

**ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA INCIDENCIA DEL CONFLICTO
ARMADO Y POSTCONFLICTO AL ECOSISTEMA DEL RÍO CALDERAS,
MUNICIPIO DE GRANADA, ANTIOQUIA**

LUIS MATEO CARDONA ARISTIZÁBAL



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2019**

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA INCIDENCIA DEL CONFLICTO
ARMADO Y POSTCONFLICTO AL ECOSISTEMA DEL RÍO CALDERAS,
MUNICIPIO DE GRANADA, ANTIOQUIA

LUIS MATEO CARDONA ARISTIZÁBAL

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

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2019

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. ÁREA PROBLEMÁTICA	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GENERAL	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. JUSTIFICACIÓN	14
5. MARCO TEÓRICO.....	15
5.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE GRANADA.....	15
5.1.1. Diagnóstico ambiental del municipio	16
5.2. RECOPIACIÓN HISTÓRICA DEL CONFLICTO ARMADO EN EL TERRITORIO DE GRANADA.....	17
5.2.1. Antes de la guerra (1980-1996): La Hegemonía Guerrillera	18
5.2.2. 1997-2004 “La Guerra de Verdad”	19
5.2.3. Después de la Guerra: 2005 en adelante, entre el fin de la confrontación y un nuevo comienzo.....	22
5.2.4. Conclusión: Síntesis de momentos históricos del conflicto armado ..	23
5.3. CARTOGRAFÍA DEL POSTCONFLICTO: HERRAMIENTAS PARA ANALIZAR EL RETORNO DE LA POBLACIÓN AL TERRITORIO.....	24
5.3.1. Restitución de Tierras	24
5.3.2. Programa “Bosques de Paz”	26
5.4. IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS SIG: TELEDETECCIÓN Y GEOPROCESAMIENTO.....	27
5.4.1. Modelos de representación cartográfica: Ráster y Vector	27
5.4.2. Análisis de información Ráster: Teledetección y Procesamiento digital de imágenes satelitales	28
5.4.3. Sensores utilizados	29
5.4.4. Procesamiento digital de imágenes satelitales: clasificación supervisada	31
5.4.5. Clasificación de coberturas Bosque – No Bosque para análisis de regeneración ecológica y deforestación.....	33
5.4.6. Análisis de información vectorial: Geoprocesamiento.....	35

5.5. ANTECEDENTES: TELEDETECCIÓN APLICADA A LA DETERMINACIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO	37
5.5.1. Antecedentes de Orden Nacional	37
5.5.2. Antecedentes de Orden Internacional	38
6. METODOLOGÍA.....	40
6.1. TIPO DE TRABAJO.....	40
6.2. PROCEDIMIENTO	40
6.2.1. Fase 1. Delimitación y justificación de la zona de estudio	40
6.2.2. Fase 2. Análisis multitemporal del cambio de coberturas naturales..	40
6.2.3. Fase 3. Correlación del área de las coberturas naturales con los momentos históricos del conflicto armado	42
6.2.4. Fase 4. Análisis del postconflicto.....	43
7. RESULTADOS	43
7.1. ZONA DE ESTUDIO	43
7.2. IMÁGENES SATELITALES	44
7.3. PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES	49
7.4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA: CAPAS DE COBERTURAS POR RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA	55
7.5. CORRELACIÓN DEL CAMBIO DE ÁREA EN BOSQUE CON EL DESPLAZAMIENTO DE VÍCTIMAS DEL CONFLICTO ARMADO EN GRANADA	57
7.6. ANÁLISIS DE POSTCONFLICTO	58
8. CONCLUSIONES.....	63
9. RECOMENDACIONES.....	64
10. BIBLIOGRAFÍA.....	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación general del municipio de Granada, Fuente: Alcaldía de Granada	16
Figura 2. Hechos victimizantes en el municipio de Granada en el periodo 1985-1996 Fuente: Centro Nacional de Memoria Histórica	19
Figura 3. Hechos victimizantes en el municipio de Granada en el periodo 1998-2004. Fuente: Centro Nacional de Memoria Histórica	20
Figura 4. Hechos victimizantes en el municipio de Granada en el periodo 2005-2015 Fuente: Centro Nacional de Memoria Histórica.	22
Figura 5. Predios objeto de restitución de tierras en el segundo semestre de 2018 en Granada. Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEGRTD y CORNARE	25
Figura 6. Áreas restauradas en el proyecto Bosques de Paz en los municipios de Granada y aledaños. Fuente: Elaboración propia con datos de CORNARE	27
Figura 7. Modelo de representación vectorial (a) y modelo ráster (b) Fuente: Libro Sistemas de Información Geográfica pág. 85 de Víctor Olaya	28
Figura 8. Imagen Landsat 5 TM en falso color. Fuente: (Rebollo Barrios)	31
Figura 9. Imagen Landsat 5 TM clasificada en coberturas CORINE LAND COVER. Fuente: (Rebollo Barrios)	32
Figura 10. Diferencias en la imagen clasificada con la aplicación de filtros (1) imagen sin filtro, (2) aplicación de segunda generalización, (3) Aplicación de filtro ELIMINATE. Fuente: (Rebollo Barrios)	33
Figura 11. Mapa de cambio de coberturas Bosque-No Bosque para el período 2010-2012 a escala nacional 1:8'500.000. Fuente: (Galindo & IDEAM, 2014)	35
Figura 12. Comando “ráster a polígono” para vectorización de ráster. Fuente: (ESRI, s.f.)	36
Figura 13. Representación gráfica de la función Intersecar. Fuente: (ESRI, s.f.)	36
Figura 14: Zona de estudio. Fuente: Elaboración propia	44
Figura 15: Landsat 5 TM 8/9/1986. Fuente: Elaboración Propia	45
Figura 16: Landsat 5 TM 2/8/1996. Fuente: Elaboración Propia	45
Figura 17: Landsat 5 TM 26/7/1999. Fuente: Elaboración Propia	46
Figura 18: Landsat 7 ETM+ 26/7/2002. Fuente: Elaboración Propia	46
Figura 19: Spot 5 en falso color con refinado pancromático 19/6/2006. Fuente: Elaboración Propia	47
Figura 20: Landsat 5 TM 18/9/2007 Fuente: Elaboración propia	47
Figura 21: Landsat 8 OLI con refinado pancromático 16/7/2013. Fuente: Elaboración Propia	48
Figura 22: Sentinel 2A 31/12/2015. Fuente: Elaboración Propia	48
Figura 23: Sentinel 2A 7/8/2018. Fuente: Elaboración Propia	49
Figura 24: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 1986 Fuente: Elaboración Propia	50

Figura 25: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 1996 Fuente: Elaboración Propia.....	50
Figura 26: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 1999 Fuente: Elaboración Propia.....	51
Figura 27: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 7 ETM+ de 2002 Fuente: Elaboración Propia	51
Figura 28: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para SPOT 5 de 2006 Fuente: Elaboración Propia.....	52
Figura 29: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 2007 Fuente: Elaboración Propia.....	52
Figura 30: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 8 OLI de 2013 Fuente: Elaboración Propia.....	53
Figura 31: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Sentinel 2A de 2015 Fuente: Elaboración Propia.....	53
Figura 32: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Sentinel 2A de 2018 Fuente: Elaboración Propia.....	54
Figura 33: Histograma de áreas en Bosque – No Bosque obtenidas para cada imagen Fuente: Elaboración propia	54
Figura 34: Análisis de coberturas de la tierra para los años 1987 y 2009 con capas de información secundaria Fuente: Elaboración propia	56
Figura 35: Histograma de áreas en Bosque, No Bosque y Cultivos para los años 1987 – 2009 Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 36: Histograma de correlación del desplazamiento en el conflicto armado con el cambio de cobertura Bosque en función del tiempo. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 37: Superposición de procesos de postconflicto sobre la zonificación ambiental del POMCA del río Samaná Norte Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 38: Histograma de áreas de restauración y predios de restitución de tierras en la zonificación del POMCA Samaná Norte Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 39: Superposición de procesos de postconflicto sobre la zonificación ambiental del DRMI Las Camelias. Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura 40: Histograma de áreas de restauración y predios de restitución de tierras en la zonificación del DRMI Las Camelias. Fuente: Elaboración propia.....	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Síntesis de momentos históricos del conflicto armado	23
Tabla 2. Especificaciones técnicas de los sensores utilizados	29
Tabla 3: Cálculo del Área mínima cartografiable (AMC) para los sensores utilizados Fuente: Elaboración Propia.....	33
Tabla 4: Imágenes satelitales obtenidas para la zona de estudio. Fuente: Elaboración Propia	41

GLOSARIO

Banda. Cada uno de los intervalos en los cuales el sensor remoto divide el espectro electromagnético para generar una imagen multi-espectral. Este concepto es aplicado generalmente a imágenes de tipo óptico.

DRMI. Distrito Regional de Manejo Integrado

Imagen de satélite. Representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada para la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona que cubre.

Imagen multi-espectral. Se produce por la combinación de imágenes que registran diferentes longitudes de onda o bandas espectrales.

Nivel Digital – ND. Se trata del valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda, en respuesta a la irradiancia recibida sobre el plano focal del sensor. Se le conoce así mismo como nivel de gris, luminancia, número digital, valor de pixel, etc. Existe una relación lineal entre el ND grabado y la radiancia correspondiente a cada celda de terreno.

Píxel. Unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos indivisibles que conforman una imagen, es decir, la mínima área de captura en el formato Ráster.

POMCA. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica

Resolución espacial. Este concepto designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre la imagen; suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la imagen. Se mide en unidades de longitud definida como el número de píxeles por unidad de medida (milímetros sobre la imagen o metros sobre el terreno) y depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie.

Resolución espectral. Longitudes de onda en las cuales un sensor es capaz de adquirir información. La fotografía puede ofrecer películas pancromáticas, infrarrojo blanco negro, color natural o infrarrojo color.

SINAP. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

RESUMEN

La fragmentación de las coberturas naturales son producto del cambio acelerado e indiscriminado en el uso del suelo asociado a actividades productivas de origen antrópico, esto trae consecuencias desfavorables para el funcionamiento de los ecosistemas. En Colombia, en el caso particular del conflicto armado y debido al accionar de grupos insurgentes en las zonas rurales, se generaron dinámicas de desplazamiento forzado y posterior retorno que fomentaron cambios drásticos en los usos del suelo en el territorio nacional. En el municipio de Granada, Antioquia, la violencia asociada al conflicto armado hizo que la población del corregimiento de Santa Ana tuviera que abandonar sus tierras, fomentándose procesos de sucesión ecológica por el estado de abandono. Ahora que la población está retornando, estas zonas están siendo intervenidas indiscriminadamente para ser trabajadas con agricultura y ganadería convencional. El presente estudio desarrolló a través de técnicas SIG como la teledetección, el procesamiento digital de imágenes e intersección de capas temáticas, un análisis que permitió correlacionar el cambio de las coberturas naturales con los diferentes momentos históricos del conflicto armado y el postconflicto en la zona de estudio, así mismo con la dinámica de desplazamiento forzado y posterior retorno de la población. Los resultados evidencian un incremento de las coberturas naturales entre 4 y 7 años después del pico máximo de desplazamiento forzado asociado al momento más tenso de conflicto, así como un decrecimiento progresivo de las coberturas naturales en el postconflicto relacionado al fenómeno de retorno. El análisis de la ubicación de los predios objeto de restitución de tierras y las áreas en proceso de restauración productiva a través del programa Bosques de Paz, muestran una tendencia a ubicarse dentro de un área protegida cuyo régimen de usos puede ir en contravía con las actividades productivas convencionales de la población.

PALABRAS CLAVES: ecosistema, coberturas naturales, conflicto armado, desplazamiento forzado, uso del suelo

ABSTRACT

Natural land cover fragmentation is a result of accelerated and indiscriminate changes in land use associated to anthropogenic productive activities, which has unfavorable consequences for the correct functioning of ecosystems. In Colombia, in the particular case of the armed conflict and due to the actions of insurgent groups in rural areas, it generated dynamics of forced displacement and subsequent return that promoted drastic changes in land use in the national territory. In Granada, Antioquia, the violence associated with the armed conflict obliged the population of Santa Ana to move from their lands, fostering processes of ecological succession due to the state of abandonment. Now that the population is returning, these areas are being indiscriminately intervened to be worked with conventional agriculture and livestock. The present study developed through GIS techniques such as remote sensing, digital image processing and intersection of thematic layers; an analysis that allowed to correlate the change of natural land cover with the different historical moments of the armed conflict and the post-conflict in the study area, likewise with the dynamic of forced displacement and subsequent return of the population. The results show an increase in natural land cover between 4 and 7 years after the peak of forced displacement associated with the tensest moment of conflict, as well as a progressive decrease of natural land cover in the post-conflict related to the phenomenon of return. The location analysis of the properties subject to land restitution and the areas in the process of productive restoration through "Bosques de Paz" program, show a tendency to be located within a protected area whose use regime may go against conventional productive activities of population.

KEY WORDS: ecosystem, natural land cover, armed conflict, forced displacement, land use.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de la fragmentación de los ecosistemas naturales es el cambio acelerado e indiscriminado en el uso del suelo asociado a actividades productivas de origen antrópico, el cual se ve representado cartográficamente en la disminución progresiva de coberturas boscosas en el territorio y un aumento de la frontera agrícola y ganadera al punto de transformar grandes áreas naturales homogéneas en fragmentos aislados de menor tamaño. Esto trae consecuencias desfavorables para el funcionamiento de los ecosistemas, ya que el hábitat natural de la biodiversidad es reducido a pequeños parches remanentes que imposibilitan la recombinación genética de las poblaciones para adaptarse al cambio y por lo cual estos remanentes naturales tienden a desaparecer con el tiempo (Dirección general de divulgación de la ciencia, UNAM, 2016). Estos cambios en el uso del suelo traen a su vez impactos directos en las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que aportan considerablemente al Cambio Climático, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el año 2000, la deforestación asociada a actividades antrópicas aportaba cerca del 20% de las emisiones de GEI siendo África el principal continente aportante a la cifra (Al-Hamdan, 2017)

En Colombia, la causa de la fragmentación de los ecosistemas y los cambios en el uso del suelo no son diferentes a los del resto del mundo, sin embargo, en el caso particular del conflicto armado colombiano y debido al accionar de grupos insurgentes en las zonas rurales del país, se generaron unas dinámicas de desplazamiento forzado y posterior retorno de la población rural que se cree fomentaron un cambio drástico en los usos del suelo en el territorio nacional.

El uso de técnicas SIG permite evidenciar y cuantificar las áreas con cambios en el uso del suelo en un tiempo determinado, así como el análisis de determinadas zonas de interés. El presente estudio pretende utilizar técnicas como la teledetección, el procesamiento digital de imágenes satelitales de diferentes sensores y la superposición de capas temáticas para obtener información del cambio de coberturas naturales del territorio que se pueda correlacionar temporalmente con los acontecimientos históricos derivados del conflicto armado y el postconflicto, en una zona de estudio ubicada en el municipio de Granada, oriente de Antioquia, donde se sabe hubo una fuerte confrontación entre grupos guerrilleros, paramilitares y el ejército que intimidaron fuertemente a la población rural al punto de dejar el municipio casi abandonado durante aproximadamente 5 años, y donde ahora en el marco del postconflicto, se están llevando a cabo procesos de retorno de la población y reincorporación de los sistemas productivos que están generando nuevamente cambios acelerados en el uso del suelo en territorios ecológicamente recuperados.

2. ÁREA PROBLEMÁTICA

En el municipio de Granada, Antioquia, la violencia asociada al conflicto armado generó que muchas familias campesinas del corregimiento de Santa Ana tuvieran que abandonar sus tierras para huir hacia Medellín y otras partes del país buscando otras oportunidades de sustento. Este abandono de las tierras hizo que el entorno natural se regenerara por falta de intervención antrópica, los pastos y zonas donde alguna vez hubo pastoreo y cultivos intensivos se enmalezaron y se convirtieron en rastrojos y bosques secundarios que mejoraron las condiciones del ambiente a través de la reconexión de fragmentos boscosos.

Hoy en día la violencia en este territorio ha cesado, los campesinos están retornando a sus tierras para trabajarlas nuevamente como antes lo hacían y se están encontrando con estas zonas en muchos casos en un avanzado estado de sucesión ecológica, las cuales están siendo intervenidas indiscriminadamente para trabajarlas con agricultura y ganadería convencional sin tener en cuenta los servicios ecosistémicos de soporte y aprovisionamiento que el capital natural recuperado en estas zonas genera en torno al río Calderas, que se están viendo comprometidos por la intervención indiscriminada.

La autoridad ambiental competente, para este caso la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare, Cornare, está apoyando procesos controlados de restitución de tierras y llevando a cabo la implementación de proyectos productivos sostenibles con la comunidad cuyo propósito es que en estas zonas donde hubo abandono por desplazamiento asociado al conflicto armado y los campesinos están retornando a sus predios, se establezcan sistemas productivos agroforestales, entre otros, que buscan una “restauración con enfoque productivo del territorio” para que los campesinos puedan trabajarlos mitigando el impacto de la deforestación indiscriminada asociada al fenómeno de retorno.

Para este trabajo se utilizarán técnicas SIG como la teledetección, el procesamiento digital de imágenes e intersección de capas temáticas para responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo fue la incidencia del conflicto armado en el ecosistema en función del cambio de uso del suelo y cómo se están desarrollando los proyectos de postconflicto en las condiciones actuales del territorio para el municipio de Granada?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar a través de técnicas SIG la incidencia en el ecosistema del conflicto armado y el desarrollo de proyectos de postconflicto en las condiciones actuales del territorio para la zona de estudio del municipio de Granada, Antioquia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar y justificar la zona de estudio a través del análisis de información secundaria, recopilación histórica del conflicto armado y disponibilidad de imágenes aéreas en la ventana de tiempo requerida para el municipio de Granada, Antioquia.
- Realizar los análisis multitemporales del cambio de coberturas naturales y agrícolas a través de técnicas de teledetección e intersección de capas temáticas en la zona de estudio.
- Correlacionar el cambio de las coberturas con los diferentes momentos históricos del conflicto armado en la zona de estudio, así mismo con la dinámica de desplazamiento y posterior retorno de la población al territorio.
- Analizar y evaluar la implementación de los diferentes proyectos de postconflicto con relación a las condiciones actuales del territorio y los criterios de uso del suelo determinados por los diferentes planes de ordenamiento territorial y manejo de áreas protegidas.

4. JUSTIFICACIÓN

La incidencia del conflicto armado en el territorio y en la población rural es un tema actual de creciente interés que está siendo objeto de estudio con el propósito de determinar cuantitativamente sus impactos al medio ambiente a través de la fragmentación de los ecosistemas, actualmente se manejan hipótesis sobre la dinámica de recuperación y degradación de las coberturas naturales en diversos momentos históricos del conflicto, pero tales impactos aún se encuentran en proceso de ser medidos y verificados. El presente estudio pretende utilizar los sistemas de información geográfica para relacionar el impacto al medio ambiente de la fragmentación del ecosistema con un cambio en las coberturas naturales del territorio, y esto a su vez correlacionarlo con los momentos de ascenso, apogeo y decadencia del conflicto armado en un territorio fuertemente afectado como lo fue la subregión del Oriente de Antioquia y más específicamente veredas lejanas del corregimiento de Santa Ana, municipio de Granada, ubicado en las vertientes de la cuenca baja del río Calderas.

Con el surgimiento de la Ley 1448 del 2011 de víctimas y restitución de tierras, inició el fenómeno de retorno de la población al territorio de postconflicto, exigiendo la presencia del estado para controlar la forma de ocupación del territorio y apoyar la población retornada, esto justifica la necesidad tener, por un lado, determinantes ambientales como criterio para condicionar el uso y ocupación el suelo, y por otro lado, de implementar proyectos de restauración productiva en zonas donde la población ha estado retornando a intervenir nuevamente las coberturas naturales recuperadas por el abandono de la violencia. La implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles como alternativa sostenible al método tradicional de cultivo y pastoreo fragmentadores del territorio es una de las apuestas que está llevando a cabo la Corporación Cornare en el Oriente Antioqueño a través del programa Bosques de Paz y que se localiza en nueve municipios de su jurisdicción, incluyendo a Granada, con la implementación tanto de 300 hectáreas en sistemas Agroforestales de cacao, café y Silvopastoreo, como de 800 hectáreas de restauración activa y pasiva, cuyos beneficiarios son principalmente familias campesinas afectadas por el conflicto. Para la Corporación Cornare, será de interés los resultados de este estudio ya que le permitirá conocer las dinámicas territoriales históricas de la población que está impactando con los proyectos a su vez de que servirá de modelo para poder replicarse el análisis en otras zonas de estudio similares.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE GRANADA

El Municipio de Granada hace parte de la subregión Oriente, una de las nueve en que está dividido el departamento de Antioquia. Está ubicado a 77 km. al oriente de Medellín por la vía que conduce a Bogotá. Su altura sobre el nivel del mar oscila entre los 950 y los 2500 msnm, la cabecera municipal se ubica a 2050 msnm con un declive a orillas de la quebrada Santa Bárbara. La Temperatura promedio del territorio municipal es de 18° C.

Su extensión territorial aproximada es de 195 Km² de los cuales 139 Km² están ubicados en zonas de clima frío y 56 Km² pertenecen a un clima medio. La cabecera urbana posee una extensión de 0.67 Km².

El territorio Granadino está asentado geográficamente entre las cuencas de los Ríos San Matías, Cocorná y Calderas, afluentes de los embalses hidroeléctricos, sistemas denominados Tafetanes, Calderas y San Carlos. El relieve del municipio pertenece al sistema montañoso de la cordillera central, con numerosas ramificaciones que separan las cuencas hidrográficas.

