 2007/2007 supervisada 645-341/23demayo/signatureyaa.sig

Distance measure: Transformed Divergence

Using bands: 1 2 3 4

Taken 4 at a time

Class

- 1 SOMBRA
- 2 NUBE
- 3 CULTIVO
- 4 BOSQUE
- 5 URBANO
- 6 SUELO DESNUDO
- 7 PASTOS ARBOLADOS
- 8 PASTOS
- 9 RIOS

Separability Listing

Bands	AVE	MIN	Class Pairs:								
			1: 2	1: 3	1: 4	1: 5	1: 6	1: 7	1: 8	1: 9	
			2: 3	2: 4	2: 5	2: 6	2: 7	2: 8	2: 9		
			3: 4	3: 5	3: 6	3: 7	3: 8	3: 9			
			4: 5	4: 6	4: 7	4: 8	4: 9	5: 6	5: 7	5: 8	
			5: 6	5: 7	5: 8	5: 9	6: 7	6: 8	6: 9	7: 8	
			8: 9								
1 2 3 4	1996	1916	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
			2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
			2000	2000	2000	2000	1993	1970	1916		
			2000	2000	1999	1999	1998	2000	2000		
			2000	2000	2000	2000	2000	1991	1977		

Imagen 38 Separabilidad espectral donde los resultados son excelentes y de media separabilidad.

Distance Measure: Transformed Divergence

Using Layers: 1 2 3 4

Taken 4 at a time

Best Average Separability: 1995.61

Combination: 1 2 3 4

Signature Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SOMBRA 1	0	2000	2000	1999.77	2000	2000	2000	2000	2000
NUBE 2	2000	0	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
CULTIVO 3	2000	2000	0	1999.93	2000	2000	1993.22	1969.55	1916.25
BOSQUE 4	1999.77	2000	1999.93	0	2000	1999.99	1998.96	1998.87	1997.57
URBANO 5	2000	2000	2000	2000	0	1999.57	2000	2000	2000
SUELO DESNUDO 6	2000	2000	2000	1999.99	1999.57	0	2000	2000	2000
PASTOS ARBOLADOS 7	2000	2000	1993.22	1998.96	2000	2000	0	1991.15	1977.15
PASTOS 8	2000	2000	1969.55	1998.87	2000	2000	1991.15	0	2000
RIOS 9	2000	2000	1916.25	1997.57	2000	2000	1977.15	2000	0

Imagen 39 Separabilidad espectral, 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007

Distance Measure: Transformed Divergence

Using Layers: 1 2 3 4

Taken 4 at a time

Best Average Separability: 1994.59

Combination: 1 2 3 4

Signature Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SUELO DESNUDO 1	0	2000	2000	1999.98	2000	2000	2000	2000	1992.23
NUBE 2	2000	0	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
SOMBRA 3	2000	2000	0	2000	2000	1999.98	2000	2000	2000
URBANO 4	1999.98	2000	2000	0	1997.29	2000	2000	2000	1913.7
PASTOS ARBOLADOS 5	2000	2000	2000	1997.29	0	2000	1911.35	1991.16	2000
BOSQUE 6	2000	2000	1999.98	2000	2000	0	2000	1999.85	2000
PASTOS 7	2000	2000	2000	2000	1911.35	2000	0	1999.7	2000
CULTIVO 8	2000	2000	2000	2000	1991.16	1999.85	1999.7	0	2000
RIOS 9	1992.23	2000	2000	1913.7	2000	2000	2000	2000	0

Imagen 40 Promedio fue de 1994.59 lo cual demuestra una excelente separabilidad. Imagen 646-342 de marzo de 2007

Distance Measure: Transformed Divergence
 Using Layers: 1 2 3 4
 Taken 4 at a time
 Best Average Separability: 1994.07
 Combination: 1 2 3 4

Signature Name	1	2	3	4	5	6	7	8
RÍOS	1	0	1915.45	2000	2000	2000	2000	2000
URBANO	2	1915.45	0	2000	1998.88	2000	2000	2000
SOMBRA	3	2000	2000	0	2000	2000	1976.27	2000
SUELO DESNUDO	4	2000	1998.88	2000	0	2000	2000	1999.08
CULTIVO	5	2000	2000	2000	2000	0	2000	1995
BOSQUES	6	2000	2000	1976.27	2000	2000	0	1999.63
PASTOS	7	2000	2000	2000	1999.08	1995	2000	0
PASTOS ARBOLADOS	8	2000	2000	2000	2000	1999.86	1999.63	1949.7

Imagen 41 Separabilidad espectral Supervisada del año 2011.

Distance Measure: Transformed Divergence
 Using Layers: 1 2 3 4 5 6 7
 Taken 7 at a time
 Best Average Separability: 1995.44
 Combination: 1 2 3 4 5 6 7

Signature Name	1	2	3	4	5	6	7	8
Bosque	1	0	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Cultivo	2	2000	0	2000	2000	1999.89	1999.99	2000
Urbano	3	2000	2000	0	1926.68	2000	2000	2000
Água	4	2000	2000	1926.68	0	2000	2000	2000
Pastos	5	2000	1999.89	2000	2000	0	1945.71	2000
Pastos arbolados	6	2000	1999.99	2000	2000	1945.71	0	2000
Nube	7	2000	2000	2000	2000	2000	2000	0
Sombra	8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

Imagen 42 Separabilidad espectral Supervisada recorte Landsat 8.

6.3.5 Clasificación supervisada

Se procede a realizar la clasificación supervisada y se selecciona la metodología de clasificación de Máxima verosimilitud (Imagen 43).

La metodología implementada para la realización de la clasificación supervisada es la Máxima verosimilitud la cual asume que los datos siguen una función de distribución normal para asignar la probabilidad de que un pixel cualquier pertenezca a cada una de las clases. El pixel se asigna de este modo a la clase que sea más probable que pertenezca. (Universidad de Murcia). Esto asume que los datos tienen una representación normal.



Imagen 43 Opción máxima verosimilitud

Ahora se procede a la realización de la clasificación. La cual se basa a partir de los datos de las firmas que se ha elegido previamente de cada imagen, a continuación, se presentan las imágenes recortadas de cada año estudiado y su correspondiente clasificación supervisada.

- Imagen 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007

Corresponde a la parte superior (Imagen 44) cubriendo los municipios de Fusagasugá, Silvania, y Tibacuy. (Imagen 45) clasificada.

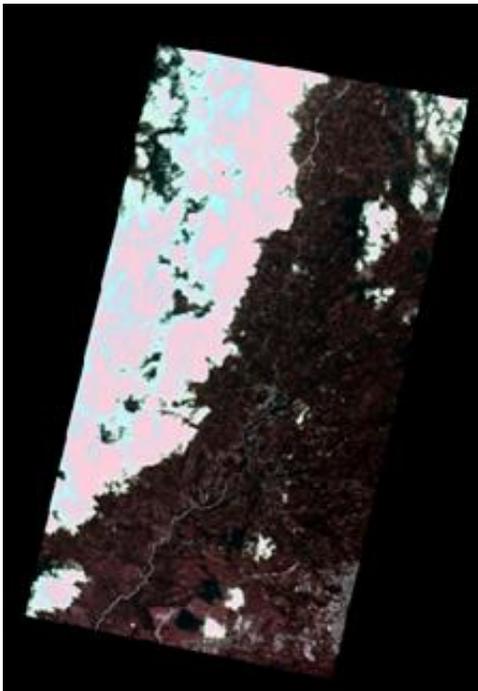


Imagen 45 Recorte imagen 2007.

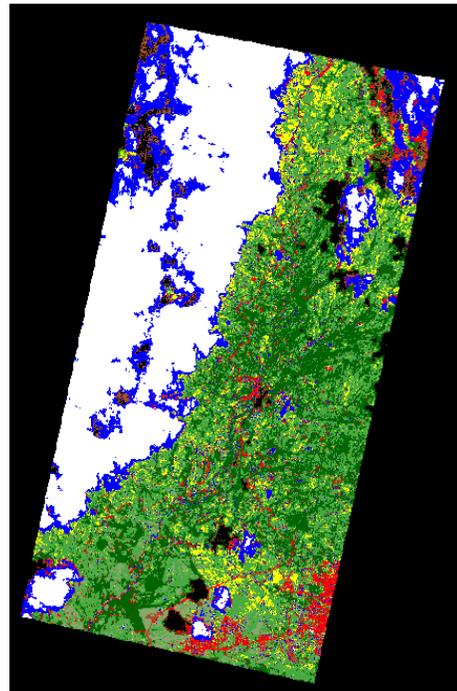


Imagen 44 Clasificación 645-341 Del 30 De Septiembre De 2007.

- Imagen 2007. 646-342 Del 01 De Marzo De 2007

La imagen cubre los municipios de Arbelaez, Pasca y parte de Fusagasugá. (Imagen 46) donde se encuentran cuatro fincas restantes. La Isabela, el recreo, villa juliana, el consejo. Al realizar la clasificación queda de la siguiente manera. (Imagen 47) recorte para elaborar la clasificación.

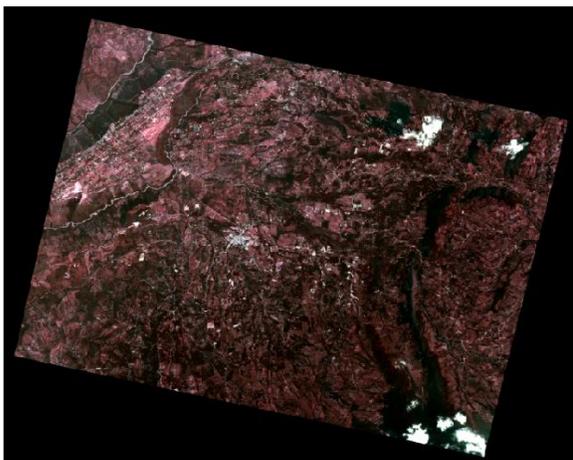


Imagen 46 Imagen de marzo 2007

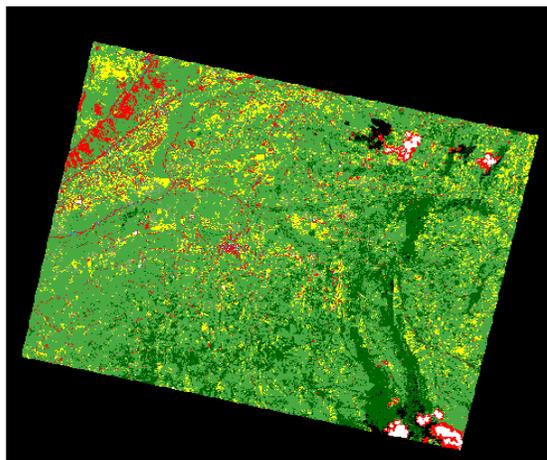


Imagen 47 Imagen supervisada de marzo 2007

- Imagen 646-341 de enero 12 de 2011

La escena completa (imagen 48) muestra de color marrón el recorte. A la derecha (imagen 49) supervisada cubre los municipios de Fusagasugá, Tibacuy, Silvania y Granada. El color rojo es el centro urbano de Fusagasugá, capital de la región de Sumapaz.

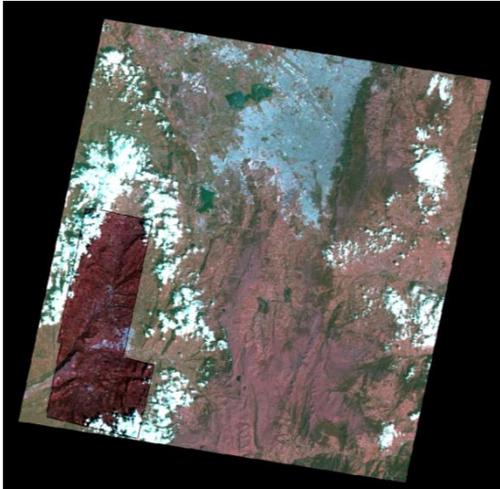


Imagen 48 Recorte en marrón oscuro corresponde a la imagen a supervisar imagen Spot 2011

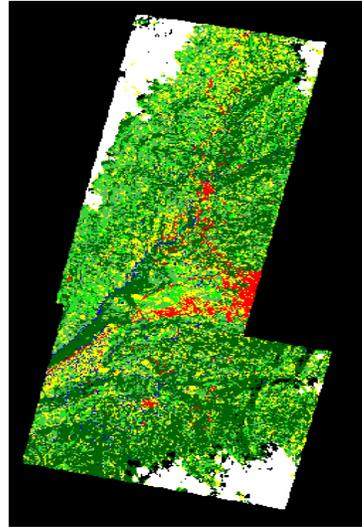


Imagen 49 Clasificada 2011 lista para ArcGIS donde se hará el estudio de las fincas.

- Imagen Landsat 8 del 22- Dic -2015. ID: LC80080572015356LGN00

A la izquierda proceso de recorte de la escena a trabajar (imagen 50), escena supervisada según los pasos anteriores (imagen 51).

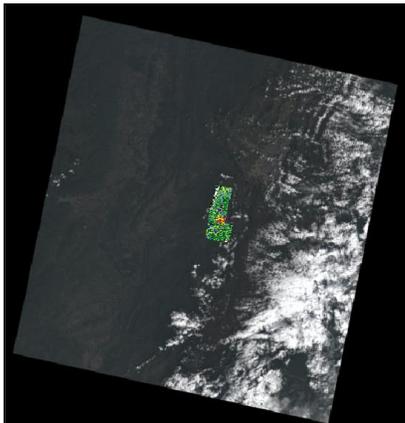


Imagen 50 El tono verde al fondo recorte del área de estudio Landsat 2015.

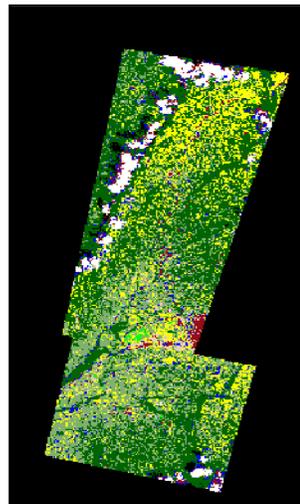


Imagen 51 Imagen supervisada de 2015 del área de estudio.

6.4 METODOLOGÍA OBJETIVO 3

Elaborar mapas con las coberturas de la tierra para cada predio en el lapso de tiempo 2007, 2011 y 2015.

A partir de las imágenes clasificadas previamente se procede a realizar en el programa ArcGIS los siguientes pasos:

Extracción por máscara, se realiza por medio de la imagen supervisada donde se extrae el predio a estudiar en formato raster (imagen 52), previo a la realización de lo anterior se procedió a pasarlo a shapefile que es formato vector para cada finca, en este paso se obtiene un shapefile recortado de cada predio con las áreas determinadas reconocidas en la imagen supervisada, por consiguiente se efectúa el eliminate donde las áreas más pequeñas se unirán a las áreas más grandes (imagen 53) y se suaviza el polígono (Imagen 54). Con este procedimiento finaliza el estudio de las coberturas de uso del suelo en cada predio en los años 2007, 2011 y 2015.

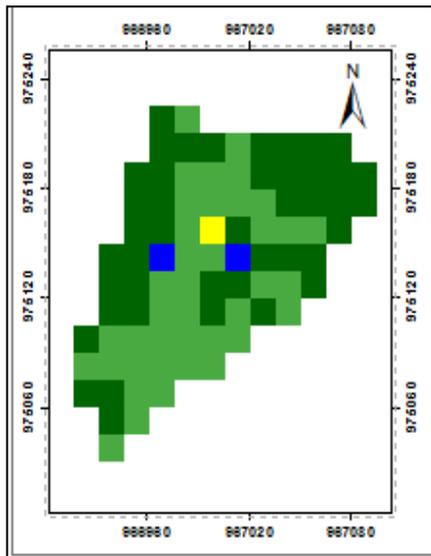


Imagen 52 Predio Villa Carmen (Fusagasugá) 2007 Resultado extracción por máscara.

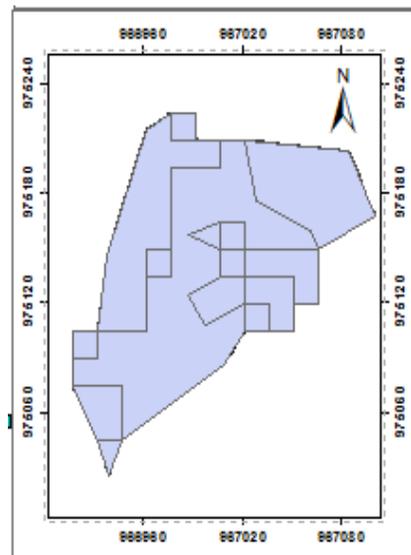


Imagen 53 Formato vector para proceder con la opción eliminate. Finca villa Carmen (Fusagasugá) 2007

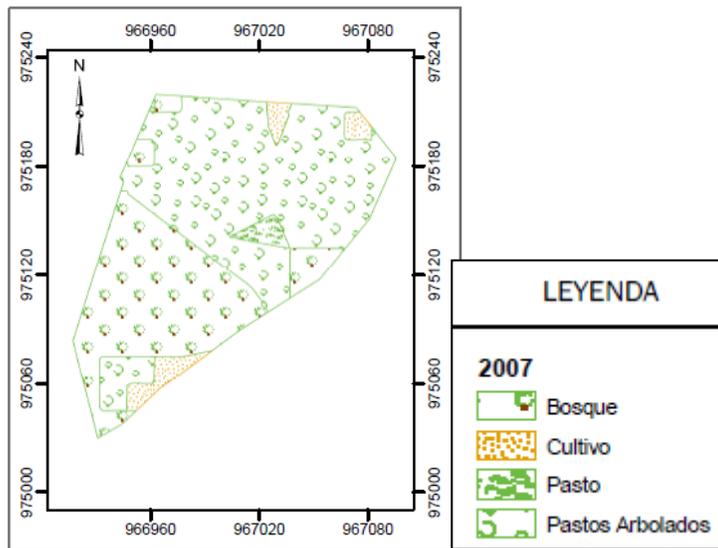
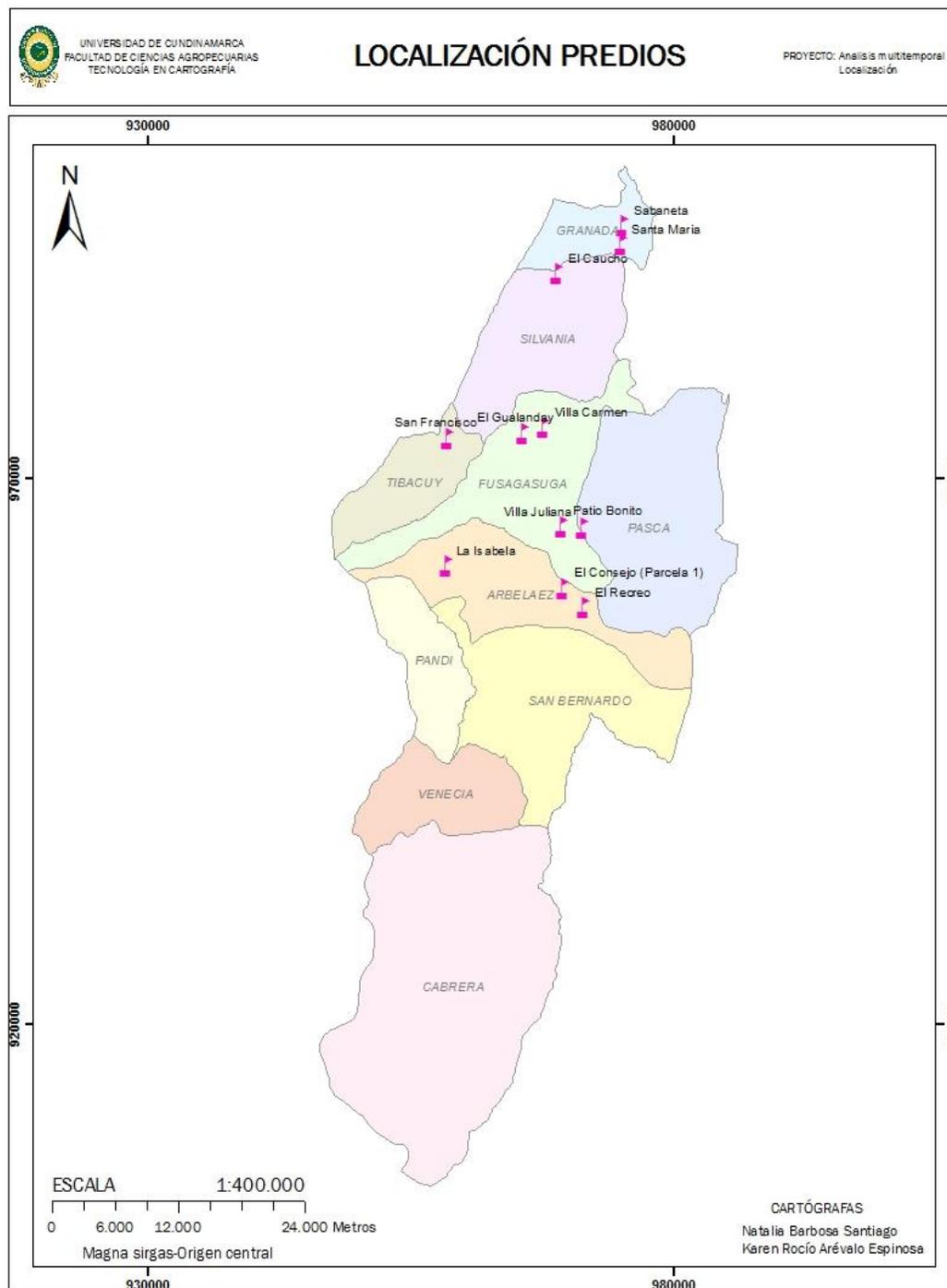


Imagen 54 Área suavizada con las coberturas correspondientes. Finca villa Carmen (Fusagasugá) 2007

RESULTADOS

- Georreferenciación de los predios campesinos en cada municipio.

