Apoyo en la gestión del cálculo de la huella de carbono municipal en los sectores de tierras permanentes y cambio de uso de la tierra en la jurisdicción CAR

Nicolas Camilo Ospina Salazar

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Ambiental

Bogotá D.C. 2022

Informe final de la pasantía apoyo en la gestión del cálculo de la huella de carbono municipal en el sector de cambio de uso y tierras permanentes para la jurisdicción CAR.

Nicolas Camilo Ospina Salazar

Código: 20161180684

Trabajo de grado bajo la modalidad de PASANTIA para optar por el título de:

Ingeniero Ambiental

Alberto Figueroa Fernández

Director Interno

María Elena Báez Caballero

Director Externo

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Ambiental

Bogotá D.C. 2022

Resumen

Tomando como punto de partida la ley 1931 de 2018 la cual establece las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.

La mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI), es la gestión que busca reducir los niveles de emisiones de GEI hacia la atmósfera, a través de la limitación o disminución de las fuentes de emisiones, como la deforestación, la industria, el transporte, ganadería, entre otros y el aumento o mejora de los depósitos y reservas.

Por otra parte, la Ley 2169 de 2021, pretende establecer metas y medidas mínimas para alcanzar el carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono en el país en el corto, mediano y largo plazo, en el marco de los compromisos internacionales asumidos por la República de Colombia sobre la materia”

Con base en lo anterior, en el desarrollo de la presente pasantía se pretende apoyar el proceso de cálculo de la huella de carbono, haciendo énfasis en el cambio de cobertura de la tierra, para apoyar a los 22 municipios a incorporar en los Planes de Ordenamiento Territorial y planteen medidas de mitigación para la reducción de la huella de carbono de municipios de la jurisdicción CAR y de la región en general.

Tabla de contenido

Justificación 6

Planteamiento del problema 9

Objetivos 12

Objetivo General 12

Objetivos específicos 12

Marco Teórico 13

Marco Conceptual 16

Cambio climático 16

Gases Efecto Invernadero 16

Huella de Carbono 16

Cambio de uso de la tierra 17

Corin Land Cover 17

Metodología 18

Resultados 22

Implementación de la guía de la herramienta para el cálculo de la huella de carbono CAR utilizando tecnologías SIG entre el periodo 2010 - 2018. 22

Comparación del cambio de coberturas entre el año 2010 y 2018 para hacer el respectivo cálculo según la “Guía para el uso de la herramienta para el cálculo de la Huella de Carbono Municipal – HCM” en el sector de cambio de uso del suelo. 22

Apoyo al seguimiento de la estimación de huella de carbono en 20 municipios seleccionados de la jurisdicción CAR para el sector de cambio de uso de la tierra. 43

Apoyo a la estimación de la huella de carbono en el sector de tierras permanentes a 20 municipios de la jurisdicción CAR. 44

Análisis y cumplimiento de objetivos 46

Anexos Calculadores de HC 46

Conclusiones 48

Recomendaciones 49

Bibliografía 50

Tabla de figuras

Figura 1. Metodología para el desarrollo de la pasantía. 18

Figura 2. Municipio de Zipaquirá 23

Figura 3. Municipio de Viotá 24

Figura 4. Municipio de Villeta 25

Figura 5. Municipio de Villapinzón 26

Figura 6. Municipio de Ubaté 27

Figura 7. Municipio de Tenjo 28

Figura 8. Municipio de Tabio 29

Figura 9. Municipio de Subachoque 30

Figura 10. Municipio de Simijaca 31

Figura 11. Municipio de Pacho 32

Figura 12. Municipio de Nemocón 33

Figura 13. Municipio de Madrid 34

Figura 14. Municipio de Guatavita 35

Figura 15. Municipio de Girardot 36

Figura 16. Municipio de Fusagasugá 37

Figura 17. Municipio de Funza 38

Figura 18. Municipio de Facatativá 39

Figura 19. Municipio de Cota 40

Figura 20. Municipio de Chía 41

Figura 21. Municipio de Agua de Dios 42

Justificación

En el año 1988, se establece un grupo de expertos en temas de cambio climático - IPCC creado por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el programa ambiental de las naciones unidas (UNEP). Estos expertos, analizan la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión de los elementos científicos relativos al cambio climático de origen antropogénico, así como sus posibles repercusiones, riesgos y sus posibilidades de atenuación y de adaptación al mismo. (IPCC, 2013)

Después de varios informes y estudios realizados, la preocupación mundial por estos temas lleva a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – UNFCCC a establecer compromisos de los países para la reducción de emisiones de GEI a través de medidas de mitigación de cambio climático, las cuales son detalladas en el Protocolo de Kyoto. Colombia firma la CMNUCC mediante la Ley 164 de 1995 y forma parte, también, del protocolo de Kyoto al firmar la Ley 629 del 27 de diciembre de 2000. En ellas se compromete a contribuir en la reducción de emisiones de GEI en ámbito nacional.

En el contexto nacional, la ley 99 de 1993 crea el Sistema Nacional Ambiental y se establecen las funciones y la estructura de las Corporaciones Autónomas Regionales las cuales tienen la función de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS.

Otro instrumento normativo que Colombia adopto mediante El Decreto 298 de 2016 es el SISCLIMA - Sistema Nacional de Cambio Climático, que tiene como finalidad coordinar, articular, formular, hacer seguimiento y evaluar las políticas, normas, estrategias, planes,

programas, proyectos, acciones y medidas en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación de gases efecto invernadero.

La Política Nacional de Cambio Climático publicada en el 2017, es un gran instrumento para tomar decisiones y acciones para enfrentar el cambio climático a diferentes escalas en el territorio, es decir, pasando por el área rural, urbana, incorporando la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera.

Es de resaltar lo ordenado en la Ley 2169 de 2021 que indica las metas en materia de mitigación al cambio climático para el país específicamente para los años 2030 y 2050 las cuales basan en:

- Reducir las emisiones de carbono negro en un 40%.
- Reducir en un cincuenta y uno por ciento (51 %) las emisiones de Gases de Efecto.

Invernadero - GEl con respecto al escenario de referencia a 2030 de la NDC (La Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia), lo que representa un máximo de emisiones país de 169.44 millones de tC02eq en 2030.

- Alcanzar el carbono neutralidad a 2050.
- Reducir la deforestación neta de bosque natural.

Actualmente, la CAR cuenta con la “Herramienta para el Cálculo de la Huella de Carbono a nivel Municipal”, que consiste en una calculadora que cuantifica la cantidad de emisiones de GEI, expresadas en toneladas de CO2 equivalente, y que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. Esta herramienta nos ayuda a identificar los

sectores más emisores e implementar acciones para la reducción de las emisiones de GEI con el fin de reducir la mayor cantidad de emisiones que contribuyen al aumento del calentamiento global. La calculadora contempla la sumatoria de las emisiones de GEI de 8 sectores: residencial, industrial, institucional, transporte, residuos, agropecuario, cambio de uso del suelo y tierras permanentes que son las actividades más representativas en cuanto a emisiones de GEI a nivel de municipal. Los sectores de cambio de uso del suelo y tierras permanentes, según La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO son consideradas de gran importancia por ser el suelo uno de mayores sumideros de carbono, después de los océanos, e incluso se reporta que sobrepasa la capacidad de captura y duplica la retención de dióxido de carbono del aire al comparar con los bosques y otra vegetación. (FAO, 2017)

Es por eso, que la Ley 2169 de 2021, señala que debemos sobreponer la importancia de tener unos suelos más sanos y una gestión sostenible de la tierra y del suelo, no solo para la producción de alimentos, sino también para ayudar reducir la vulnerabilidad y el riesgo por el cambio climático.

Planteamiento del problema

Los cambios en el clima durante la historia del planeta han sido variables y se han visto reflejados en periodos de glaciaciones e interglaciares o ascensos y descensos del mar. Sin embargo, antecedentes como el impulso a las industrias a partir de la revolución industrial hacia mediados del siglo XVIII, a la revolución verde que se dio en el siglo XX que promovió el uso de agroquímicos para la producción de alimento masivo, el consumo excesivo de productos procesados, la sobrepoblación, la producción y uso de plástico, el aumento en el uso de combustibles fósiles, el desarrollo de las ciudades y su infraestructura, el consumo de los recursos y su empleo en las actividades diarias, entre otros han incrementado las emisiones de Gases Efecto Invernadero-GEI y como consecuencia ha habido cambios en el estado y el funcionamiento de las dinámicas naturales de la tierra y el clima, así como de la variabilidad climática (IDEAM, 2017). Se ha podido evidenciar que en las últimas décadas los sistemas naturales del planeta han tenido modificaciones por encima de las variaciones climáticas.

El cambio en la temperatura media del planeta trae consigo el calentamiento global debido al rápido aumento del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera, causado por las actividades humanas con grandes consecuencias sobre el clima de una región, ocasionado en algunos casos olas de calor, especialmente en los centros poblados de las áreas urbanas. El cambio en el clima altera las variables climatológicas como la temperatura, humedad, precipitación, evapotranspiración, entre otras, en los cuales los sistemas naturales funcionan. Por esta razón, se han podido observar mayor frecuencia e intensidad en la ocurrencia de eventos climáticos extremos de la variabilidad climática tales como fuertes aguaceros, granizadas, inundaciones más severas, sequías prolongadas, incendios forestales más extendidos, huracanes, vendavales, heladas más fuertes y consecuencias en sistemas socioeconómicos como

en la producción de alimento, la provisión de agua, la fertilidad de los suelos, la incidencia de enfermedades, la supervivencia de otras especies animales y vegetales, entre otros.