El total de la población es de 20.112 habitantes, distribuidos el 68% rural y el 32% urbano. Posee 52 veredas, un corregimiento denominado Santa Ana y 3 centros poblados que son: Los Medios, Galilea y la Quiebra.

Granada limita al norte con los municipios del Peñol, Guatapé y San Carlos, al oriente con San Carlos y San Luis, al sur con los municipios de Cocorná y San Luis y al occidente con los municipios de Santuario y Cocorná (Alcaldía de Granada, 2009).

La siguiente figura muestra la ubicación general del municipio de Granada

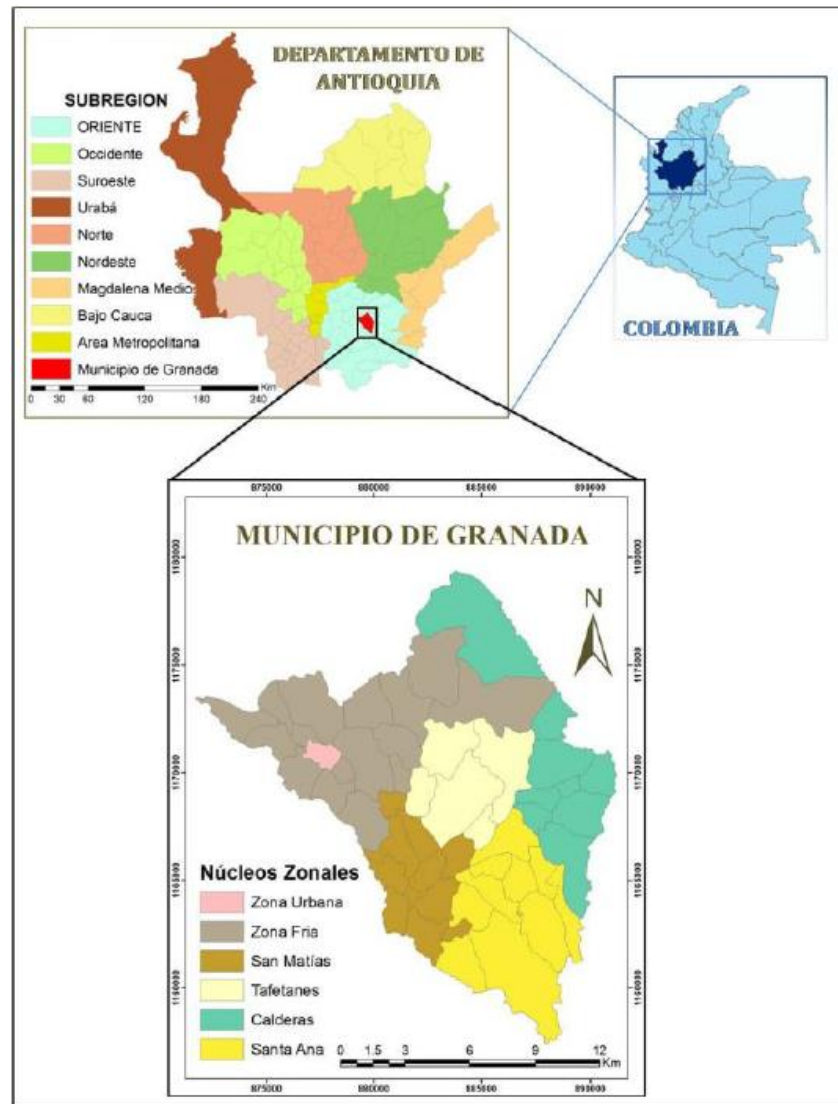


Figura 1. Ubicación general del municipio de Granada, Fuente: Alcaldía de Granada

5.1.1. Diagnóstico ambiental del municipio

El origen colonizador del territorio donde actualmente se localiza el municipio, ha provocado la destrucción de los bosque primarios, actualmente solo el 10% del territorio se encuentra cubierto por rastrojos y bosques secundarios, donde prevalecen especies típicas de bosque húmedo.

A pesar de que estos bosques constituyen solo fragmentos boscosos fuertemente intervenidos, son de gran importancia por conformar la fuente de recursos forestales para los campesinos, porque protegen las fuentes de agua y porque albergan especies de fauna y flora conformando la reserva biológica. Una gran cantidad de

especies de fauna y flora encontradas, muestran los contrastes climáticos del municipio, ya que se encuentran desde especies propias del bosque de niebla hasta especies propias del Magdalena Medio; esto corrobora que la diversidad climática trae la diversidad biológica. Actualmente los residuos de bosques secundarios y los rastrojos altos son utilizados para la extracción de envaradera usadas en los cultivos, para leña, para elaboración de estacones para los cercos de las fincas, las consecuencias de dichas prácticas son el deterioro de zonas productoras de agua, disminución de los caudales de las fuentes de agua, alto grado de sedimentación de las orillas de las quebradas, entre otras.

Debido a la constitución de los suelos, a la alta pluviosidad, a las pendientes superiores al 50%, los suelos del municipio se clasifican como de alta susceptibilidad a la erosión. También acciones del hombre como obras civiles y prácticas agropecuarias inadecuadas hacen común en el municipio los procesos erosivos desde leves hasta severos. El uso intensivo de agroquímicos, promovido por el programa de desarrollo rural integrado DRI desde la década de los 70, es una práctica continua en los productores agropecuarios. La ausencia de condiciones técnicas y el manejo de estos productos promueven su uso en mezclas, cantidades y frecuencias inapropiadas que ponen en peligro la salud de los campesinos, aumentan los costos de producción y aumentan la resistencia de plagas y enfermedades.

También el incremento del uso de madera para la cocción de alimentos, tanto en el área urbana como rural, la incineración de llantas como combustible para el procesamiento de la caña, la aplicación de pinturas en áreas públicas por parte de los trabajadores de talleres y ebanisterías, son factores que contaminan el aire e inciden en la salud.

A la problemática ambiental se le suma la deficiente cultura, conocimiento y participación social para la acción ambiental de la comunidad granadina (Alcaldía de Granada, 2009).

5.2. RECOPIACIÓN HISTÓRICA DEL CONFLICTO ARMADO EN EL TERRITORIO DE GRANADA

En este capítulo se presenta las dinámicas del conflicto armado en Granada a través de una línea de tiempo en la que pueden advertirse por lo menos tres periodos marcados por el tipo de actores, las estrategias de confrontación armada, por la relación establecida con la población y por el impacto en el territorio. El primero, antes de la guerra, entre 1980 y 1996, caracterizado por la hegemonía guerrillera. El segundo, “la guerra de verdad”, entre 1997 y 2004, de abierta disputa entre los grupos guerrilleros, la fuerza pública y los grupos paramilitares por el control total del territorio. El tercero, después de la guerra, de 2005 en adelante, de desescalamiento del conflicto armado, control del territorio por parte del Ejército y

avances en el proceso de reconstrucción y visibilización de los impactos del conflicto armado en la población y el territorio. (Centro Nacional de Memoria Histórica, 2016).

5.2.1. Antes de la guerra (1980-1996): La Hegemonía Guerrillera

“El proceso de inserción de la guerrilla en el Oriente Antioqueño se remonta a los años ochenta, con la inserción del ELN en zona rural de San Luis y Cocorná. Posteriormente su influencia se amplía hacia la zona de embalses (Granada, San Carlos, Peñol, Guatapé, San Rafael) y se ubica en una posición privilegiada para el bloqueo de la autopista Medellín-Bogotá, el cobro de extorsiones a particulares y a empresas localizadas en esta área, secuestros y atentados contra torres de energía eléctrica” (Instituto de Estudios Regionales - Iner-, 2001)

El inicio de este periodo lo marca la llegada y el arraigo del ELN al sector rural, principalmente en el corregimiento Santa Ana y el apoyo y poderío que adquirieron gracias, entre otras cosas, a la precaria presencia del Estado en el territorio. El contrapeso a este poder lo ponen las FARC con su llegada en 1987 con un estilo más fuerte y militarista; una guerrilla que, en contraste con el ELN, no se arraigó en el territorio que ocupó y controló. El momento más fuerte de este periodo según la población, fue en 1988, tras la incursión armada que realizaron miembros del ELN y las FARC en nombre de la Coordinadora Guerrillera Simón Bolívar, una acción que dejó devastado al pueblo y evidenció su capacidad para ejercer violencia en múltiples formas.

El desenlace del periodo está marcado por la consolidación del dominio territorial por parte de los grupos guerrilleros. Aunque hubo quienes simpatizaron con estos actores, sus prácticas, especialmente la extorsión y el secuestro, se convirtieron en la razón de distanciamiento y oposición y fue el motivo para que una parte de la población viera con simpatía la llegada de las AUC con el Bloque Metro, presencia que empezó a advertirse también a mediados de los noventa. Como se observa en la figura 2, el desplazamiento y el asesinato son las modalidades de violencia características de este periodo:

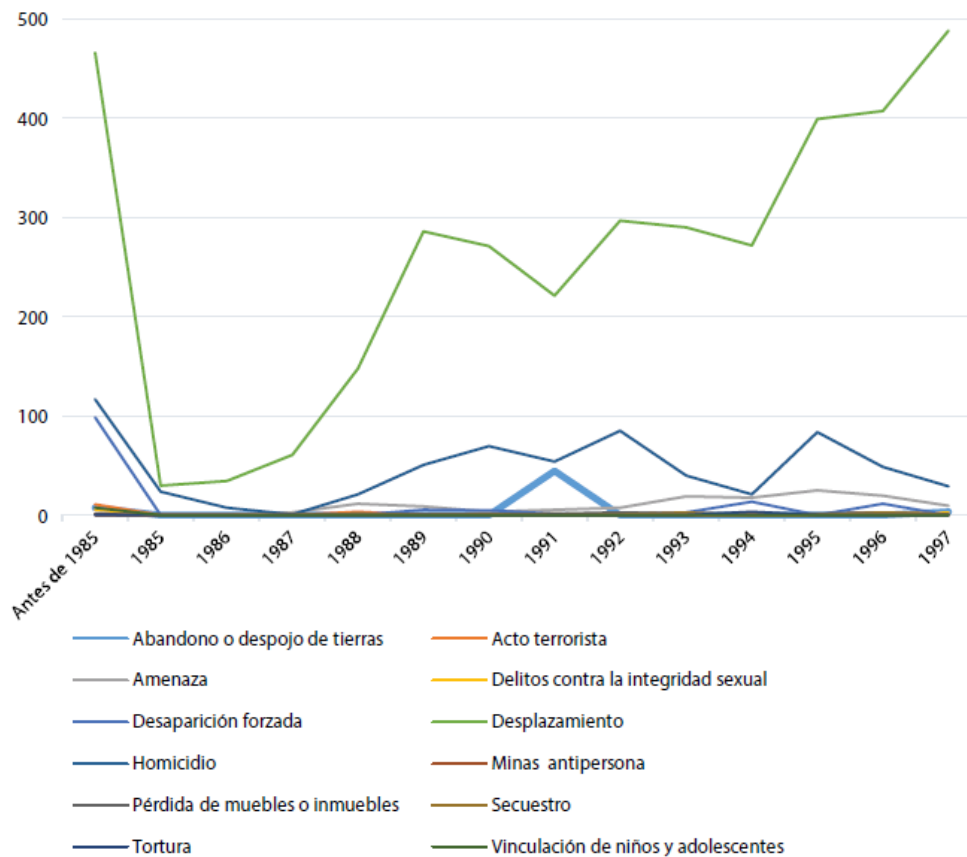


Figura 2. Hechos victimizantes en el municipio de Granada en el periodo 1985-1996 Fuente: Centro Nacional de Memoria Histórica

5.2.2. 1997-2004 “La Guerra de Verdad”

En este periodo los distintos actores armados, incluida la fuerza pública, intensificaron sus acciones. Los grupos guerrilleros ejercieron mayor presión sobre la población para que tomara posición y contribuyera con la causa, para ello pusieron en marcha acciones de retaliación contra la fuerza pública y los paramilitares; ocasionaron daños en la infraestructura y obstaculizaron procesos electorales locales. Paramilitares y fuerza pública también desplegaron sus estrategias: los paramilitares mostraron su poderío a través de los asesinatos selectivos y las masacres y la fuerza pública, particularmente el Ejército, pusieron en marcha 12 operaciones militares, algunas de las cuales incluyeron bombardeos y ataques contra la población. Los retenes aumentaron a lo largo y ancho del territorio convirtiéndose en una forma expedita de control territorial. La población fue sometida al bloqueo de alimentos, saqueo y estigmatización y todas las formas de victimización aumentan de manera exponencial: el desplazamiento, el asesinato, la desaparición, las amenazas, las ejecuciones extrajudiciales, entre otras, como se observa en la figura 3:

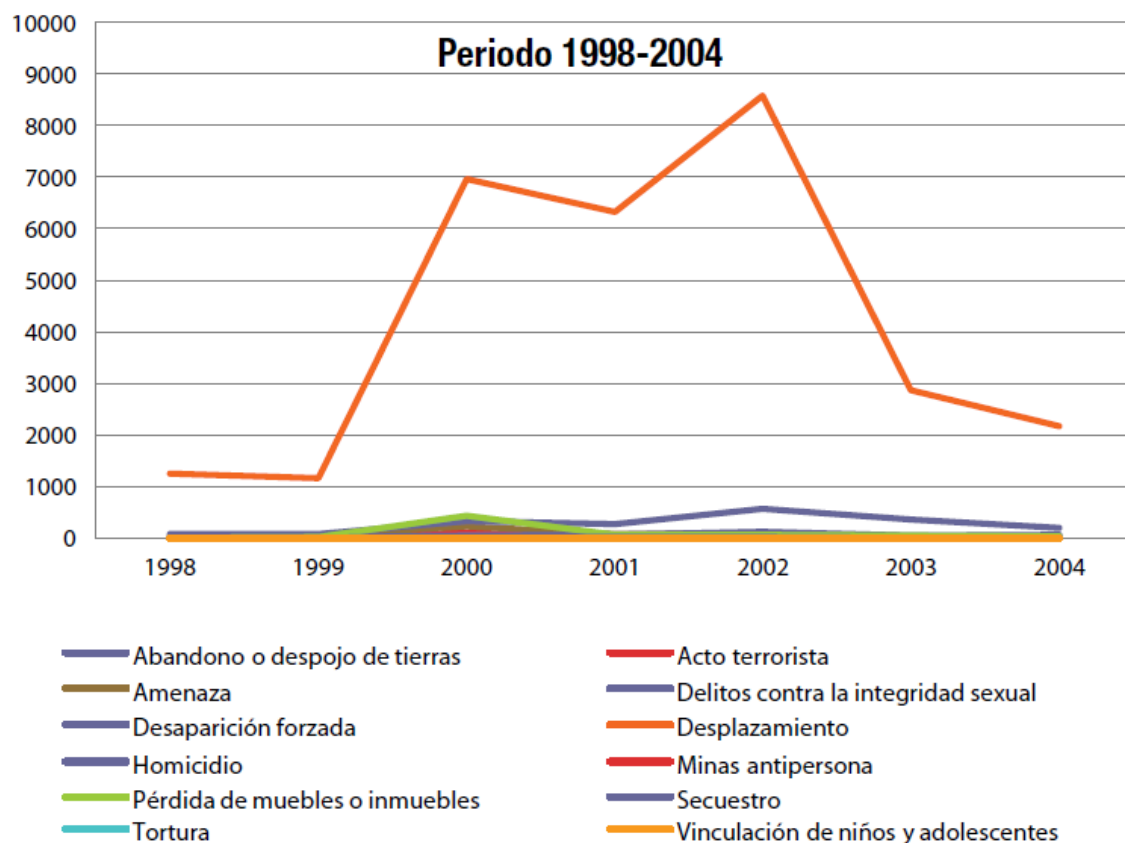


Figura 3. Hechos victimizantes en el municipio de Granada en el periodo 1998-2004. Fuente: Centro Nacional de Memoria Histórica

Durante este periodo, las acciones que en principio se concentraron en el corregimiento de Santa Ana y en las cuencas de los ríos Calderas y Tafetanes, empezaron a expandirse afectando fuertemente el casco urbano. El año 1997 figura como antesala de la confrontación abierta entre los grupos guerrilleros, el Ejército y los grupos paramilitares por el control total del territorio. Mientras la guerrilla continuó en su “Plan Avispa” con secuestros, ataques, emboscadas y hostigamientos a la fuerza pública en la cabecera urbana, hostigamientos en la zona rural y en la autopista Medellín-Bogotá, “pescas milagrosas” en las principales vías de la zona y ataques a la infraestructura hidroeléctrica; los paramilitares anunciaron su llegada “oficial” y las fuerzas armadas intensificaron las operaciones militares de confrontación con la guerrilla.

“Finalmente, en la década de 1990, hacen presencia las Autodefensas Campesinas de Córdoba y Urabá (ACCU) con el Bloque Metro y, posteriormente, las Autodefensas Unidas de Colombia (AUC) con el Bloque Cacique Nutibara y el

Bloque Héroes de Granada, estos grupos convirtieron como su centro de mando un lujoso hotel en el municipio de San Carlos, este sitio sirvió como lugar de ajusticiamiento, torturas, violaciones, asesinatos y desapariciones” (Verdad Abierta, 2011)

En este panorama sobresalen varios acontecimientos como las voladuras de torres de energía. Solo entre enero y agosto de 2001 fueron afectadas 203 torres de energía en el departamento de Antioquia, 113 de estas se encontraban en oriente, y a su vez, 51 de ellas en Granada. En torno a esta acción, además, se generan otras dinámicas en la confrontación armada: La advertencia de los grupos paramilitares, según la cual “por cada torre de energía que derribe la guerrilla, serán asesinados diez campesinos en el oriente antioqueño”

El 3 de noviembre de 2000 ocurre la más recordada de las acciones paramilitares contra la población. Según testimonios de varios habitantes, paramilitares incursionaron en las horas del mediodía al casco urbano asesinando a 19 personas por ser presuntos auxiliares de la guerrilla. Un mes después (el 6 y 7 de diciembre del año 2000), los frentes 9°, 34° y 47° de las FARC, supuestamente como retaliación a la masacre paramilitar, efectuaron un ataque que dejó parcialmente destruido el casco urbano de Granada, duró 18 horas, tiempo en el cual el municipio fue víctima de bombardeos, inicialmente con la detonación de un carro bomba, luego el enfrentamiento y el lanzamiento de decenas de pipetas, que dejaron destruida la parte céntrica del pueblo. Aquella incursión armada dejó cuatro cuadras del pueblo completamente destruidas y otras tres más semidestruídas, además de las vidas cegadas de 23 personas, 18 de ellos civiles y 5 policías.

Las operaciones militares por parte del Ejército orientadas a obtener el control del territorio hasta ahora en manos de la guerrilla, se acentúan a partir de 2002 como parte de la estrategia nacional de Seguridad Democrática. Se logró establecer que, entre 1999 y 2006, la IV Brigada ejecutó cerca de diez operaciones militares con diversas misiones tácticas contra distintos frentes de las guerrillas del ELN y FARC. La finalidad del Ejército en esta región estuvo dirigida principalmente a garantizar el cuidado de la infraestructura energética y vial (autopista Medellín-Bogotá), y aunque esto se logró a partir del cercamiento y ofensiva a los grupos insurgentes, el costo más alto lo pagó la población civil. En efecto, estas acciones ofensivas del Ejército fueron percibidas por la población como un nuevo ataque contra ella; el señalamiento a través de informantes, las amenazas e incluso saqueos a las casas de los pobladores y los asesinatos de personas que luego eran reportados como subversivos, hicieron parte de su repertorio. Las personas de Santa Ana recuerdan cómo, cuando el Batallón Bajes 4 llegó a la zona dejaron las paredes con la inscripción: “Dios concede la victoria. Bajes 4”. A partir de allí, cuentan los pobladores, empieza el régimen de terror de este Batallón con las ejecuciones extrajudiciales que tendrían su apogeo con el despliegue agresivo de las operaciones militares a partir de 2002.

El periodo termina con un fuerte debilitamiento del ELN, la disminución de las acciones por parte de las FARC y de los paramilitares y un amplio poderío del Ejército; así mismo, con las cifras más altas de asesinatos, secuestros, ejecuciones extrajudiciales, masacres y buena parte de los territorios desolados, pues cerca de tres cuartos de la población se vio conminada al desplazamiento forzado, las cifras más altas que en el transcurso de los años se haya registrado en Granada.