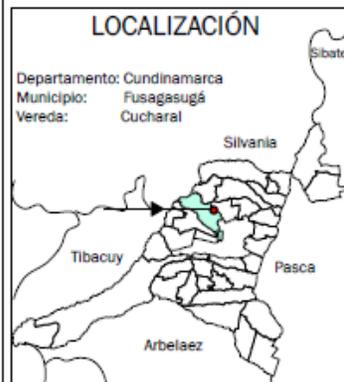
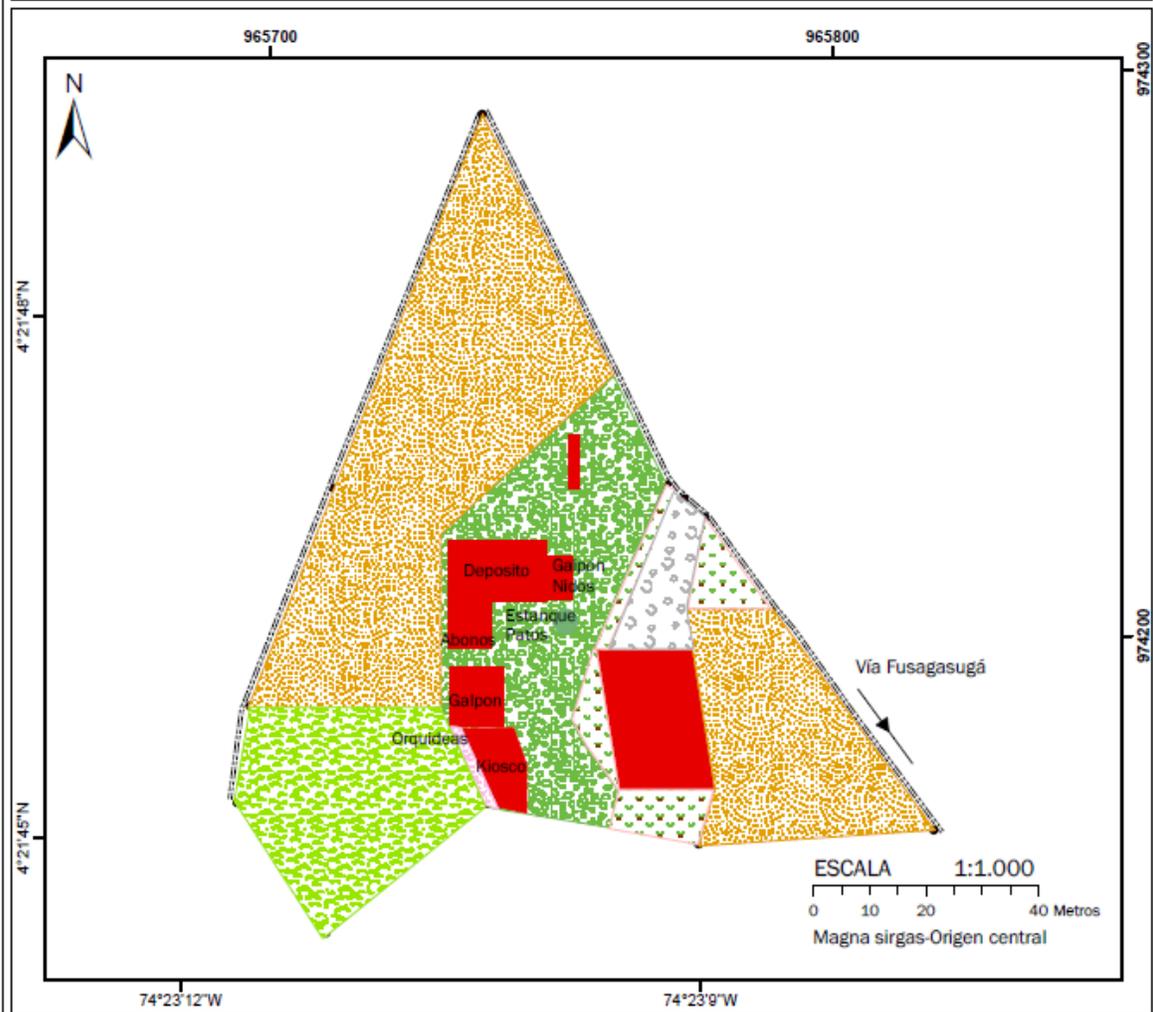


Mapa 4. Ubicación (11) fincas modelo de municipios de la región de Sumapaz

- Realizar análisis multitemporal de las coberturas de la tierra para conocer su influencia en el cambio de paisaje.

Se producen mapas temáticos del proceso cartográfico realizado en los 11 predios a escala detallada 1:1000, 1:1500 y 1:2500, donde se distinguen coberturas como: urbano, cultivo, bosque, ríos, reserva forestal, a su vez se tienen en cuenta áreas construidas, cultivadas, reservas forestales y humedales. Estas son las variables utilizadas para cada predio.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de cada imagen supervisada y la realización del reconocimiento de los predios en campo. Se quiere resaltar la labor que se ha ido constituyendo en cada predio, el estudio de la tierra conjunto no solo permite desarrollar este tipo de proyectos, sino que beneficia a los productores. El productor notará la distribución espacial de su predio y el cambio de su territorio a través del tiempo plasmado en mapas y el estudio conjunto con el productor tomaran decisiones donde se beneficie el campo y por ende la comunidad que podrá saber el manejo en la siembra de los productos.

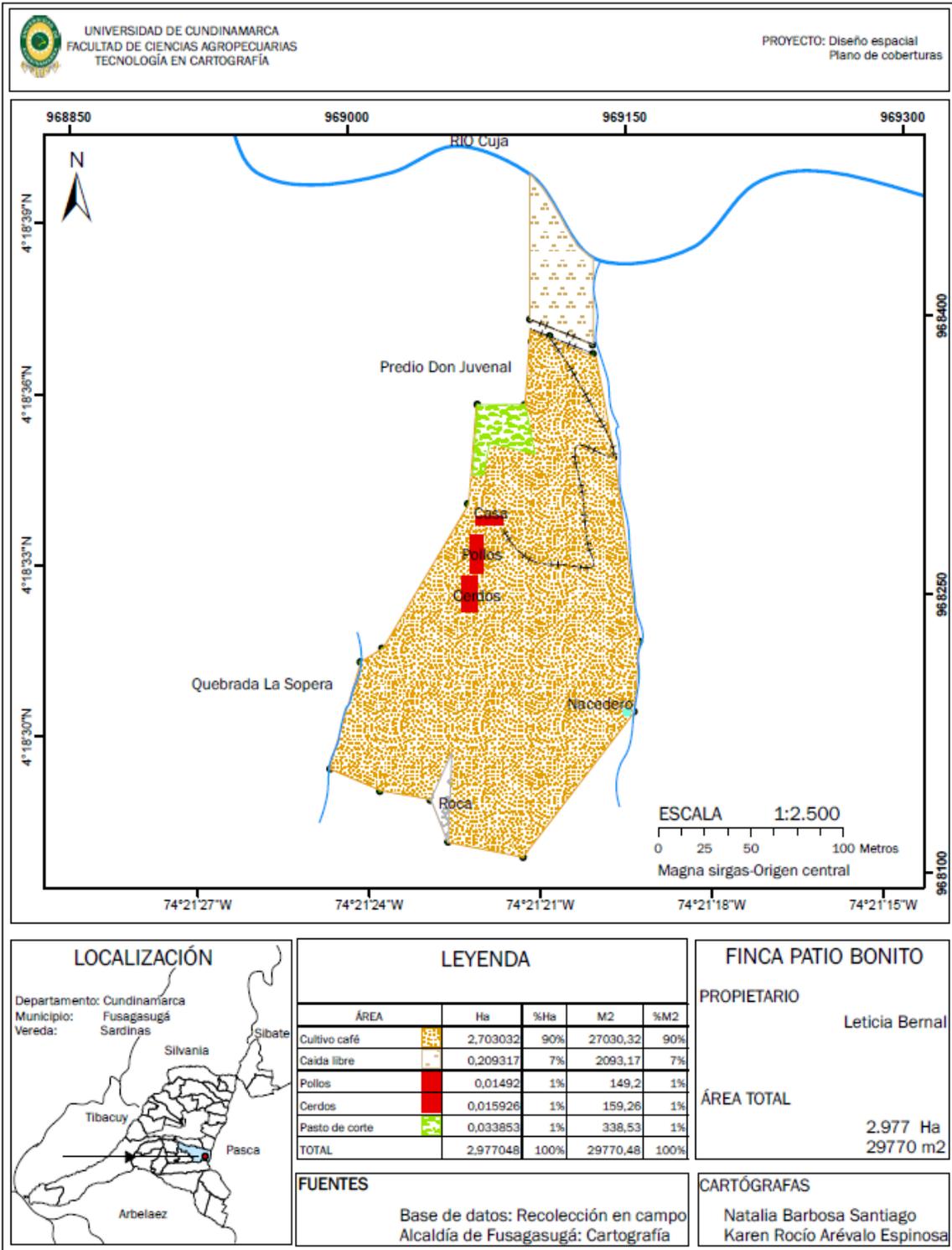


LEYENDA				
ÁREA	Ha	%Ha	M2	%M2
FRUTALES	0,111073	12%	1110,73	12%
JARDIN	0,163739	18%	1637,39	18%
CASA	0,04306	5%	430,6	5%
ENTRADA	0,025493	2%	254,93	2%
ANIMALES	0,194219	21%	1942,19	21%
FLORES ORNAMENTALES	0,272409	29%	2724,09	29%
POTRERO	0,12013	13%	1201,3	13%
TOTAL	0,930123	100%	9301,23	100%

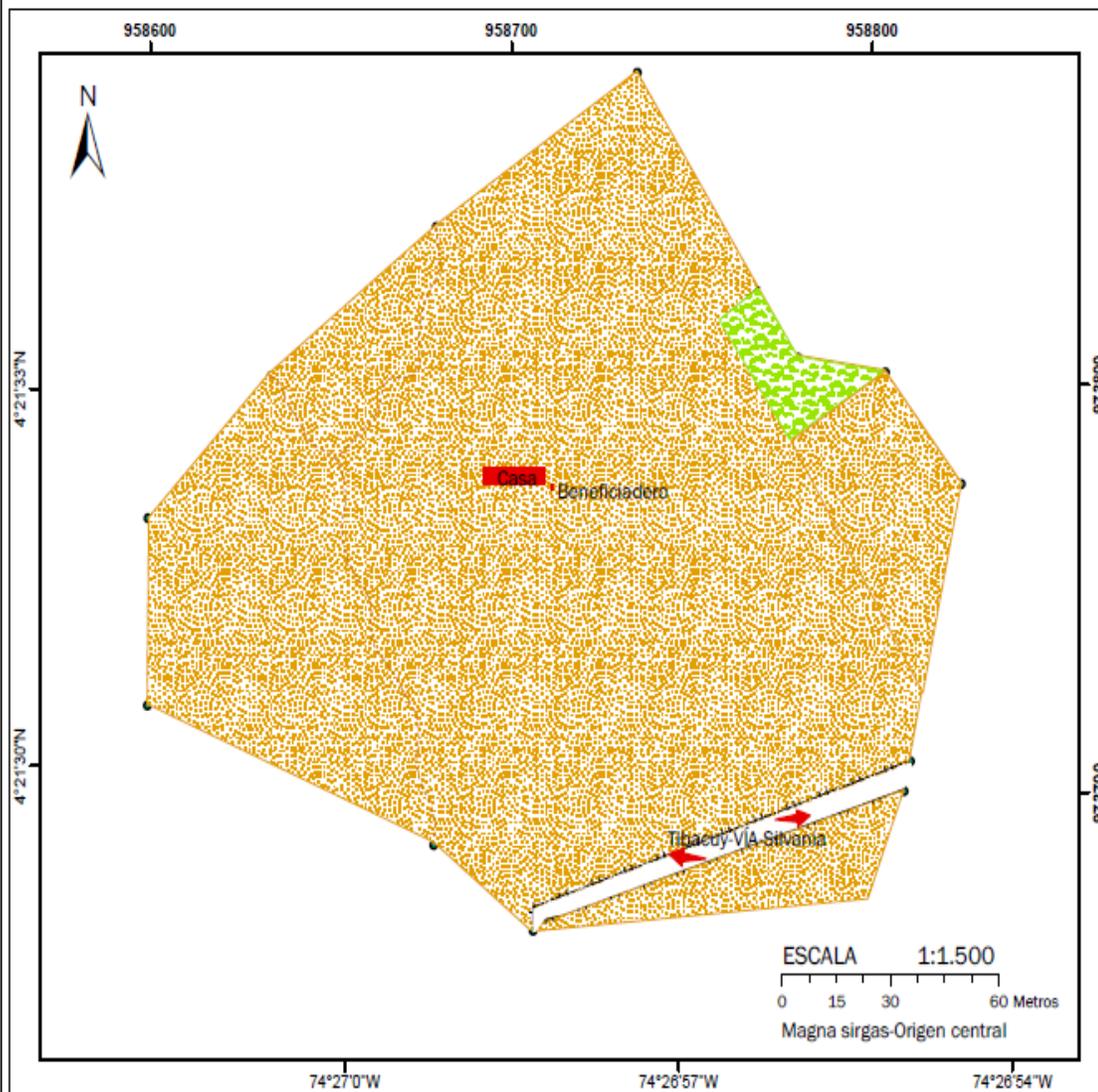
FUENTES
 Base de datos: Recolección en campo
 Alcaldía de Fusagasugá: Cartografía

FINCA GUALANDAY	
PROPIETARIO	Elizabeth Alvarado
CÉDULA CATASTRAL	
ÁREA TOTAL	0,930 ha 9301 m2
CARTÓGRAFAS	Natalia Barbosa Santiago Karen Rocío Arévalo Espinosa

Mapa 5. Plano del Predio Gualanday (Fusagasugá) con uso de suelo y coberturas.



Mapa 6. Plano del predio Patio Bonito (Fusagasugá) con uso de suelo y coberturas.



LEYENDA				
ÁREA	Ha	%Ha	M2	%M2
Cultivo café reciente	0,305169	10%	3051,69	10%
Pastos arbolados	0,06091	2%	609,19	2%
Cultivo café	2,632749	88%	26327,49	88%
TOTAL	2,998828	100%	29988,37	100%

FUENTES

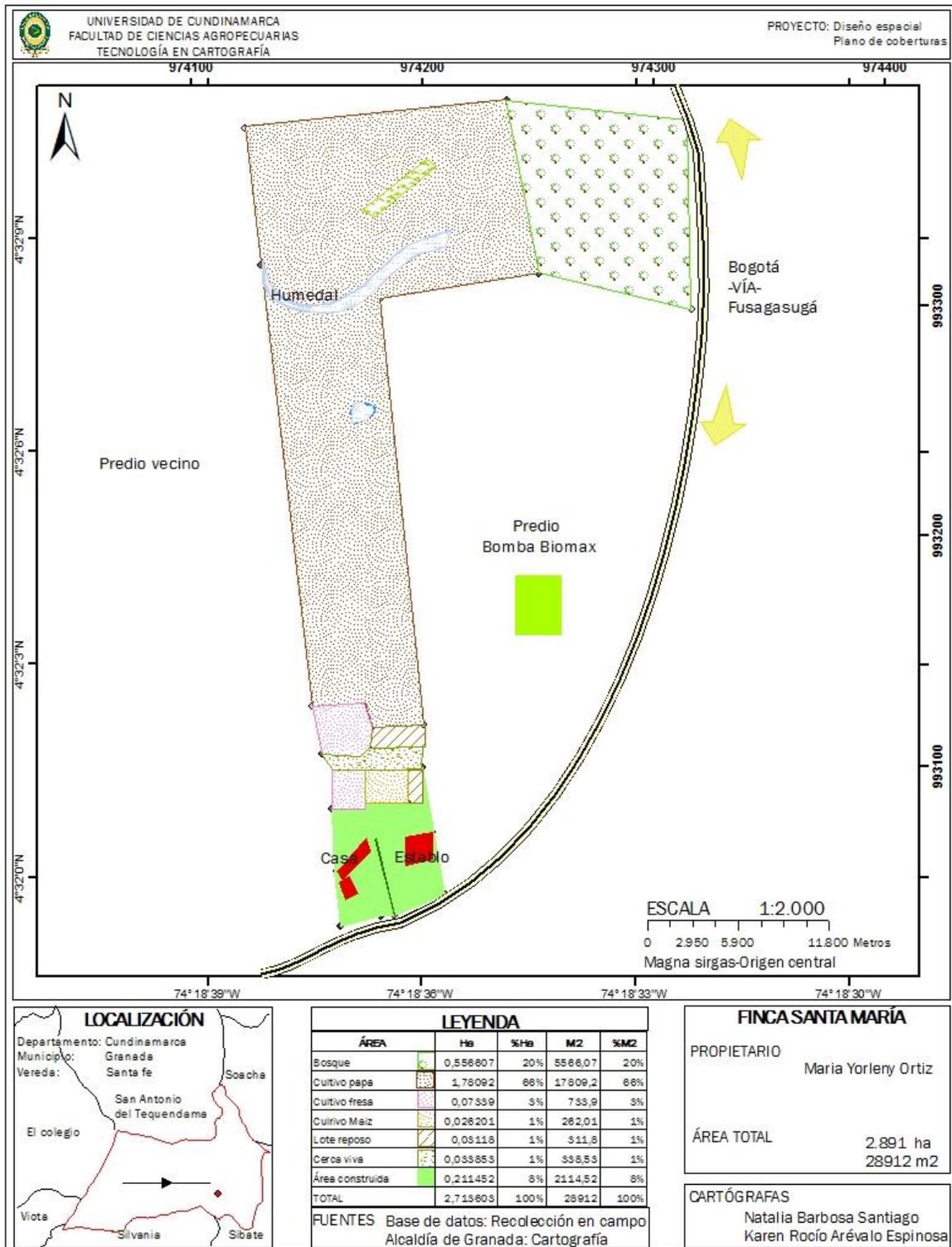
Base de datos: Recolección en campo
Alcaldía de Tibacuy: Cartografía

FINCA SAN FRANCISCO	
PROPIETARIO	Luis Alberto Abril
CÉDULA CATASTRAL	
ÁREA TOTAL	2.998 ha 29.988 m2