En Colombia, el IDEAM que es la autoridad del clima ha realizado los inventarios de GEI para presentar ante la convención marco de las naciones unidas las comunicaciones nacionales de cambio climático, referenciando que uno de los principales emisores de GEI son los sectores de cambios en el uso del suelo con un aporte de 62% especialmente por la deforestación que libera 69 Millones TON de CO2, transporte e industrias manufactureras con 11% cada uno. (IDEAM, 2016)

De acuerdo con lo anterior, la CAR desarrolla la “Herramienta para el Cálculo de la Huella de Carbono a nivel Municipal” la cual estima la huella de carbono de 8 sectores económicos y productivos que intervienen en los municipios, y después de un análisis óptimo de los resultados permite generar alternativas útiles para la reducción de las emisiones de los GEI que generamos a la atmósfera, evitando así el calentamiento global. Esta calculadora contempla diferentes en sectores, entre ellos se encuentra el cambio de uso y las tierras permanentes que están asociados a las diferentes coberturas de la tierra y al cambio de sus áreas a través de los años generando así un problema para cada municipio ya que el mal uso de la tierra y las malas prácticas llevan a un deterioro del suelo y por lo tanto a la liberación de carbono.

Debido al desinterés de los profesionales, falta de conocimientos, falta de personal, información errónea, rotación de profesionales y la falta de transmisión de conocimientos entra profesionales llevan a la carencia de los resultados de la calculadora por parte de los municipios, asociado a esto se encuentran dificultades en el conteo de la captura de carbono en los procesos de restauración, recuperación y rehabilitación que establece la CAR en su jurisdicción por lo tanto para poder incorporar la línea de mitigación de la gestión para el cambio climático en los

instrumentos de planificación se necesita estimar la liberación de emisiones de GEI aplicando la herramienta para el cálculo de la HCM en la jurisdicción de la CAR en los sectores de cambio de uso de la tierra y tierras permanentes, con la finalidad de generar un insumo a los municipios para plantear estrategias a nivel municipal para apoyar, restaurar y restablecer bosques, herbazales, pastizales y otros ecosistemas esenciales para la fijación de carbono y además implementar medidas de mitigación en relación a la reducción de emisión de GEI.

Objetivos

Objetivo General

Apoyar a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR en el seguimiento a la gestión del cálculo de la Huella de Carbono en el sector cambio de uso y tierras permanentes para 20 municipios de la jurisdicción.

Objetivos específicos

- Implementar la guía para el uso de la herramienta para el cálculo de la HC utilizando tecnologías SIG en el periodo 2010 y 2020.
- Comparar el cambio de coberturas entre el año 2010 y el presente para hacer el respectivo calculo según la “Guía para el uso de la herramienta para el cálculo de la HC” en el sector de cambio de uso del suelo.
- Apoyar el seguimiento de la estimación de huella de carbono en 20 municipios del sector de cambio de uso del suelo.
- Apoyar a la estimación de la huella de carbono en el sector de tierras permanentes a 20 municipios de la jurisdicción CAR.

Marco Teórico

Según el informe de Brundtland (1987) El desarrollo sostenible es “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. (IB, 1987)

En el artículo “Construcción de la Teoría de la Sostenibilidad” Julio Carrizosa nos plantea que el desarrollo sostenible es aquel que hace perpetua la elevación de la calidad de vida, o expresar cosas muy amplias y muy abstractas como decir que el desarrollo sostenible es aquel que asegura a perpetuidad la vida humana en el planeta, con lo cual se concluye que está estrechamente relacionada con la evolución. (Carrizosa, 1998)

Adicionalmente, este artículo se refiere al cambio climático, a como los cambios, a largo plazo, de las temperaturas y los patrones climáticos que se dan de manera natural, pero, que actualmente las actividades humanas han sido el principal motor para este efecto debido principalmente por la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas, los cuales traen efectos negativos en las dinámicas naturales del planeta. A partir de este problema, se crea el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC, fundado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta (IPCC, 2013). Este grupo ha preparado varios informes de evaluación de los cuales salieron varias convenciones, protocolos y demás como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – CMNUCC este tiene por objetivo promover entre los países a que se estabilicen las concentraciones de los Gases Efecto Invernadero - GEI en la atmósfera para la lucha contra el cambio climático (UNFCCC, s.f), consecuentemente surge el protocolo de Kyoto donde se compromete a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de

GEI de conformidad con las metas individuales acordadas. La propia Convención sólo pide a esos países que adopten políticas y medidas de mitigación y que informen periódicamente mediante las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático que cada país debe presentar ante la CMNUCC.

En el año 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales llamados Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, estos conforman un esquema para mejorar las vidas de las poblaciones alrededor del mundo y mitigar los peligrosos efectos originados por el hombre relacionados con el cambio climático. El ODS 13: Acción por el clima, hace un llamado para integrar medidas para la prevención del cambio climático dentro de esquemas de desarrollo; el ODS 14: Vida submarina, y el ODS15: Vida de ecosistemas terrestres, también hacen un llamado para prácticas más sostenibles en el uso de los recursos naturales del planeta. (UN, s.f)

A nivel nacional se tiene un mecanismo de reporte que tienen los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático llamado Comunicación Nacional, en el año 2017 Colombia presentó su tercer comunicado el cual recolecta la información relacionada con el cambio climático, así como también las acciones sectoriales y territoriales relevantes para la mitigación, la adaptación y la educación del país respecto al tema.

Para la generación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, se establece que los entes territoriales deberían incluir los cambios futuros del clima en sus sistemas de planificación, el principal instrumento de esta índole son los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). Con este fin sale la ley 2169 de 2021 en donde se le la corresponsabilidad a las entidades públicas del orden nacional, departamental, municipal y distrital, así como de las personas naturales y jurídicas, públicas, privadas y mixtas en la definición e implementación de

metas y medidas en materia de carbono neutralidad, desarrollo bajo en carbono y resiliencia climática para el año 2030.

En el tema de la calculadora específicamente el sector de cambio de uso y tierras permanentes se debe hacer un análisis multitemporal de coberturas ya que este permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio. Estos estudios evalúan la velocidad de la deforestación o reforestación, determinan su extensión geográfica y contribuyen al entendimiento de las causas naturales, sociales o económicas de los cambios en las escalas global, regional y local (Chuvieco, 1996). Bajo el contexto anterior, la CAR viene asesorando a los municipios para promover el cálculo de huella de carbono, identificar los sectores más emisores e incentivar a la implementación o desarrollo de medidas de mitigación de reducción de emisiones de GEI, expresadas en toneladas de CO2 equivalente, para evitar que sean liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad y de esta manera contribuir a cumplir las metas del país para el 2030 con tendencia hacia la carbono neutralidad para el año 2050.

Marco Conceptual

Cambio climático

El cambio climático hace referencia a una variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. (IPCC, 2018)

Gases Efecto Invernadero

Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H2O), el dióxido de carbono (CO2), el óxido nitroso (N2O), el metano (CH4) y el ozono (O3) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Asimismo, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO2, el N2O y el CH4, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero: hexafluoruro de azufre (SF6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). (IPCC, 2018)

Huella de Carbono

La huella de carbono es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente. Se refiere a la cantidad en toneladas o kilos de dióxido de carbono

equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos. (Schneider; Samaniego, 2010)

Cambio de uso de la tierra

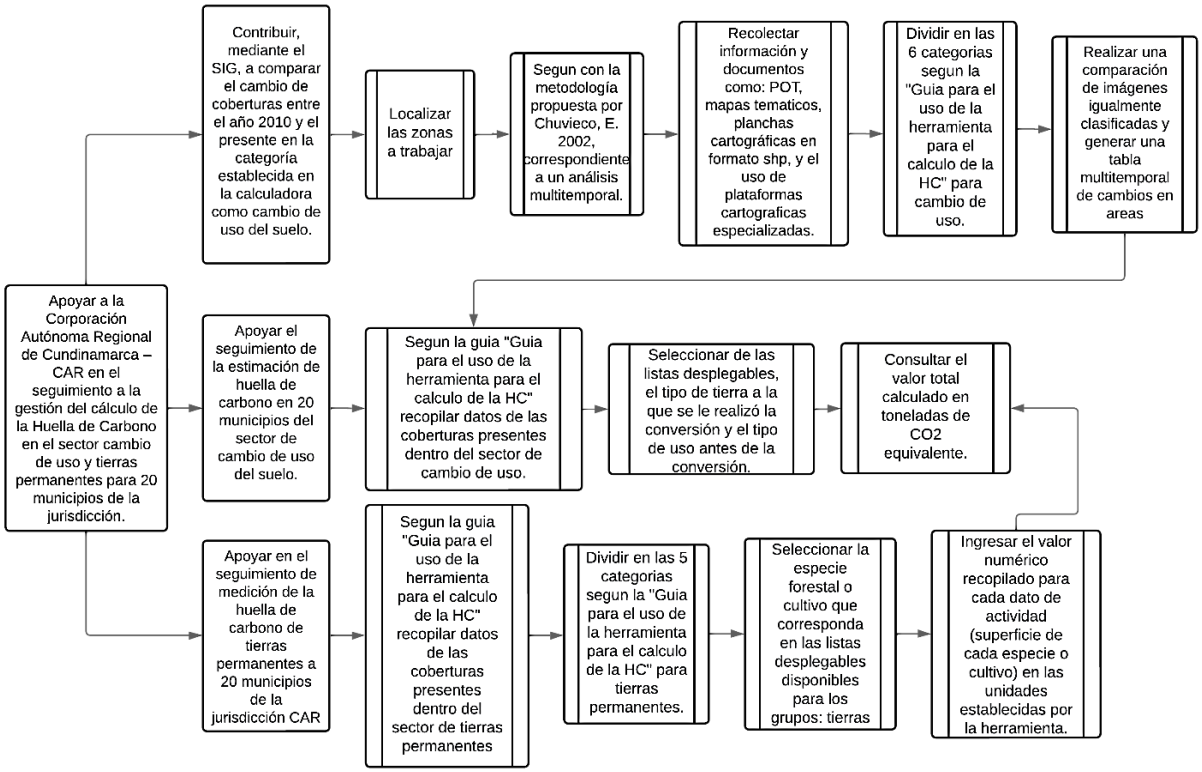
El cambio de uso de la tierra implica un cambio de una categoría de uso de la tierra a otra. Un cambio en el uso o gestión de las tierras por los humanos, que puede llevar a un cambio en la cubierta de dichas tierras. La cubierta de las tierras y el cambio en el uso de las tierras pueden tener un impacto en el albedo, la evapotranspiración, y las fuentes y los sumideros de gases de efecto invernadero, u otras propiedades del sistema climático, y puede tener igualmente consecuencias en el clima, ya sea de manera local o mundial. (IPCC, 2001).