5.2.3. Después de la Guerra: 2005 en adelante, entre el fin de la confrontación y un nuevo comienzo

El periodo 2005-2014 está marcado en un inicio, hasta 2007, por el repliegue de los frentes guerrilleros del ELN y las FARC ante la arremetida militar del Ejército, el desmonte de los grupos paramilitares con la desmovilización del Bloque Cacique Nutibara y la continuidad de operaciones militares contra reductos de la guerrilla. Todo esto permite hablar del fin del conflicto armado aun cuando persisten acciones de violencia contra la población y sus impactos comienzan a ser más visibles y evidentes. La figura 4 permite apreciar el descenso radical de todas las formas de victimización en este periodo:

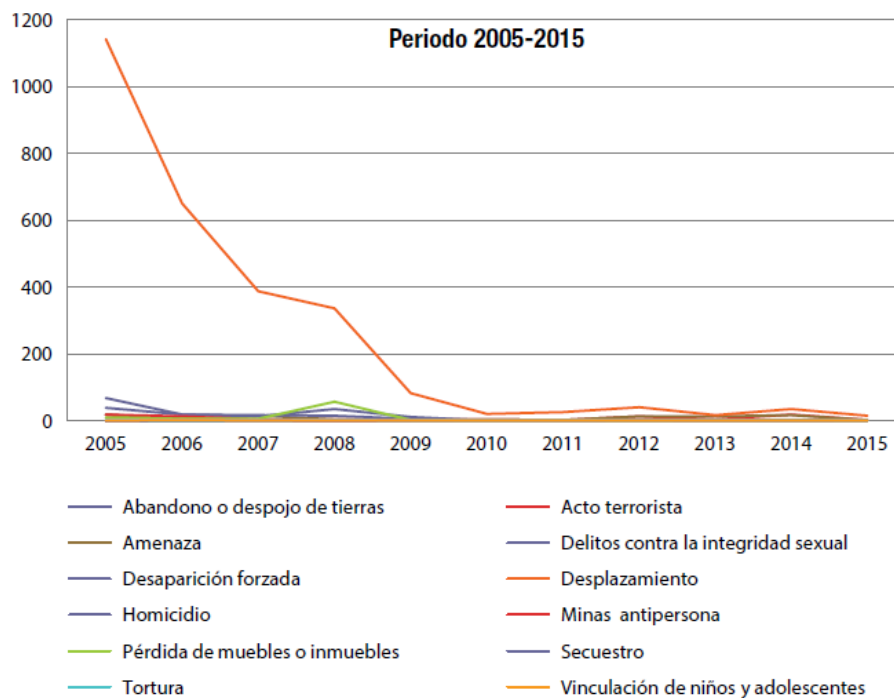


Figura 4. Hechos victimizantes en el municipio de Granada en el periodo 2005-2015 Fuente: Centro Nacional de Memoria Histórica.

De 2008 en adelante se puede hablar entonces del fin del conflicto armado y del avance en la reconstrucción del municipio. Después de la desmovilización en 2003 del Bloque Cacique Nutibara, tiene lugar la del Bloque Héroes de Granada, que se desmovilizó el 1° de agosto de 2005. Para el municipio de Granada, esta desmovilización hace más visible el accionar de las fuerzas militares, comprometidas, entre otras, con las ejecuciones extrajudiciales.

Las Fuerzas Militares que habían aumentado de manera considerable su presencia en el territorio realizan en 2005 la última operación militar, Operación Ejemplar, con la que logran la captura de algunos jefes guerrilleros, el desmantelamiento de caletas de armas, explosivos y campamentos. Estas acciones tienen continuidad hasta 2007 cuando logran reducir a su mínima expresión a las guerrillas: desmantelan 9 caletas de las FARC en Santa Ana y capturan en Medellín a alias Familia, que fuera el jefe político del Frente 9° de las FARC y el responsable del abastecimiento de la guerrilla en el corregimiento de Santa Ana, además de alias Nodier, quien también fue responsable de la toma guerrillera el 6 de diciembre de 2000

Un hecho relevante en diciembre de 2007 fue la apertura de la autopista Medellín-Bogotá las 24 horas, cerrada por varios años para el tránsito vehicular nocturno como respuesta al constante accionar de la guerrilla en este eje vial. Esta medida rápidamente reactivó la dinámica social y económica de los municipios del altiplano, bosques y embalses e instala una “sensación de seguridad” entre los habitantes. La población desplazada que en algunos lugares ya había comenzado a retornar de manera individual, silenciosa, y sin apoyo institucional, comienza a hacerse más visible y a demandar acompañamiento institucional. Así, a pesar de que las acciones armadas continuaban en el territorio hacia finales de 2005, concentradas en la zona de Calderas y Santa Ana, en los inicios de 2006, eran las veredas ubicadas en la parte baja de estas cuencas las que registraban importantes retornos de su población, especialmente en veredas como Las Palmas, San Francisco, el Roblal y Los Medios, en donde para febrero de ese año, fueron 296 personas las que habían regresado

5.2.4. Conclusión: Síntesis de momentos históricos del conflicto armado

La siguiente tabla resumirá los hechos históricos más importantes que sirvieron de base para el presente estudio:

Tabla 1. Síntesis de momentos históricos del conflicto armado

Año	Acontecimientos
Antes de 1988	Época sin confrontaciones, se instala el ELN
1988	Las FARC llegan al territorio, comienzan las acciones violentas
1997	Llegada de los grupos paramilitares (ACCU) a Granada y San Carlos

2000	Masacre paramilitar y destrucción del casco urbano de Granada por parte de la guerrilla
2002	Política de Seguridad Democrática, aumento de operativos militares y ejecuciones extrajudiciales
2005	Desmovilización de grupos paramilitares, toma el control las fuerzas militares
2008	Fin del conflicto en Granada, aumentan acciones de reconstrucción y reparación

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro Nacional de Memoria Histórica

5.3. CARTOGRAFÍA DEL POSTCONFLICTO: HERRAMIENTAS PARA ANALIZAR EL RETORNO DE LA POBLACIÓN AL TERRITORIO

En esta sección se llevó cabo la revisión proyectos de postconflicto desarrollados que se encuentren localizados y georreferenciados para realizar los análisis de uso y ocupación del territorio por el fenómeno de retorno.

5.3.1. Restitución de Tierras

Con el surgimiento de la Ley 1448 del 2011 “Por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones”. Se le da la obligación al estado de asistir, reparar y garantizar la vida digna de las víctimas del conflicto. Uno de los primeros procesos relacionados con el postconflicto es la Restitución de Tierras que se lleva a cabo a través de la Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD) una vez la víctima realiza la solicitud de restitución y presenta las pruebas de posesión del predio en cuestión, luego, es georreferenciado el predio objeto de restitución a través de la unión de poligonales levantados en campo con tecnología GPS y se radica el respectivo informe técnico a las entidades territoriales para que den concepto de uso de suelo y ocupación. Para el caso del municipio de Granada, este informe llega a la corporación Cornare con la solicitud de determinantes ambientales y condicionantes para la ocupación del predio. Los predios son evaluados en los siguientes aspectos:

- Determinación de Rondas hídricas, en este caso está en función del ancho del cauce y de la geomorfología, pero nunca deberá ser inferior a 10 metros (m) contados a cada lado del drenaje (CORNARE, 2011)
- Localización en el Sistema Regional de Áreas Protegidas, que para el caso de Granada se encuentra el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Las Camelias declarado en 2015 y con plan de manejo adoptado en 2017 que cuenta con zonificación ambiental en tres categorías: Preservación, Restauración y Uso Sostenible (CORNARE, 2017).

- Análisis de Amenazas Naturales y altas pendientes.
- Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río Samaná Norte adoptado en el año 2017 (CORNARE, 2017).
- El estudio de coberturas y corredores biológicos con base en la cartografía de coberturas en CORINE LAND COVER del POMCA del río Samaná Norte, las imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles del sitio de estudio.

El análisis de estos factores se convierte en una forma de administrar y controlar la ocupación del territorio con el propósito de evitar la ubicación de viviendas en zonas de riesgo y mitigar la deforestación de coberturas boscosas de alta importancia ecosistémica. La figura 5 muestra los predios objeto de restitución en el segundo semestre de 2018 para el municipio de Granada y alrededores.

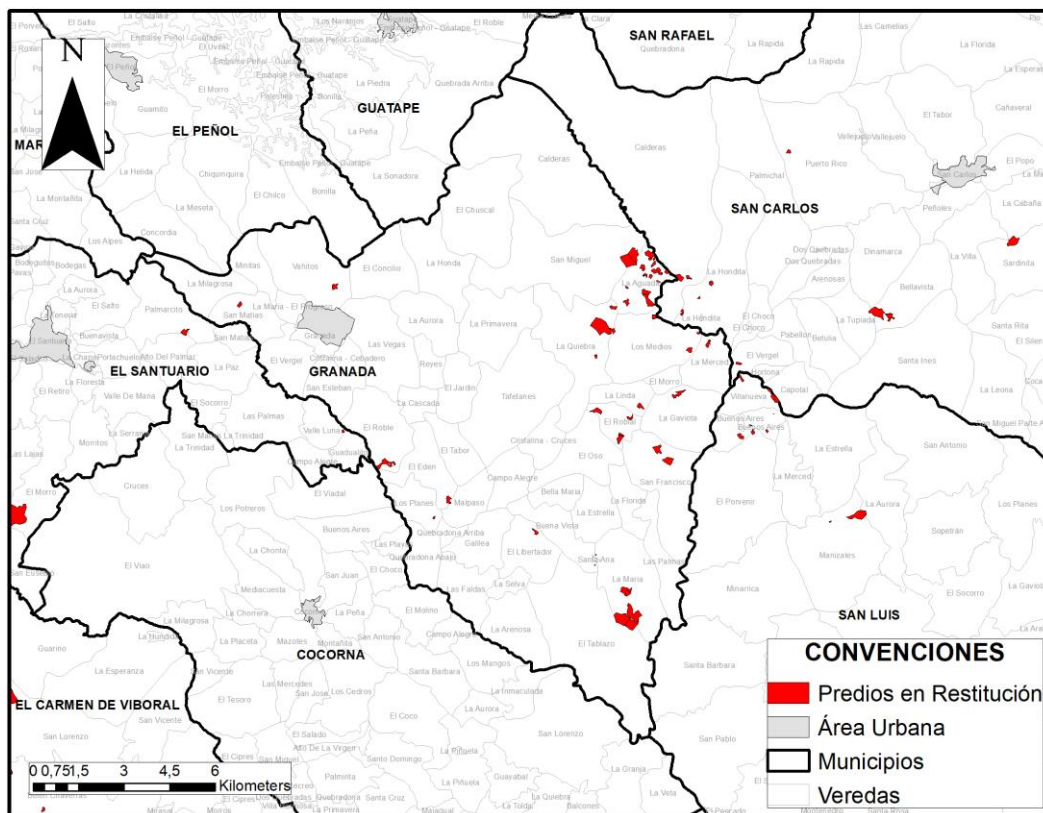


Figura 5. Predios objeto de restitución de tierras en el segundo semestre de 2018 en Granada. Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEGRTD y CORNARE

5.3.2. Programa “Bosques de Paz”

Bosques de Paz es un programa modelo de gestión sostenible de los territorios creado por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la resolución No. 0470 del 28 de febrero de 2017, que busca integrar la conservación de la biodiversidad con proyectos productivos en beneficio de las comunidades organizadas y la educación ambiental en territorios principalmente afectados por el conflicto armado.

Para la subregión del Oriente del Departamento de Antioquia y en un proyecto conjunto entre el Ministerio, Cornare y la corporación Masbosques, en el año 2018 se ejecutó el programa Bosques de Paz en nueve municipios de la jurisdicción entre los cuales se encontraba Granada. El proyecto desarrolló estrategias para la restauración de los ecosistemas degradados en el marco del conflicto y el postconflicto, buscando un enfoque productivo a través de la implementación de aproximadamente 1200 hectáreas en sistemas de agroforestales, silvopastoriles y de restauración activa y pasiva. Los beneficiarios del proyecto fueron en gran parte personas víctimas del conflicto armado en proceso de retorno, con miras a facilitar el restablecimiento de sus sistemas productivos controlando la deforestación indiscriminada y conservando el capital natural presente en el territorio.

La figura 6 muestra las áreas restauradas a través del proyecto Bosques de Paz en el municipio de Granada y alrededores

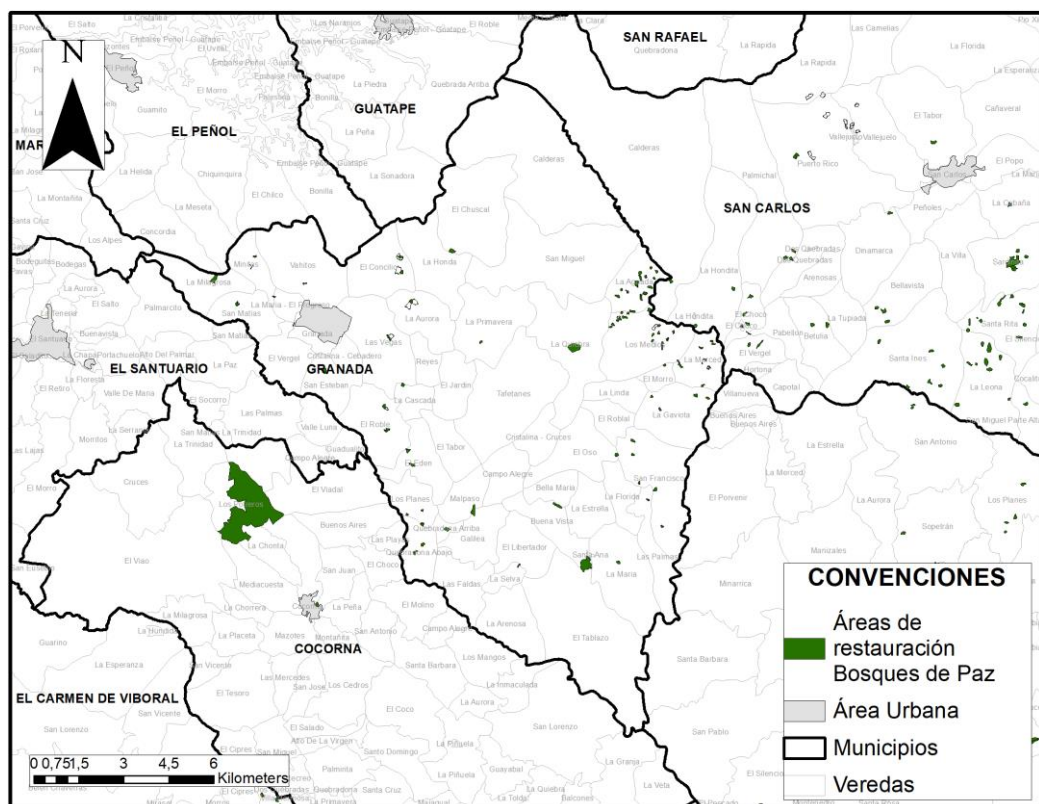


Figura 6. Áreas restauradas en el proyecto Bosques de Paz en los municipios de Granada y aledaños. Fuente: Elaboración propia con datos de CORNARE

5.4. IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS SIG: TELEDETECCIÓN Y GEOPROCESAMIENTO

5.4.1. Modelos de representación cartográfica: Ráster y Vector

En el presente estudio se utilizarán los dos modelos de representación cartográfica para trabajar con un SIG, estos son los modelos ráster, que para este caso se utilizará en el procesamiento de imágenes satelitales; y el modelo vectorial, el cual es utilizado en la mayoría de capas temáticas y en el cual se transformarán los resultados obtenidos del procesamiento en ráster de las imágenes para obtener datos cuantificables.

En el modelo ráster, la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas celdas), y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe. La característica principal del modelo ráster, y que le confiere gran parte de sus propiedades más interesantes, especialmente de cara al análisis, es su sistematicidad. La división del espacio en unidades mínimas se lleva a cabo de forma sistemática de acuerdo con algún patrón, de tal

modo que existe una relación implícita entre las celdas, ya que estas son contiguas entre sí, cubren todo el espacio, y no se solapan. Por tanto, la posición de una celda depende de la de las restantes, para así conformar en conjunto toda la malla regular que cumple las anteriores características. Dicho de otro modo, el orden propio de las celdas, presente gracias a la división sistemática realizada, aporta un elemento adicional que las relaciona entre sí (Olaya, 2014).

El otro modelo principal de representación es el modelo vectorial. En este modelo, no existen unidades fundamentales que dividen la zona recogida, sino que se recoge la variabilidad y características de esta mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes. Si el modelo ráster era similar al modelo conceptual de campos, el vectorial lo es al de entidades discretas, pues modeliza el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos; de forma esquemática, los enfoques de los modelos de representación ráster y vectorial se muestran en la figura 7:

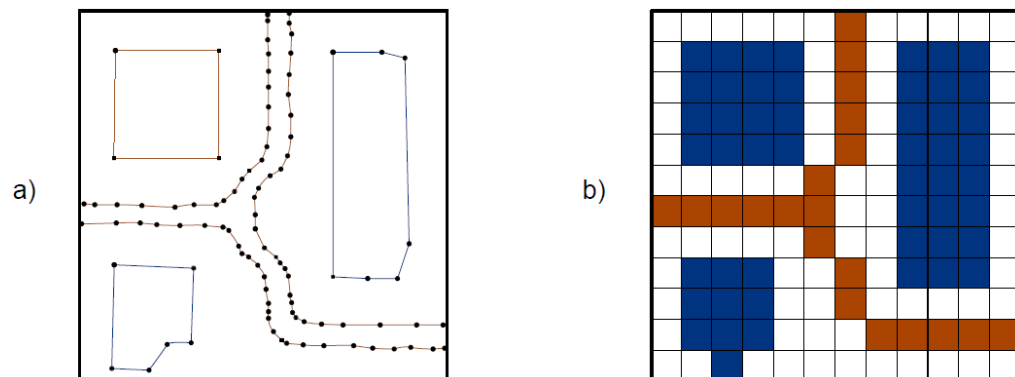


Figura 7. Modelo de representación vectorial (a) y modelo ráster (b) Fuente: Libro Sistemas de Información Geográfica pág. 85 de Víctor Olaya

5.4.2. Análisis de información Ráster: Teledetección y Procesamiento digital de imágenes satelitales

La Teledetección espacial se puede definir como aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales a través de una interacción energética entre la tierra y el sensor. (Chuvienco, 1995)

La forma de energía utilizada para obtener la información de la superficie terrestre determina las propiedades de la imagen satelital que se vaya a trabajar, y esta a su

vez depende el tipo de sensor instalado en la plataforma espacial. Existen dos tipos de sensores:

- **Sensores Activos:** La característica común de los sensores activos es su capacidad de emitir un haz energético que, posteriormente, recogen tras su reflexión sobre la superficie que pretende observar, entre los sistemas de sensores activos más conocidos se encuentra el radar y el LIDAR muy utilizados por su capacidad de tomar información en cualquier condición atmosférica.
- **Sensores Pasivos:** Los sensores pasivos se limitan a recoger la energía electromagnética procedente de las cubiertas terrestres, ya sea ésta reflejada de los rayos solares, o emitida en virtud de su propia temperatura. Estos incluyen los sensores fotográficos, los cuales son los más utilizados en la teledetección espacial.

5.4.3. Sensores utilizados

Para llevar a cabo el presente estudio se utilizaron los sensores pasivos Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI, SPOT 5 y Sentinel L2A. La siguiente tabla presenta las especificaciones técnicas de estos sensores:

Tabla 2. Especificaciones técnicas de los sensores utilizados

		Sensor				
		Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI	SPOT 5	Sentinel L2A
Tipo		Pasivo/ Fotográfico	Pasivo/ Fotográfico	Pasivo/ Fotográfico	Pasivo/ Fotográfico	Pasivo/ Fotográfico
Período de funcionamiento		1984-2013	1999-actualidad	2013-actualidad	2002-2015	2015-actualidad
Resolución Radiométrica		8 bits	8 bits	8 bits	8 bits	8 bits
Resolución Espectral	Banda 1	Azul (0.45 - 0.52 μm) 30 m	Azul (0.45 - 0.52 μm) 30 m	Coastal Aerosol (0.43 - 0.45 μm) 30 m	Verde (0.5 - 0.59 μm) 10m	Coastal Aerosol (0.43 μm) 60m
	Banda 2	Verde (0.52 - 0.60 μm) 30 m	Verde (0.52 - 0.60 μm) 30 m	Azul (0.45 - 0.51 μm) 30 m	Rojo (0.61 - 0.68 μm) 10m	Azul (0.49 μm) 10m

Ban da 3	Rojo (0.60 - 0.69 μm) 30m	Rojo (0.63 - 0.69 μm) 30m	Verde (0.53 - 0.59 μm) 30m	Infrarrojo (0.78 - 0.89 μm) 10m	Verde (0.56 μm) 10m
Ban da 4	Infrarrojo cercano (0.76 - 0.90 μm) 30m	Infrarrojo cercano (0.77 - 0.90 μm) 30m	Rojo (0.64 - 0.67 μm) 30m	SWIR 1 (1.58 - 1.75 μm) 10m	Rojo (0.66 μm) 10m
Ban da 5	Infrarrojo cercano (1.55 - 1.75 μm) 30m	SWIR 1 (1.55 - 1.75 μm) 30m	Infrarrojo cercano (0.85 - 0.88 μm) 30m	Pancromático 5m	RE1 (0.70 μm) 20m
Ban da 6	Termal (10.40 - 12.50 μm) 100m	Termal 1 (10.4 - 12.5 μm) 60m	SWIR 1 (1.57 - 1.65 μm) 30m		RE2 (0.74 μm) 20m
Ban da 7	Infrarrojo Medio (2.08 - 2.35 μm) 30m	SWIR 2 (2.09 - 2.35 μm) 30m	SWIR 2 (2.11 - 2.29 μm) 30m		RE3 (0.78 μm) 20m
Ban da 8		Pancromático 15m	Pancromático (0.50 - 0.68 μm) 15m		Infrarrojo cercano (0.84 μm) 10m
Ban da 9			Cirrus (1.36 - 1.38 μm) 30m		Vapor (0.94 μm) 60m
Ban da 10			Termal 1 (10.6 - 11.19 μm) 100m		SWIR1 Cirrus (1.375 μm) 60m
Ban da 11			Termal 2 (11.50 - 12.51 μm) 100m		SWIR 2 (1.610 μm) 20m
Ban da 12					SWIR 3 (2.190 μm) 20

Fuente: Elaboración propia con datos del USGS y GEOCENTO

De los sensores se obtienen imágenes de la superficie terrestre que en un SIG son trabajados en forma de ráster, esto puede darse dado que cada celda o pixel de la imagen toma un valor del nivel digital (ND) que interpretó el sensor a partir de la reflectividad de la superficie terrestre en cada una de las diferentes bandas espectrales. La siguiente figura muestra la apariencia de una imagen Landsat 5 TM

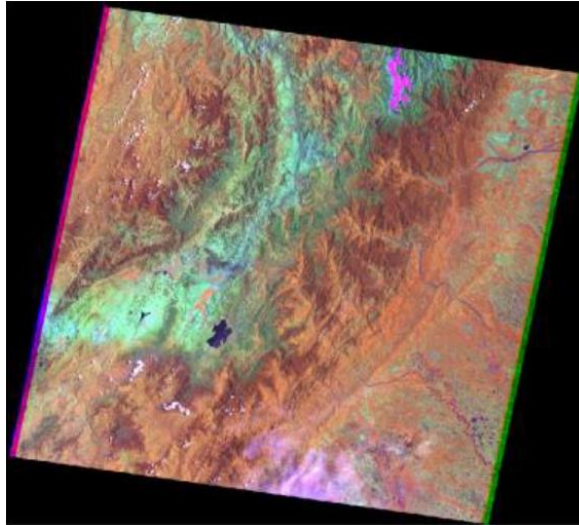


Figura 8. Imagen Landsat 5 TM en falso color. Fuente: (Rebollo Barrios)

5.4.4. Procesamiento digital de imágenes satelitales: clasificación supervisada

La clasificación de una imagen digital consiste en categorizar una imagen multibanda. Se pasa de tener unos ND continuos medidos por los sensores a una escala nominal o categórica de manera que cada píxel pertenece a una categoría definida previamente. El ND de un píxel clasificado es, en definitiva, el identificador de la clase o categoría en la que se haya incluido. Estas clases pueden describir distintos tipos de cubiertas (variable nominal o categórica) o bien intervalos de una misma categoría de interés (variable ordinal).