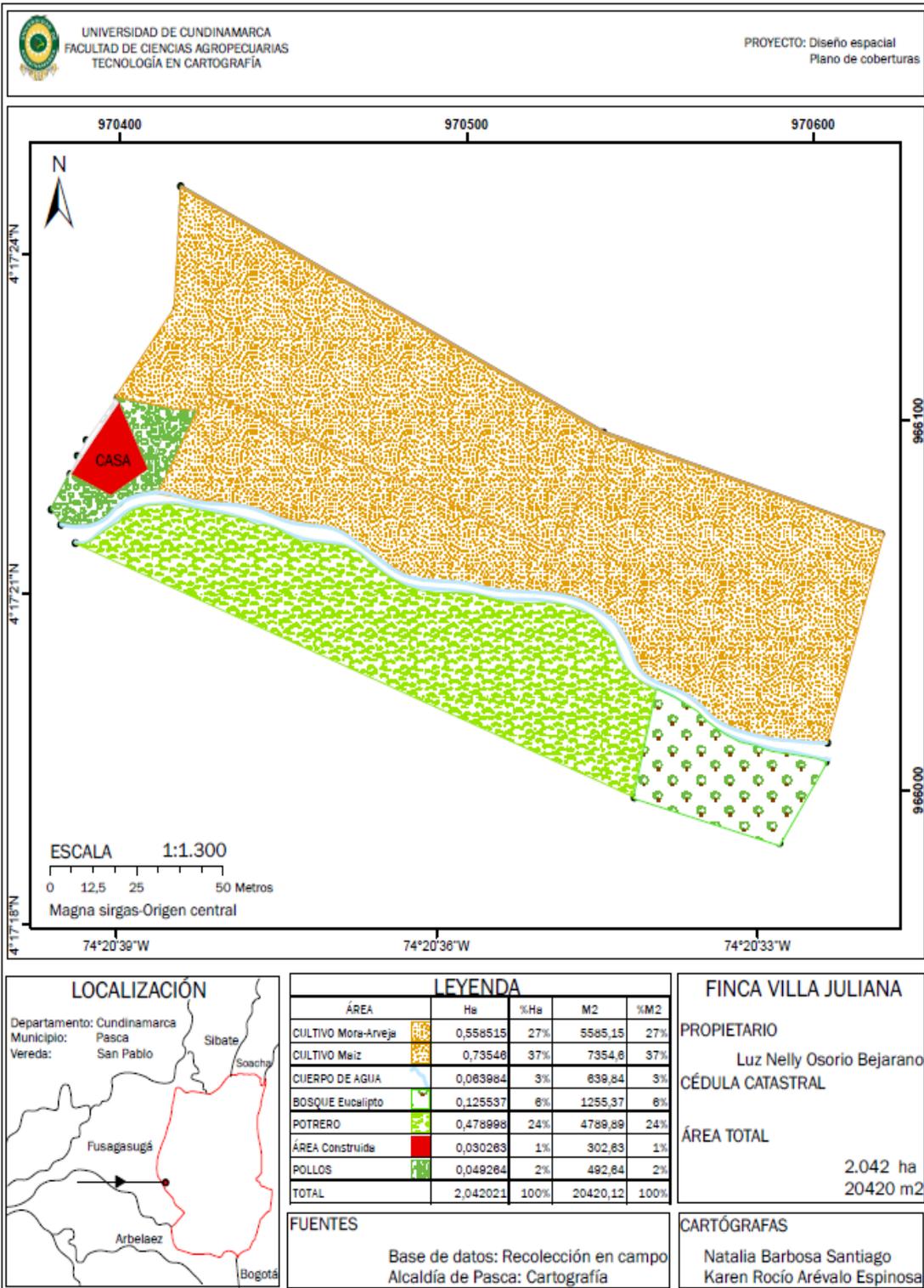
CARTÓGRAFAS

Natalia Barbosa Santiago
Karen Rocío Arévalo Espinosa

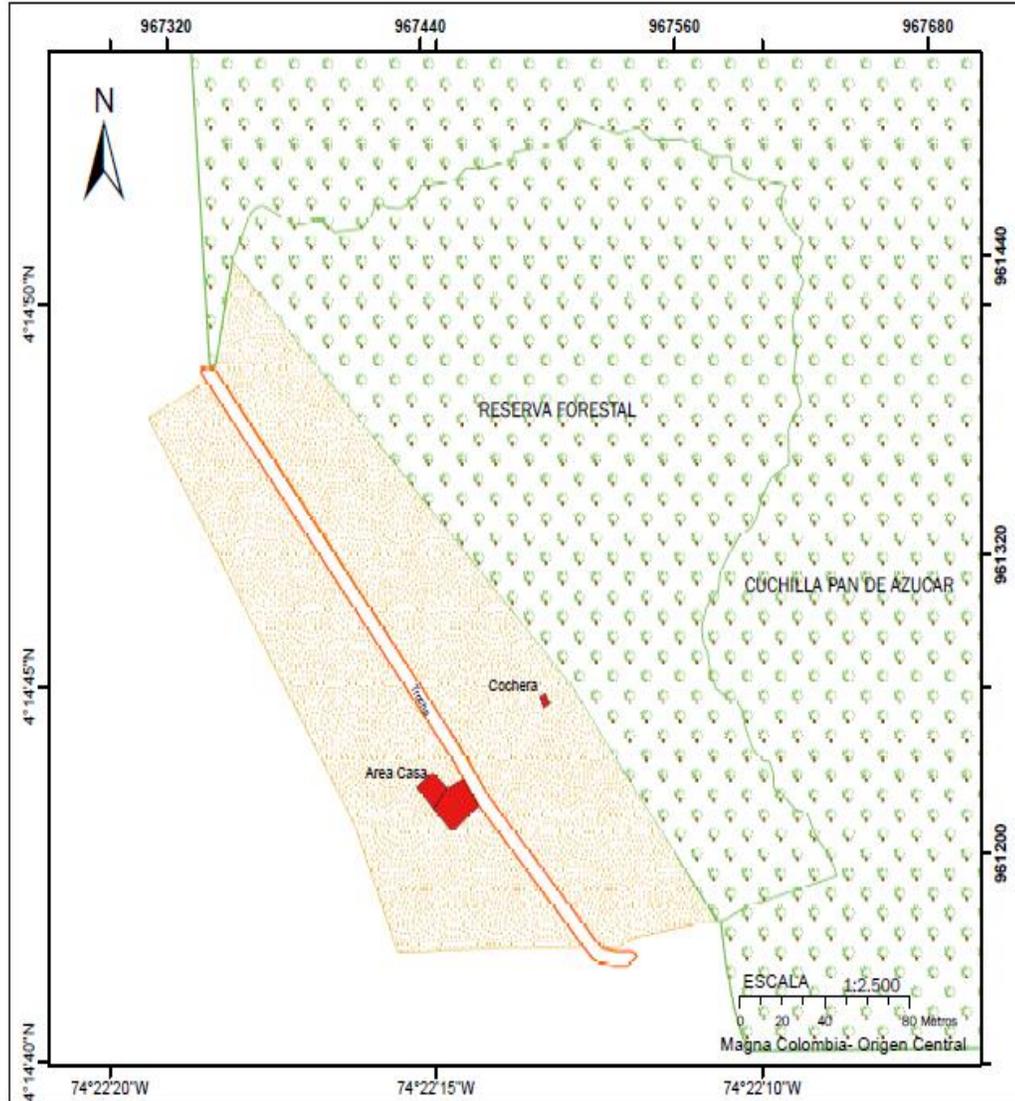
Mapa 7. Plano del Predio San Francisco (Sivanía) con uso de suelo y coberturas.



Mapa 8 Plano del Predio Santa María (Granada) con uso de suelo y coberturas.



Mapa 9. Plano del Predio Villa Juliana (Pasca) con uso de suelo y coberturas.



LEYENDA				
ÁREA	Ha	Ha %	M2	M%
Bosque	10.40	78	104021	78
Construcciones	0.04	21	28332	21
Cultivo	2.83	1	359	1
TOTAL	13,27	100	132711	100

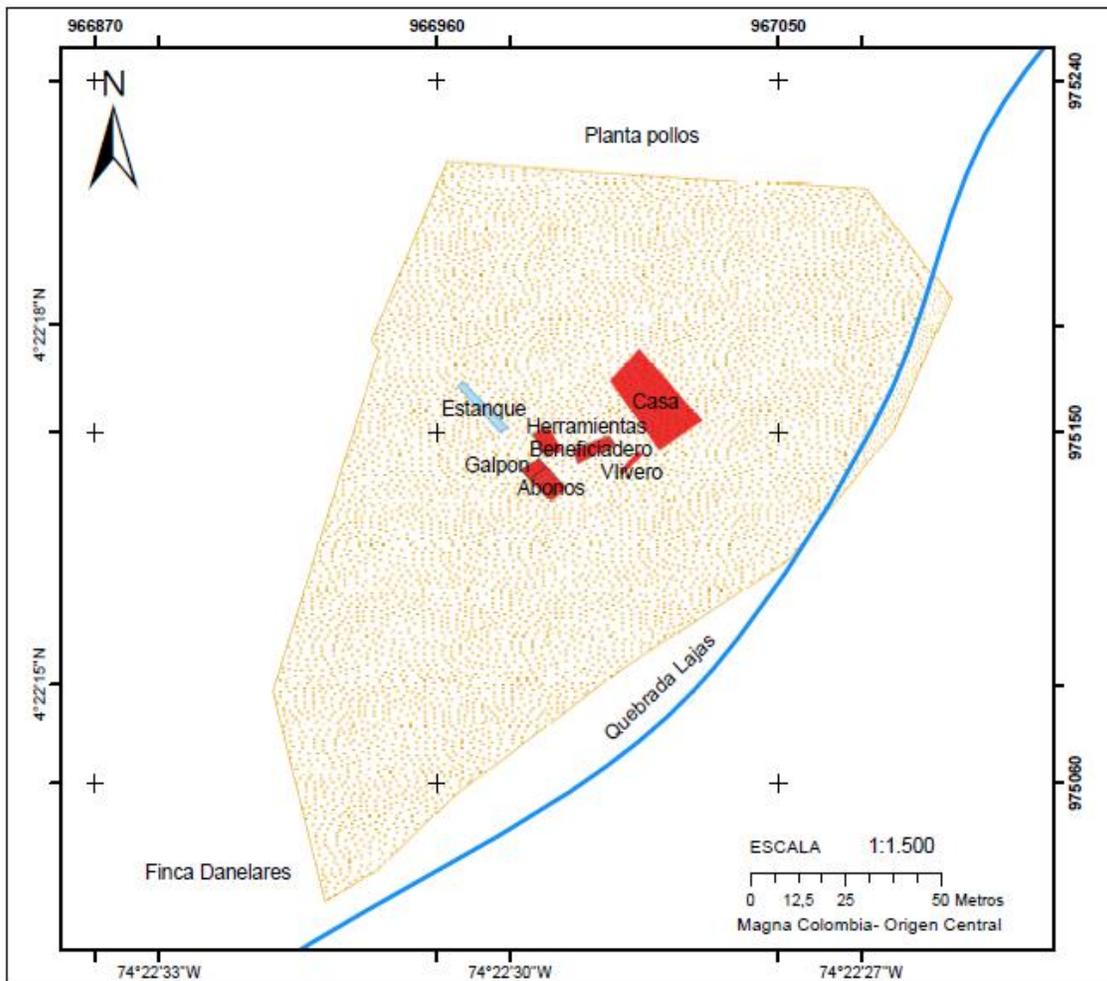
FUENTE
 Bases de datos recoleccion en campo
 Orientación de los propietarios de los predios.

FINCA EL RECREO
 Propietario:
 Carlos Baquero Diaz

 Area Total:
 13,27 Ha
 132711 m2

CARTÓGRAFAS
 Natalia Barbosa Santiago
 Karen Rocio Arévalo Espinosa

Mapa 10. Plano del Predio El Recreo (Arbeláez) con uso de suelo y coberturas.



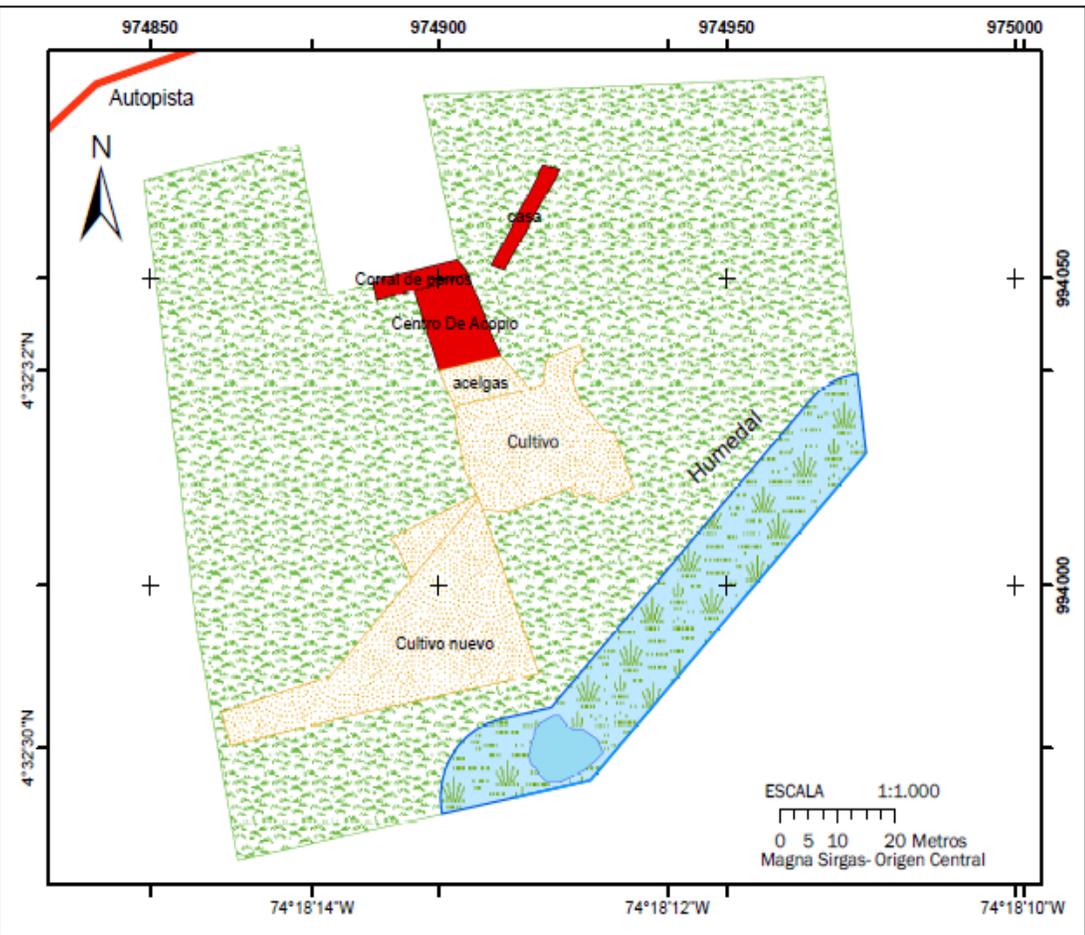
LEYENDA				
ÁREA	Ha	Ha %	M2	M%
Estanque peces	0,00	0	35,44	0
Construcciones	0,04	2	424,43	2
Cultivo	1,87	98	18742,90	98
TOTAL	1,92	100	19202,77	100

FUENTE
 Bases de datos recoleccion en campo
 Orientacion de los propietarios de los predios.

FINCA VILLA CARMEN	
Propietario:	Sabarain Caldas
Area Total:	1.92 Ha 19202.707 m2

CARTÓGRAFAS
 Natalia Barbosa Santiago
 Karen Rocío Arévalo Espinosa

Mapa 11 Plano del Predio Villa Carmen (Fusagasugá) con uso de suelo y coberturas.



LEYENDA

Area	Ha	Ha%	M2	M2%
Cultivo	0,14	12	1402	12
Construcciones	0,02	2	194	2
Humedal	0,12	11	1242	11
Reservorio	0,01	1	92	1
Pastos	0,85	74	8515	74
TOTAL	1,14	100	11445	100

FINCA SABANETA

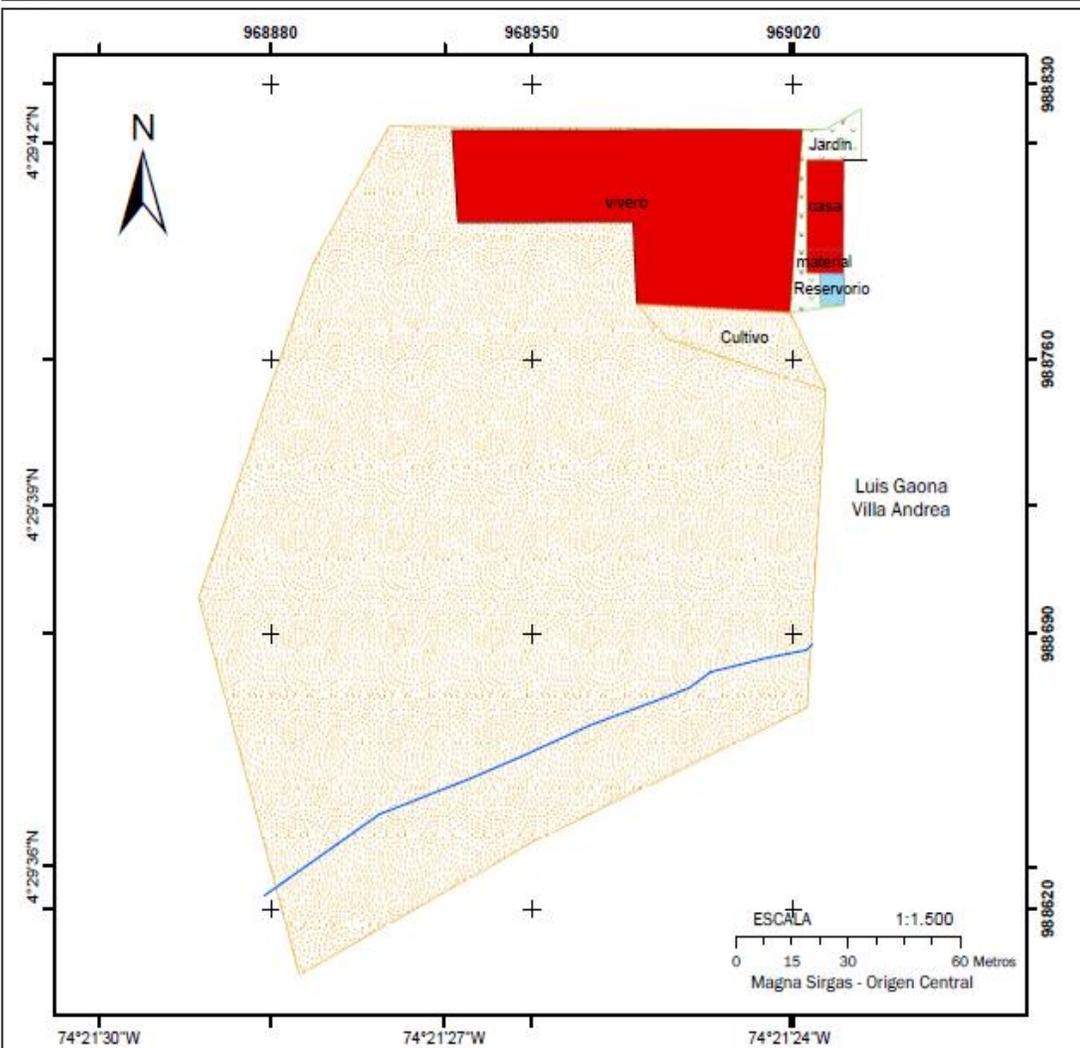
Propietario:
Hugo Gutierrez Castellanos

Area Total:
1,145 Ha
11445.255 m²

FUENTE
Bases de datos recoleccion en campo
Orientacion de los propietarios de los predios.

CARTÓGRAFAS
Natalia Barbosa Santiago
Karen Rocio Arévalo Espinosa

Mapa 12. Plano del Predio Sabaneta, (Granada) con uso de suelo y coberturas.