Corine Land Cover

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas. El esquema metodológico Corine Land Cover contempla las siguientes etapas: adquisición y preparación de la información; análisis e interpretación de las coberturas; verificación de campo, control de calidad y generación de la capa temática escala 1:100.000. (IDEAM)

Metodología

Figura 1. Metodología para el desarrollo de la pasantía.



Elaboración propia

Recolección de datos: Para la elaboración del análisis multitemporal se realizó una búsqueda en el Sistema de Información Ambiental Colombiana (SIAC) precisamente las capas de coberturas de la tierra (metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia), teniendo en cuenta lo anterior se hallaron las capas del año 2010-2012 y año 2018. Del mismo modo, la capa con los polígonos de los municipios de la jurisdicción CAR de la respectiva plataforma de la entidad.

Para la selección de los 20 municipios se considera abarcar la variedad de pisos térmicos, para así poder hacer diferentes análisis respecto a las emisiones y la ubicación de cada uno. Estos municipios son extraídos de la capa de la jurisdicción CAR para trabajar cada uno por aparte.

Para la información de cultivos se descargan las evaluaciones agropecuarias municipales del ICA; además, para las plantaciones forestales se buscan los diferentes reportes hechos por los municipios seleccionados como lo recomienda la "Guía para el uso de la herramienta para el cálculo de la HC".

Análisis multitemporal: Para el análisis multitemporal, es decir, la comparación del cambio de uso de tierras se siguió la metodología propuesta por Chuvieco (2002), en donde se interceptan la capa de cada municipio con las dos capas de coberturas generando el análisis multitemporal de cada municipio, a partir de esto se hace una reclasificación de los nuevos polígonos salientes a partir de la tabla de atributos, uniendo los polígonos coincidentes en coberturas tanto del 2010-2012 y 2018.

Calculadora cambio de uso de tierras: A partir de la información de la tabla de atributos de los diferentes municipios (Cobertura 2010 - 2012 y cobertura 2018) y sus áreas debidamente calculadas se hace el diligenciamiento de la calculadora seleccionando la cobertura en la que se convirtió y la cobertura antes de la conversión y la respectiva suma de las coberturas coincidentes, esto haciendo uso de la siguiente tabla elaborada a partir del INFORME NACIONAL "EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES 2010" ubicada en la página 6 de https://www.fao.org/3/al479s/al479s.pdf .

Tabla 1. Clasificación de coberturas de la calculadora con respecto a Corine Land Cover.

Tipo de cobertura Calculadora	**Cobertura Corine Land Cover**
Áreas urbanizadas.	Tejido urbano continuo Tejido urbano discontinuo Zonas industriales o comerciales Red vial, ferroviaria y terrenos asociados

	Aeropuertos
	Obras hidráulicas
	Zonas verdes urbanas
	Instalaciones recreativas
Otras áreas sin vegetación.	Zonas de extracción minera
	Zona de disposición de residuos
	Zonas arenosas naturales
	Afloramientos rocosos
	Tierras desnudas y degradadas
Cultivos transitorios.	Otros cultivos transitorios
	Cereales
	Oleaginosas y leguminosas
	Hortalizas
	Tubérculos
Cultivos permanentes.	Cultivos permanentes herbáceos
	Cultivos permanentes arbustivos
	Cultivos permanentes arbóreos
	Cultivos agroforestales
	Cultivos confinados
Pastos.	Pastos limpios.
	Pastos arbolados.
	Pastos enmalezados.
	Pastos en rastrojados.
Áreas agrícolas heterogéneas.	Mosaico de cultivos.
	Mosaico de pastos y cultivos.
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
	Mosaico de pastos con espacios naturales.
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
Plantaciones Forestales.	Bosque denso.
	Bosque abierto.

	Bosque fragmentado. Bosque de galería o ripario. Plantaciones forestales.
Herbazal.	Herbazal.
Arbustal.	Arbustal.
Vegetación secundaria.	Vegetación secundaria.
Vegetación acuática.	Zonas pantanosas Turberas Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
Superficies de agua.	Ríos Lagunas, lagos y ciénagas naturales Canales Cuerpos de agua artificiales

Nota: Tabla de reclasificación de coberturas Corine Land Cover para uso en la calculadora.

Elaboración propia con base en, fuente: FAO (2010)

Calculadora tierras permanentes: A partir de los reportes de plantaciones forestales y de las evaluaciones agropecuarias se hace el diligenciado de las tierras forestales gestionadas y los cultivos leñosos perennes, posteriormente con información del censo del 2018 por parte del DANE y la cobertura de gas natural de cada municipio se gestiona la sección de emisiones por consumo de leña combustible.

Finalmente se valida la información comparando la superficie total del municipio con la superficie en cambio y en permanencia.

Resultados

Implementación de la guía de la herramienta para el cálculo de la huella de carbono CAR utilizando tecnologías SIG entre el periodo 2010 - 2018.

La herramienta para el cálculo de Huella de Carbono está asociada a una guía respectiva, esta guía, a pesar de que no es muy específica en el proceso de obtención de datos para cada sector, da los parámetros iniciales para facilita el aprendizaje y la gestión de la calculadora, ya que en ella se utilizan mapas conceptuales, esquemas, tablas y demás información para establecer lineamientos, recomendación y orientaciones sobre cómo diligenciar la calculadora en cada uno de los sectores.

Dicho lo anterior, en relación con los sectores trabajados en la calculadora, efectivamente para el cambio de uso de la tierra y tierras permanentes se requiere el uso de sistemas de información geográfica, ya que, la manera más eficiente para el cálculo de un cambio de tierras es un análisis multitemporal con base a las coberturas recomendadas por la guía de la calculadora (Coberturas Corine Land Cover), por lo cual se usó el software ArcGIS para reducir el área de estudio mediante recortes de galleta, en este caso para cada uno de los 20 municipios seleccionados considerando abarcar municipios con diferentes climas y pisos térmicos de la jurisdicción CAR, a los cuales serán analizados en el segundo objetivo de este documento.

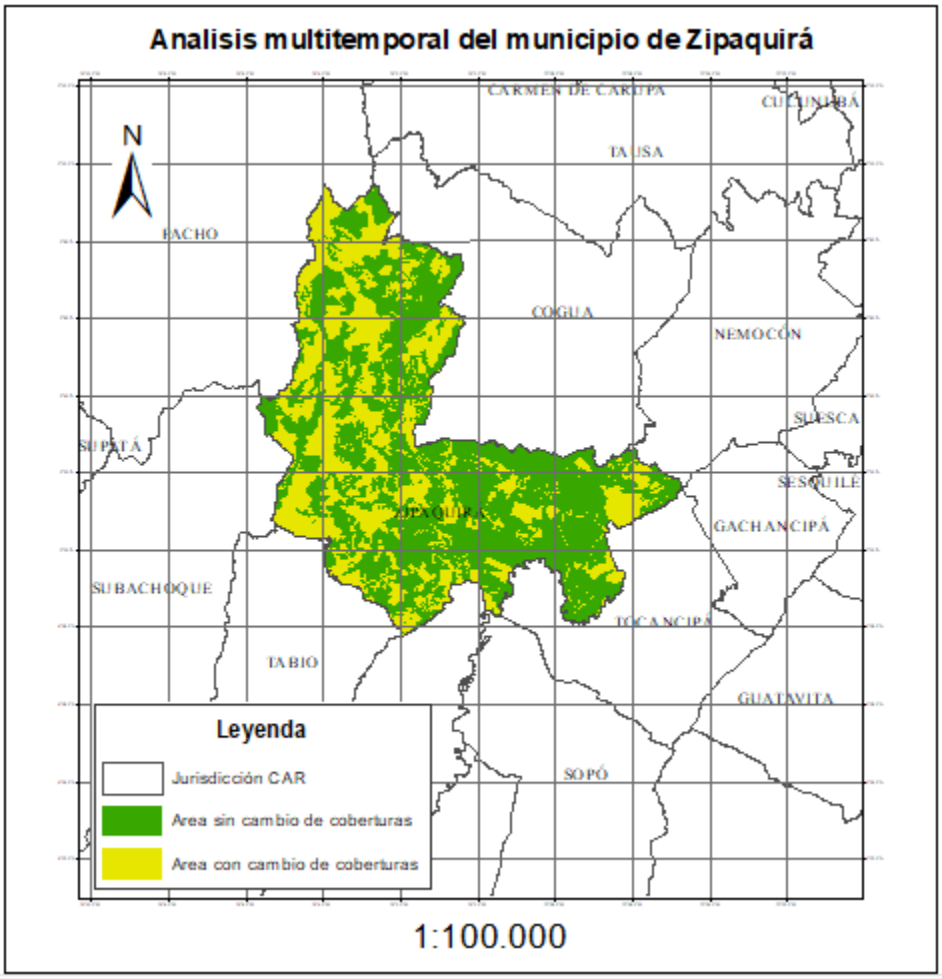
Comparación del cambio de coberturas entre el año 2010 y 2018 para hacer el respectivo cálculo según la “Guía para el uso de la herramienta para el cálculo de la Huella de Carbono Municipal – HCM” en el sector de cambio de uso del suelo.