El método de clasificación supervisada requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se pretenden discriminar. Estas áreas se conocen como *training fields* (áreas de entrenamiento) ya que sirven para entrenar al ordenador para que pueda reconocer las distintas categorías. A partir de estas áreas el ordenador calcula diversos parámetros estadísticos de los ND que definen cada clase, para luego clasificar el resto de píxeles en una categoría determinada atendiendo a sus ND. Resulta adecuado seleccionar varias áreas de entrenamiento por clase para reflejar correctamente su variabilidad en la zona de estudio. (Yébenes Gómez & Giner Sotos)

La siguiente figura muestra el resultado de una clasificación supervisada realizada en la imagen de la figura 8 utilizando regiones de entrenamiento determinados por metodología CORINE LAND COVER

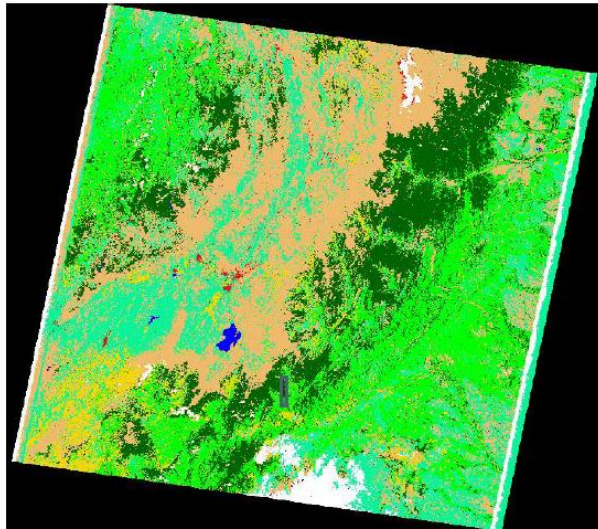


Figura 9. Imagen Landsat 5 TM clasificada en coberturas CORINE LAND COVER. Fuente: *(Rebollo Barrios)*

Mejoramiento y generalización de coberturas: Filtro Mayoritario y Eliminar

Luego de llevar a cabo la clasificación supervisada de coberturas, se acostumbra a realizar procedimientos para mejorar la interpretación final de la imagen, o bien para generalizar algunos grupos de pixeles clasificados en determinada categoría que se encuentran inmersos en otra de mayor proporción, es aquí donde se usan el filtro mayoritario y el comando “Eliminar”.

El filtro mayoritario, según las herramientas de ArcGIS, es un comando que se utiliza para “Reemplazar las celdas en un ráster según la mayoría de sus celdas vecinas contiguas”. Esto sirve para corregir ciertas clasificaciones de pixeles que no tienen ND similares a los que se encuentran en su entorno, por lo tanto, el comando evita la “excesiva fragmentación” de la cobertura para precisar mejor su cubrimiento.

El comando “Eliminar” se utiliza luego de la vectorización del resultado obtenido en la aplicación del filtro mayoritario para eliminar los polígonos con un área menor al Área Mínima Cartografiable (AMC). El AMC depende de la escala de análisis y el nivel de detalle de la información que se procesa, para el caso del procesamiento de imágenes satelitales, el AMC depende del tamaño de pixel de cada imagen.

Tomando como base recomendaciones del libro “Fundamentos de Teledetección Espacial de Emilio Chuvieco, la Unidad mínima cartografiable (UMC) lineal no debe ser inferior a 2mm, también recomienda que la escala de trabajo para imágenes de 30 metros de pixel es 1:100000 mientras que para imágenes de 10 metros de pixel es 1:25000.

La tabla 3 muestra el cálculo del AMC para cada uno de los sensores utilizados en el estudio

Tabla 3: Cálculo del Área mínima cartografiable (AMC) para los sensores utilizados Fuente: Elaboración Propia

Área mínima Cartografiable (AMC)				UMC (mm)	2
Sensor	Resolución espacial (m)	Escala de trabajo del ráster	2mm en m	4mm2 en m2	AMC (Ha)
Landsat TM y OLI	30	100000	200.0	40000.000	4.000
SPOT 5 y Sentinel 2A	10	25000	50.0	2500.000	0.250

Con base en la tabla, es necesario entonces aplicar el comando “Eliminar” en polígonos menores a 4 hectáreas para las imágenes Landsat, mientras que para las SPOT y Sentinel se utilizará en polígonos menores a 2500 metros cuadrados

La siguiente figura muestra las diferencias entre una imagen clasificada sin filtros y con la aplicación de filtros mayoritarios

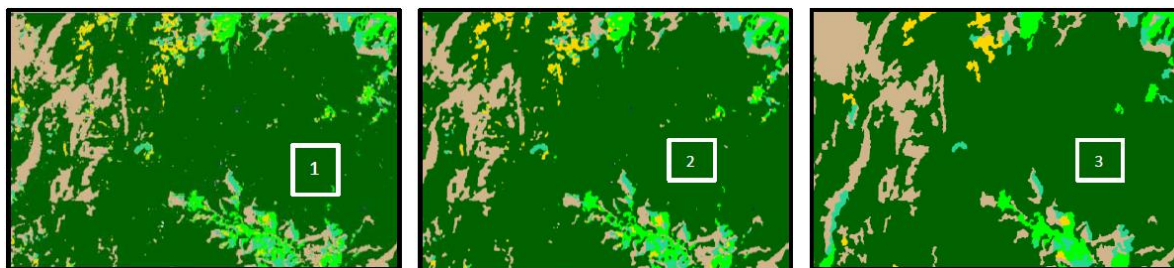


Figura 10. Diferencias en la imagen clasificada con la aplicación de filtros (1) imagen sin filtro, (2) aplicación de segunda generalización, (3) Aplicación de filtro ELIMINATE. Fuente: (Rebollo Barrios)

5.4.5. Clasificación de coberturas Bosque – No Bosque para análisis de regeneración ecológica y deforestación

Un bosque se define como “Tierra ocupada principalmente por árboles que puede contener arbustos, palmas, guaduas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima del dosel de 30%, una altura mínima del dosel (in situ) de 5 m al momento de su identificación, y un área mínima de 1,0 ha. Se excluyen las coberturas arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma, y árboles sembrados para la producción agropecuaria”. Esta definición es consecuente con los criterios definidos por la CMNUCC en su decisión

11/COP.7, con la definición adoptada por Colombia ante el Protocolo de Kyoto, así como con la definición de la cobertura de Bosque natural incluida en la adaptación para Colombia de la leyenda de la metodología CORINE Land Cover -CLC Colombia- (Galindo & IDEAM, 2014).

Así mismo se define como deforestación “La conversión directa y/o inducida de la cobertura de Bosque a otro tipo de cobertura de la Tierra en un periodo de tiempo determinado” Por su parte la regeneración se define como: “La recuperación de la cobertura de Bosque de zonas donde no estaba presente en fechas anteriores” (Galindo & IDEAM, 2014).

Para la clasificación de coberturas de bosque – no bosque se utiliza el método de clasificación supervisada utilizando muestras cartográficas de Bosque y otro tipo de coberturas para generar las regiones de entrenamiento que servirán para identificar la diferencia espectral entre la cobertura natural boscosa y las demás. Esto debe realizarse para cada una de las imágenes utilizadas en el análisis temporal. Posteriormente se realiza una superposición de resultados para identificar zonas donde se dio deforestación, regeneración o bien se conservó la cobertura existente. El protocolo de PDI para cuantificación de deforestación en Colombia sugiere cinco categorías para reclasificar los resultados de la superposición de resultados:

- Bosque Estable: Zonas donde se conservó la cobertura natural de un período a otro del estudio.
- No Bosque Estable: Zonas donde se conservó la cobertura no natural de un período a otro del estudio.
- Deforestación Zona de cambio de Bosque a No bosque de un período a otro

La figura 11 muestra un mapa nacional de cambio de Bosque-No Bosque para el período 2010-2012 según metodología establecida en el Protocolo de PDI para la cuantificación de Deforestación en Colombia usando imágenes Landsat (Galindo & IDEAM, 2014)

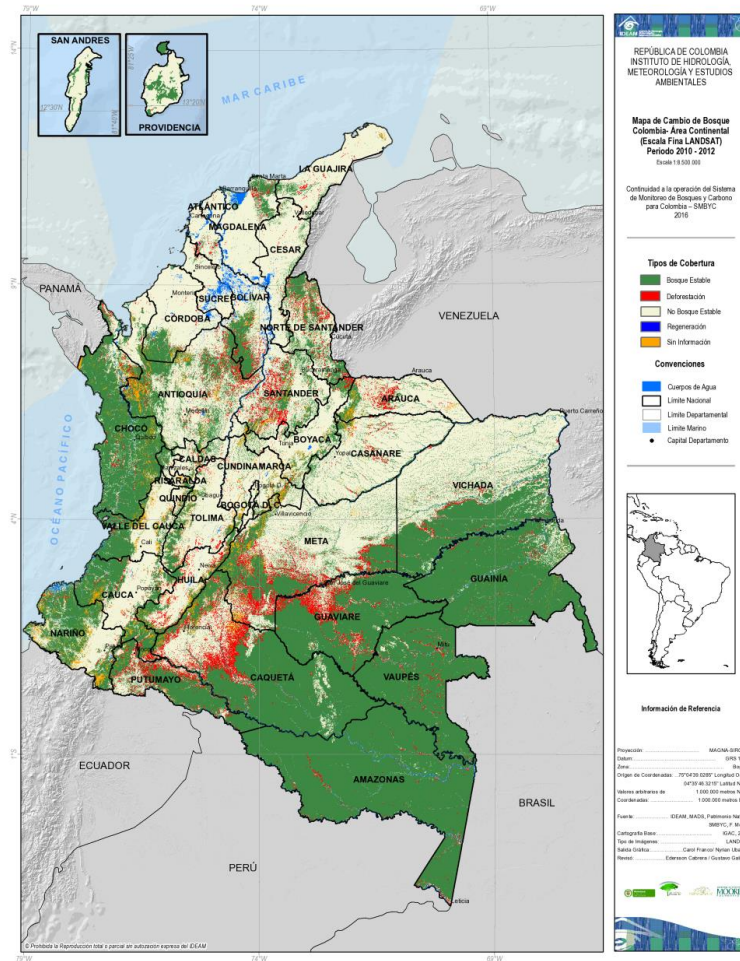


Figura 11. Mapa de cambio de coberturas Bosque-No Bosque para el período 2010-2012 a escala nacional 1:8'500.000. Fuente: (Galindo & IDEAM, 2014)

5.4.6. Análisis de información vectorial: Geoprocesamiento

La información vectorial recoge la variabilidad y características de una zona mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes. Es por eso que para realizar análisis de cuantificación en términos de área, se recomienda realizar un proceso de “vectorización” de los resultados obtenidos mediante procesamiento ráster para convertirlos en información vectorial que almacene sus características en entidades geométricas. En el software ArcGIS, la vectorización se realiza a través del comando “ráster a polígono”, La figura 12 muestra un proceso de vectorización de ráster con y sin simplificación.

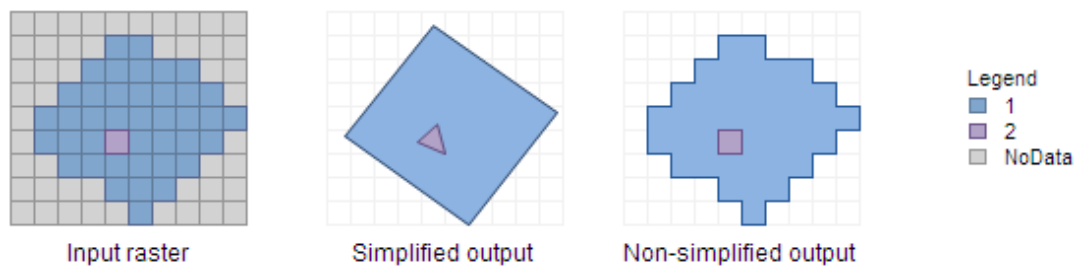


Figura 12. Comando “ráster a polígono” para vectorización de ráster. Fuente: (ESRI, s.f.)

Para realizar análisis de relación y ubicación de características en información vectorial, se utiliza en SIG el geoprocésamiento, el cual tiene como objetivo fundamental proporcionar herramientas y un marco de trabajo para realizar análisis y administrar los datos geográficos. Comúnmente las operaciones de geoprocésamiento incluyen características geográficas, como superposición, selección de característica y análisis, procesamiento de topología, procesamiento de imágenes ráster, conversión de datos y muchas otras.

Una de las herramientas más utilizadas es Intersecar, la cual se utiliza para calcular una intersección geométrica de las entidades de entrada, las entidades o partes que se superponen en todas las capas se escriben en la clase de entidad de salida (ESRI, s.f.)

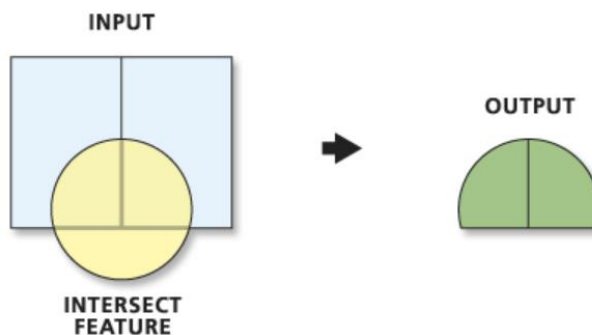


Figura 13. Representación gráfica de la función Intersecar. Fuente: (ESRI, s.f.)

Los atributos de las entidades intersecadas se combinan en una misma tabla, lo que permite identificar zonas donde las características analizadas se repiten y donde no, esto es importante para hacer análisis cruzados de información.

5.5. ANTECEDENTES: TELEDETECCIÓN APLICADA A LA DETERMINACIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

La teledetección es una de las técnicas SIG más utilizadas para realizar estudios de cambio de uso del suelo en el tiempo, ya que algunas de las áreas de aplicación más importantes de la teledetección son el inventario regional del medio ambiente para preparar estudios de impactos ambientales y la contribución a la cartografía e inventario de la cobertura y uso del suelo (Chuvienco, 1995)

5.5.1. Antecedentes de Orden Nacional

El análisis de dinámicas de cambio de las coberturas de la tierra en Colombia ha despertado un creciente interés en las últimas décadas, esto relacionado con impactos potenciales del cambio global, biodiversidad, funcionamiento de ecosistemas, entre otras temáticas.

Desde finales de la década de los años setenta, hasta finales de la década de los años noventa, en el país se realizaron numerosos esfuerzos para la obtención de mapas de coberturas y clasificación de tierras, pero al carecer de estándares y metodologías unificadas no lograron cumplir con los objetivos institucionales para el monitoreo de los cambios y dinámicas asociadas, ni satisfacer necesidades de información de los diferentes usuarios. (IDEAM, Rodríguez, & Peña, 2013)

Ante esta situación, en el año 2004 el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA), con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional Francés (IGN) y el Fondo Francés del Medio Ambiente Mundial (FFEM), decidieron implementar y adaptar la metodología Europea CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover en la cuenca Magdalena-Cauca a escala 1:100.000. Los resultados de este proceso se publicaron en el año 2008, con la primera versión de la leyenda adaptada a Colombia. Teniendo en cuenta la necesidad de contar con información actualizada que permita el monitoreo de las dinámicas de cambio en las coberturas de la tierra que conforman el territorio continental colombiano, en el año 2012 el Ideam consolidó la capa nacional de coberturas de la tierra (escala 1:100.000) con información satelital correspondiente al periodo (2005 – 2009). (IDEAM, Rodríguez, & Peña, 2013)

Ya teniendo insumos para estandarizar los análisis de cambio de uso del suelo, se pueden encontrar estudios como el que fue llevado a cabo en el complejo de páramos Tota – Bijagual – Mamapacha, el cual comprende las zonas altas de 27 municipios ubicados en los departamentos de Boyacá y Casanare, que consistió en un análisis multitemporal para determinar cambios en el uso del suelo usando imágenes Landsat de los años 1992 y 2012 y clasificando las coberturas con

metodología Corine Land Cover (Rebollo Barrios). La introducción del artículo presenta claramente el problema: La expansión de la frontera agrícola en el páramo está comprometiendo los servicios ecosistémicos que este genera. El estudio pretende mostrar un análisis comparativo de coberturas para determinar cuantitativamente la tasa de cambio del uso del suelo.

El artículo plantea dos tipos de conclusiones, las relacionadas con el proceso, es decir con la metodología propuesta, y las relacionadas al análisis multitemporal, es decir al objetivo planteado.

En relación al método, el artículo concluye que el procesamiento digital de imágenes que consolida como una herramienta muy útil para este tipo de análisis, sin embargo resalta la importancia del intérprete de las imágenes y su experticia en el proceso. Una de las principales dificultades del método empleado es que es sensible a las condiciones climáticas que dificultan y reducen la cantidad de imágenes a utilizar debido a la presencia de nubes que no permiten visualizar toda el área de estudio.

Por último, respecto a las conclusiones asociadas al objetivo planteado en el análisis multitemporal, el estudio concluye que el páramo ha sufrido un proceso sustancial de cambio de uso del suelo, no muestra cifras, pero sí habla de la importancia de las mismas que se encuentran al interior del estudio en que son insumo fundamental para desarrollar políticas de conservación en estas zonas estratégicas.

Otro estudio desarrollado en la llanura amazónica colombiana, específicamente en Puerto Leguísimo, Putumayo, relaciona la transformación de las coberturas naturales asociado al proceso histórico de colonización, con las variables climáticas como la precipitación y la temperatura para medir la incidencia de la deforestación en el cambio climático, durante el período 2002 – 2006.

El estudio desarrolla la clasificación de imágenes Landsat TM para caracterizar las coberturas bajo metodología Corine Land Cover en la zona aledaña a la vía entre La Tagua y Puerto Leguísimo, y relaciona el análisis con los procesos de colonización y expansión de la frontera agrícola por los diversos actores. El artículo concluye que la tasa de deforestación estimada en 742 hectáreas/año contribuye a la emisión de 342.000 toneladas de CO₂, esto ha ido aumentando paulatinamente la temperatura promedio anual del municipio que a futuro puede generar efectos de variabilidad climática que pueden afectar desde la dimensión ecológica, hasta la dimensión social y cultural del municipio. (Tiria, Bonilla, & Bonilla, 2018)

5.5.2. Antecedentes de Orden Internacional

Otro artículo de referencia en el contexto de la región andina, fue “Environmental change in the equatorial Andes: Linking climate, land use, and land cover transformations” (López, Wright, & Constanza, 2017) donde se relacionaba la regresión de la cobertura nival del volcán Cotopaxi en Ecuador con la ampliación

progresiva en altura de la cobertura de páramo asociado al fenómeno del cambio climático, evidenciando lo que estudios recientes han mostrado en relación a la incidencia del cambio climático en las altas montañas. Este estudio también fue realizado con imágenes Landsat 5TM, Landsat 7 ETM y Landsat 8 OLI para los años de 1987, 1999 y 2013 las cuales fueron procesadas en el Software ENVI 5.0.

El estudio arrojó resultados como la tasa de disminución de área de cobertura glaciar como una función lineal ajustada, así como la tasa de aumento en la cota promedio de la elevación del glaciar, posteriormente se realizó un análisis estadístico para asociar esta tasa de cambio de las coberturas con las variación climática promedio anual. El estudio concluye acerca de la vulnerabilidad de la cobertura nival para deteriorarse frente a pequeños cambios de clima, también se alerta acerca de la amenaza asociada a la expansión agrícola y forestal productora alterando las coberturas de páramo, importantes para la regulación hídrica y el abastecimiento de acueductos en tiempos secos.