LEYENDA

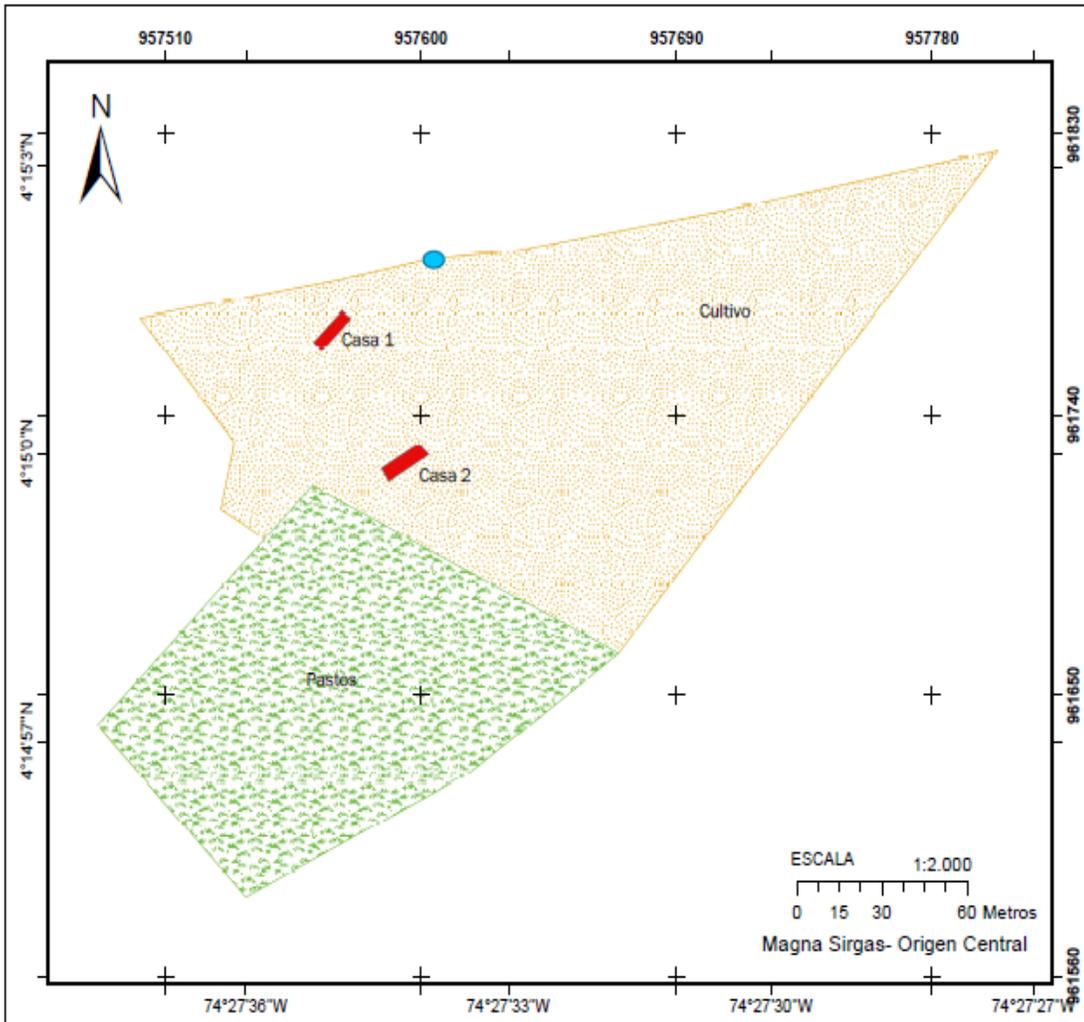
Area	Ha	Ha%	m2	m2%
Cultivos	2,51	87	25140	87
Construcción	0,34	12	3388	12
Reservorio	0,01	0	51	0
Jardín	0,03	1	300	1
TOTAL	2,89	100	28878	100

FUENTE
 Bases de datos recolección en campo
 Orientación de los propietarios de los predios.

FINCA EL CAUCHO
 Propietario:
 Floriberto Cubillos
 Area Total:
 2.89 Ha
 28878 m2

CARTÓGRAFAS
 Natalia Barbosa Santiago
 Karen Rocio Arévalo Espinosa

Mapa 13. Plano del Predio El Caucho (Silvania) con uso de suelo y coberturas.



LEYENDA

AREA	Ha	Ha %	M2	M2%
Pastos	1,23	35	12291	35
Construcción	0,01	0,4	139	0
Cultivo	2,26	65	22593	65
TOTAL	3,50	100	35023	100

FINCA LA ISABELA

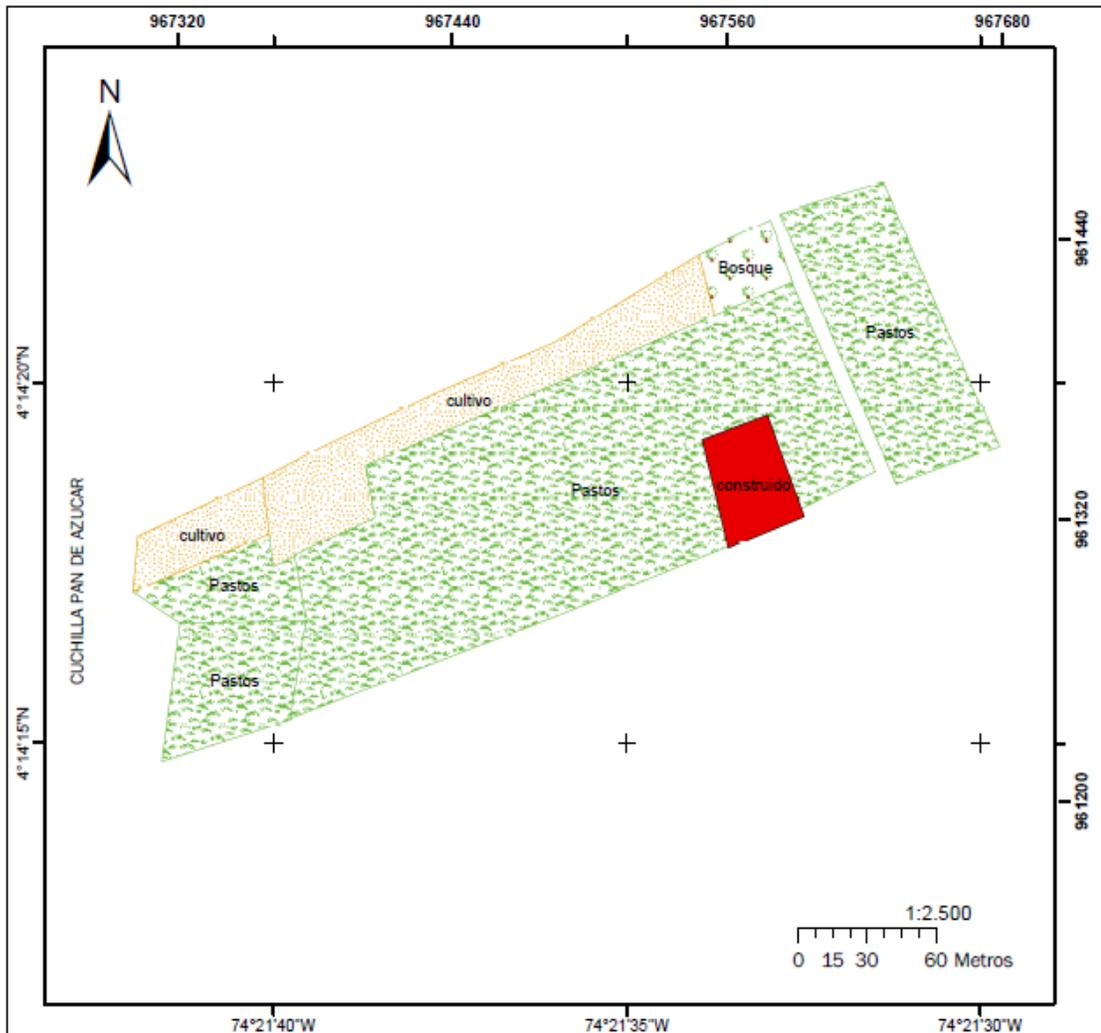
Propietario:
 Alberto Cubillos Peñalosa

Area Total:
 3.50 Ha
 35023 m2

FUENTE
 Bases de datos recolección en campo
 Orientación de los propietarios de los predios.

CARTÓGRAFAS
 Natalia Barbosa Santiago
 Karen Rocío Arévalo Espinosa

Mapa 14. Plano del Predio La Isabela (Arbeláez) con uso de suelo y coberturas.



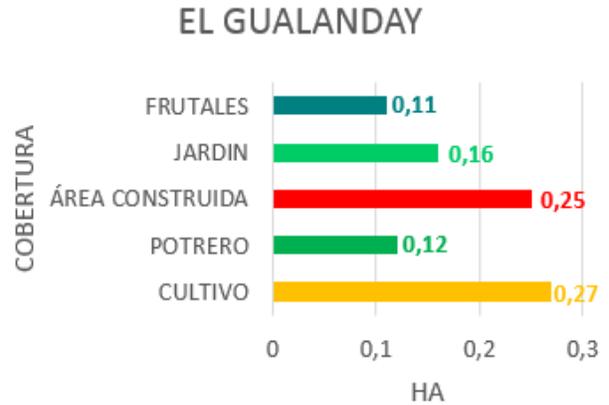
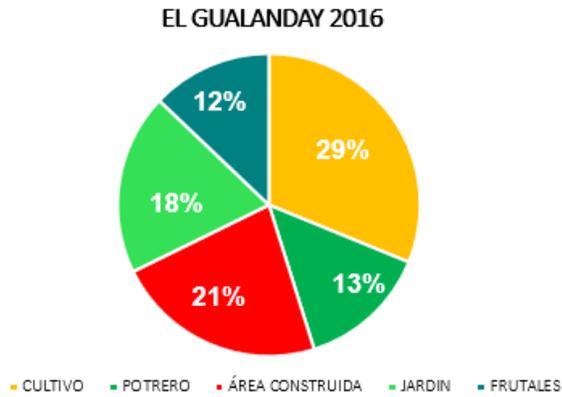
LEYENDA				
AREA	Ha	Ha %	M2	M2%
Pastos	1,26	58	12572	58
Construcción	0,16	7	1556	7
Cultivo	0,64	30	6432	30
Bosque	0,10	5	1013	5
TOTAL	2,16	100	21573	100

FUENTE
 Bases de datos recolección en campo
 Orientación de los propietarios de los predios.

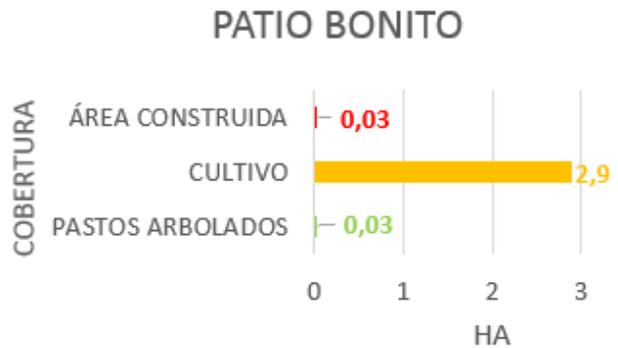
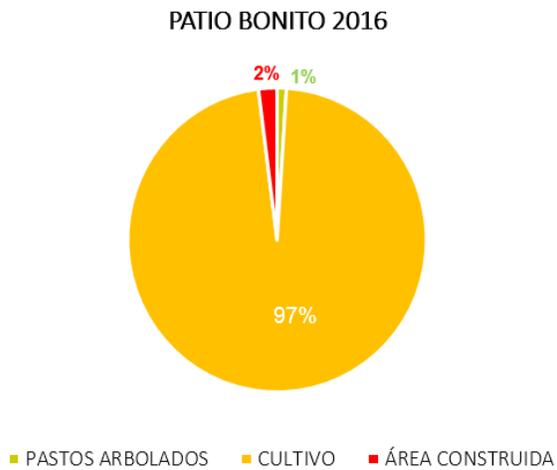
FINCA EL CONSEJO
 Propietario:
 Oswaldo Gonzalez Cruz
 Area Total:
 2,16 Ha
 21573 m²

CARTÓGRAFAS
 Natalia Barbosa Santiago
 Karen Rocío Arévalo Espinosa

Mapa 15. Plano del Predio El Consejo (Arbeláez) con uso de suelo y coberturas

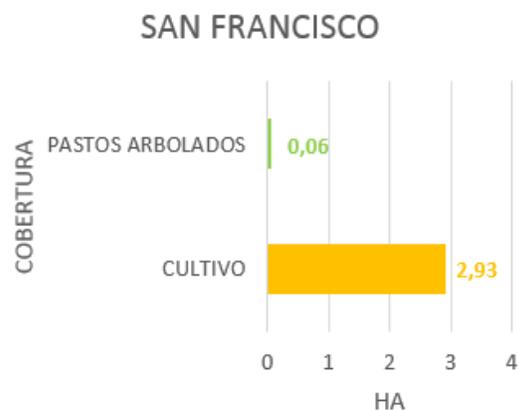
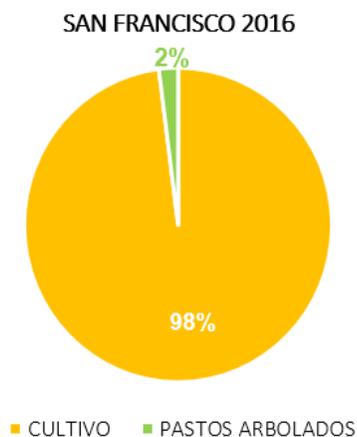


El área construida en el predio con un 18% corresponde al dato mayor de 0,25 ha. El área con la mayor cobertura lo representa cultivo con un 0,27 ha, el menor dato fue frutales con un 7% el cual corresponde al 0,11 ha.

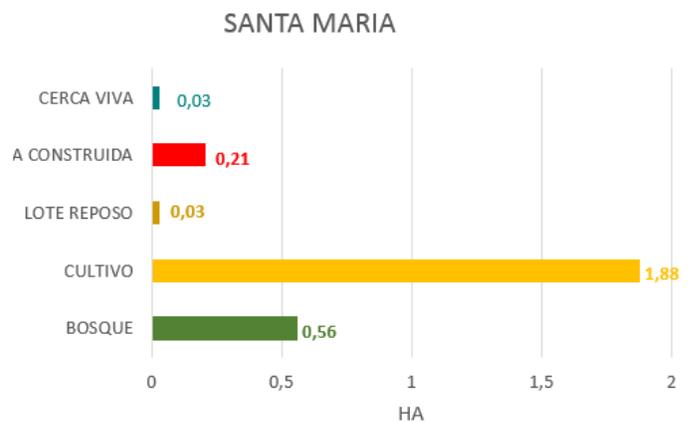
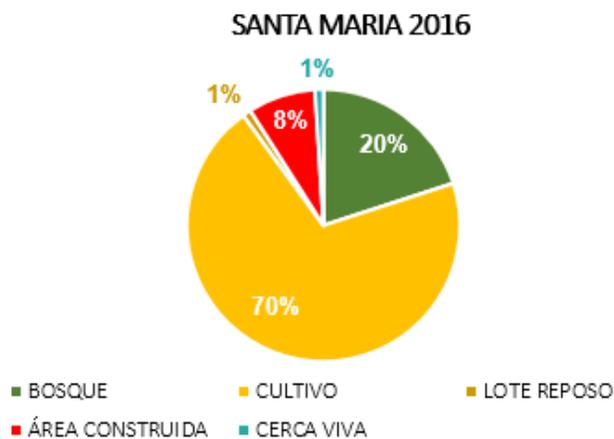


Cultivo representa un 97% correspondiente a 2.9 ha, en este predio domina el cultivo de café.

Gráfica 4 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Patio Bonito.



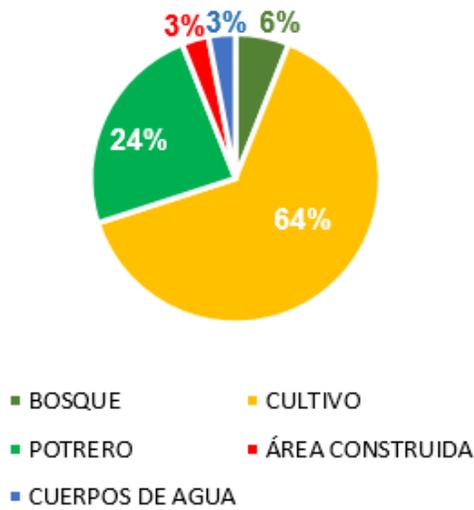
Cultivo representa el 98% del área total de este predio lo que son 2, 93 ha, en el predio predomina el cultivo de café.



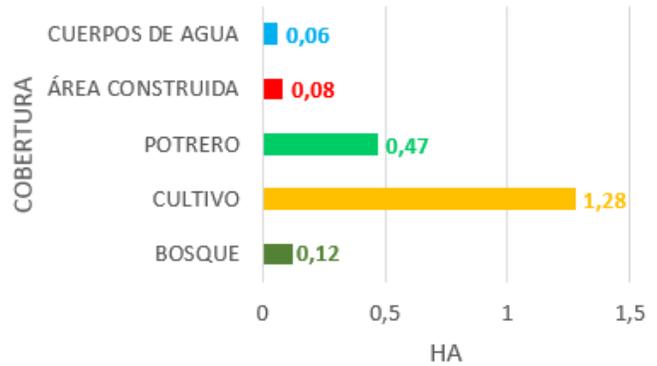
Santa María finca ubicada en granada-Cundinamarca representa 1.88 ha de bosque lo cual corresponde al 70% del predio en uso. Predomina el cultivo de papa, seguido de fresas y maíz ya que su clima es propicio para dichos cultivos. Tiene un área de bosque de 0.56 ha presentado en un 20% es área forestal protegida en la zona.

Gráfica 7 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Patio Bonito.

VILLA JULIANA 2016

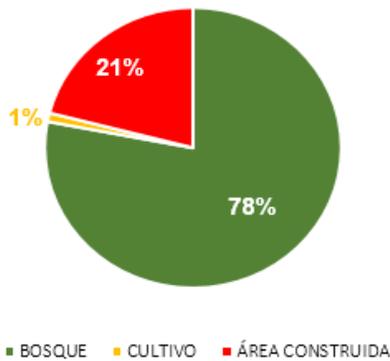


VILLA JULIANA

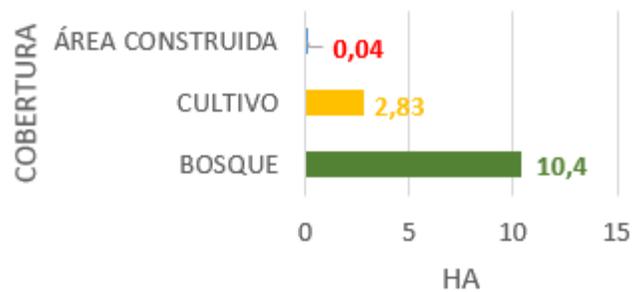


Villa Juliana tiene un área representativa de cultivo de 1,28 ha representadas en un 64%, mientras que el área de potrero le sigue con un 0.47 ha representado un 24%.