Se tomaron las 2 capas de coberturas, las más recientes (Corine Land Cover 2010-2012 y Corine Land Cover 2018), las cuales se descargaron de la página del SIAC como lo recomienda la guía, además, se tomó la capa del área de estudio que corresponde a cada uno de los 20

municipios anteriormente seleccionados, con el fin de hacer la reinterpretación de coberturas a partir de la intersección de estas mismas para así recopilar los datos necesarios que faciliten el diligenciamiento de la calculadora, como se relaciona a continuación para cada uno de los municipios:

Figura 2. *Municipio de Zipaquirá*

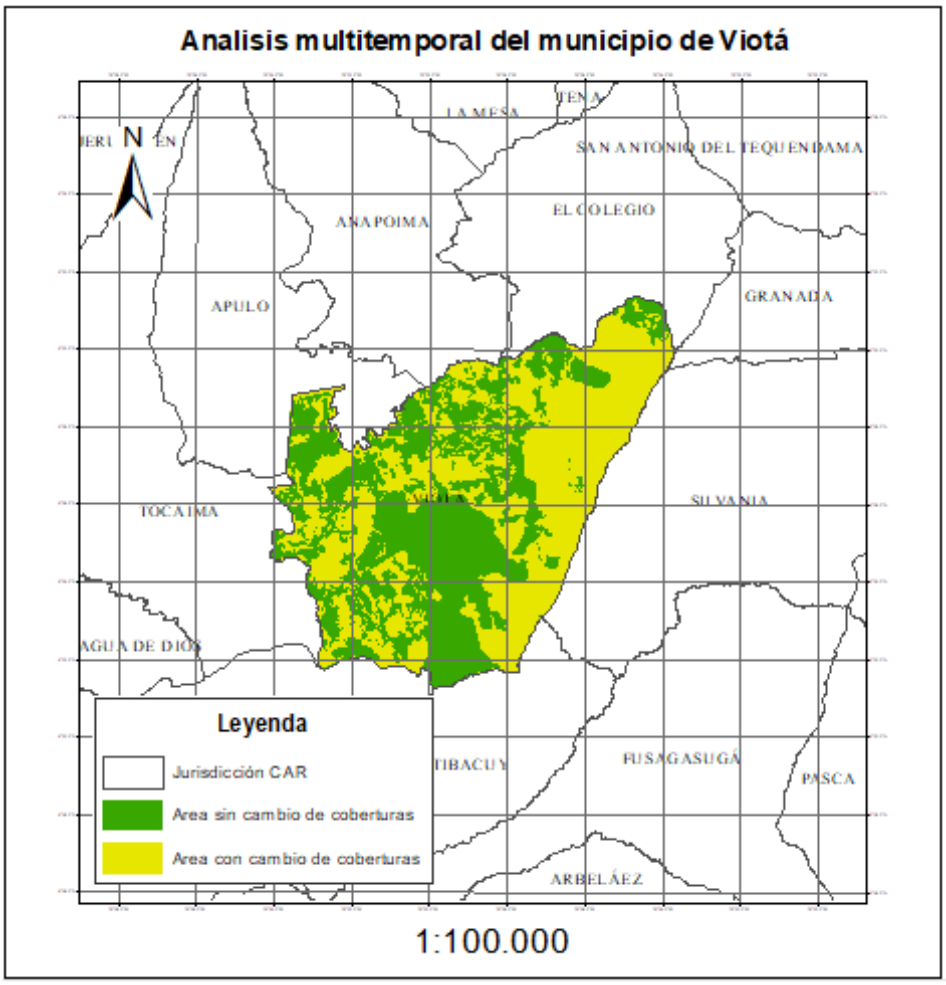
Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.



Elaboración propia con base en, Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 3. *Municipio de Viotá*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

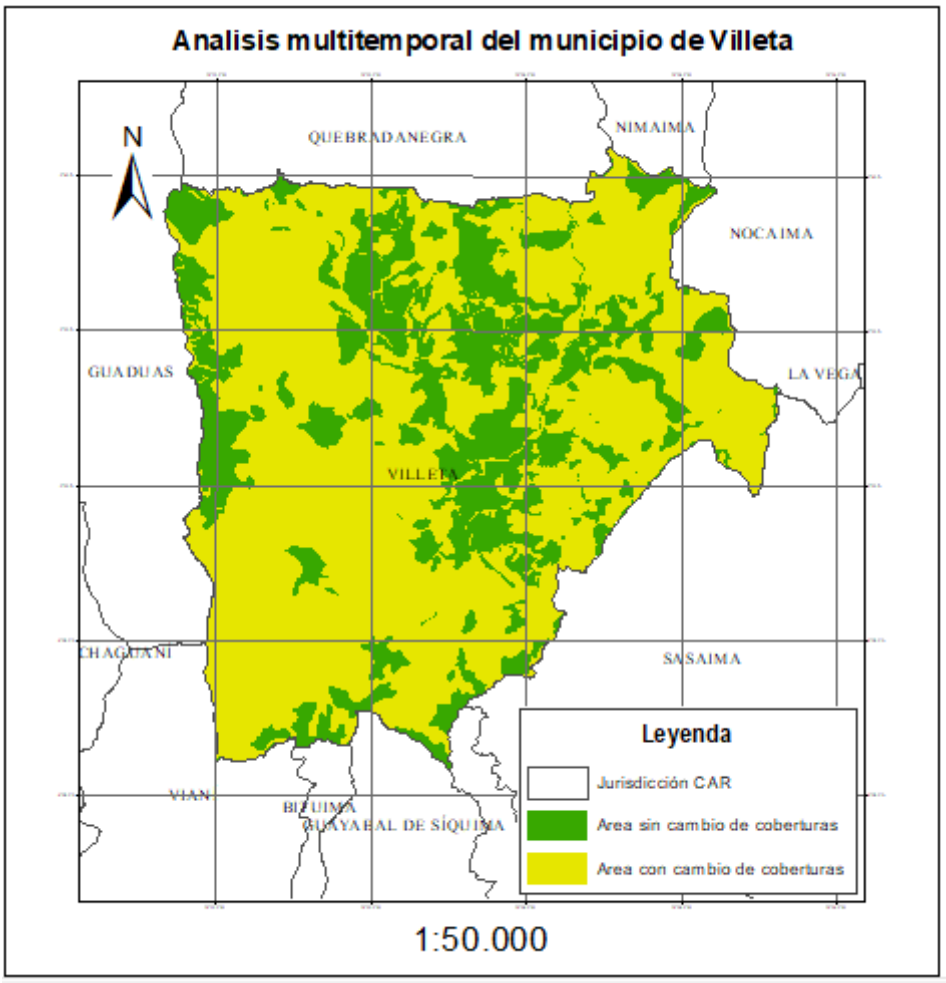


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 4. *Municipio de Villeta*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

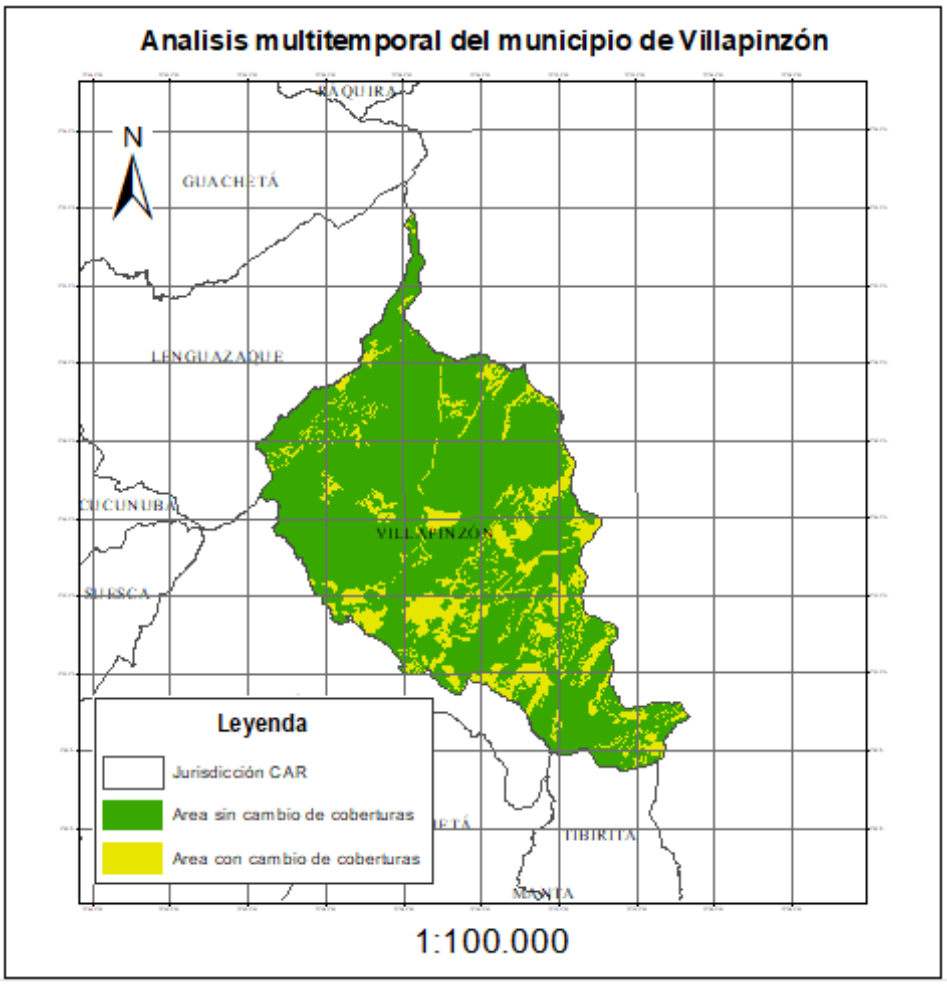


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 5. *Municipio de Villapinzón*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