En el contexto africano, se tomó de referencia un estudio desarrollado en el sureste de África, particularmente en los municipios de Rwanda, Botswana, Tanzania, Malawi y Namibia donde se realizó un estudio de cambio de usos del suelo entre 2000 y 2010 usando el sensor MODIS de la NASA e imágenes Landsat TM y ETM (Al-Hamdan, 2017). La metodología consistió en la clasificación supervisada de las imágenes para la identificación de coberturas como humedales, cultivos, pastos y bosques. Los resultados para este caso, se presentaron a través de histogramas combinados con los resultados por cobertura y por país para cada una de las fechas analizadas.

El estudio concluye los cambios por país, donde muestra a Botswana con la tasa neta de reforestación más alta, a Rwanda con tasas de ganancia de coberturas boscosas y humedales en una zona, pero pérdida de esas mismas coberturas en otra zona. Tanzania el país con altas tasas de deforestación y de ampliación de frontera agrícola, así mismo con Namibia, el cual posee también una tasa significativa de deforestación y de ampliación de zona de pastos.

Los artículos referenciados se relacionan al presente caso de estudio, ya que desarrollan la teledetección y el procesamiento de imágenes como una forma efectiva de analizar los cambios en el uso del suelo relacionado con diversos fenómenos. Se evidencia como factor común la utilización de las imágenes Landsat TM y ETM en los estudios de caso, esto se debe a la facilidad que tienen de obtención, interpretación y amplia cobertura temporal. Estos artículos serán usados como base para el desarrollo de la metodología del presente estudio, así como de la forma sintética y gráfica de presentación de resultados y conclusiones.

6. METODOLOGÍA

6.1. TIPO DE TRABAJO

Este trabajo corresponde con una investigación aplicada en los campos de la geografía, cartografía y teledetección sobre un escenario que permite correlacionar el cambio de variables naturales espacializadas, con otras en función del tiempo derivadas de la recopilación bibliográfica en la historia del conflicto armado y postconflicto en Granada, Antioquia.

6.2. PROCEDIMIENTO

Los procesos que se describirán a continuación fueron realizados utilizando el software ArcGIS 10.4.1 que contiene las herramientas de geoproceto y clasificación supervisada de imágenes satelitales que fueron necesarios para obtener los resultados.

6.2.1. Fase 1. Delimitación y justificación de la zona de estudio

Se realizó en función de la espacialización del conflicto armado en el territorio, las zonas de implementación de los proyectos de restauración y los predios objeto de restitución de tierras para las víctimas. Tuvo las siguientes subetapas:

- a) Identificar las zonas de incidencia del conflicto armado en el territorio a través de la recopilación histórica y bibliográfica del municipio para conocer dónde y cuándo se desarrollaron los hechos que llevaron al desplazamiento forzado de la población.
- b) Obtener las imágenes satelitales, fotografías aéreas e información cartográfica secundaria utilizando como criterios de búsqueda las fechas y lugares clave derivadas de la recopilación histórica del conflicto armado.
- c) Analizar la cartografía producida en los proyectos de postconflicto (proyectos de restauración productiva y restitución de tierras) en el municipio de Granada para precisar el área de estudio.

6.2.2. Fase 2. Análisis multitemporal del cambio de coberturas naturales

El análisis se llevó cabo en dos formas dependiendo de la información cartográfica obtenida:

Forma 1, Procesamiento y clasificación supervisada de imágenes: se realizó utilizando las diferentes imágenes satelitales y cartografía ráster obtenida. Las imágenes satelitales identificadas desde la década de los 80 hasta la actualidad para el municipio de Granada se resumen en la tabla 4:

Tabla 4: Imágenes satelitales obtenidas para la zona de estudio. Fuente: Elaboración Propia

Nombre del Archivo	Sensor	Resolución espacial	Fecha de captura
LT05_L1TP_009056_19860908_20170216_01_T1_B3-B2-B1-B4-B5-B6-B7.TIF	Landsat 5 TM	30 metros	8 de septiembre de 1986
LT05_L1TP_009056_19960802_20170103_01_T1_B3-B2-B1-B4-B5-B6-B7.TIF	Landsat 5 TM	30 metros	2 de agosto de 1996
LT05_L1TP_009056_19990726_20161217_01_T1_B3-B2-B1-B4-B5-B6-B7.TIF	Landsat 5 TM	30 metros	26 de julio de 1999
LE07_L1TP_009056_20020726_20170130_01_T1_B3-B2-B1-B4-B5-B6_VCID_1-B6_VCID_2-B7	Landsat 7 ETM+	30 metros	26 de julio de 2002
Spot_19jun06	SPOT 5	10 metros	19 de junio de 2006
SpotPAN_19jun06	SPOT 5 (Pancromático)	5 metros	19 de junio de 2006
LT05_L1TP_009056_20070918_20161111_01_T1_B3-B2-B1-B4-B5-B6-B7.TIF	Landsat 5 TM	30 metros	18 de septiembre de 2007
LC80090562013197LGN00_B4-B3-B2-B5-B6-B7-B9-B11-B10.TIF	Landsat 8 OLI	30 metros	16 de julio de 2013
LC80090562013197LGN00_B8.TIF	Landsat 8 OLI (Pancromático)	15 metros	16 de julio de 2013
S2A_tile_20151231_18NVM_0_[-75.23059844970705,6.005703428371749,-74.96795654296876,6.195509760592858]_B04-B03-B02-B08.TIF	Sentinel 2A	10 metros	31 de diciembre de 2015
CORNARE_SEN10m_7AGO18.TIF	Sentinel 2A	10 metros	7 de agosto de 2018

Fuente: Elaboración propia

Las imágenes de los sensores Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI y Sentinel 2A del 2015 fueron obtenidas del servidor EOS Landviewer mientras que las imágenes SPOT 5 y Sentinel 2A del 2018 fueron suministradas por la Corporación CORNARE. Las imágenes SPOT 5 y Landsat 8 OLI poseen la banda pancromática utilizada para refinar las imágenes multiespectrales con el propósito de aumentarles la resolución y mejorar el detalle.

El servidor EOS Landviewer permite descargar las imágenes con las bandas unificadas y recortadas rectangularmente para la zona de estudio.

Utilizando las herramientas para el procesamiento de imágenes de ArcMap se cortaron cada una de las imágenes con la zona de estudio, posteriormente se ajustaron visualmente con la combinación de Falso Color (RGB Infrarrojo, Rojo, Verde) y un sketch de recorte porcentual para destacar las coberturas naturales, se realizó luego la clasificación supervisada a cada imagen utilizando regiones de entrenamiento distribuidas por toda el área para tener muestras representativas de las firmas espectrales de cuatro clases: Bosque, No Bosque, Nubes y Sombra de Nubes, Para finalizar se utilizaron los comandos de generalización y vectorización.

Forma 2, Análisis vectorial: Se utilizó información secundaria de coberturas de la tierra proveniente de procesos de restitución fotogramétrica en fotografías aéreas obtenidas para diferentes estudios. Una de las capas de coberturas fue desarrollada por Cornare utilizando fotografías aéreas análogas y posteriormente digitalizadas del IGAC, para la zona de estudio, la línea de vuelo de estas fotografías corresponde a la C-2313-0001 del año 1987. La otra capa de coberturas corresponde a los estudios de diagnóstico para la formulación del POMCA del río Samaná Norte, esta capa de desarrolló bajo metodología Corine Land Cover utilizando fotografías aéreas tomadas por el IGAC en el departamento de Antioquia durante el año 2009.

Dado que las imágenes provienen de procesos de restitución fotogramétrica, la escala de detalle es mucho mayor y permite discriminar otras coberturas no identificables con imágenes de satélite, por lo tanto, para este análisis se añadió la categoría de “Cultivos” con el propósito conocer su cambio en el tiempo, a su vez, se generalizaron las demás coberturas en las categorías ya trabajadas de Bosque y No Bosque.

6.2.3. Fase 3. Correlación del área de las coberturas naturales con los momentos históricos del conflicto armado

En este paso se utilizó la información histórica recopilada, la fecha de las imágenes descargadas y el análisis de coberturas realizado para generar una gráfica que permita analizar conjuntamente el desarrollo del conflicto y el cambio de coberturas en el tiempo, con miras a demostrar la siguiente hipótesis: **“en momentos de ascenso y apogeo del conflicto armado y el desplazamiento, las cobertura**

Bosque tiende a aumentar, y en el postconflicto la cobertura Bosque tiende a disminuir”

6.2.4. Fase 4. Análisis del postconflicto

- a) Se superpuso la información cartográfica del proceso de restitución de tierras y el programa Bosques de Paz sobre los resultados del análisis multitemporal y la cartografía de los planes de ordenamiento territorial de la zona de estudio.
- b) Se generaron los mapas y se tabularon los resultados.

7. RESULTADOS

7.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se compone de 27 veredas del corregimiento de Santa Ana y del municipio de Granada sobre la cuenca del río Calderas y Tafetanes, las cuales son: Bella María, Buena Vista, Campo Alegre, Cristalina – Cruces, El Libertador, El Morro, El Oso, El Roblal, El Tablazo, Galilea, La Aguada, La Arenosa, La Estrella, La Florida, La Gaviota, La Linda, La María, La Merced, La Quebra, La Selva, Las Faldas, Las Palmas, Los Medios, Malpaso, Quebradona Abajo, Quebradona Arriba y San Francisco con un total de 8685.8 hectáreas.

Gran parte del conflicto armado en la zona, según la recopilación histórica realizada, se desarrolló en la zona rural del corregimiento de Santa Ana, esto debido a que era el centro de operaciones de las guerrillas, mientras que las zonas urbanas de San Carlos y Granada lo fueron para los grupos paramilitares y el ejército. La ubicación de las guerrillas en Santa Ana les permitía tener control sobre la hidroeléctrica del río Calderas y la autopista Medellín - Bogotá para ejercer presión política y económica al estado a través del derribamiento de las torres de energía. Las vías de comunicación entre Granada, Santa Ana y San Carlos fueron entonces escenario del conflicto.

La cartografía obtenida de los procesos de Bosques de Paz y Restitución de Tierras permite ubicar víctimas de desplazamiento forzado, la figura 14 ubica la zona de estudio en relación con los centros de operaciones de los grupos combatientes, la ubicación de la hidroeléctrica Calderas, las vías de comunicación y los usuarios de los proyectos de postconflicto.

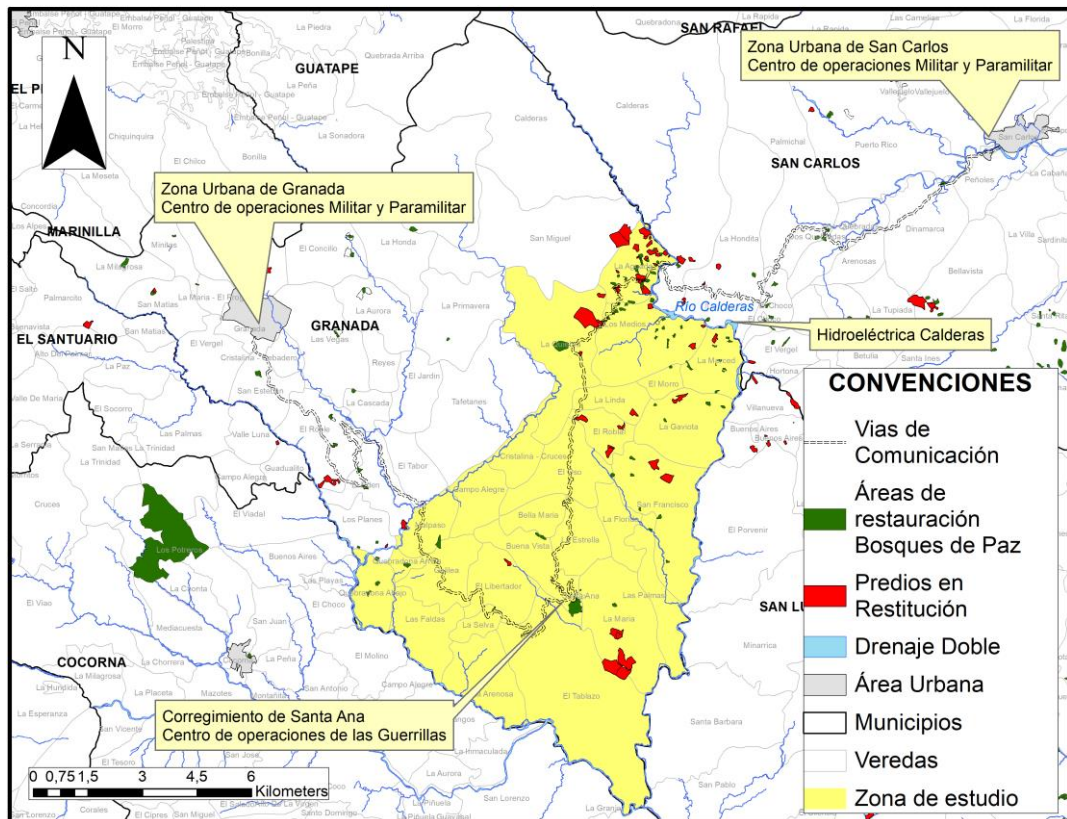


Figura 14: Zona de estudio. Fuente: Elaboración propia

Se observa en la imagen una concentración de usuarios en el norte de la zona de estudio en límites con San Carlos, hacia las veredas La Aguada, La Quebra y Los Medios

7.2. IMÁGENES SATELITALES

Las figuras de la 15 a la 23 muestran la zona de estudio y las imágenes satelitales obtenidas, para cada una se realizó un tratamiento visual (sketch) de recorte porcentual para ajustar los niveles visuales y generar mayor contraste de las coberturas naturales.