EL RECREO 2016

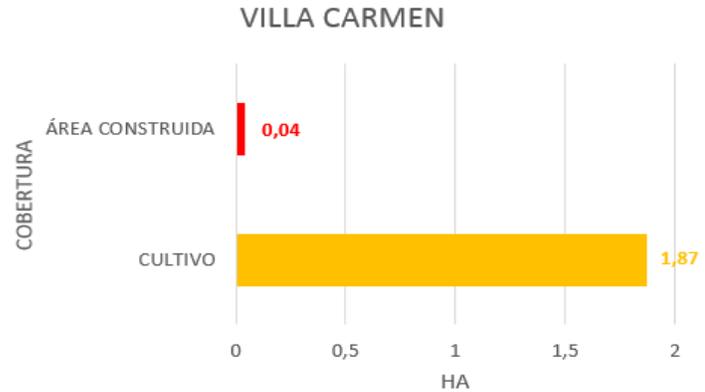
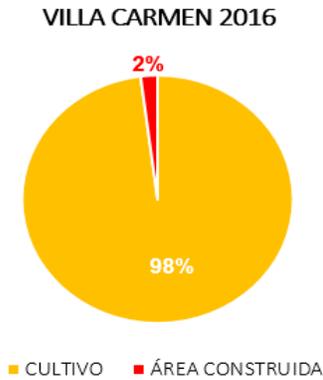


EL RECREO

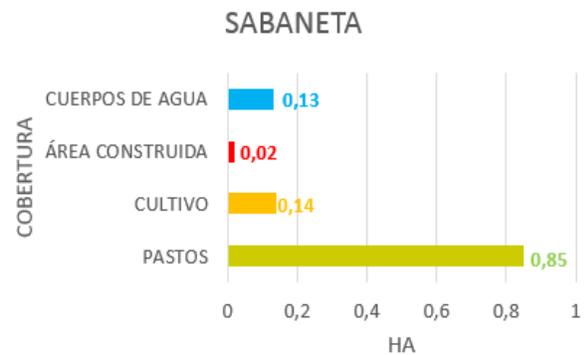
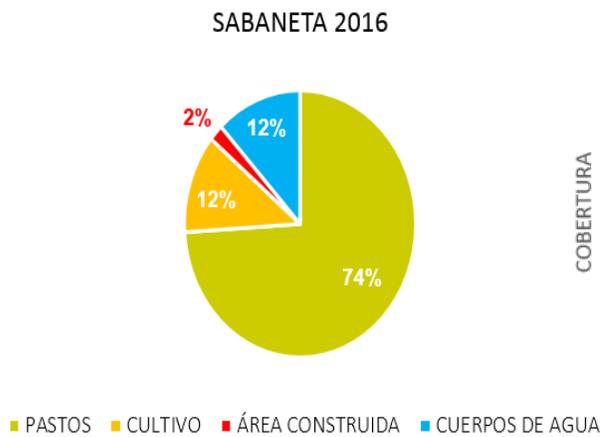


El bosque representando un 78% con un 10,4 ha es el área más extensa en este predio se encuentra el cerro pan de azúcar que pertenece al área forestal.

Gráfica 8 Porcentajes y Hectáreas. Predios Gualanday y Patio Bonito.

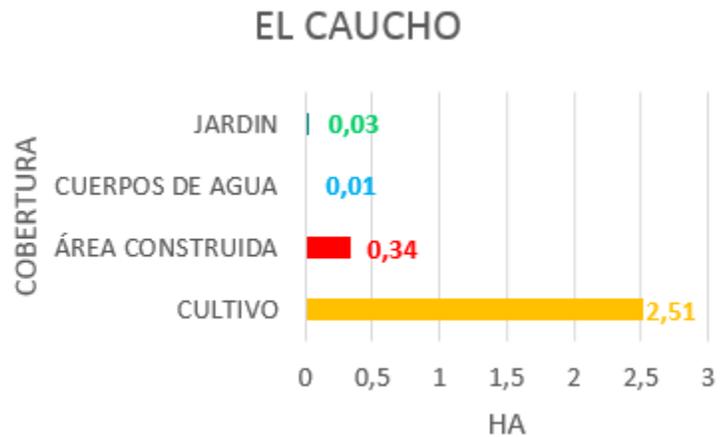
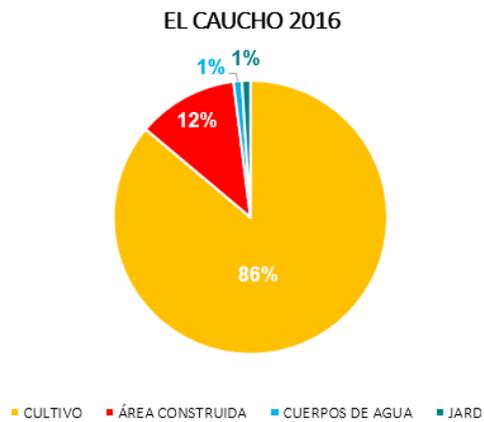


Villa Carmen representa 98% del área ocupada con 1,87 ha de cultivo

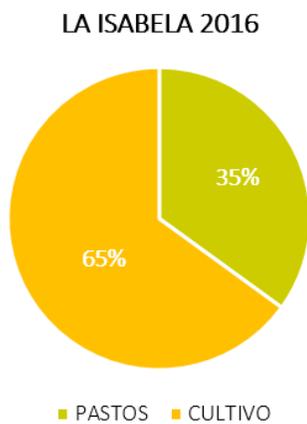


Predio ubicado en Granada-Cundinamarca, la mayor parte de área es de 0.85 ha perteneciente a pastos con un 74%, los cultivos es la segunda área ocupada con un 12% con 0.14 ha.

Gráfica 9 Porcentajes y Hectáreas. Predios Villa Carmen y Sabaneta.

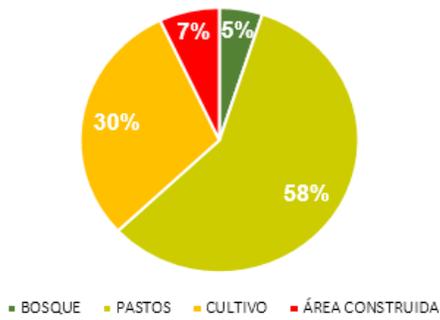


El área de mayor cobertura lo representa cultivos con el 86% lo que abarca 2.51 ha de su total, este predio presento cultivos de maíz.

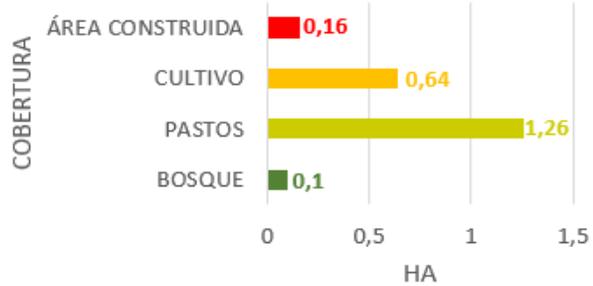


En este predio domina el área de cultivo representado en 65% equivalente a 2.26 ha predomina la producción de guanábana.

EL CONSEJO 2016



EL CONSEJO



Presenta la mayor cobertura de pastos con un 58% correspondiente al 1.26 del área total. De las 11 fincas representa la mayor cobertura. El área pastos no solo incluye pasto común si no pastos de corte los cuales son aprovechados como alimento para ganado.

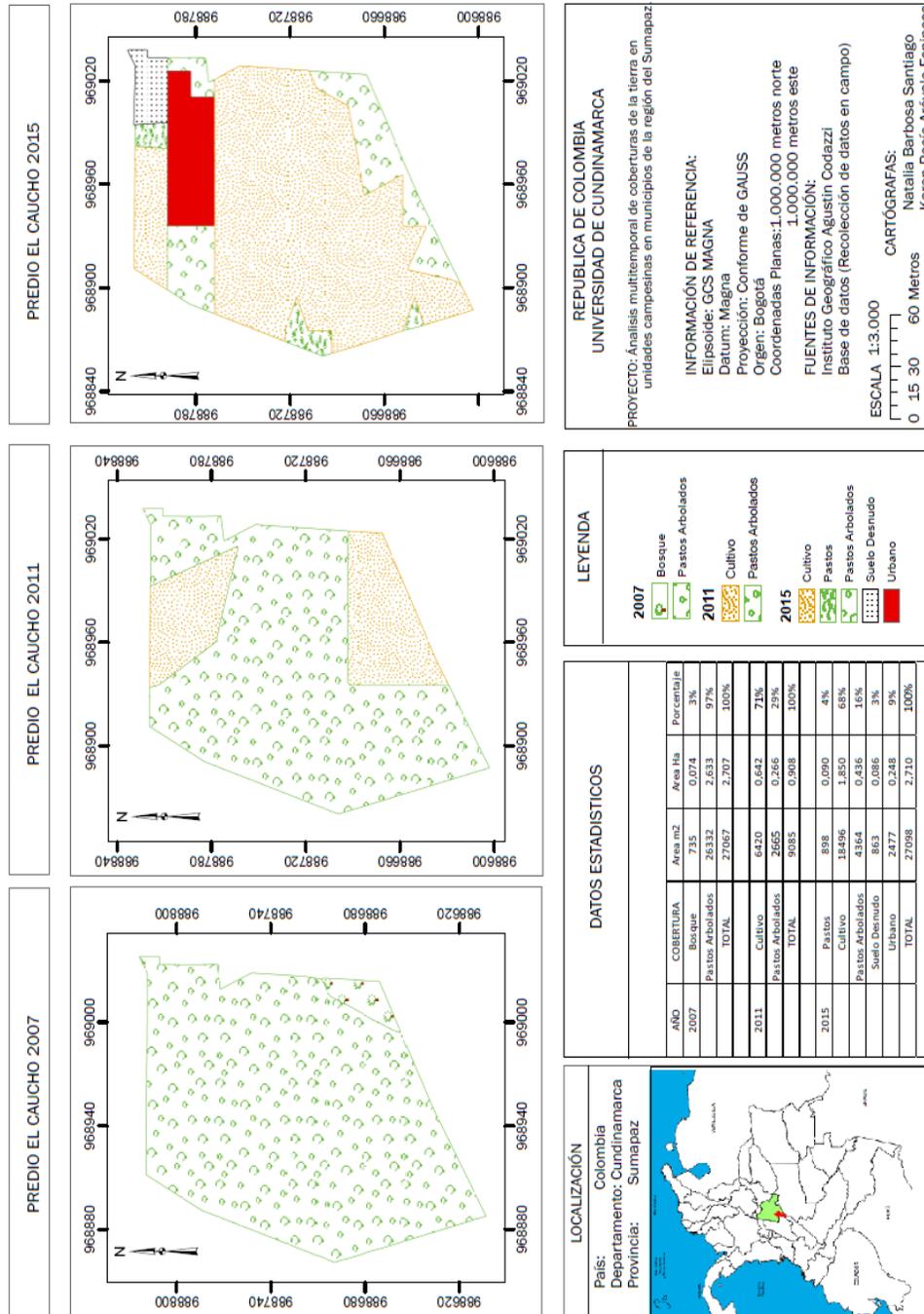
La finca el recreo en el municipio de Arbeláez destina un 21% de su área para construcciones como hogar y lugar de materiales en comparación con el predio Villa Juliana en Pasca donde el 3% está destinado a vivienda y corrales para los animales.

La finca Gualanday ubicada en Fusagasugá posee un 18% de jardines, cabe destacar que en este predio hay gran cantidad de flores ornamentales, esta actividad económica es de gran importancia en la región dado que la variedad de clima permite el cultivo de distintas especies de plantas. Así mismo esta finca representa el 21% de animales como las gallinas.

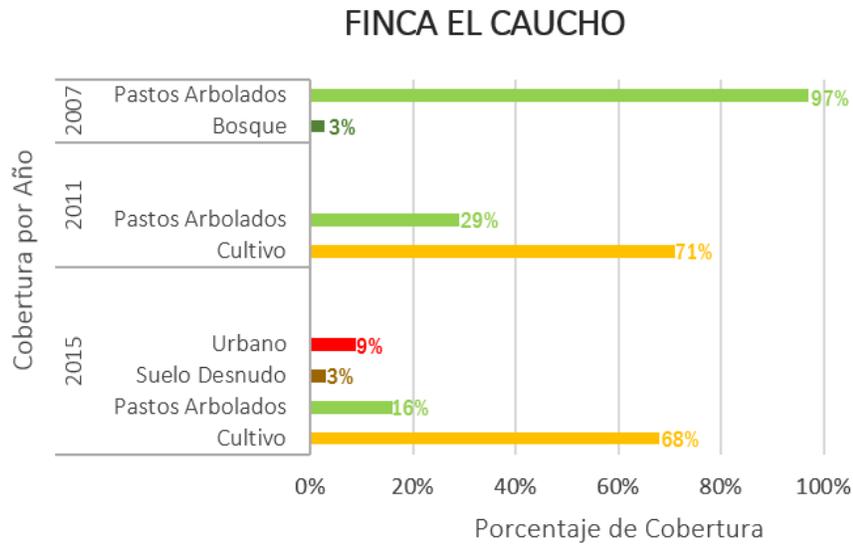
El área de potrero representado en las fincas Santa María de 20% en Granada y Villa Juliana en Pasca es de 24%, estas áreas por lo general están ubicadas en zona de pendiente.

La cobertura de bosques con un 20% en la finca Santa María en el municipio de Granada es de las más extensas cuenta con área forestal protegida, la finca el recreo y el consejo cuentan con áreas forestales protegidas las cuales llegan hasta el cerro pan de azúcar y por ende estas áreas no fueron posibles de calcular dado que el terreno es de difícil acceso.

- Elaboración de mapas con las coberturas de la tierra para cada predio en el tiempo comprendido 2007, 2011 y 2015. Se obtuvieron mapas escala 1:800; 1:1000; 1:5000; 1:6000.



Mapa 16 Multitemporal Predio El Caucho, Sylvania, Cundinamarca.



Gráfica 10. Datos Análisis Multitemporal Finca El Caucho. Arbeláez.

Según la

Gráfica 4, la cobertura de bosque ha desaparecido en el transcurso de los años 2011 y 2015, así mismo sufrió una disminución de pastos arbolados lo que abrió paso a extensiones de cultivo la cual presenta para 2015 1.85 ha representado un 68% del área ocupada.

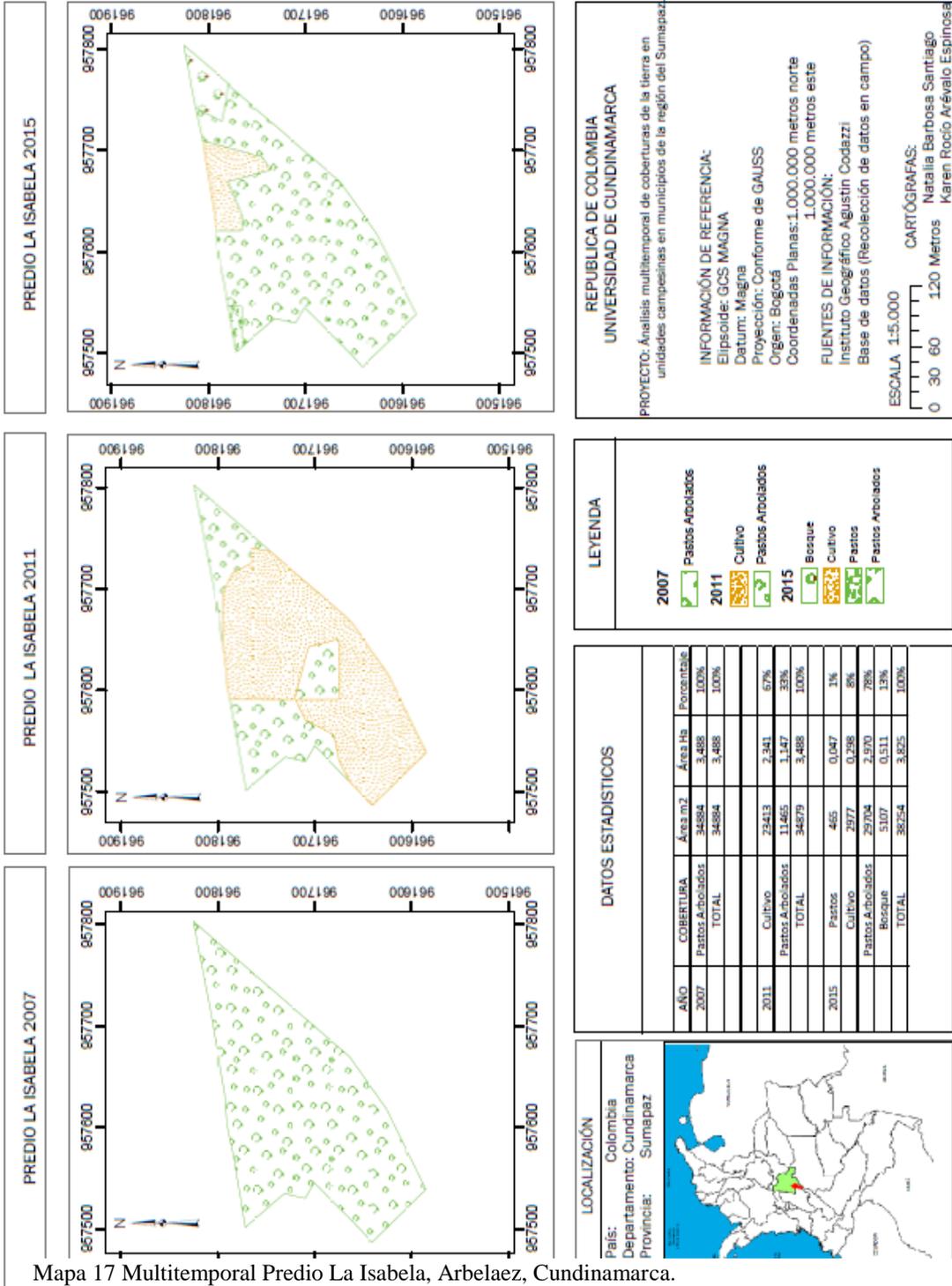
Sin duda la producción agrícola en este predio se ha mantenido ajustado, para el 15 de marzo de 2016 justo en la realización de las georreferenciaciones se pudo constatar este fenómeno. Como se observa en las fotografías 9 y 10, donde la mayor parte del área constituyo territorio de cultivo. Actualmente con la realización del análisis se puede evidenciar el cambio en el proceso de transformación de uso del suelo.



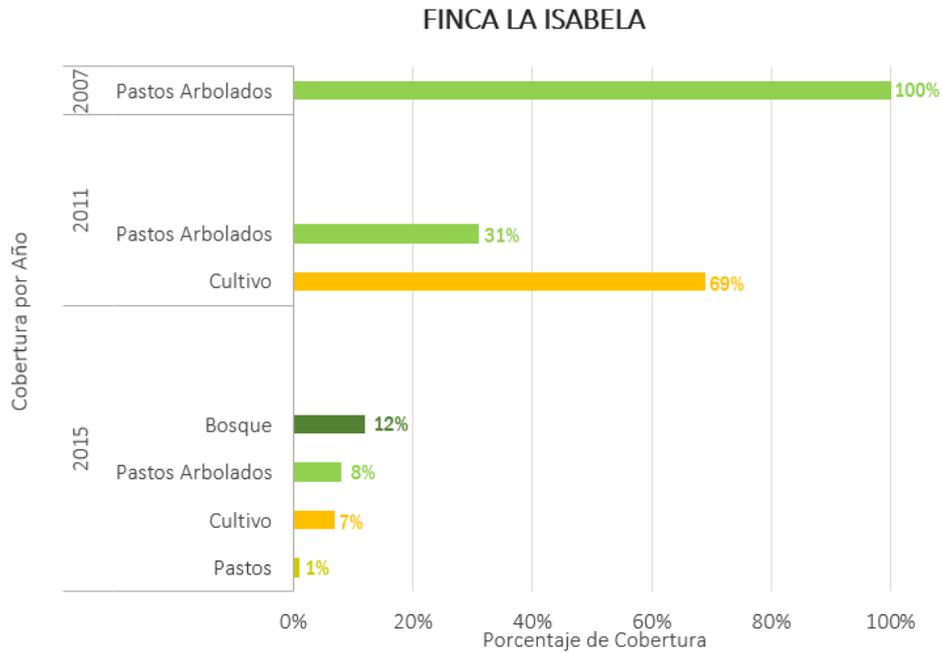
Fotografía 9 Predio El Caucho, fecha 15 de marzo de 2016. Cultivo de Maíz



Fotografía 10 Cultivo de acelgas al fondo cultivo de maíz.



Mapa 17 Multitemporal Predio La Isabela, Arbelaez, Cundinamarca.