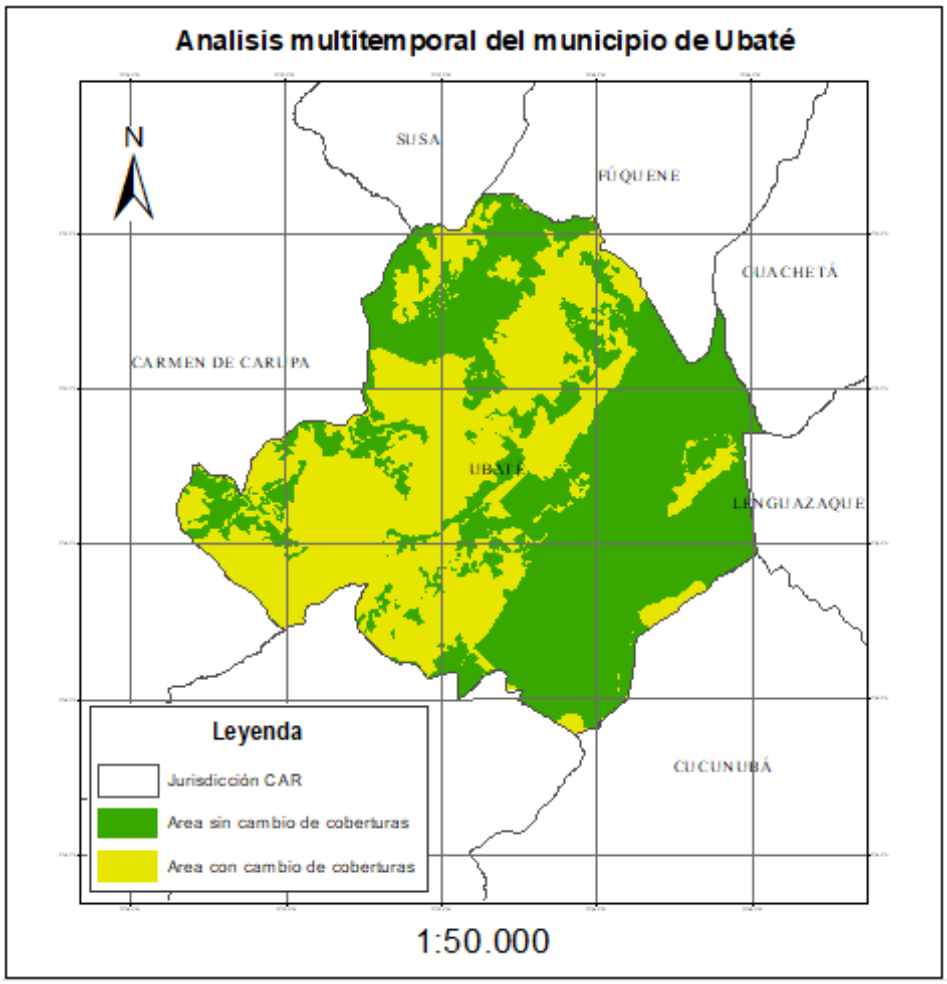


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 6. *Municipio de Ubaté*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

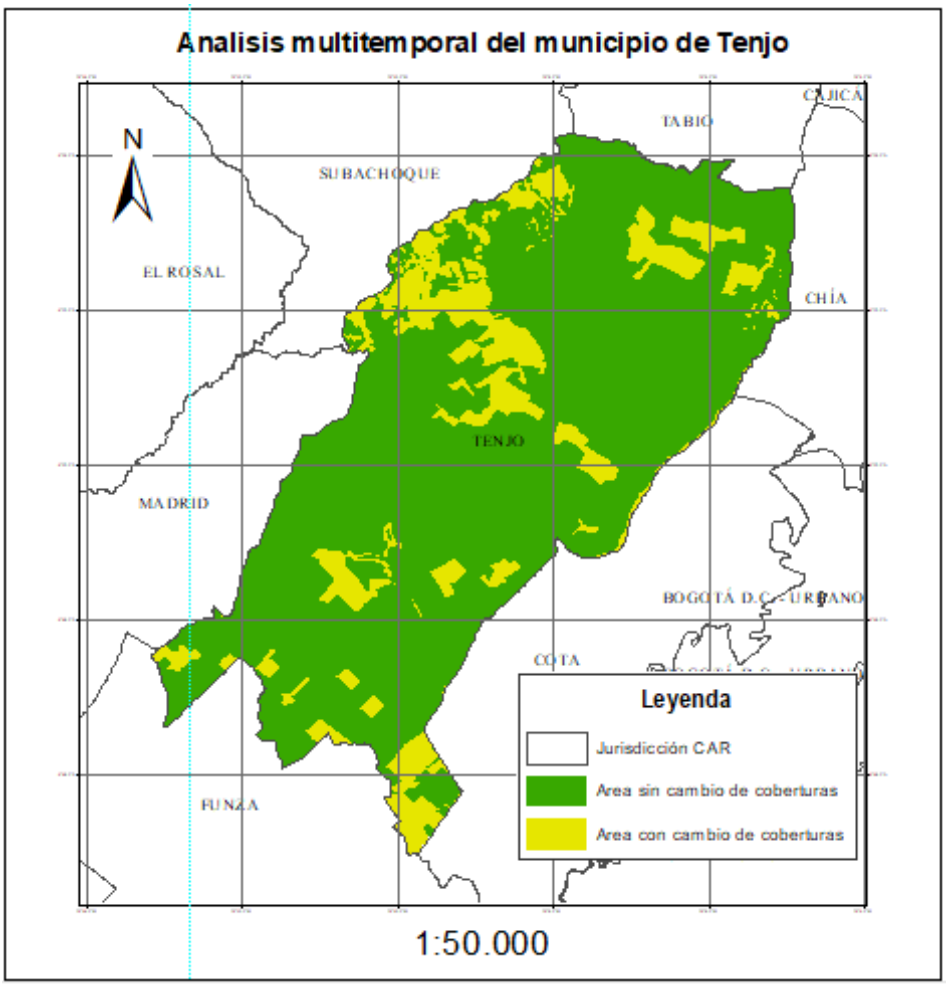


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 7. *Municipio de Tenjo*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

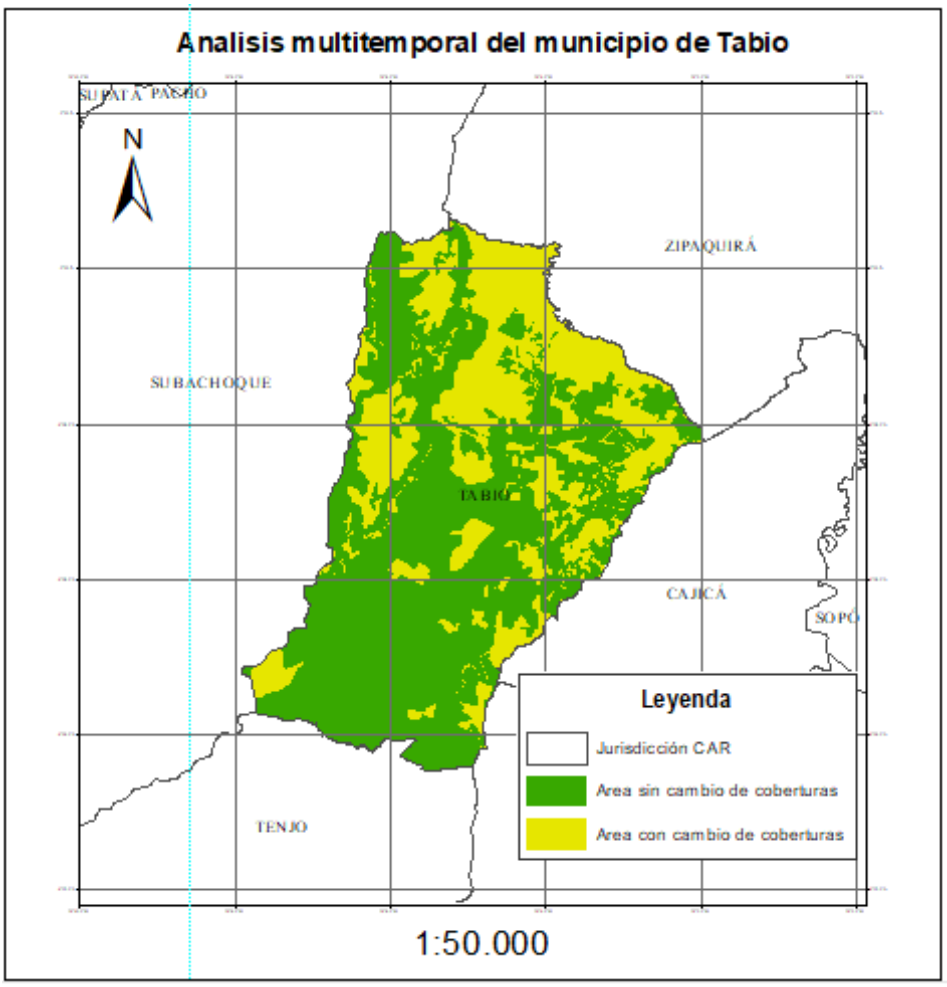


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 8. *Municipio de Tabio*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