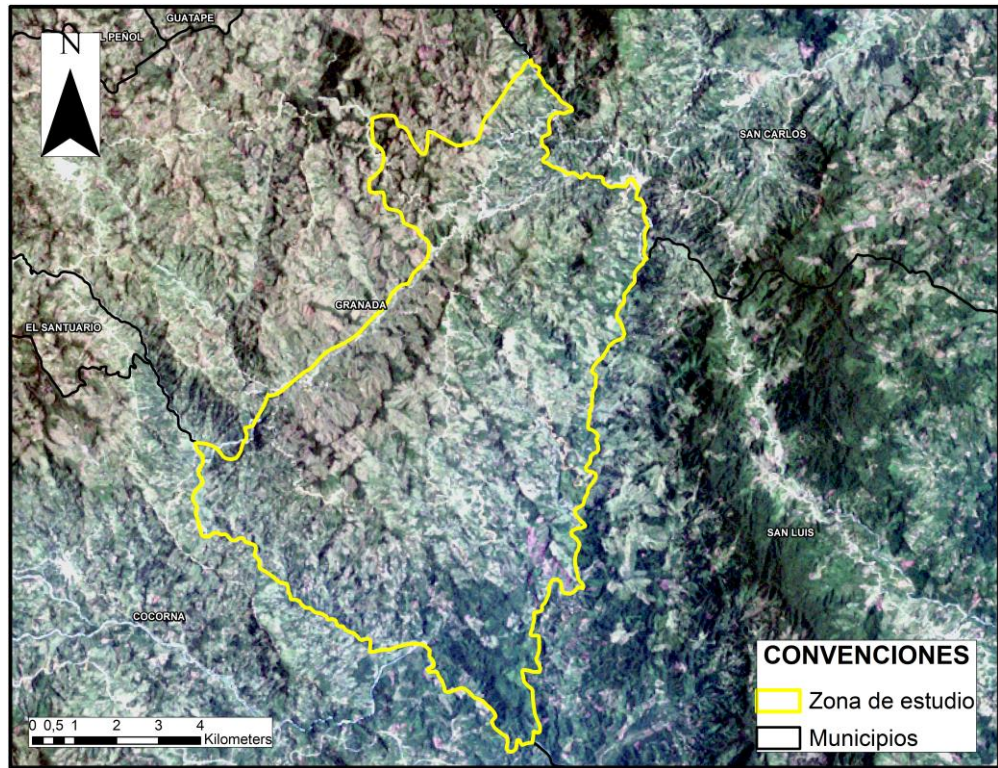


Figura 15: Landsat 5 TM 8/9/1986. Fuente: Elaboración Propia

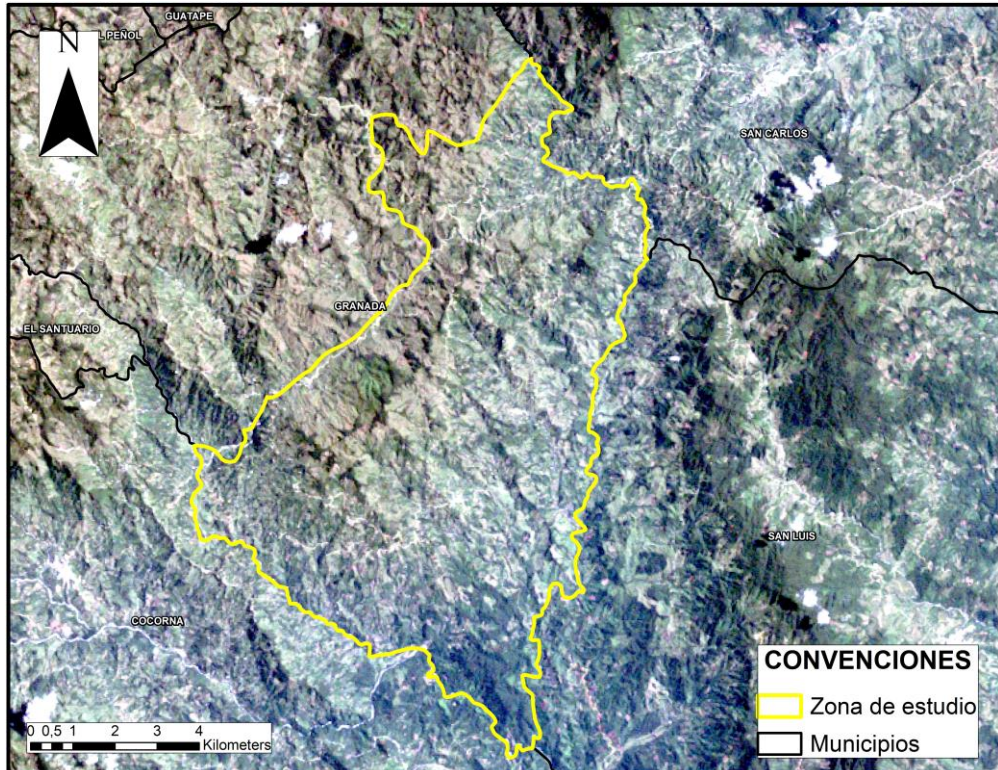


Figura 16: Landsat 5 TM 2/8/1996. Fuente: Elaboración Propia

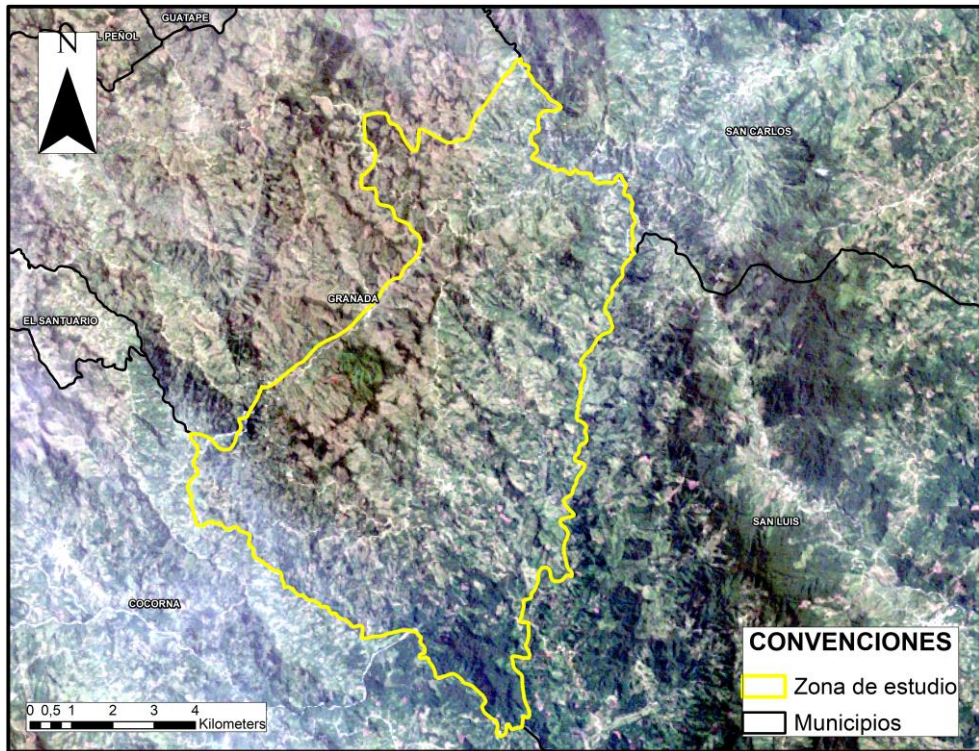


Figura 17: Landsat 5 TM 26/7/1999. Fuente: Elaboración Propia

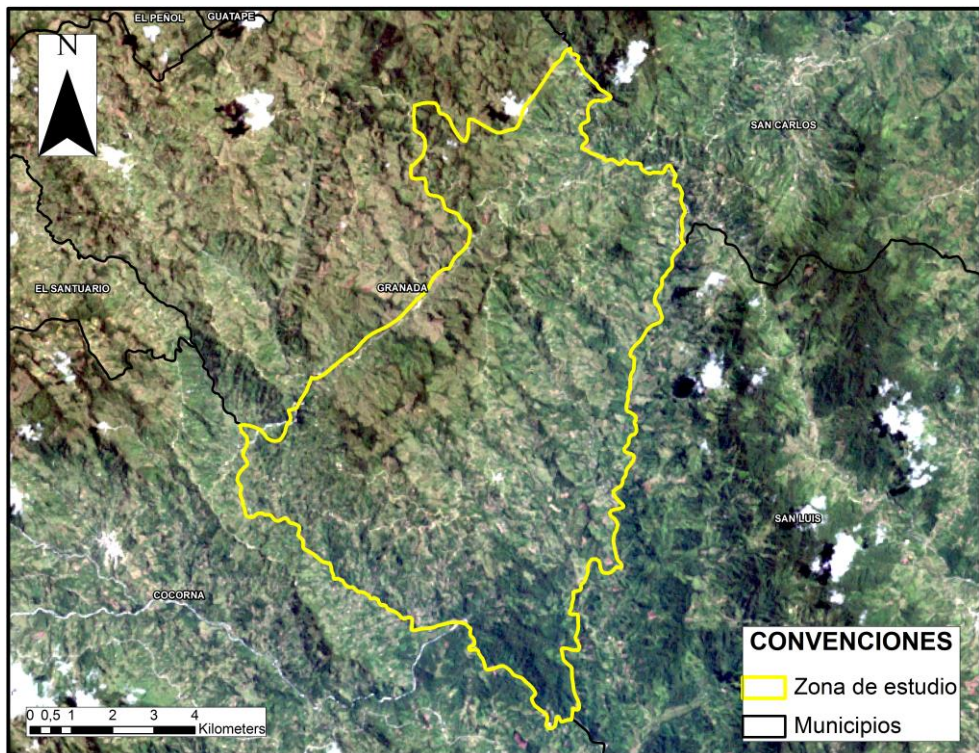


Figura 18: Landsat 7 ETM+ 26/7/2002. Fuente: Elaboración Propia

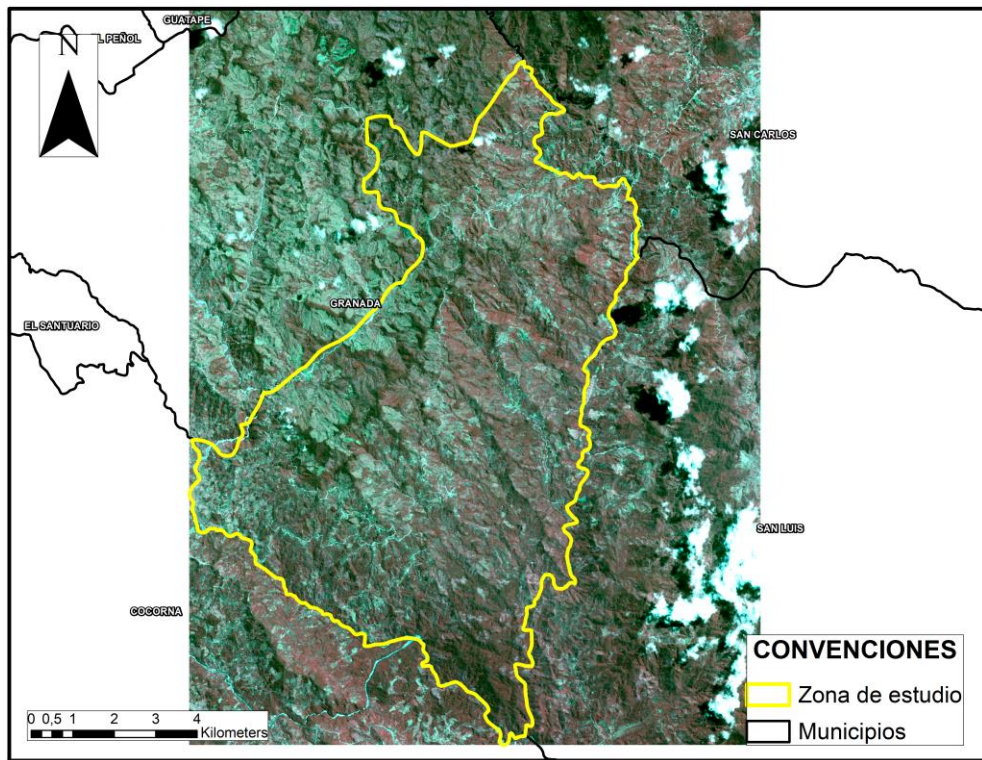


Figura 19: Spot 5 en falso color con refinado pancromático 19/6/2006. Fuente: Elaboración Propia

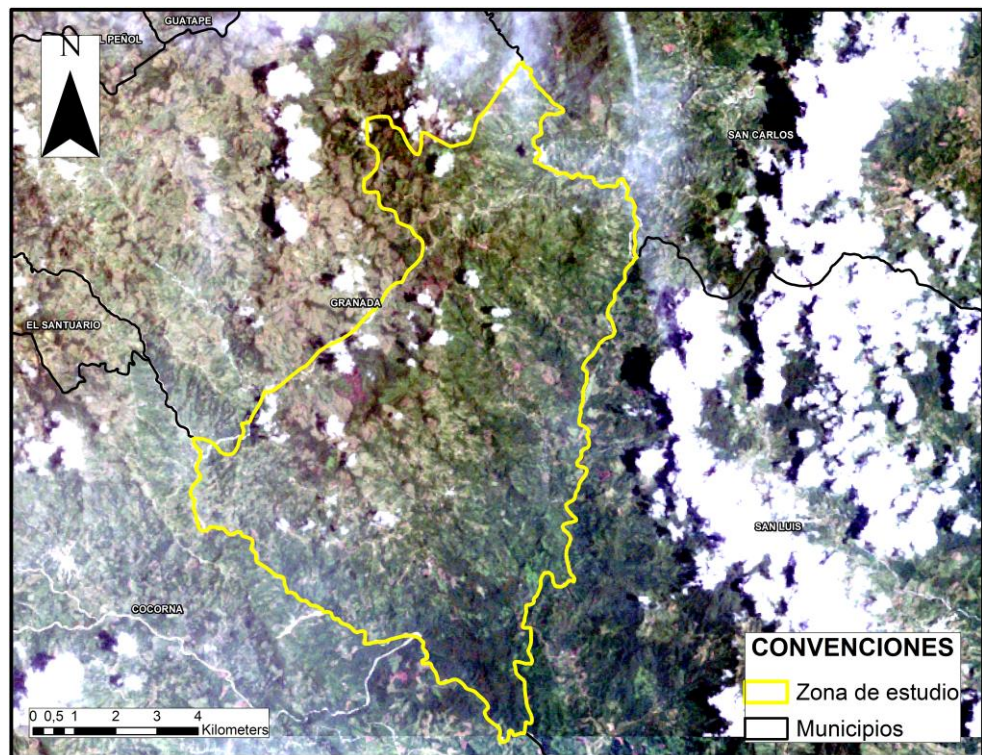


Figura 20: Landsat 5 TM 18/9/2007 Fuente: Elaboración propia

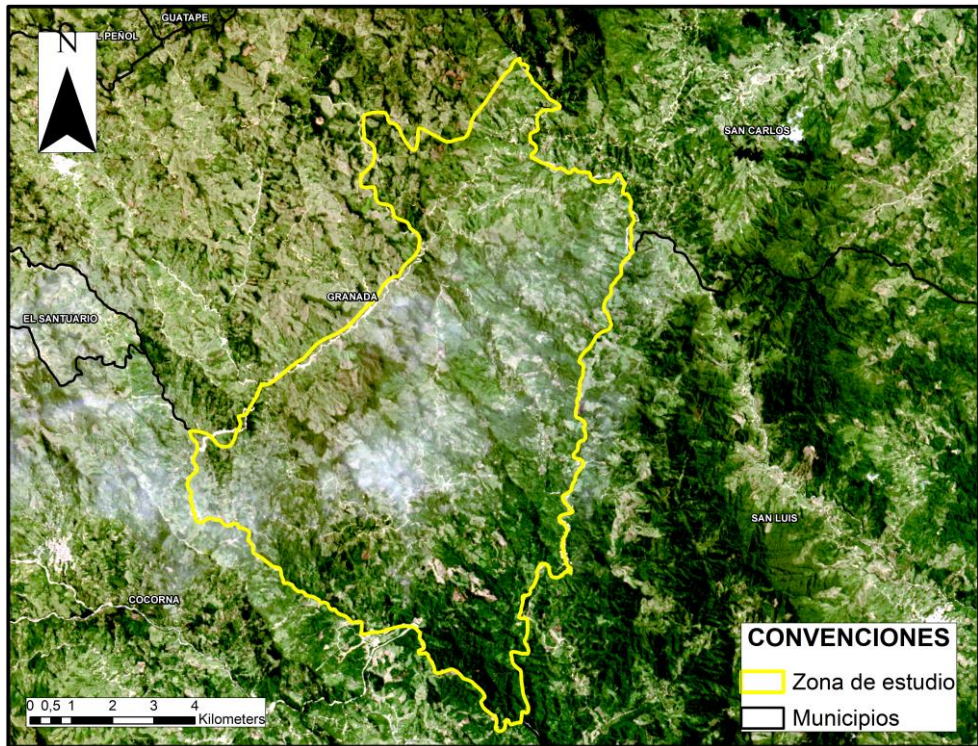


Figura 21: Landsat 8 OLI con refinado pancromático 16/7/2013. Fuente: Elaboración Propia

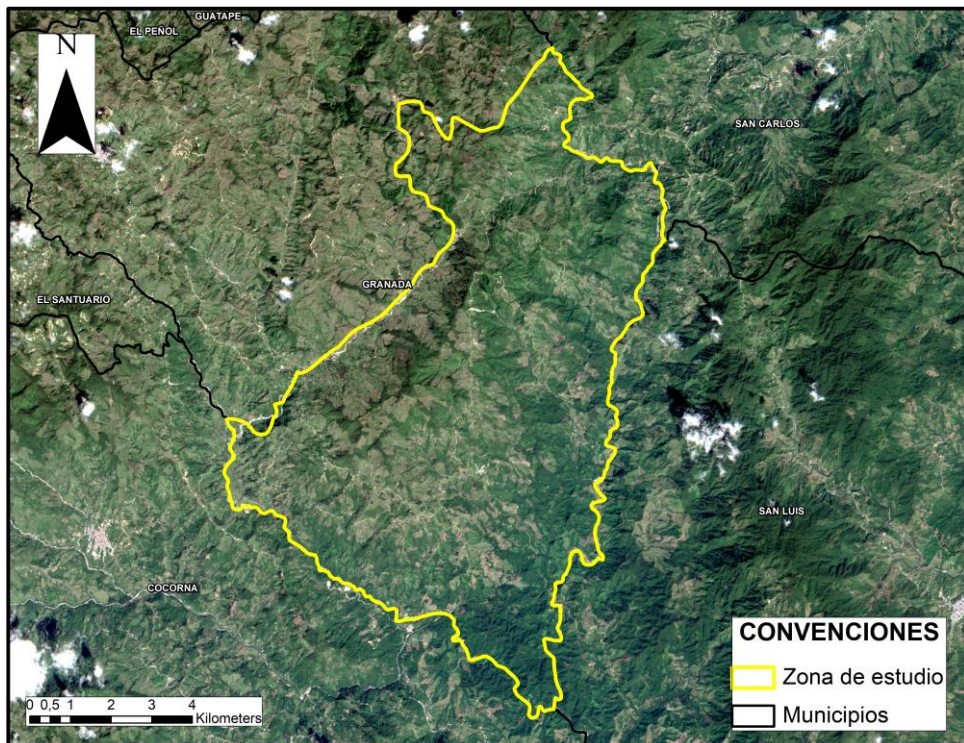


Figura 22: Sentinel 2A 31/12/2015. Fuente: Elaboración Propia

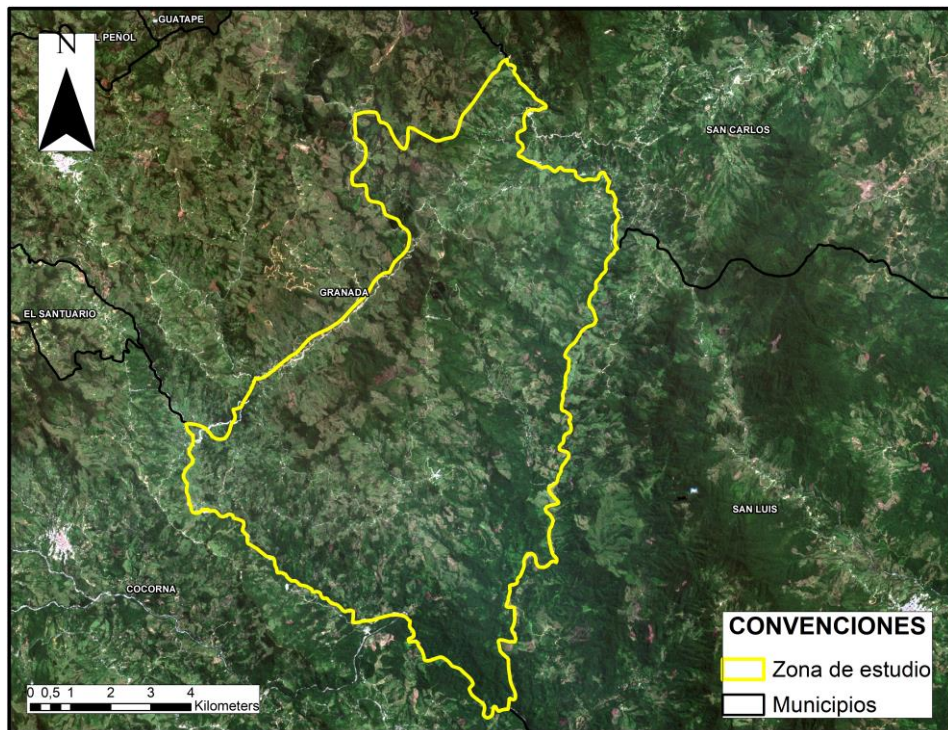


Figura 23: Sentinel 2A 7/8/2018. Fuente: Elaboración Propia

7.3. PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES

Las Figuras de la 24 a la 31 muestran los resultados de la clasificación y el valor de área y porcentaje de la clase "Bosque" para cada una de las imágenes

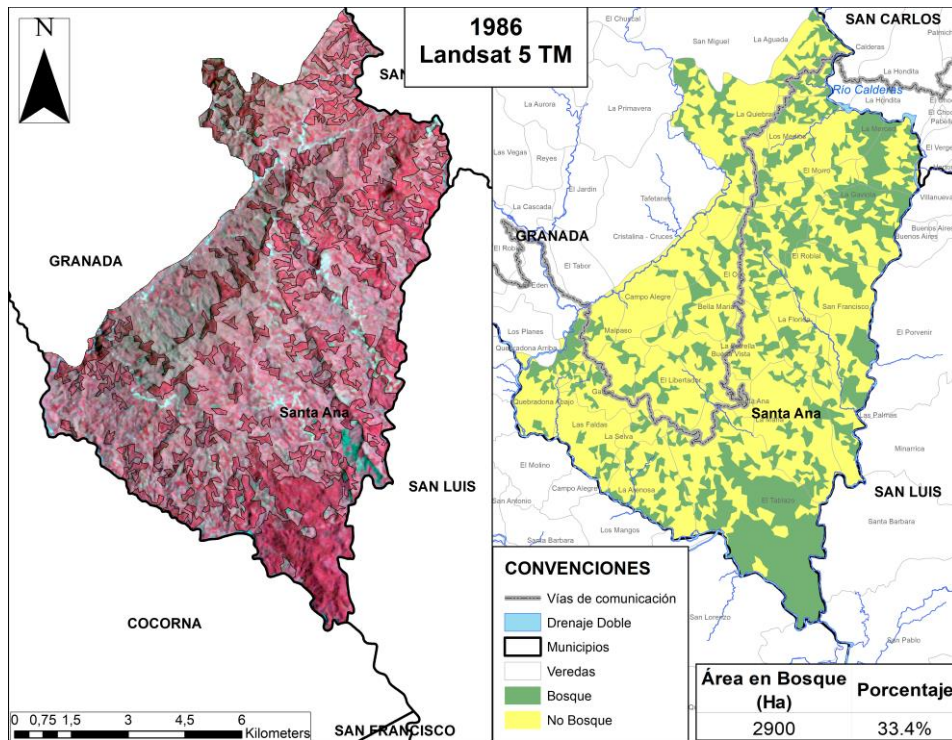


Figura 24: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 1986 Fuente: Elaboración Propia

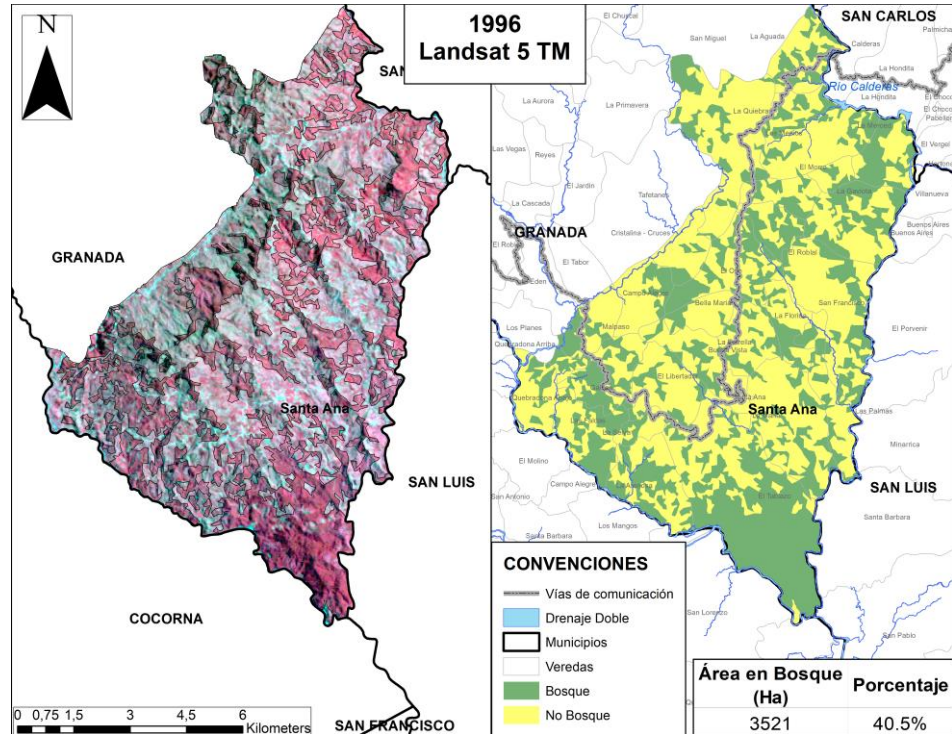


Figura 25: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 1996 Fuente: Elaboración Propia

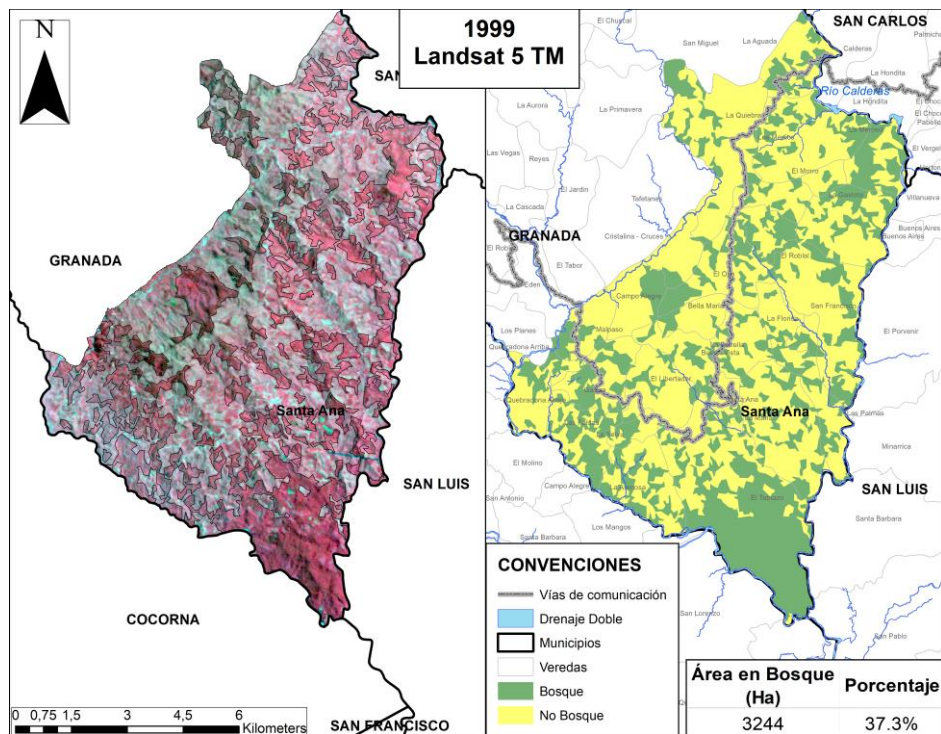


Figura 26: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 1999 Fuente: Elaboración Propia