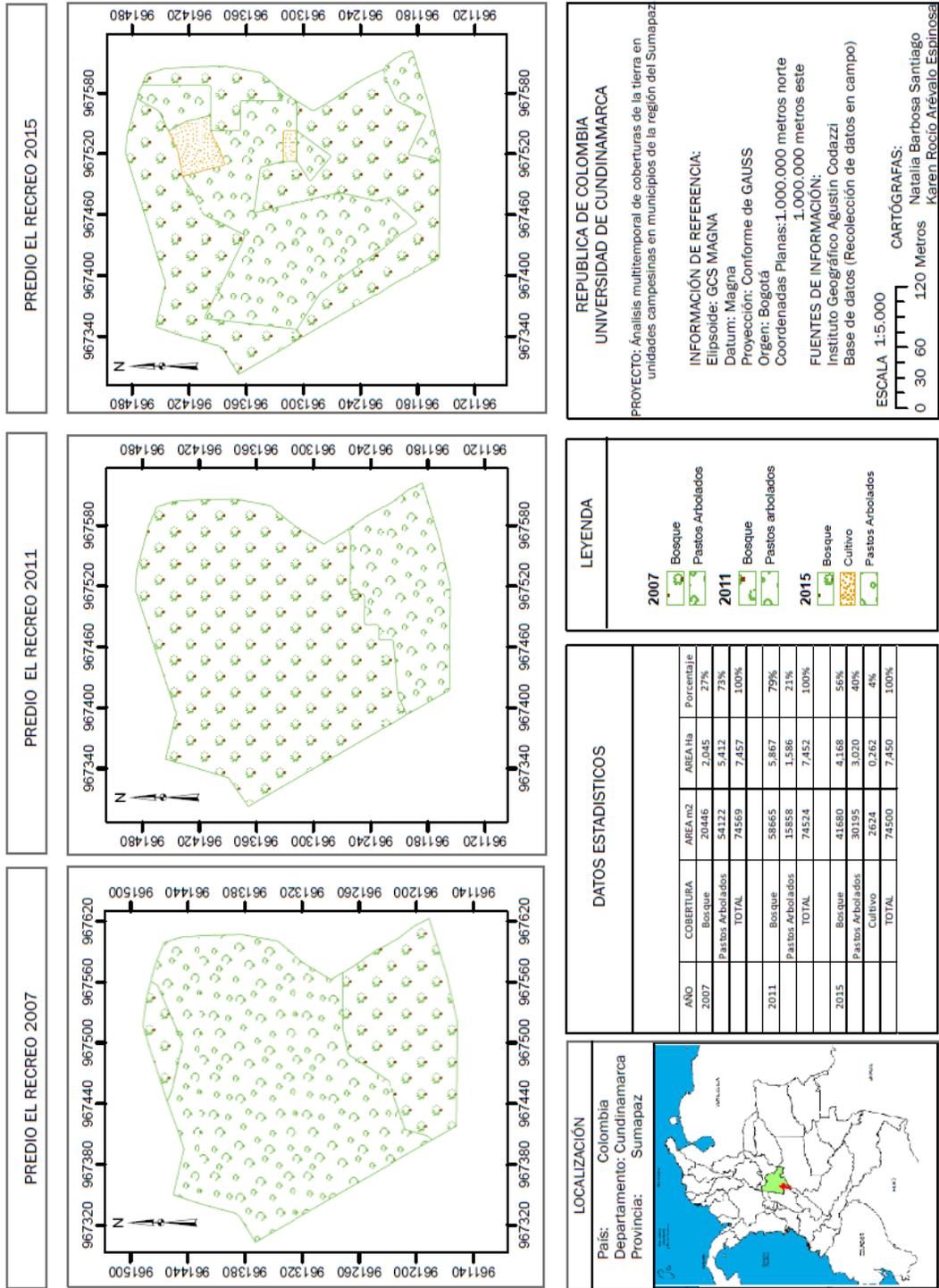


Gráfica 11 Datos Análisis Multitemporal Finca La Isabela. Arbeláez.

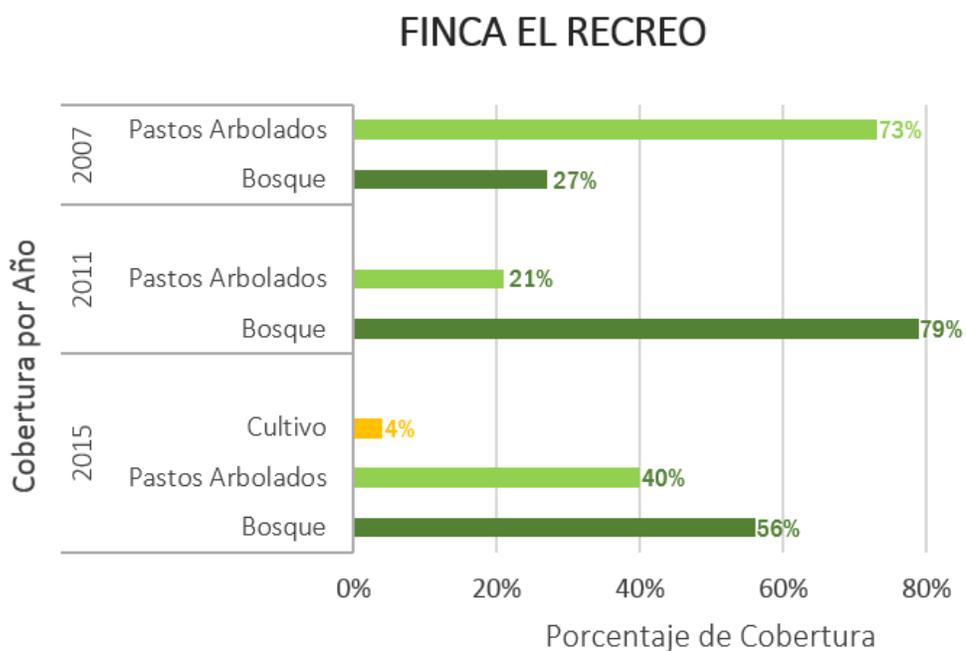
El análisis muestra que el área de pastos arbolados (imagen 13) presentaron una disminución progresiva con respecto al año 2007, mientras que otras áreas como cultivos, bosque y pastos reflejan aumentó considerable. Cultivo presento un aumento en el año 2011 de un 69% pero disminuyó un 7% hacia el año 2015.



Fotografía 11 Pastos Arbolados.



Mapa 18 Multitemporal Predio El Recreo, Arbelaez, Cundinamarca.

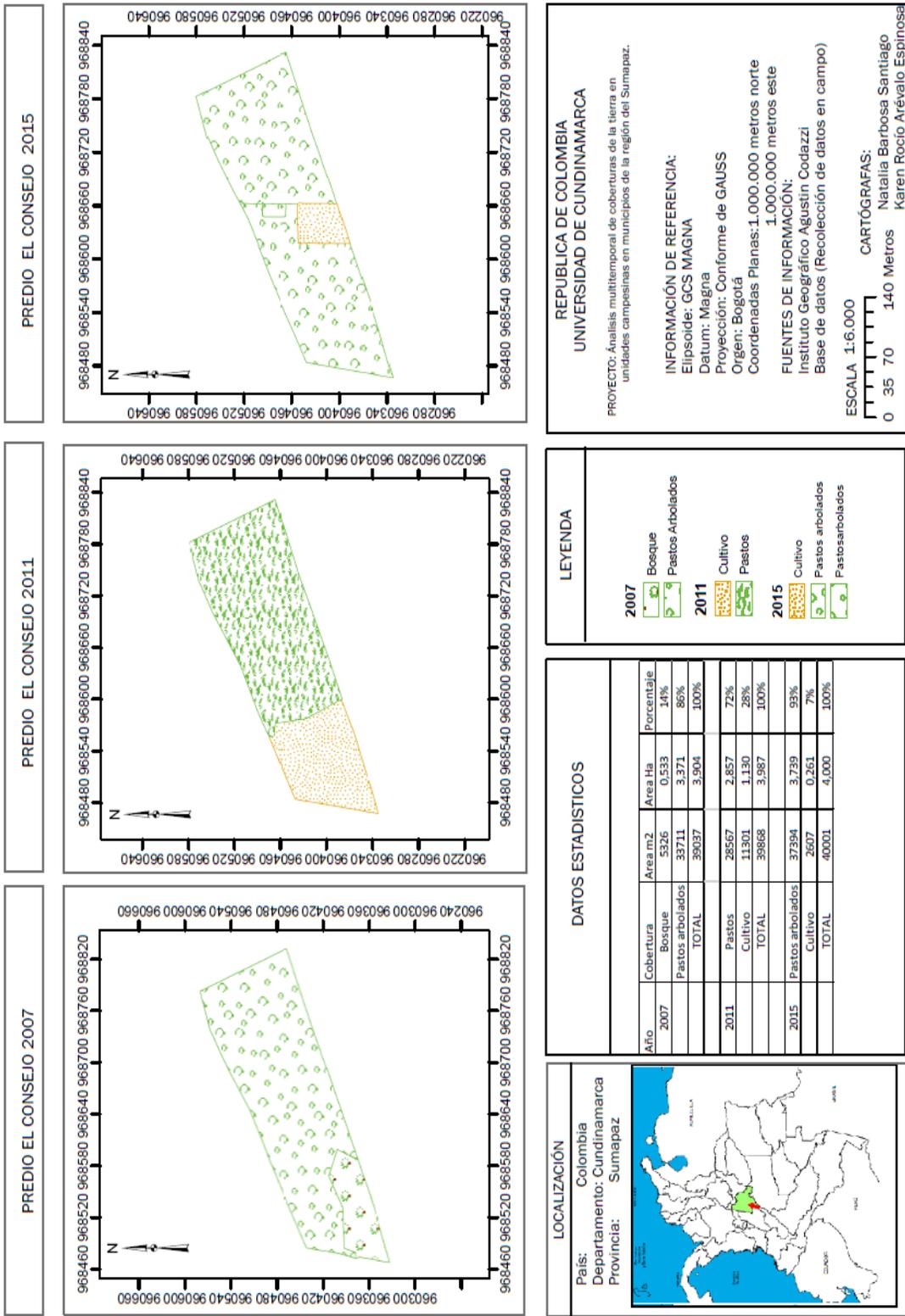


Gráfica 12 Datos Análisis Multitemporal Finca El Recreo. Arbeláez.

El predio presenta una cantidad de pastos arbolados y bosque considerable, el área de cultivos presenta solo un 4% de la ocupación total para 2015, el bosque presenta un 56%, esto es entendible debido a que esta finca tiene una extensa área forestal (fotografía 12) protegida. Presenta pastos arbolados la cual presento un altibajo en el año 2011.

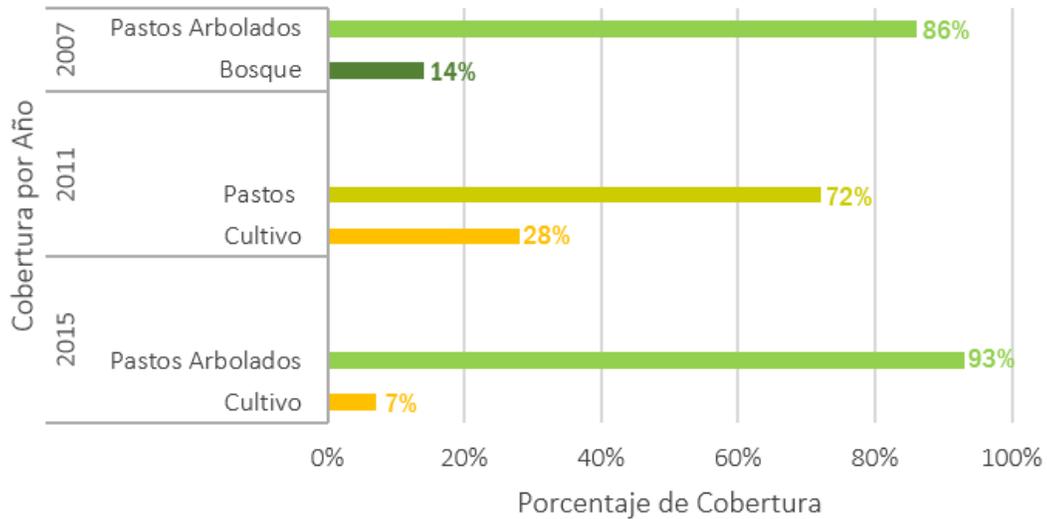


Fotografía 12 Parte del área forestal Finca El Recreo. Arbeláez



Mapa 19 Multitemporal Predio El Consejo, Arbelaez, Cundinamarca.

FINCA EL CONSEJO



Gráfica 13 Datos Análisis Multitemporal Finca El Recreo. Arbeláez.

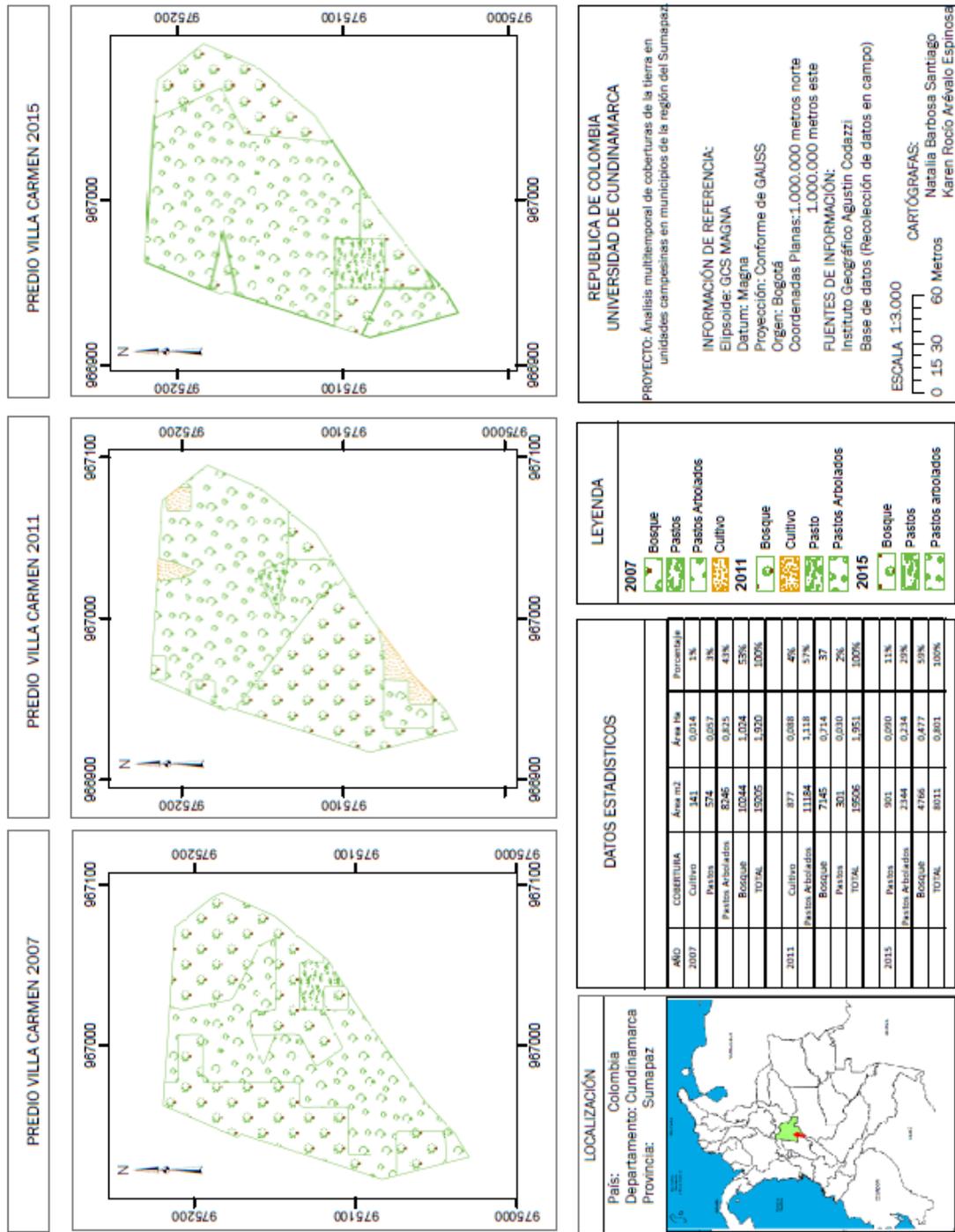
Para el 2007 el área ocupada por el bosque fue de 14% pero disminuyó, se debe tener presente que el área forestal es la ubicada en la parte más alta del predio (fotografía 13), la extensión de pastos (fotografía 14) para 2011 representó un 72% frente a un 26% de cultivo, este a su vez disminuyó para el 2015.



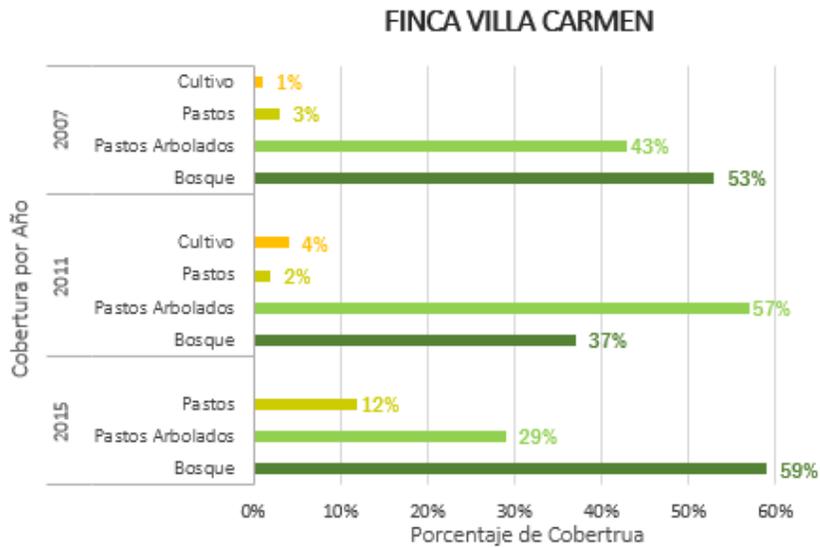
Fotografía 13 Área forestal cerro pan de azúcar.



Fotografía 14 Área de pastos en predio El Consejo.



Mapa 20 Multitemporal Predio Villa Carmen, Fusagasugá, Cundinamarca.



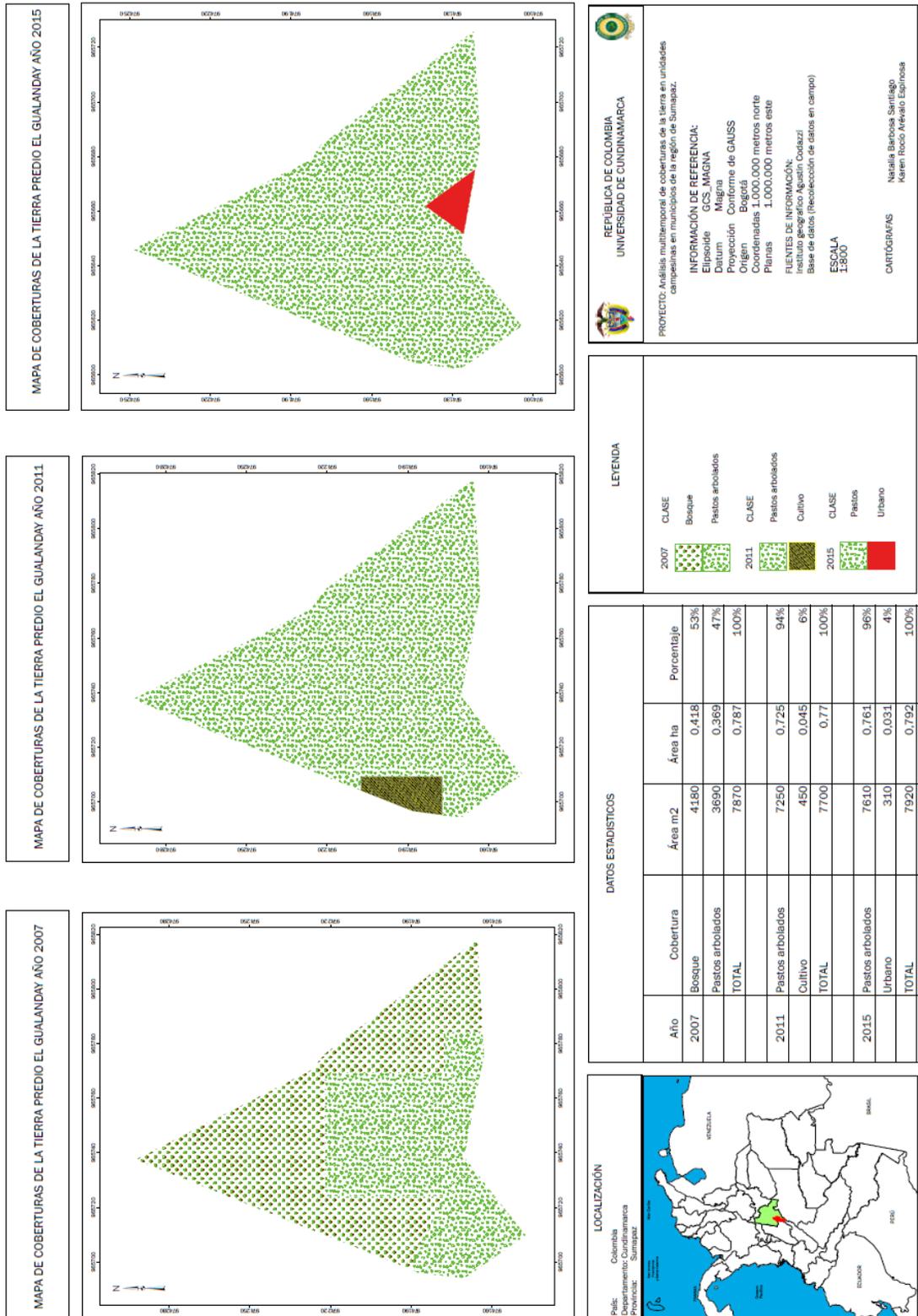
Gráfica 14 Datos Análisis Multitemporal Finca El Recreo. Arbeláez.