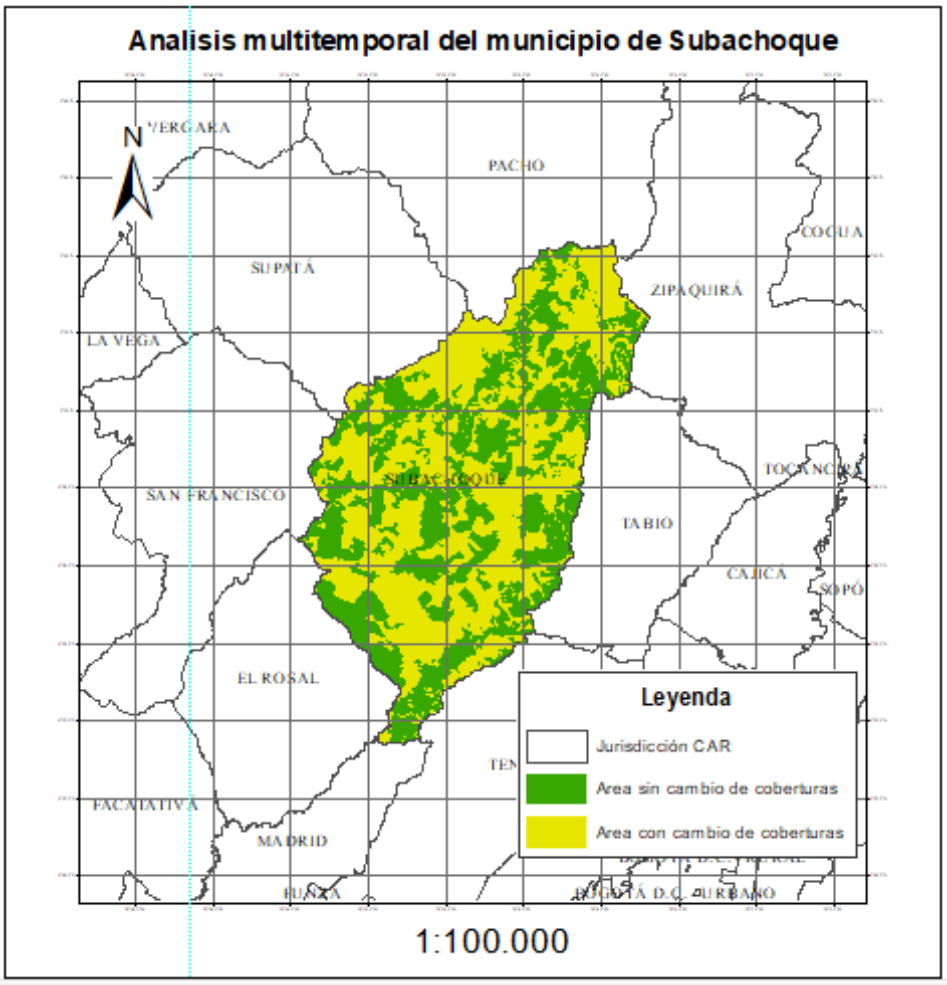


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 9. *Municipio de Subachoque*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

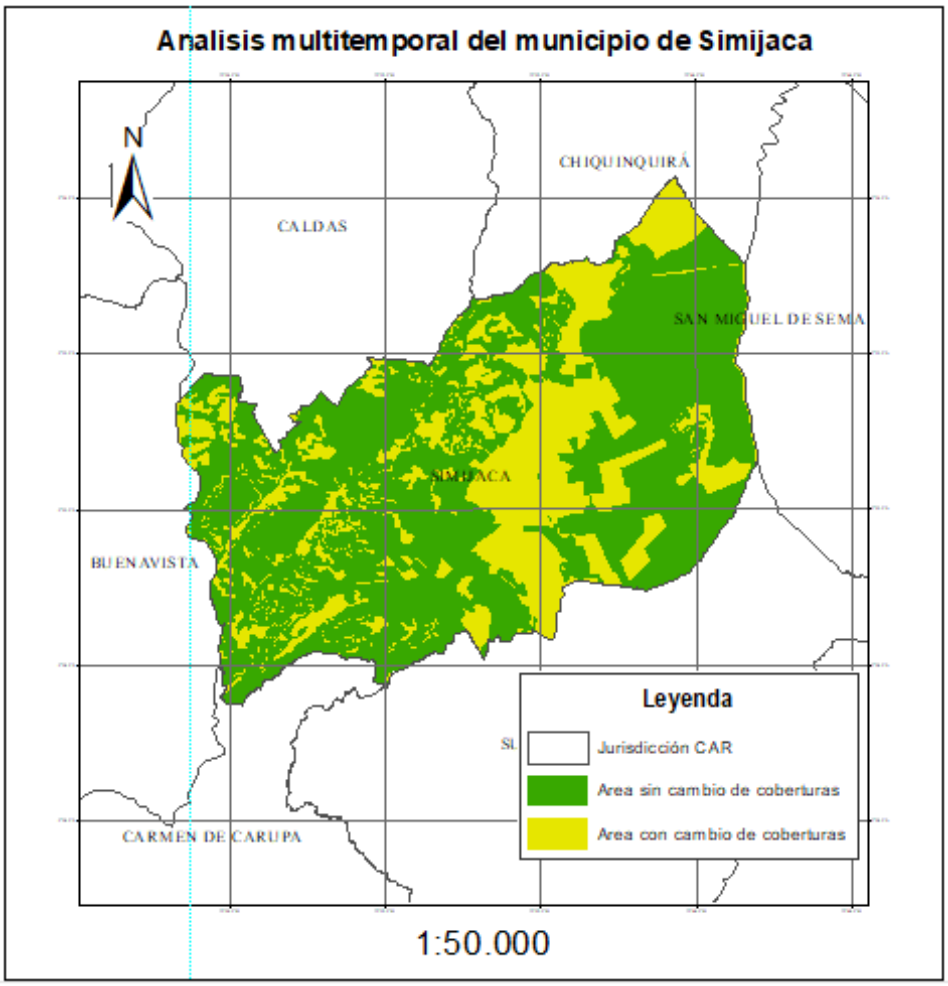


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 10. *Municipio de Simijaca*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

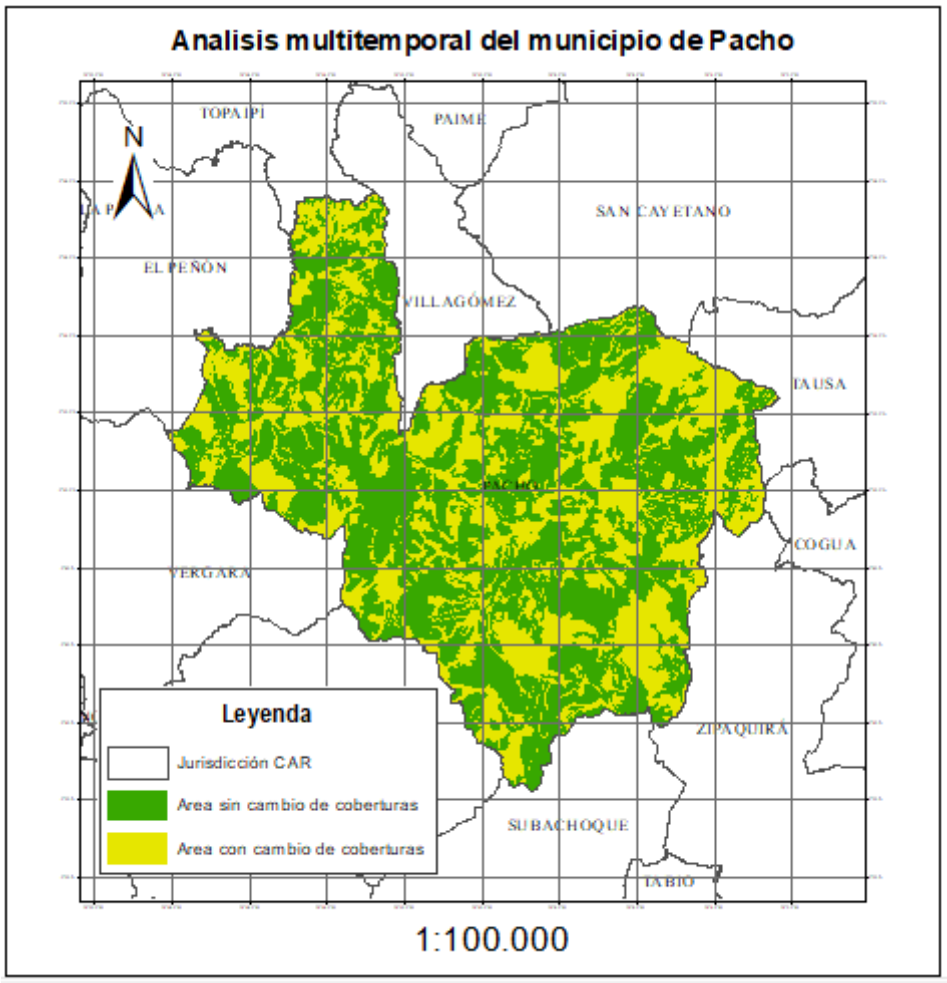


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 11. *Municipio de Pacho*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

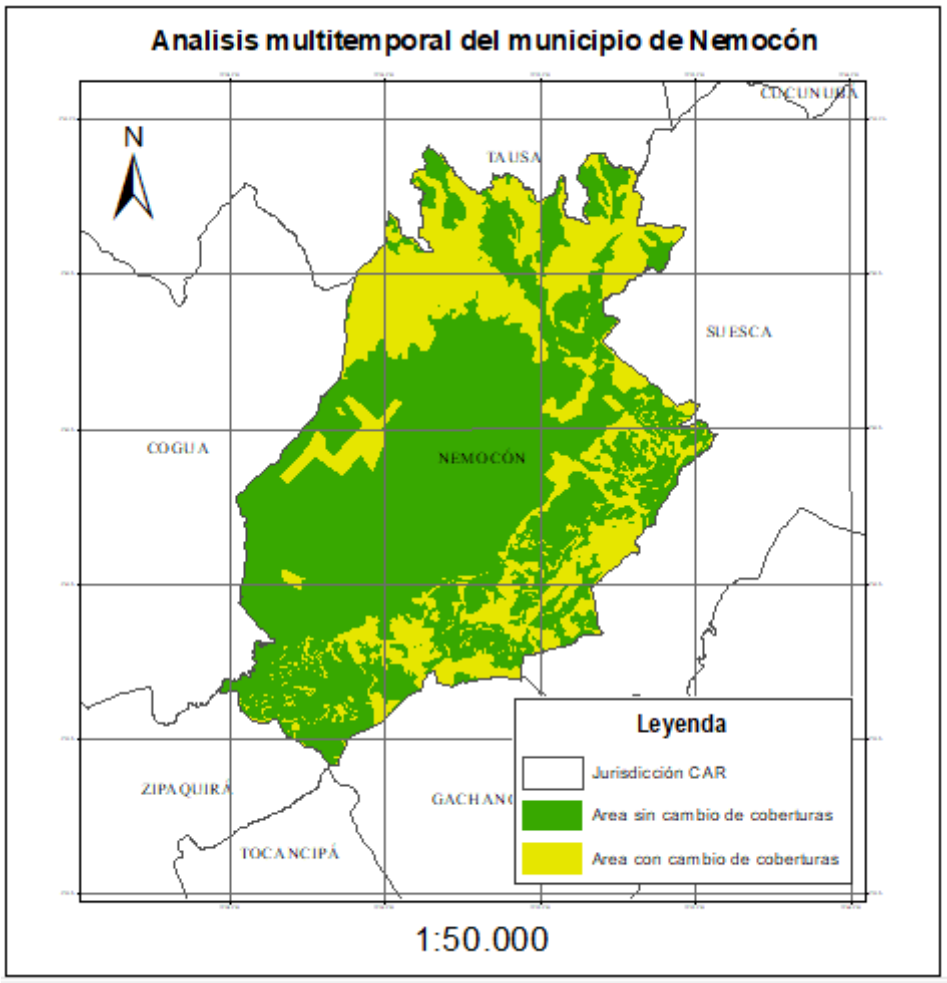


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 12. *Municipio de Nemocón*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