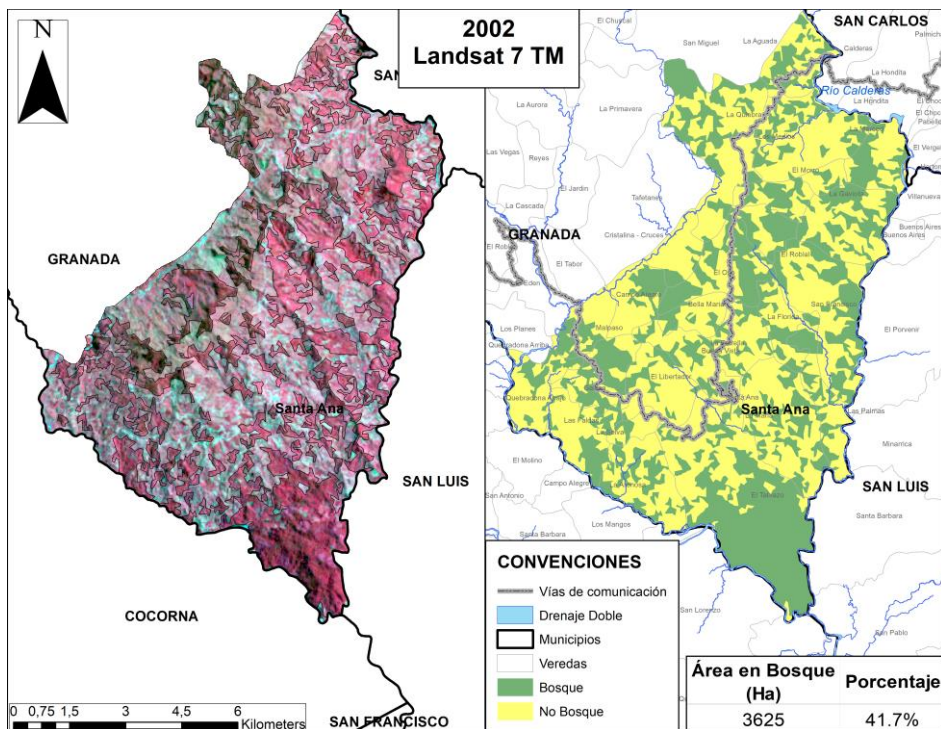


Figura 27: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 7 ETM+ de 2002 Fuente: Elaboración Propia

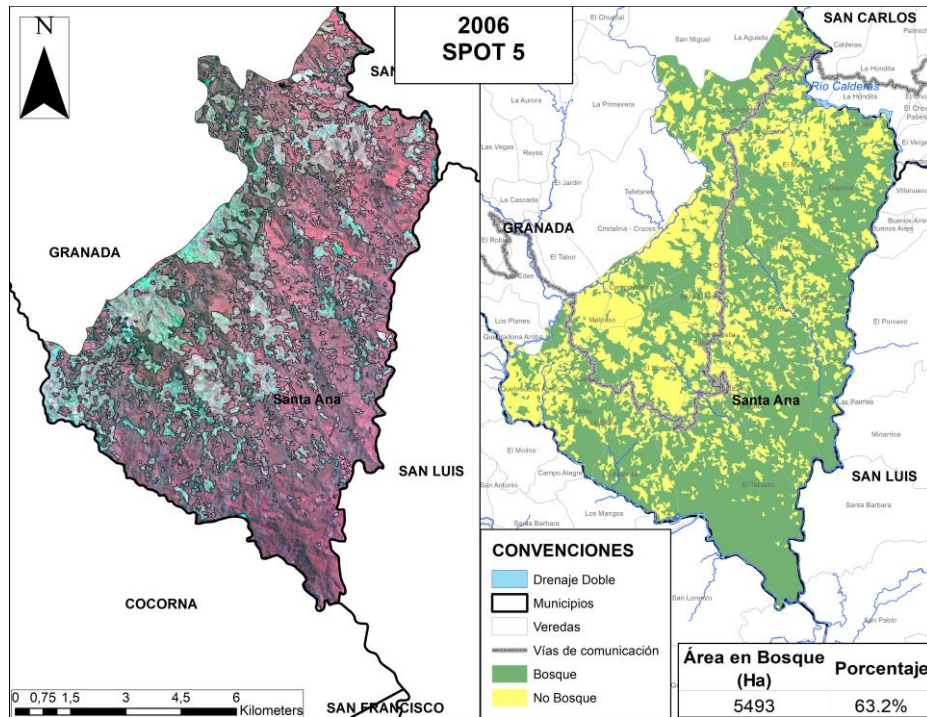


Figura 28: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para SPOT 5 de 2006 Fuente: Elaboración Propia

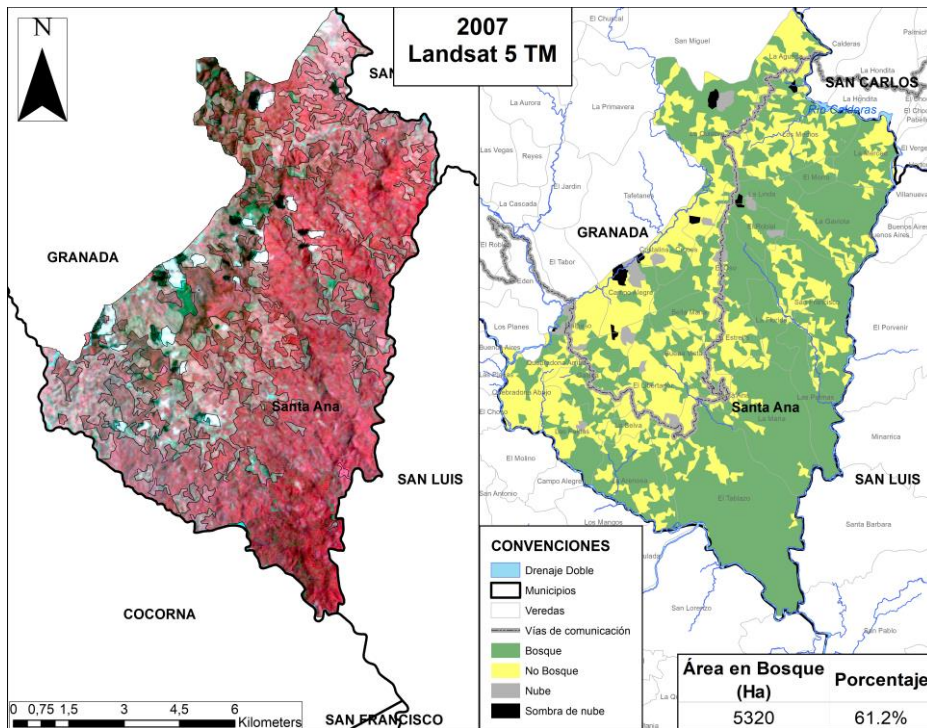


Figura 29: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 5 TM de 2007 Fuente: Elaboración Propia

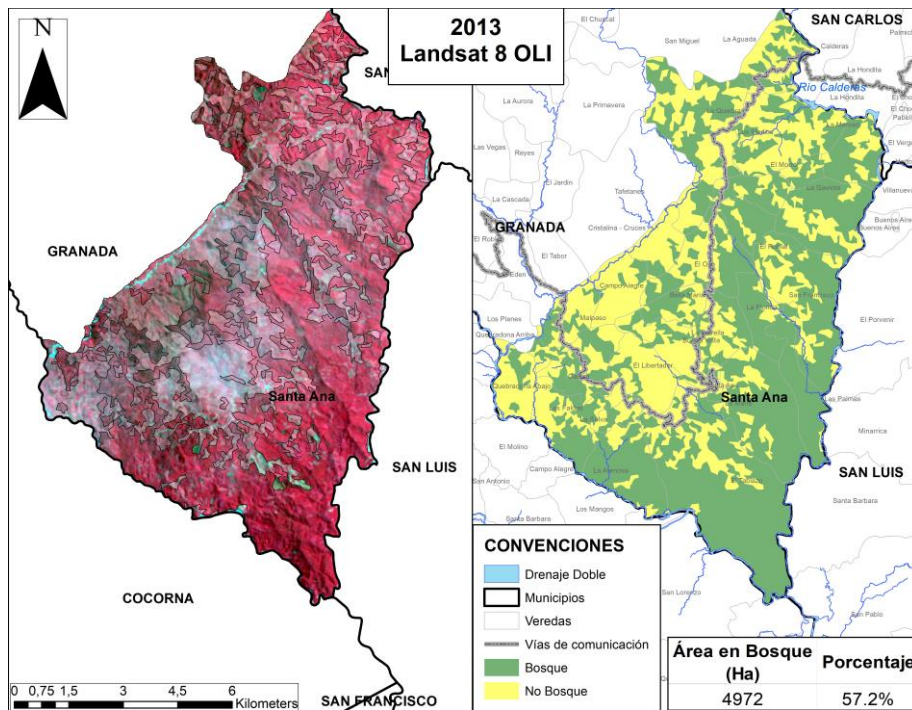


Figura 30: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Landsat 8 OLI de 2013 Fuente: Elaboración Propia

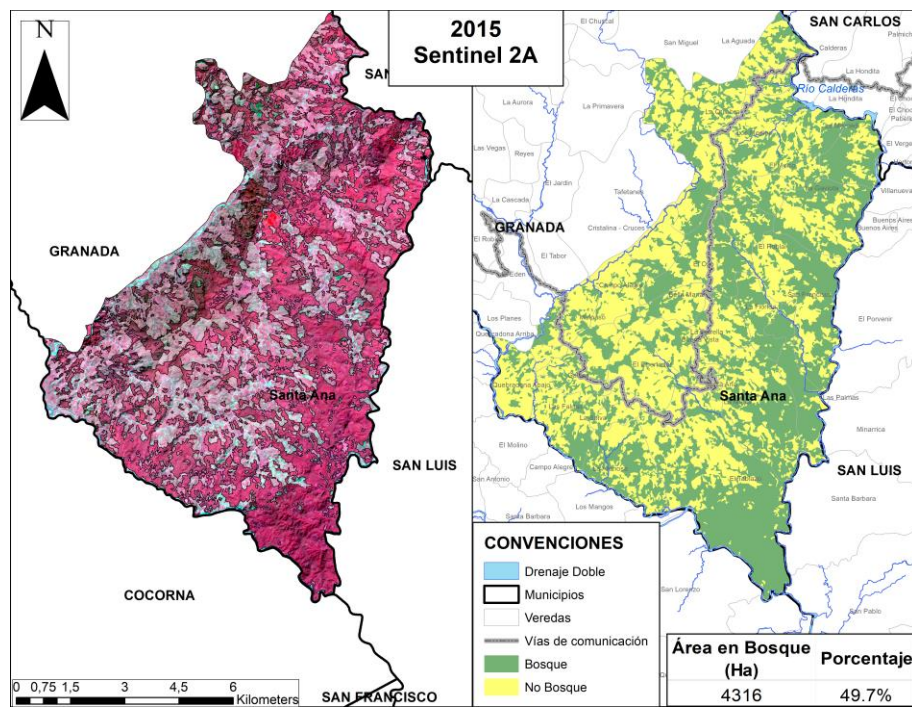


Figura 31: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Sentinel 2A de 2015 Fuente: Elaboración Propia

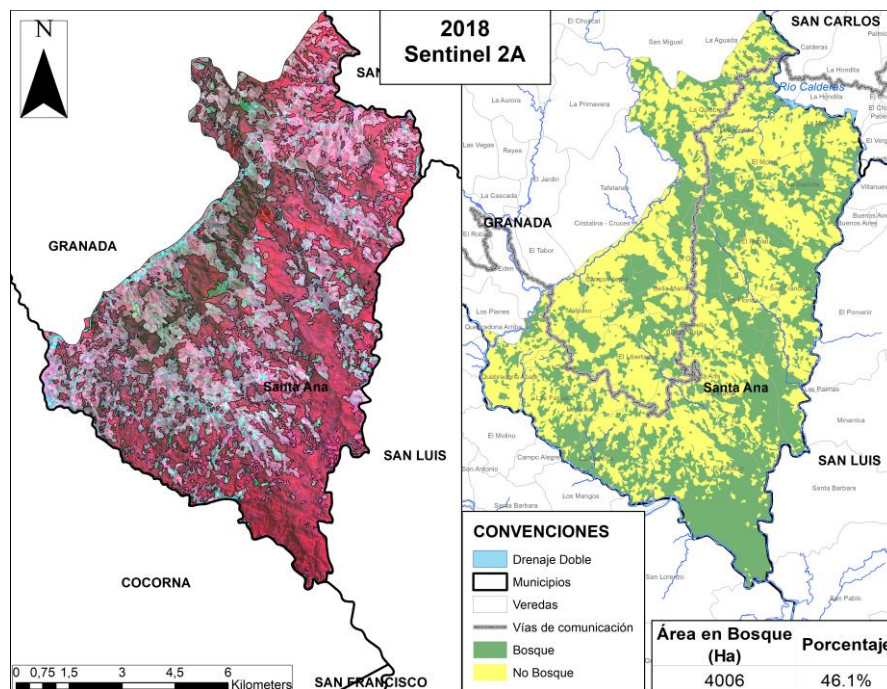


Figura 32: Clasificación supervisada en Bosque – No Bosque para Sentinel 2A de 2018 Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la clasificación de las imágenes fueron consignados en el histograma de la figura 33, se dibujó también líneas que conectan los resultados obtenidos de imágenes con sensores con la misma resolución espacial para facilitar la comparabilidad de los datos

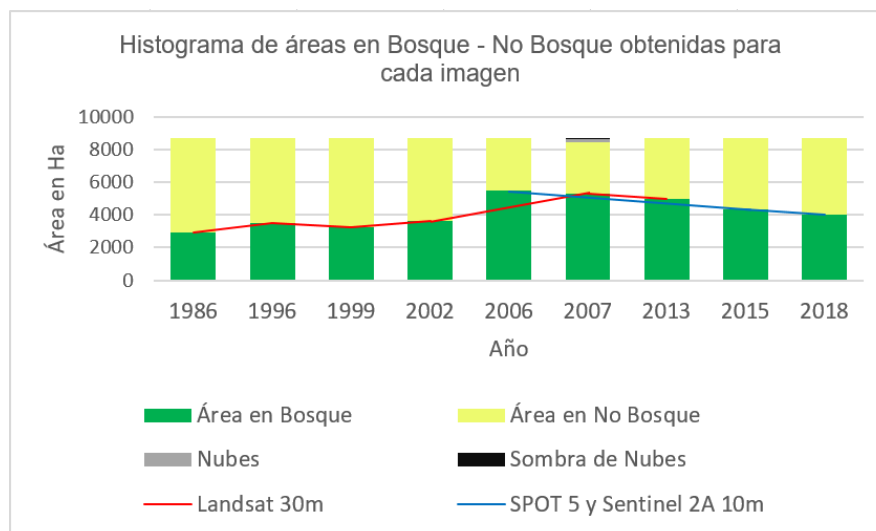


Figura 33: Histograma de áreas en Bosque – No Bosque obtenidas para cada imagen Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la clasificación de las imágenes y el histograma evidencian una tendencia de conservación de las coberturas de Bosque No Bosque durante los años 1986 a 2002 manteniéndose la cobertura bosque entre el 33.4% y el 41.7% del área total de estudio, posteriormente se observa un incremento de la cobertura Bosque hacia los años 2006 y 2007 con porcentajes de bosque en el área de estudio entre el 61.2% y el 63.2%, luego, la cobertura bosque tiende a disminuir progresivamente desde el 2013 hacia el 2018 alcanzando el 46.1% del área total de estudio.

La única imagen en la que se evidenció cobertura de nubes y sus sombras fue en la Landsat TM del año 2007, estas coberturas pueden generar ruido en las mediciones de las coberturas tanto de Bosque como de No Bosque al no permitir identificar qué se encuentra debajo de ellas, sin embargo, del histograma se puede inferir que el área en estas coberturas no es lo suficientemente grande como para influir en la tendencia.

Si bien no es correcto realizar análisis comparativos entre áreas obtenidas de sensores diferentes (resolución espacial: Landsat TM 30 metros; SPOT y Sentinel 2A 10 metros) dado el nivel de detalle que proveen para identificar coberturas y las AMC para la generalización, se puede identificar a través del histograma que las imágenes semejantes evidencian tendencias distintas: La información obtenida de las imágenes Landsat (línea roja en el histograma) evidencian la conservación y el aumento de cobertura Bosque hasta el año 2007, mientras que la información obtenida de los sensores SPOT 5 y Sentinel 2A (línea azul en el histograma) evidencian la disminución progresiva de cobertura Bosque entre 2006 y 2018

7.4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA: CAPAS DE COBERTURAS POR RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

La figura 34 muestra las capas de coberturas de la tierra trabajadas y el área de coberturas calculada para los años 1987 y 2009

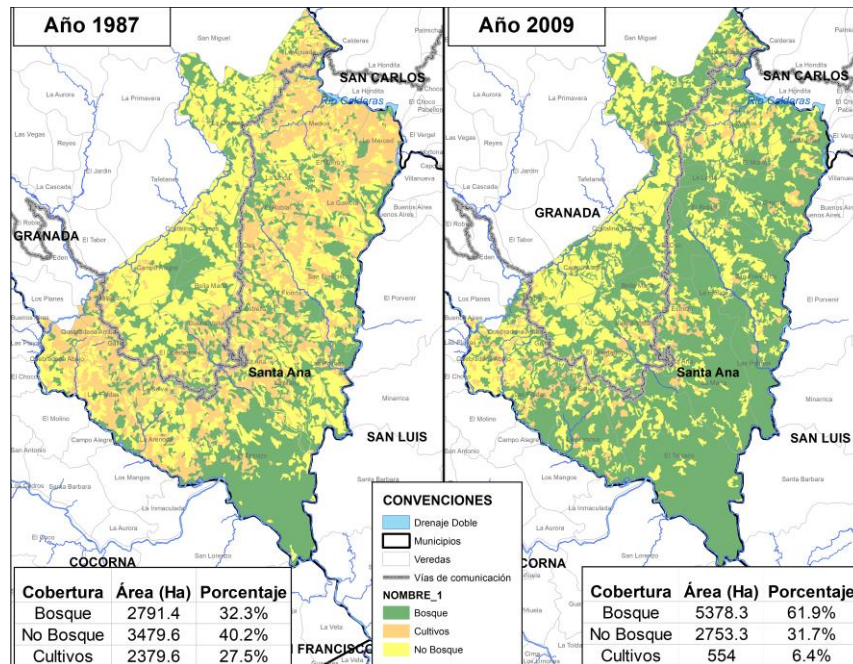


Figura 34: Análisis de coberturas de la tierra para los años 1987 y 2009 con capas de información secundaria Fuente: Elaboración propia

Los resultados fueron consignados en el histograma de la figura 35

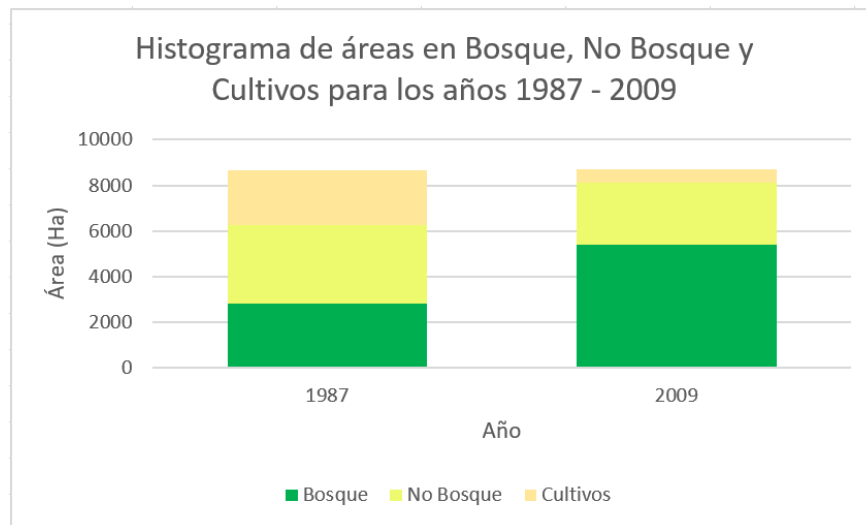


Figura 35: Histograma de áreas en Bosque, No Bosque y Cultivos para los años 1987 – 2009 Fuente: Elaboración propia.

Según el histograma se puede observar un incremento de cobertura Bosque para el año 2009 pasando el 32.3% al 61.9% del área de estudio y una disminución muy

marcada en las áreas de cultivo pasando del 27.5% a sólo el 6.4% del área de estudio.

7.5. CORRELACIÓN DEL CAMBIO DE ÁREA EN BOSQUE CON EL DESPLAZAMIENTO DE VÍCTIMAS DEL CONFLICTO ARMADO EN GRANADA

Usando los resultados obtenidos en los cálculos de cobertura de Bosque mediante clasificación supervisada y el análisis de información secundaria consignados en los histogramas de las figuras 33 y 35, se generó una nueva gráfica que incluyó también la información histórica recopilada del conflicto armado en Granada con las cifras de desplazamiento forzado aportadas por el Centro Nacional de Memoria Histórica

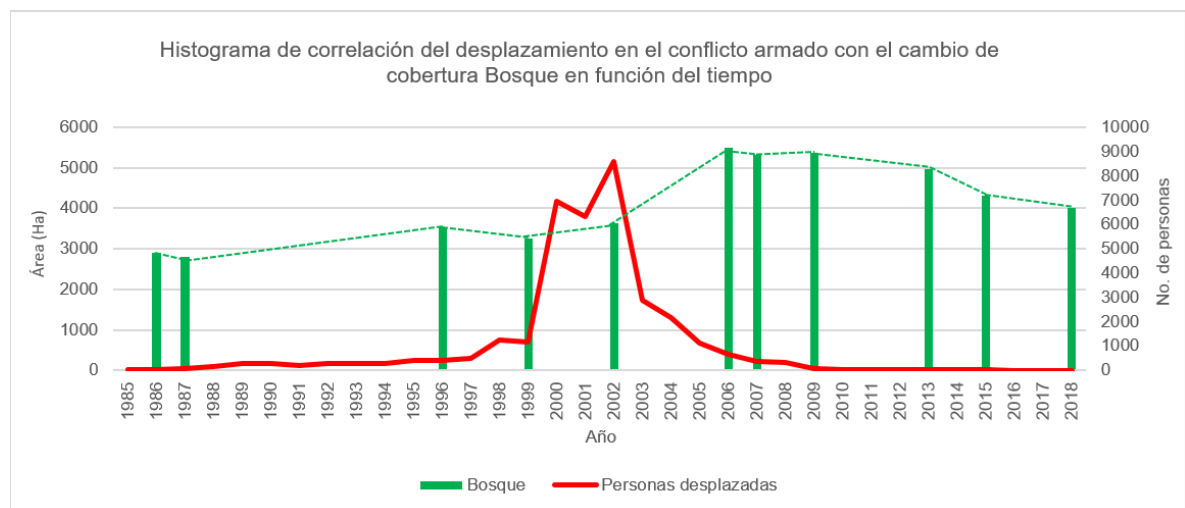


Figura 36: Histograma de correlación del desplazamiento en el conflicto armado con el cambio de cobertura Bosque en función del tiempo. Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra un leve incremento de personas desplazadas entre 1985 y 1997, época que coincide con una tendencia de conservación de coberturas naturales alrededor de 3000 hectáreas en la zona de estudio (datos de Landsat 5 y coberturas año 87). En este período, según la historia del conflicto armado, se da la instalación de las guerrillas en el corregimiento de Santa Ana con plena ausencia del estado y haciendo parte de la vida cotidiana de las personas rurales, es por esto que el uso del suelo fue relativamente constante manteniendo las coberturas poco variables. El incremento lento y constante de personas desplazadas pudo deberse a actos de represión y al conflicto de intereses entre las guerrillas del ELN y las FARC que terminaban por perjudicar la población.