Durante el transcurso de 2007 y 2011 se identificó cultivo y pastos (fotografía 15) con un bajo promedio entre el 3% y 2%, pastos arbolados y bosques se muestra con topes aleatorios, la finca presenta cultivos de café y en la identificación supervisada al ser un área de 1,5 ha se muestra tupida de bosque.

La finca refleja un cambio fuerte al desaparecer la cobertura cultivo para el 2015 y en pastos se representa un aumento constante entre los tres años.

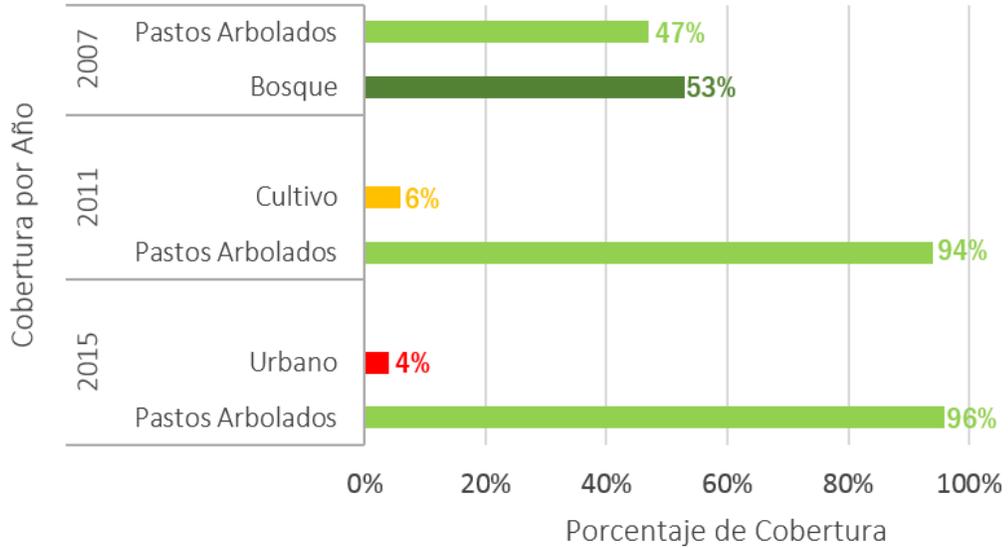


Fotografía 15 se encuentra cultivo de café y pastos.



Mapa 21 Multitemporal Predio El Gualanday, Fusagasugá, Cundinamarca.

FINCA EL GUALANDAY



Gráfica 15 Datos Análisis Multitemporal Finca El Gualanday. Fusagasugá, Cundinamarca.

Pastos arbolados muestra un aumento frente a bosques el cual disminuyó para los años 2011 y 2015, el área de cultivo en este predio representó el 6% hacia el 2011, fue su punto más notorio desapareciendo hacia 2015 donde predominó pastos arbolados (fotografía 16), la cobertura urbana es poca ya que esta es ocupada por la casa y corrales. (Fotografía 17)

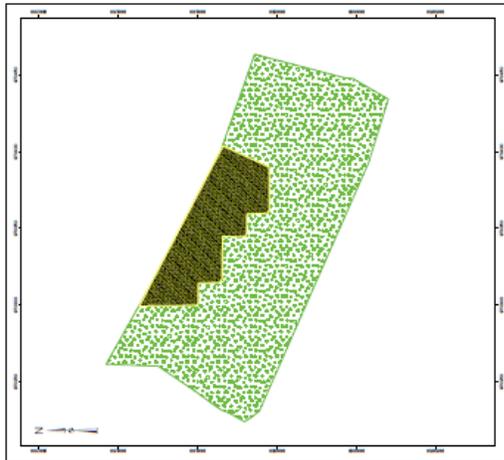


Fotografía 17 Jardín. Arbolado.

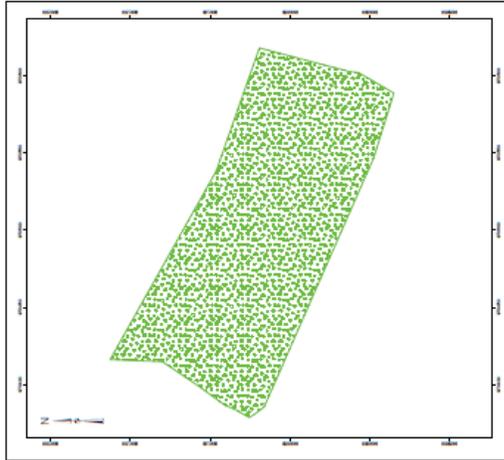


Fotografía 16 Corral de pollos.

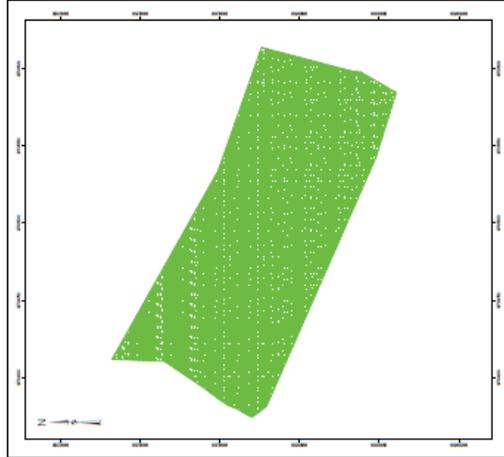
MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA PREDIO VILLA JULIANA AÑO 2007



MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA PREDIO VILLA JULIANA AÑO 2011



MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA PREDIO VILLA JULIANA AÑO 2015



LEGENDA		2007	2011	CLASE	2015	CLASE
				Pastos arbolados		Pastos

DATOS ESTADÍSTICOS						
Año	Cobertura	Área m2	Área ha	Porcentaje		
2007	Cultivo	3590	0,359	18%		
	Pastos arbolados	16990	1,699	82%		
	TOTAL	20580	2,058	100%		
2011	Pastos arbolados	20587	2,058	100%		
2015	Pastos	20587	2,058	100%		

REPÚBLICA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

PROYECTO: Análisis multitemporal de coberturas de la tierra en unidades campesinas en municipios de la región de Sumapaz.

INFORMACIÓN DE REFERENCIA:
 Etipoide: GCS_MAGNA
 Datum: Magna
 Proyección: Conforme de GAUSS
 Fecha: 1800,000 metros norte
 Coordenadas: 1,000,000 metros este
 Plantas: 1,000,000 metros este

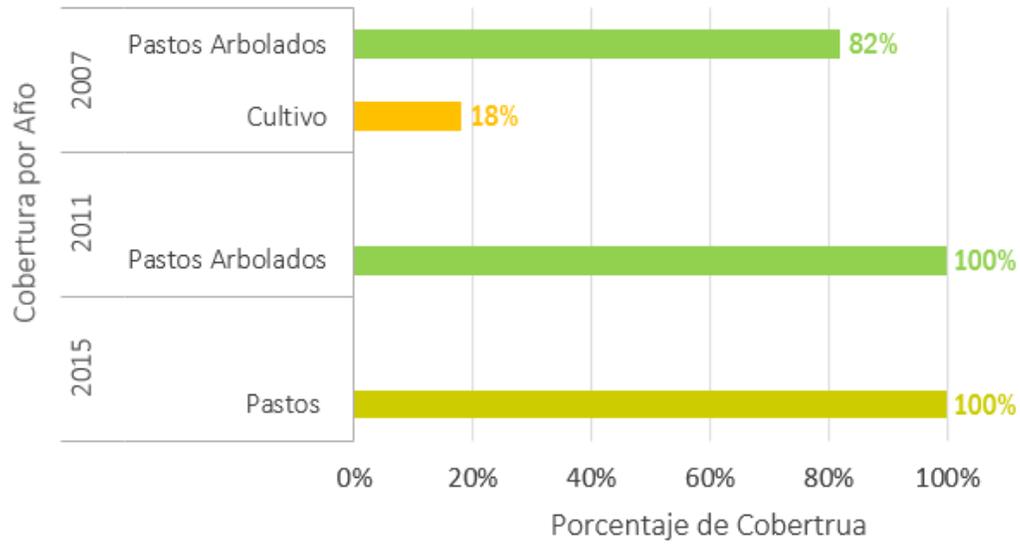
FUENTES DE INFORMACIÓN:
 Instituto Geográfico Agustín Codazzi
 Base de datos (Recolección de datos en campo)

ESCALA
 1:800
 0 15 30 60 Metros

CARTÓGRAFAS
 Natalia Barbosa Santiago
 Karen Rocio Arévalo Estrada

Mapa 22 Multitemporal Predio Villa Juliana, Pasca, Cundinamarca.

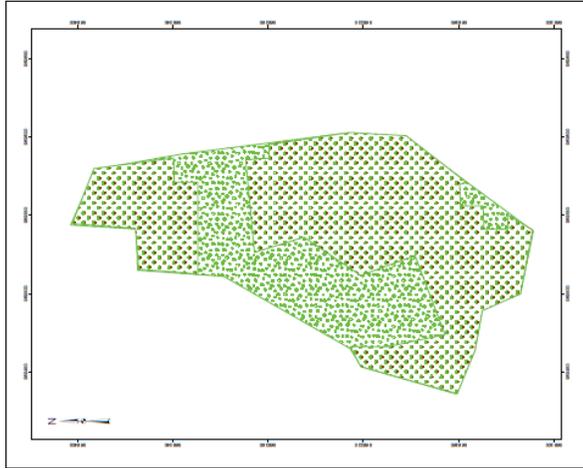
FINCA VILLA JULIANA



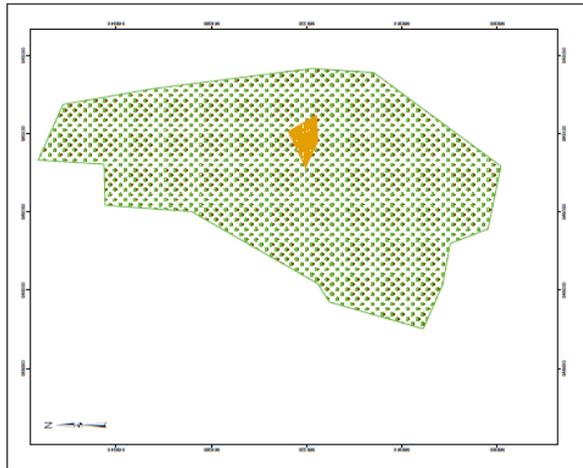
Gráfica 16 Datos Análisis Multitemporal Finca Villa Juliana. Pasca, Cundinamarca.

El área ocupada por pastos arbolados muestra un crecimiento durante los primeros cuatro años, pero este entro a ser remplazado por pastos y cultivo, este caso solo se hizo visible en el año 2007 desapareciendo o siendo poco notoria para los análisis posteriores.

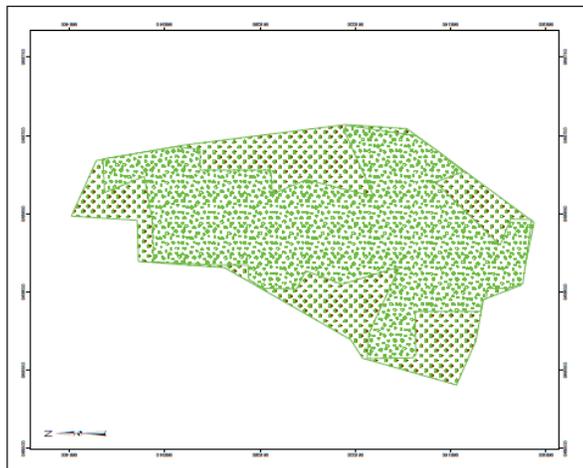
MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA PREDIO PATIO BONITO AÑO 2015



MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA PREDIO PATIO BONITO AÑO 2011



MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA PREDIO PATIO BONITO AÑO 2007




REPÚBLICA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

PROYECTO: Análisis multitemporal de coberturas de la tierra en unidades campesinas en municipios de la región de Sumapaz.

INFORMACIÓN DE REFERENCIA:
 Elipsoide GCS_MAGNA
 Datum Magna
 Proyección Conforme de GAUSS
 Origen Bogotá
 Coordenadas 1.000.000 metros norte
 Planas 1.000.000 metros este

FUENTES DE INFORMACIÓN:
 Instituto geográfico Agustín Codazzi
 Base de datos (Recolección de datos en campo)

ESCALA
 1:10.000

CARTÓGRAFOS
 Natalia Barcoza Santiago
 Karen Pardo Espinosa

LEYENDA

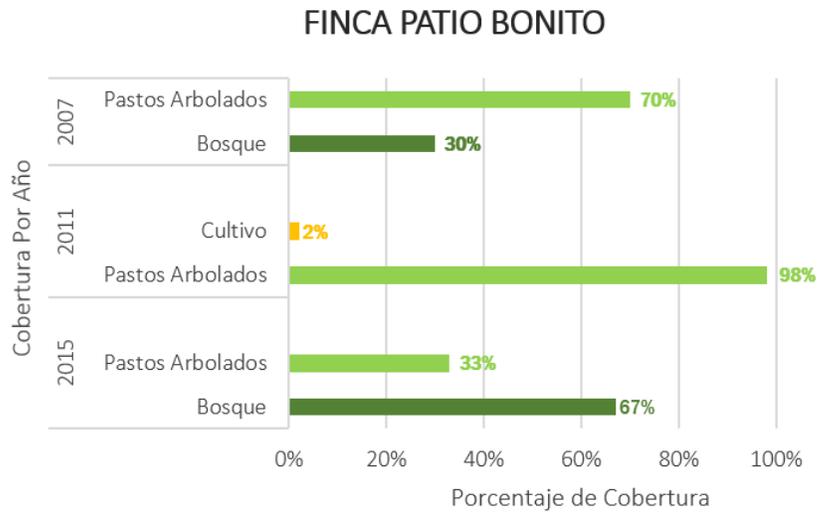
2007		CLASE Bosque
2011		CLASE Pastos arbolados
2015		CLASE Pastos arbolados

DATOS ESTADÍSTICOS

Año	Cobertura	Área m2	Área ha	Porcentaje
2007	Bosque	8295,429	0,8295429	30%
	Pastos arbolados	18602,12	1,860212	70%
	TOTAL	27101,549	2,7101549	100%
2011	Pastos arbolados	26357,766	2,911	98%
	Cultivo	337,499	0,0337499	2%
	TOTAL	26695,265	2,9447499	100%
2015	Bosque	18273,462	1,8273462	67%
	Pastos arbolados	8932,739	0,8932739	33%
	TOTAL	27206,201	2,7206201	100%



Mapa 23 Multitemporal Predio Patio Bonito, Fusagasugá, Cundinamarca.



Gráfica 17 Datos Análisis Multitemporal Finca Patio Bonito. Pasca, Cundinamarca.

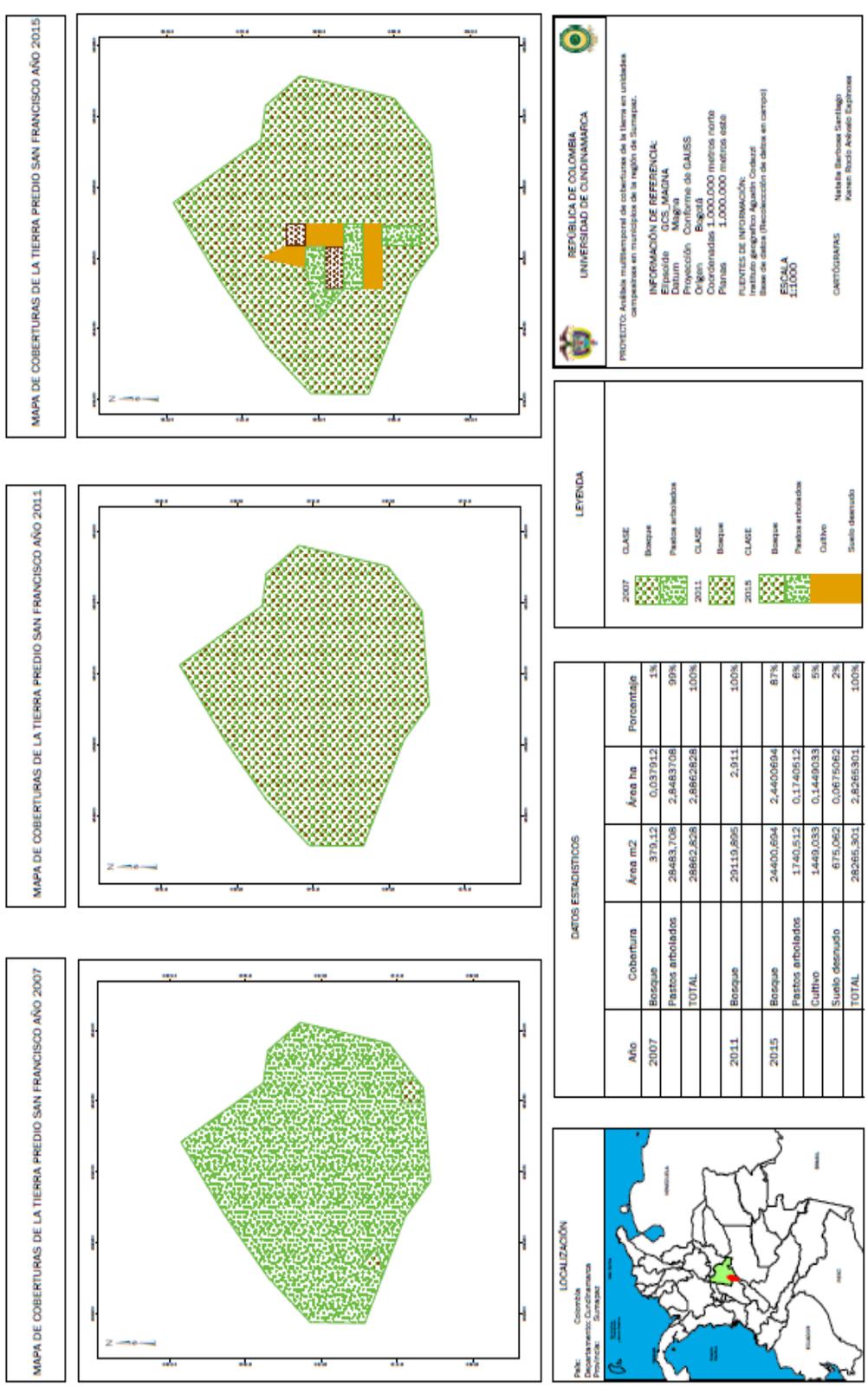
El 2015 presentó un aumento de bosque y una disminución de pastos arbolados (fotografía 18), esta finca está ubicada en un lugar donde hay una intensidad de bosque por eso el cultivo suele estar un poco cubierto para la fecha actual. (Fotografía 19).