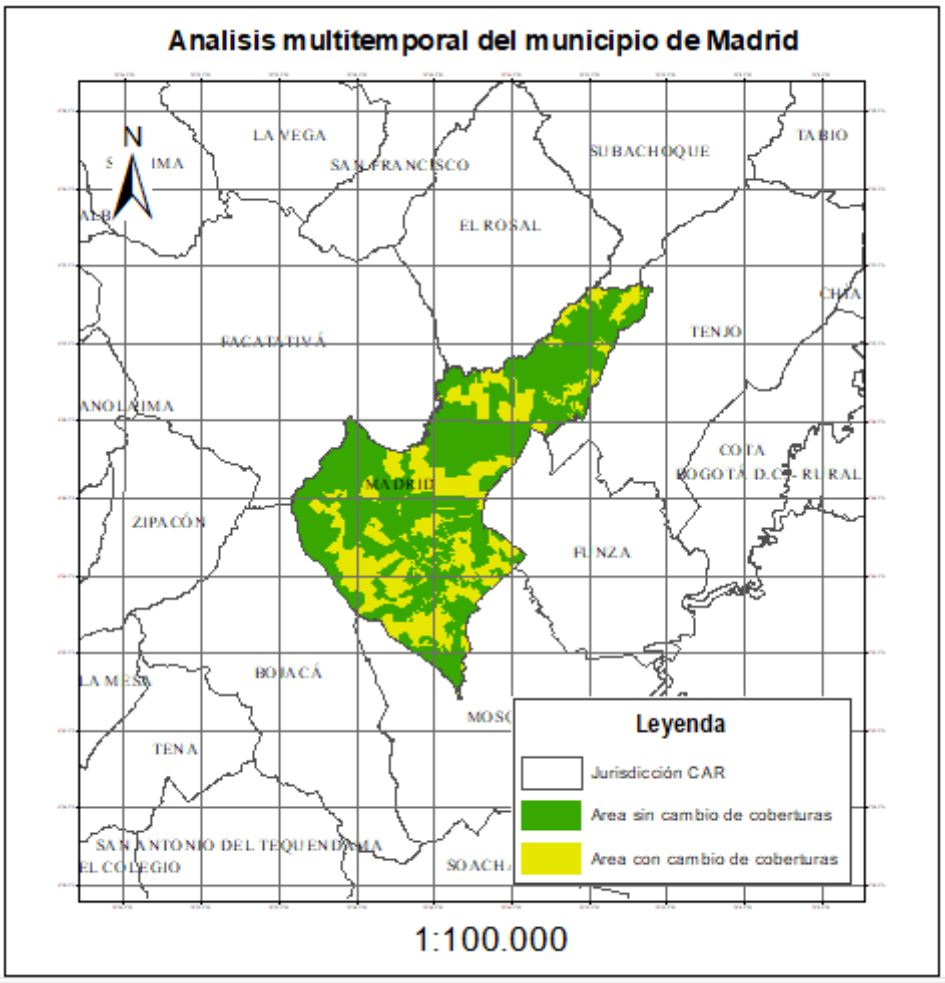


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 13. *Municipio de Madrid*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

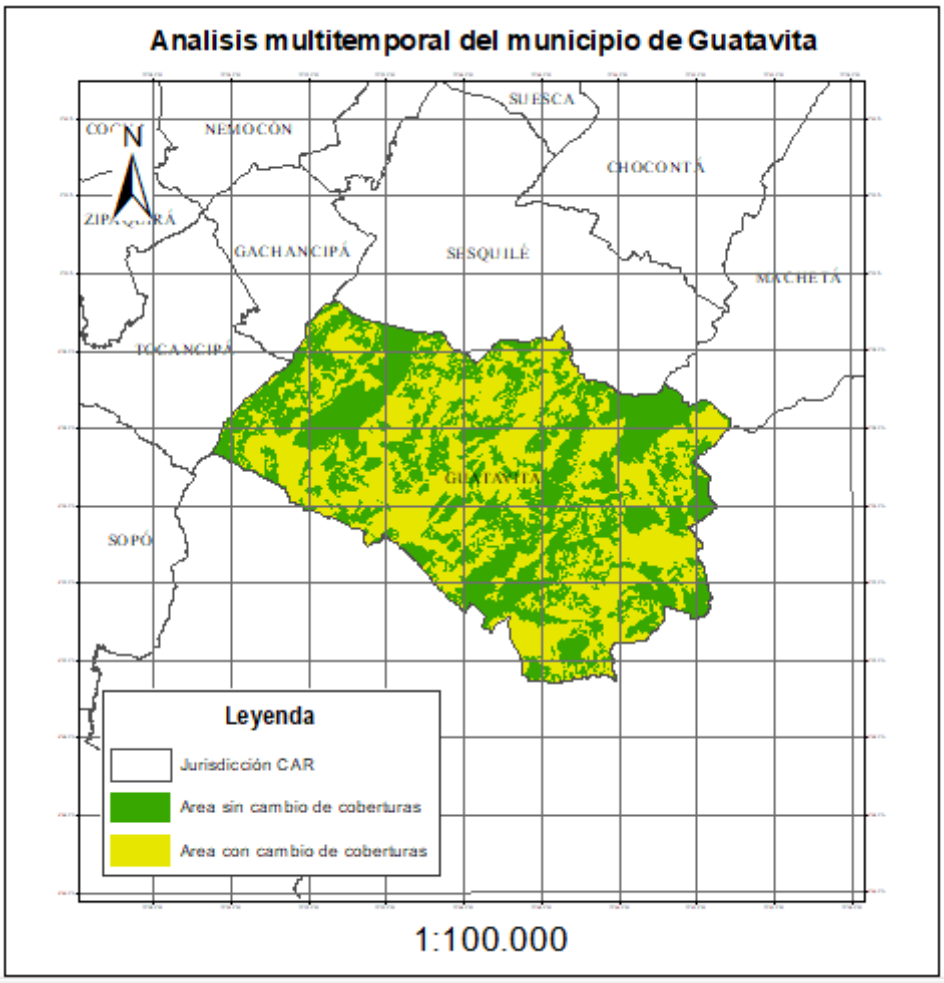


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 14. *Municipio de Guatavita*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

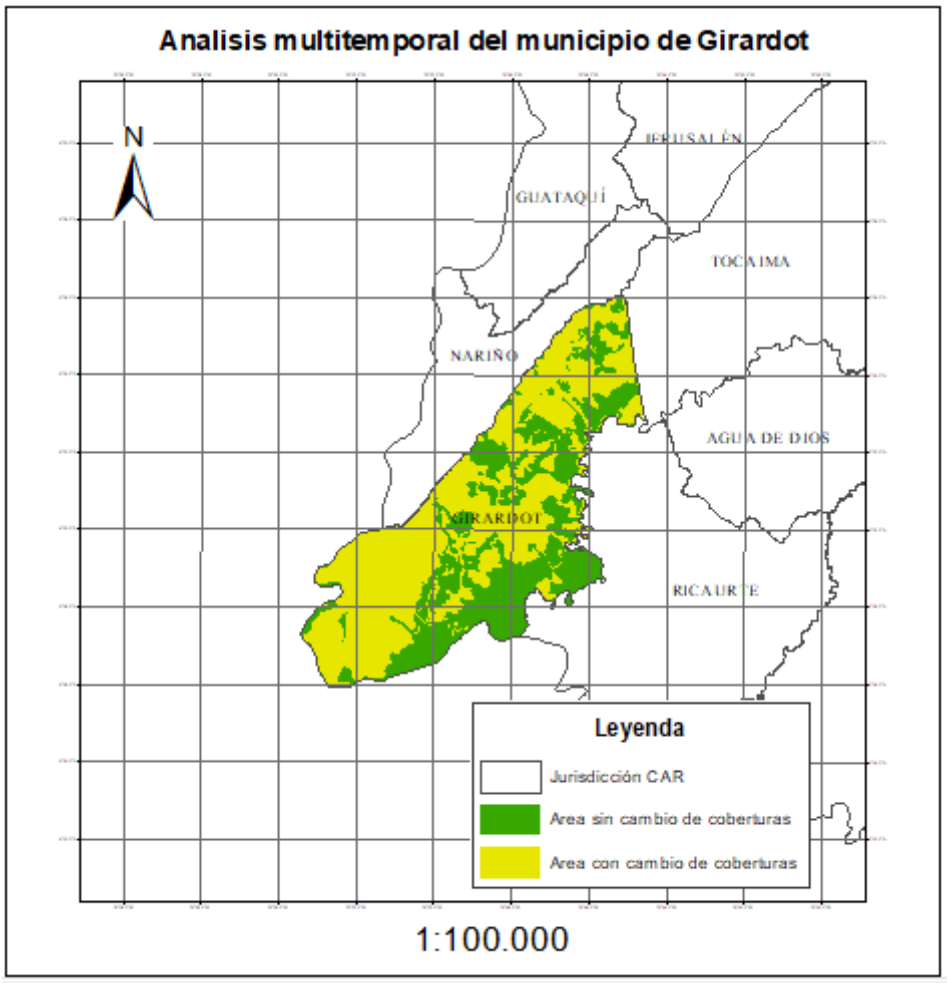


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 15. *Municipio de Girardot*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