En el año 1997 con la llegada de los grupos paramilitares a Granada y San Carlos, comienzan las confrontaciones directas y actos de violencia contra la población que

aumentan progresivamente el desplazamiento forzado. En el año 2000 cuando se dan las masacres en el casco urbano de Granada, se da un aumento drástico del desplazamiento que llega a su pico máximo hacia el año 2002 que coincide con la implementación de la política de seguridad democrática. Durante estos años, las imágenes Landsat no registran cambios considerables en las coberturas analizadas.

El desplazamiento forzado comienza a disminuir hacia el año 2003 y lo sigue haciendo progresivamente para tender a 0 en la actualidad, esta disminución coincide con el debilitamiento de la guerrilla, la desmovilización de los grupos paramilitares, la toma de control por parte del ejército y el fin del conflicto armado en el territorio. La imagen SPOT de 2006 y el Landsat de 2007 evidencian el aumento considerable de cobertura Bosque con picos cercanos a las 5400 hectáreas, estos picos de cobertura Bosque se encuentran distanciados entre 4 y 7 años de los picos de desplazamiento forzado de los años 2000 y 2002, esto puede explicarse como el margen de tiempo que tardó el ecosistema en regenerar las coberturas naturales de 3625 hectáreas en 2002 a 5320 hectáreas en 2007 asociado al estado de abandono de la tierra producido por los desplazamientos ocasionados por las confrontaciones entre guerrilla, paramilitares y ejército durante estos años, asociados históricamente a las masacres realizadas en el año 2000 en Granada y la implementación de la política de seguridad democrática en el año 2002.

7.6. ANÁLISIS DE POSTCONFLICTO

La disminución progresiva de coberturas naturales desde el año 2009 en adelante evidenciado en el histograma de la figura 36 corresponde al fenómeno de retorno de la población en el marco del postconflicto, donde se dan las actividades de recuperación de predios baldíos y abandonados siendo deforestados para la implementación de las actividades productivas convencionales, actividades que toman fuerza con el surgimiento de la ley 1448 de 2011 para la reparación de víctimas y restitución de tierras en el marco del conflicto armado en Colombia.

Durante los años posteriores a la finalización del conflicto armado, se han venido desarrollando gestiones y proyectos por parte de las autoridades y la administración municipal para apoyar el retorno de la población de Granada y la implementación de sus sistemas productivos de forma armónica con el medio ambiente.

El POMCA del río Samaná Norte y el plan de manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado Las Camelias presentes en la zona son, entre otros, instrumentos de ordenamiento territorial utilizados como determinantes ambientales para el uso y ocupación del suelo

Según la información obtenida de los procesos de restitución de tierras y el proyecto Bosques de Paz, existen 48 predios correspondientes a 165.66 hectáreas en

proceso de restitución durante el segundo semestre de 2018 y 68.85 hectáreas en proyectos productivos y restauración a través del programa Bosques de Paz. La figura 37 corresponde a la superposición de estas áreas sobre la zonificación ambiental del POMCA del río Samaná Norte.

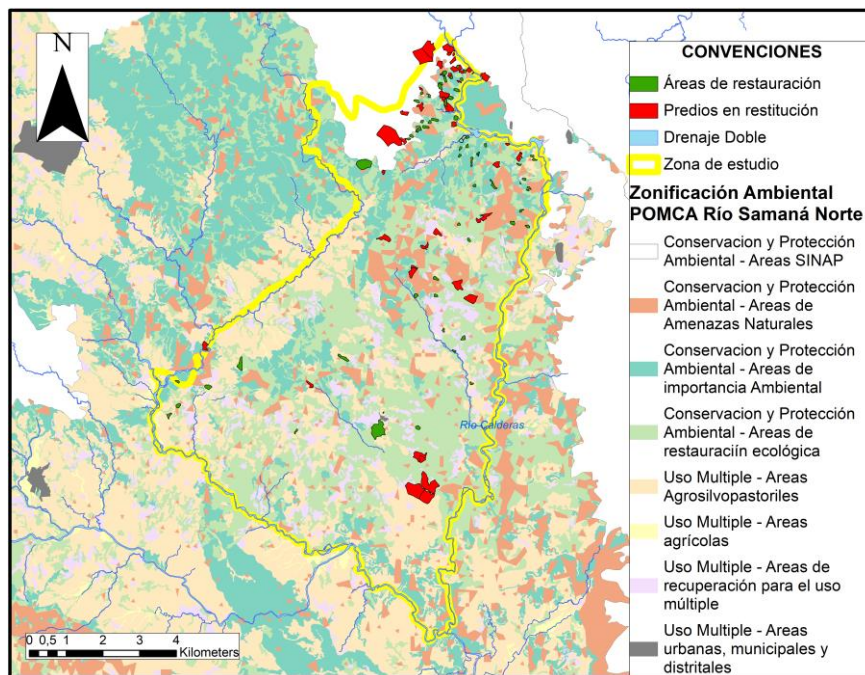


Figura 37: Superposición de procesos de postconflicto sobre la zonificación ambiental del POMCA del río Samaná Norte Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la intersección de capas fueron consignados en el histograma de la figura 38

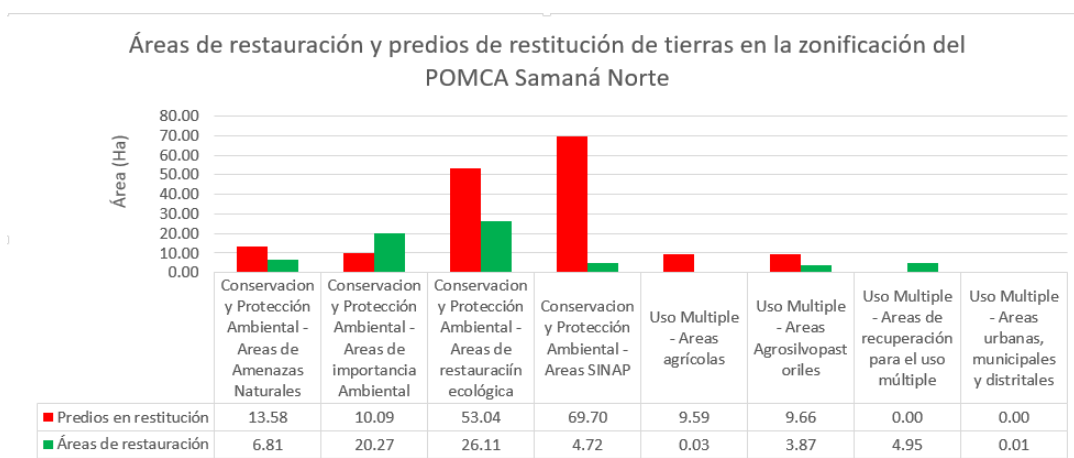


Figura 38: Histograma de áreas de restauración y predios de restitución de tierras en la zonificación del POMCA Samaná Norte Fuente: Elaboración propia.

El histograma de la figura 38 muestra que la mayor cantidad de área de los predios objeto de restitución de tierras se encuentran en la categoría de Áreas SINAP con 69.7 hectáreas correspondientes al 42.07 % del área total de predios en la zona de estudio y en segundo lugar en la categoría Áreas de restauración ecológica con 53.04 hectáreas correspondientes al 32.01% del área total. Las áreas de restauración por Bosques de Paz se encuentran en mayor parte en la categoría de Áreas de restauración ecológica con 26.11 hectáreas correspondientes al 37.92% del área total y en segundo lugar en Áreas de importancia ambiental con 20.27 hectáreas correspondientes al 29.44% del área total.

La presencia de predios en restitución en la categoría de restauración ecológica y Áreas de importancia ambiental exige, según el régimen de usos del POMCA, conservar un 70% del predio con cobertura boscosa garantizando continuidad de la misma predio y predio, en el otro 30% se podrán desarrollar actividades permitidas en el EOT del municipio de Granada, estas actividades están encaminadas a desarrollar sistemas productivos con esquemas de producción limpia y buenas prácticas ambientales, las áreas de restauración por Bosques de Paz se encuentran acordes a este régimen de usos.

La categoría Áreas SINAP del POMCA se remite a las áreas protegidas que se encuentran en la zona, que para este caso es el DRMI Las Camelias ubicado al norte del área de estudio, este cuenta con una zonificación propia dividida en tres categorías (Preservación, Restauración y Uso Sostenible) sustentado en un Plan de Manejo que busca garantizar los objetivos de conservación del área protegida, que para el caso del DRMI Las Camelias corresponde, entre otros, al corredor del *Puma concolor* y a ecosistemas boscosos asociados al nacimiento del río Calderas.

La figura 39 corresponde a la superposición de estas áreas sobre la zonificación ambiental del DRMI Las Camelias.

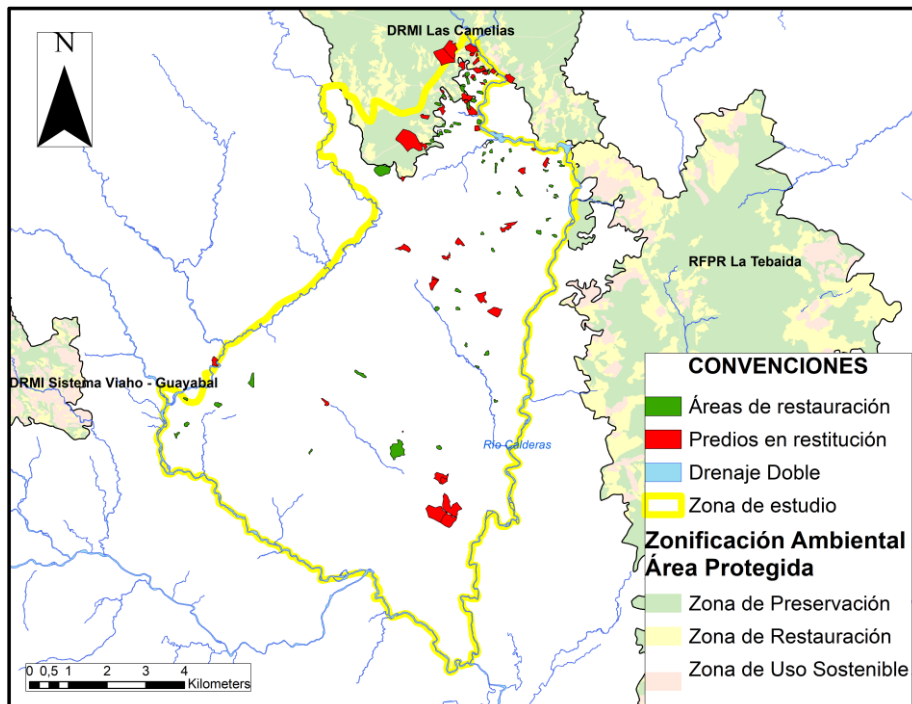


Figura 39: Superposición de procesos de postconflicto sobre la zonificación ambiental del DRMI Las Camelias. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la intersección de capas fueron consignados en el histograma de la figura 40

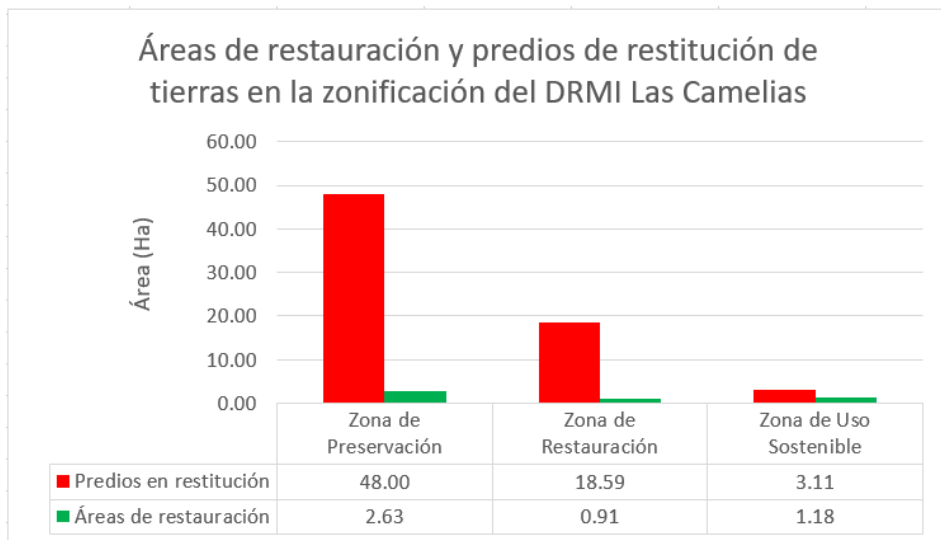


Figura 40: Histograma de áreas de restauración y predios de restitución de tierras en la zonificación del DRMI Las Camelias. Fuente: Elaboración propia.

El mapa de la figura 39 y el histograma de la figura 40 muestran una gran cantidad de área de predios de restitución en la categoría de Preservación del DRMI con 48 hectáreas correspondientes al 28.97% del área total de predios en la zona de estudio. Según el Plan de Manejo del DRMI, las áreas en categoría de Preservación son intangibles para lograr los objetivos de conservación salvo actividades como la meliponicultura, la apicultura o el aprovechamiento silvicultural del bosque.

Este análisis evidencia un conflicto de usos que se está presentando al interior del área protegida, ya que el modelo de aprovechamiento propuesto por el plan de manejo va en contravía con las prácticas convencionales de producción como la ganadería extensiva y agricultura a las que se encontraban acostumbrados las personas en proceso de retorno, los sistemas productivos alternativos promovidos por el programa Bosques de Paz se encuentran acordes al régimen de usos de las categorías de Restauración y Uso Sostenible del DRMI pero también entran en conflicto con la categoría de Preservación.

8. CONCLUSIONES

- La ubicación espacial de los actores armados en el territorio, su incidencia en la población y la disponibilidad de información secundaria e imágenes satelitales en las fechas los momentos históricos del conflicto permitieron llevar a cabo el análisis en la zona de estudio determinada.
- La clasificación supervisada de imágenes satelitales y la intersección de capas de coberturas de la tierra evidenciaron un cambio de áreas de Bosque, No Bosque y Cultivos en el tiempo determinado por el estudio. Existe un margen de incertidumbre en las mediciones asociado a la dificultad de comparar información cartográfica de diferente escala de análisis, que para el caso de las imágenes satelitales, es debido a los diferentes sensores utilizados que condicionan su resolución espacial, y para el caso de las capas de coberturas de la tierra, es debido a los diferentes autores, momentos y fuente de información que las produjeron. Sin embargo, para el caso de las imágenes satelitales, los sensores de Landsat, comparables entre ellos por su resolución espacial de 30 metros, evidencian la tendencia al incremento de cobertura Bosque entre los años 2002 y 2007; y las SPOT 5 y Sentinel 2A, comparables por la resolución de 10 metros, evidencian la tendencia a la disminución de cobertura Bosque entre los años 2006 y 2018 (ver líneas roja y azul del histograma de la figura 33)
- La tendencia del crecimiento y disminución del área de cobertura Bosque tiene un comportamiento de campana similar al del número de personas desplazadas por el conflicto armado, con un distanciamiento de los máximos de las gráficas en el eje horizontal de entre 4 y 7 años, esto comprueba la hipótesis planteada en la Fase 3 de la metodología: “en momentos de ascenso y apogeo del conflicto armado y el desplazamiento, la cobertura Bosque tiende a aumentar, y en el postconflicto la cobertura Bosque tiende a disminuir”. El distanciamiento entre 4 y 7 años de las gráficas corresponde probablemente al tiempo que tardó el ecosistema en regenerar las coberturas naturales asociado al estado de abandono de la tierra (ver histograma de la figura 36).
- Según el análisis de la información cartográfica de los procesos de postconflicto (Restitución de Tierras y Programa Bosques de Paz) se puede concluir que existe una alta probabilidad de darse un conflicto de uso del suelo debido a la concentración de predios en restitución y áreas de restauración productiva en la categoría de Preservación del Distrito Regional de Manejo Integrado Las Camelias ubicado al norte del área de estudio, ya que según el Plan de Manejo, el régimen de usos de esta categoría en el área protegida no permite la implementación de sistemas productivos convencionales como la agricultura y la ganadería ni tampoco la agroforestería y el silvopastoreo.

9. RECOMENDACIONES

- Con respecto a la metodología, se recomienda realizar análisis estadísticos que permitan calcular el grado de correlación de las variables analizadas, así como el uso de un mismo tipo de sensor en las imágenes satelitales para estandarizar el proceso de clasificación de las coberturas y disminuir el sesgo asociado a la escala de análisis de la información.
- Con respecto a las conclusiones del estudio, se recomienda poner especial atención a la ocupación de los predios restituidos en el DRMI Las Camelias donde se evidencia que los sistemas productivos convencionales están en conflicto con el régimen de usos propuestos en el plan de manejo del DRMI, por lo tanto es importante desarrollar propuestas, proyectos de investigación y capacitación de la población retornada en los sistemas productivos aptos para desarrollar en la categoría de Preservación del DRMI como la meliponicultura, la apicultura y el aprovechamiento silvicultural del bosque, entre otros.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Granada. (2009). *Información General del municipio de Granada*. Obtenido de <http://www.granada-antioquia.gov.co/nuestro-municipio/informacion-general/geografia>
- Al-Hamdan, M. Z. (2017). Evaluating land cover changes in Eastern and Southern Africa from 2000 to 2010 using validated Landsat and MODIS data. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, 8-26.
- Centro Nacional de Memoria Histórica. (2016). *Granada: Memorias de Guerra, Resistencia y Reconstrucción*. Bogotá: CNMH - Colciencias - Corporación Región.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid: Ediciones RIALP, S.A.
- CORNARE. (2011). Acuerdo 251 "Por medio del cual se fijan Determinantes Ambientales para la reglamentación de las rondas hídricas y las áreas de protección o conservación aferentes a las corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Oriente del Departamento de Antioquia". El Santuario, Antioquia, Colombia.
- CORNARE. (Diciembre de 2017). Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Samaná Norte. El Santuario, Antioquia.
- CORNARE. (2017). Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado Las Camelias. El Santuario, Antioquia.
- Dirección general de divulgación de la ciencia, UNAM. (2016). *El Universal*. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2016/11/22/alertan-por-la-fragmentacion-de-ecosistemas>
- ESRI. (s.f.). *ArcGIS Desktop*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/intersect.htm>
- Galindo, G., & IDEAM. (2014). *Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia V2*. Bogotá: IDEAM.
- GEOCENTO. (s.f.). *Satélite de imágenes SPOT-5*. Obtenido de <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-spot-5/>
- IDEAM, Rodríguez, J., & Peña, V. (2013). *Análisis de Dinámicas de Cambio de Coberturas de la Tierra en Colombia, Escala 1:100.000 Periodos 2000-2002 y 2005-2009*. Bogotá: Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM.
- Instituto de Estudios Regionales - Iner-. (2001). *Bases para el Plan Estratégico Decenal de Inserción de la Universidad de Antioquia en las regiones del Oriente Antioqueño*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- López, S., Wright, C., & Constanza, P. (2017). Environmental change in the equatorial Andes: Linking climate, land use, and land cover transformations. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 8, 291- 303.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. <http://volaya.github.io/libro-sig>.

- Rebollo Barrios, M. E. (s.f.). Estudio Multitemporal para la determinación de cambios en el uso del suelo en el complejo de páramos Tota - Bijagual-Mamapacha para el período 1992 - 2012. Bogotá, Colombia.
- Tiria, L., Bonilla, J., & Bonilla, C. (2018). *Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguízamo, Putumayo (Colombia)*. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía Vol 27 N°2.
- USGS. (s.f.). *Landsat Missions*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat>
- Verdad Abierta. (24 de Noviembre de 2011). *Así vivieron el conflicto armado en San Carlos, Antioquia*. Obtenido de [verdadabierta.com: https://verdadabierta.com/asi-vivieron-el-conflicto-armado-en-san-carlos-antioquia/](https://verdadabierta.com/asi-vivieron-el-conflicto-armado-en-san-carlos-antioquia/)
- Yébenes Gómez, Á., & Giner Sotos, Á. (s.f.). *Clasificación digital de imágenes por Satélite*. 3°ITT.SE Sistemas de Telemidida.