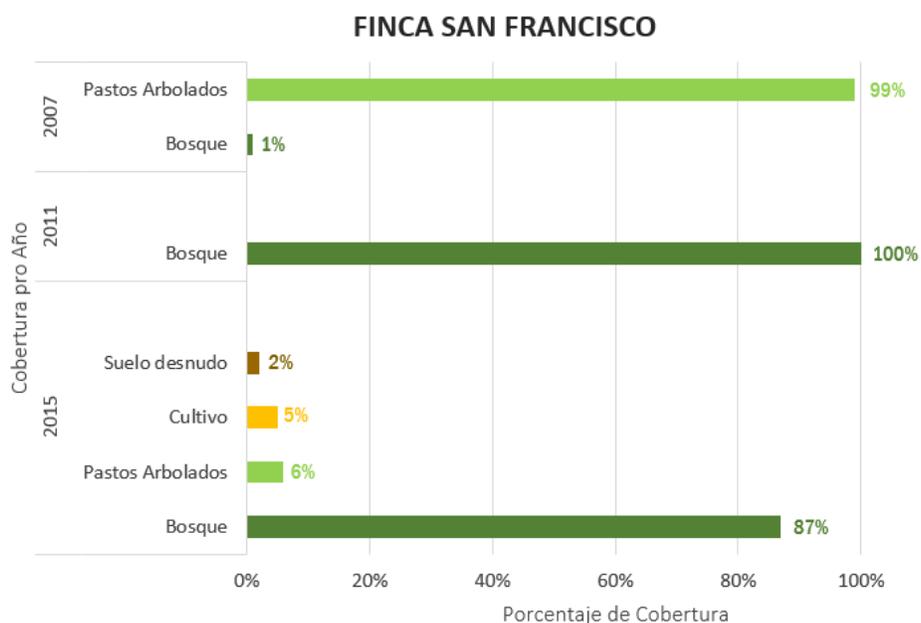
Fotografía 19 Pastos arbolados.



Fotografía 18 Cultivo rodeado de cobertura arbórea.



Mapa 24 Multitemporal Predio San Francisco, Tibacuy, Cundinamarca.



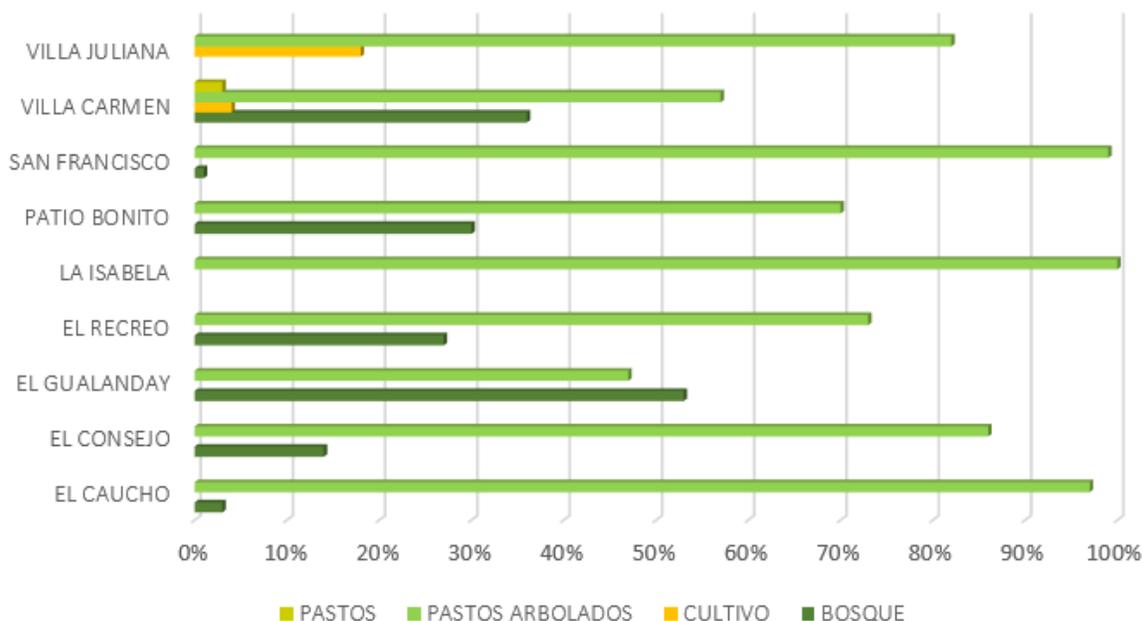
Gráfica 18 Datos Análisis Multitemporal Finca Patio Bonito. Pasca, Cundinamarca.

Los bosques representan una cobertura importante en cada predio puesto que dominan la mayor parte de esta, así como los pastos arbolados en específico en este predio. El área de cultivos muestra un 5% para 2015, la (fotografía 20) muestra el tipo de cultivo en el predio, pastos arbolados muestra una reducción desde 2007 llegando a un 6%. En la fecha de 2016 el área pastos arbolados ha estado siendo remplazada en pequeñas áreas por plantas de café.



Fotografía 20 cultivo de café en el predio San Francisco

COBERTURA AÑO 2007



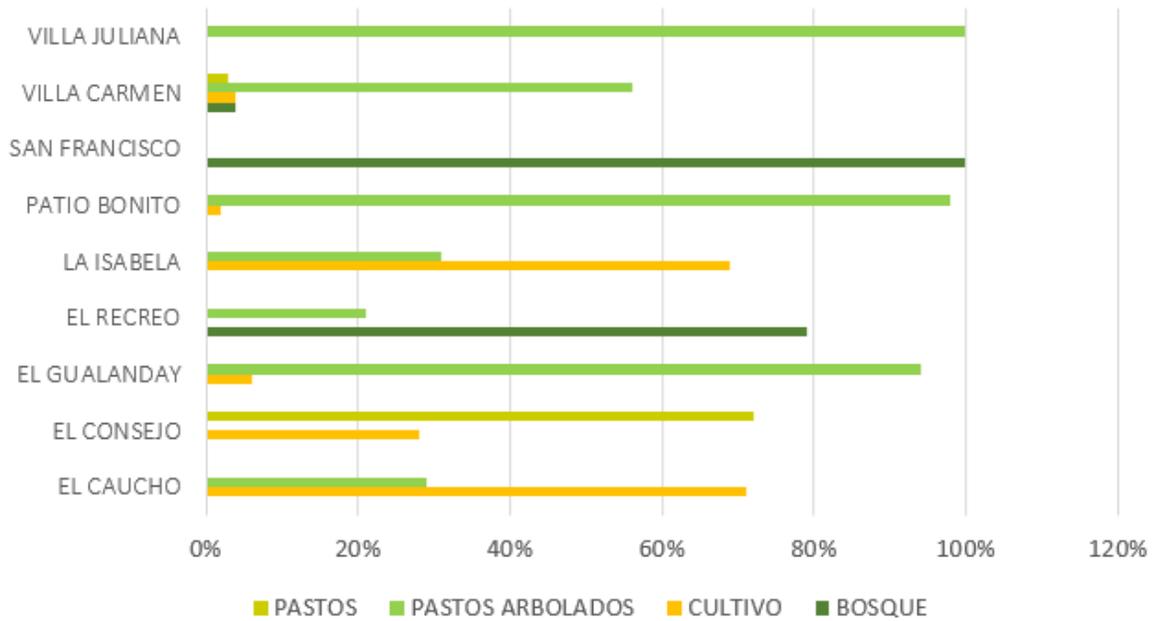
Gráfica 19 Cobertura por predio en el año 2007.

Los predios San Francisco en Tibacuy, la Isabela en Arbeláez y El Caucho en Silvania representan una extensa área de pastos arbolados constituyendo el 90% de la cobertura. Estos predios no pertenecen a los mismos municipios entonces se puede decir que el fenómeno representado es aleatorio.

La cobertura de bosques tiende a ser más baja, el predio representativo para el año 2007 es gualanday con un porcentaje de bosque considerable, mientras que en los predios Villa Juliana en Pasca y la Isabela en Arbeláez esta cobertura fue nula.

En cuanto a predios donde la cobertura se identificó fue villa juliana y villa Carmen donde el primer predio mostro un área de cultivo sobre el 10% representando 1 ha del total del predio. Es decir, si se toma como ejemplo para el año 2007 las extensiones de cultivo no fueron variables significativas.

COBERTURA AÑO 2011

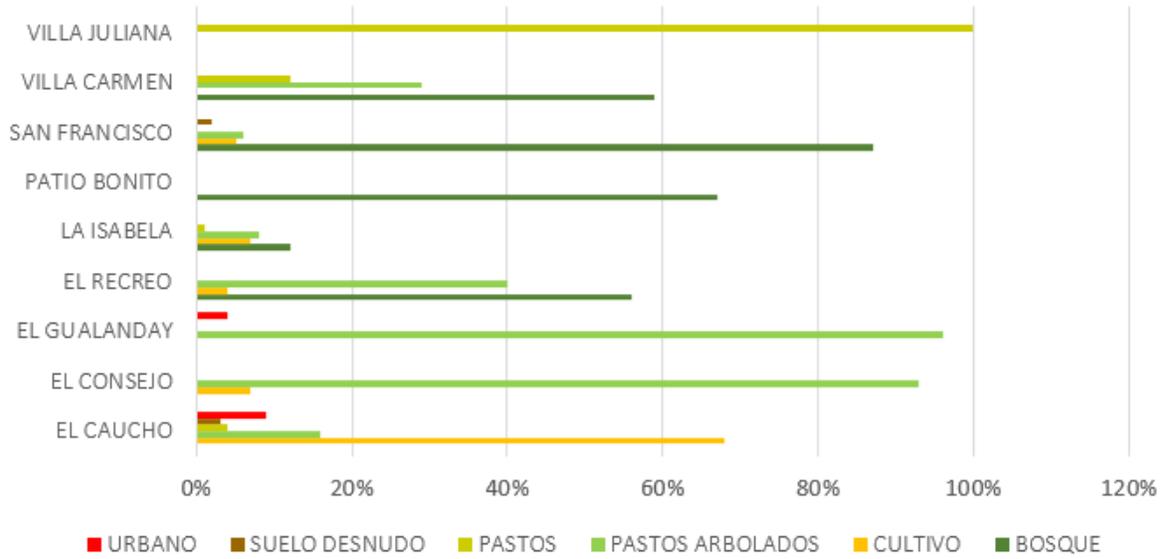


Gráfica 20 Cobertura por predio en el año 2011.

Los predios Villa Carmen en Fusagasugá, Patio Bonito en Fusagasugá, La Isabela en Arbeláez, el gualanday en Fusagasugá, El Consejo en Arbeláez, El Caucho en Silvania presentan un aumento de cobertura de cultivo.

La finca Villa Carmen en Fusagasugá, San Francisco en Tibacuy y El Recreo en Arbeláez, presentan ocupación de bosques.

COBERTURA AÑO 2015



Gráfica 21 Cobertura por predio en el año 2011.

Para el 2015 los predios donde se presentó cultivos fue Finca a San Francisco, La Isabela, El Recreo, El Consejo, El Caucho, esta última presenta el mayor porcentaje en cultivo. En cuanto a la cobertura de bosques el predio San Francisco presento mayor porcentaje.

CONCLUSIONES

Los predios están ubicados sobre relieve ondulado, una gran cantidad de cultivos se encuentran en pendiente lo que conlleva a causas de deforestación y erosión.

En el periodo de estudio (2007, 2011, 2015), se observó que la frontera agrícola tuvo un incremento del 4% al 71% evidenciándose una fuerte actividad antrópica.

Por medio del trabajo participativo se evidenció el conocimiento que tienen los campesinos sobre sus predios y comprendieron como la cartografía se convierte en una herramienta de apoyo para identificar falencias que afectan sus producciones agrícolas.

La mayoría de los predios para el año actual (2016) presentan un área mayor al 50% destinada a cultivos (principalmente café y mora). La excepción se presenta en un predio que posee reserva forestal con un 78%, el resto de los predios en cuanto a bosque no supera el 35% de cobertura.

La dinámica multitemporal permite identificar que los predios estudiados generan un impacto de conservación en las coberturas de la tierra de forma local y regional, ya que algunas fincas poseen reserva forestal y otras están optando por la iniciativa del cultivo orgánico, prácticas que permiten una mayor conservación de las coberturas.

Al no tener detalle en las coberturas por la resolución utilizada, es importante tomar mínimo 3 muestras por área piloto, incluyendo las que se encuentran en los polígonos, de esta manera se hace más efectiva la clasificación supervisada.

RECOMENDACIONES

Se debe hacer un previo chequeo de los sensores existentes y de la resolución que puedan ofrecer sus imágenes para así tener más detalle al trabajar áreas locales.

El nivel de la resolución espacial de las imágenes Spot 5 y Landsat 8 se basa en el tamaño del pixel de 15 metros que dificulta la interpretación de varias coberturas en una misma celda, la resolución espacial de 15 metros es aconsejable pero solo para el cubrimiento de áreas extensas. La resolución propuesta inicialmente fue de 5 metros, pero al contar con poca información actual en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del área de estudio se tuvo que recurrir a usar imágenes de los dos sensores Spot 5 y Landsat 8 acoplando la resolución espacial a 15 metros a falta de detalle de la imagen Landsat 8.

Es indispensable la observación de coberturas en campo ya que el conocimiento previo del terreno permite corroborar el análisis de las áreas de entrenamiento en las imágenes satelitales.

Crear una red de proyectos de análisis multitemporales sobre la región de Sumapaz a partir de imágenes satelitales y fotografías aéreas.

BIBLIOGRAFIA

Aguirre, K. F., Calvo, M. I. L., Herrán, J. I. M. (2013). Nuevo procedimiento metodológico para el análisis exploratorio de una tabla estructurada en diversos conjuntos de individuos. *Estadística española*, 55(182), 305-322.

Cardona, (2014). Guía metodológica para el inventario de asentamientos en zonas de alto riesgo. Ministerio de vivienda.

Chuvieco, E. (2000). Fundamentos de teledetección espacial. 3ed. España: Rialp, 2000. 568 p.

Daza T. Martha, Hernández F. Fanny y Alba T. Flor. (2014). Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. En *Revista Fac.Nal.Agr. Medellín*.

EOT. Esquema del ordenamiento territorial, Tibacuy. (2001-2010)

EOT Esquema del ordenamiento territorial, Arbelaez, (1998) Aspectos estructurantes del territorio. Cap. III.

FAO (2015), Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra. Roma 2005.

http://www.glcn.org/downs/pub/docs/manuals/lccs/LCCS2-manual_270208_es.pdf

García M. Tzitziki, François M. Jean. (2011). Evaluación de imágenes del sensor MODIS para la cartografía de la cobertura del suelo en una región altamente diversa de México. En revista *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. V 63 (1): 83-94. México.

INCODER, Bogotá. (2012). Área de Desarrollo Rural del Sumapaz. Supervisión técnica: Álvaro F Uribe Calad.

INCODER, Bogotá. (2012). Instituto Colombiano de desarrollo rural. Componente productivo ADR Sumapaz. Documento de trabajo.

Mooi, E., Sarstedt, A. (2011) *Cluster analysis.: A concise guide to market research*. Berlin: Springer-Verlag.

PBOT plan básico de ordenamiento territorial, Silvania, (2000) acuerdo 22.pp. 33

Romero, M., (2012). Área de desarrollo rural de Sumapaz-componente físico biótico. Instituto Colombiano de desarrollo rural. Documento de trabajo.

Romero C. Mandius y Uribe C. Álvaro. (2012). “Estrategia de Desarrollo Rural con enfoque territorial. Área de Desarrollo Rural del Sumapaz”. Componente físico biótico. INCODER. Bogotá.

Ruiz, V. Save, R. Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el paisaje terrestre protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. Ecosistemas, 22(3):117-123.

Sicard. (2012). León, S.T. 2012. Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. pp 261.

(Vallejo G, et al, S.F) Parques nacionales naturales de Colombia. parquesnacionales.gov.co

Vega-Dienstmaier, J. M., & Arévalo-Flores, J. M. (2014). Clasificación mediante análisis de conglomerados: un método relevante para la psiquiatría. Revista de Neuro-Psiquiatría, 77(1), 31.

Volante José, Mosiario María, Morales P. María, Vale, Silvana Laura, Castrillo Alejandra, Sawchik Jorge, Tiscornia Guadalupe, Fuente Marcel, Maldonado I. Isaac, Vega A., Trujillo Richard, Cortéz L., Paruelo José. (2015). Expansión agrícola en Argentina, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Chile entre 2000-2010. Caracterización espacial mediante series temporales de índices de vegetación. RIA / V 41(2): 179-191. Argentina.

CIBERGRAFIA

Acuerdo No 23 De 2001-Parágrafo 2,

<http://www.pasca-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/30346566316165333838396461336130/acuerdo-no-23-de-2001-e.o.t.pdf>

Agudelo, O. Suárez, C. (2009). Inundaciones en Colombia: un desastre que no es natural. UN Periódico Impreso No. 121.

<http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/inundaciones-en-colombia-un-desastre-que-no-es-natural.html>.

AIRBUS DEFENSE AND SPACE, (2016). Resolución y modos espectrales.

<http://www.geo-airbusds.com/es/918-resolucion-y-modos-espectrales>

ALC. (2015-2016). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015-2016. San José, Costa Rica, 2015.

<http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2015/b3695e.pdf>

Análisis de los sistemas de producción agrícola de las Provincias de Soacha y Sumapaz Cundinamarca). Archivo de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Bogotá, mayo de 2010.

http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12833581121450/sistemas_cundinamarca.pdf.

Ayala R, et al, (S.F).Cámara de comercio de Bogotá. Sumapaz caracterización económica y empresarial

http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2890/6234_caracteriz_empresarial_sumapaz.pdf?sequence=1

Elena posada. Bogotá, 2012. Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011,

http://www.un-spider.org/sites/default/files/ManualERDAS_web.pdf

Metodología para el mapeo de los tipos de bosque y análisis multitemporal de sus cambios, Siguatepe, Coma yagua. Honduras, C.A, Noviembre, (2010).
http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1441494642.pdf

Oficina asesora de planeación, 2010).

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/fusagasuga-pd-2012-2015.pdf>

Perfetti, J. Balcazar, A. Hernandez, A. Leibovich, J. Bogotá (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. SAC (sociedad de agricultores de Colombia). FEDESARROLLO (Centro de investigación económica y social).
http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2012/08/Pol%C3%ADticas-para-el-desarrollo-de-la-agricultura-en-Colombia-Libro-SAC_Web.pdf

PND. Bogotá. (2015). Plan nacional de desarrollo 2014-2018. Tomo 1.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%2020142018%20Tomo%201%20interne%20t.pdf>

Euscastegui, C. Hurtado, G. (2013). Análisis del impacto del fenómeno “la niña” 2010-2011 en la hidroclimatología del país.
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418818/An%C3%A1lisis+Impacto+La+Ni%C3%B1a.pdf>

FAO. Bogotá. (2010). Archivo de Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Análisis de los sistemas de producción agrícola de las Provincias de Soacha y Sumapaz Cundinamarca).
http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/5/12833581121450/sistemas_cundinamarca.pdf.

IDEAM, (2011). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de la niña. Boletín número 30. pp. 1. de
<http://www.crautonomia.gov.co/documentos/IDEAM/Boletin%20numero%2030%20Fecha%20de%20preparacion%2006%20de%20abril%20de%202011.pdf>

IDEAM, 2012. Ecosistemas. Suelo y tierra.

<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>

IGAC, s.f. Bogotá. Fundamentos de percepción remota.

http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/fundamentos_pr-semana2/index.php?id=2

Imágenes por satélite SPOT. Archivo de AIRBUS DEFENSE AND SPACE.
<http://www.geo-airbusds.com/es/6281-focus-nuestra-determinacion-su-satisfaccion>.

Silva Herrera Javier (2008, 5 de Junio) Paramo del Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa. Archivo El Tiempo.
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4235917>)

Silva, 2008. *Paramo del Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa.* Archivo El Tiempo 5 de junio de 2008.
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4235917>)

Silva, H. Javier (2008). Paramo del Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa. Archivo El Tiempo. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4235917>)

Telespazio, 2016. Milan.

<http://www.telespazio.es/page.php?id=207&lang=ESP>

(USGS, 2016). Frequently Asked Questions about the Landsat Missions.
http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php