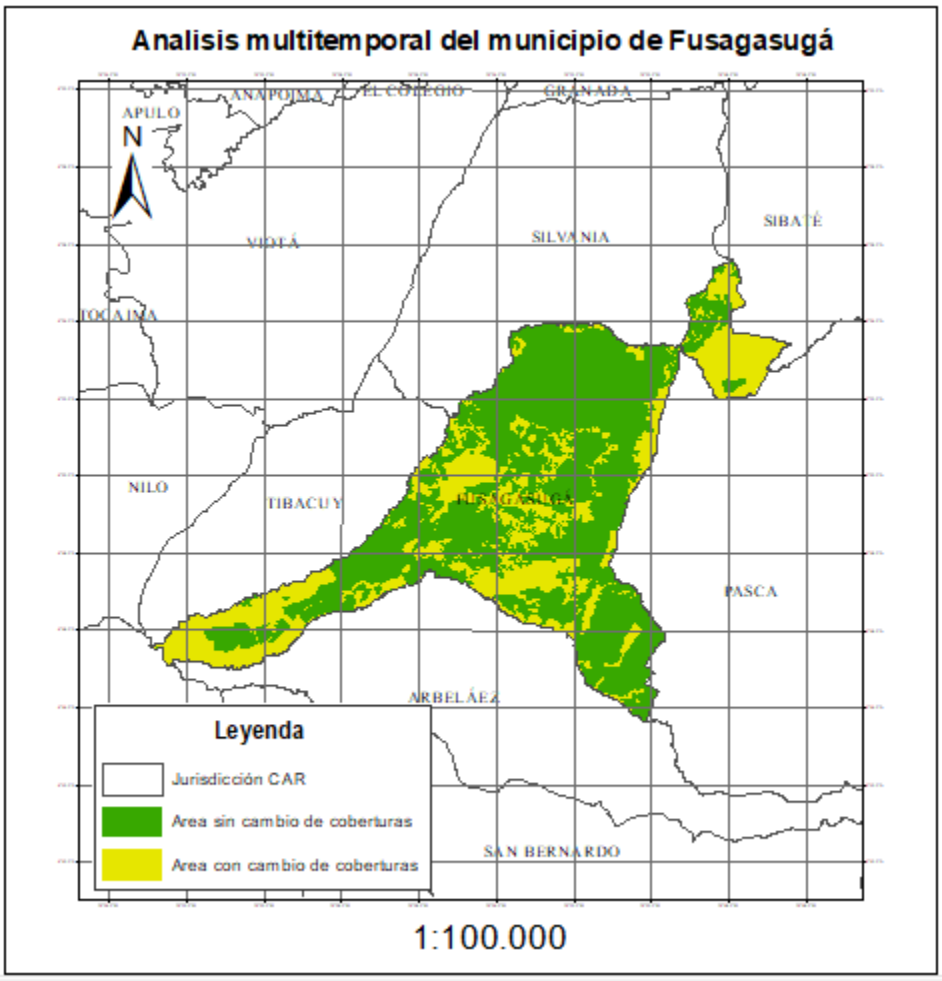


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 16. *Municipio de Fusagasugá*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

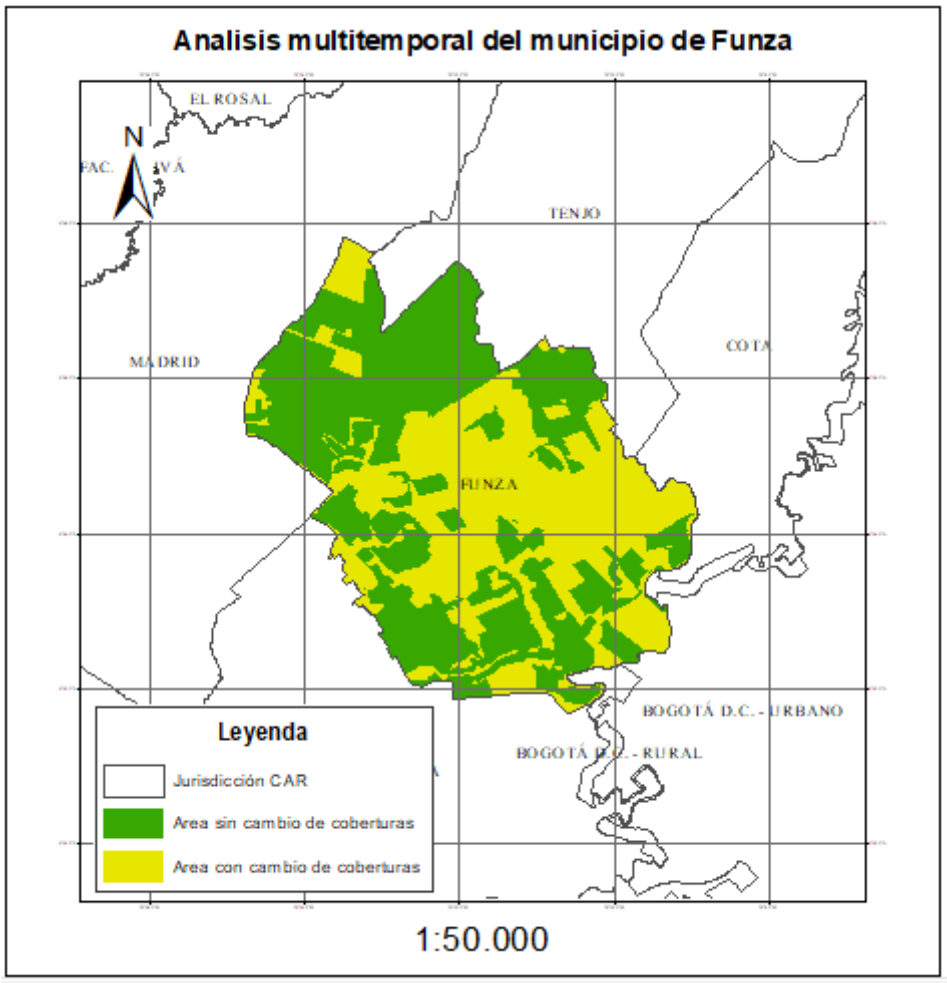


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 17. *Municipio de Funza*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

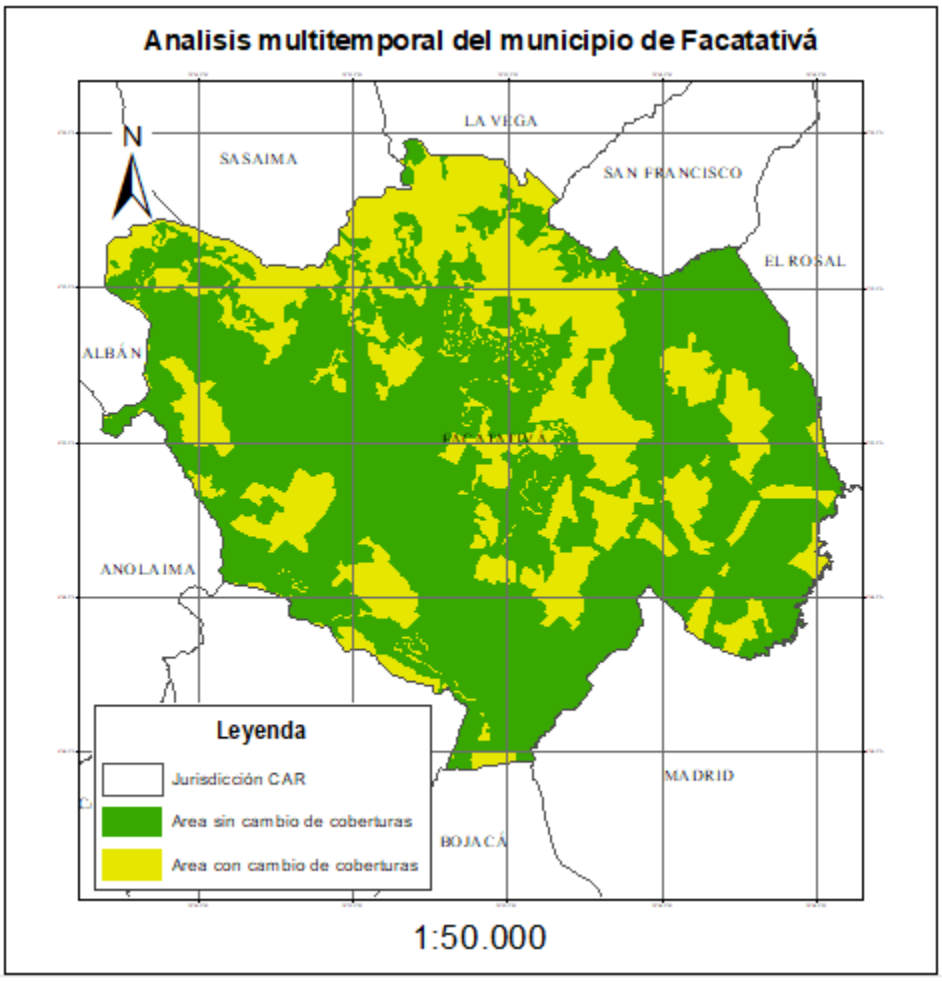


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 18. *Municipio de Facatativá*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

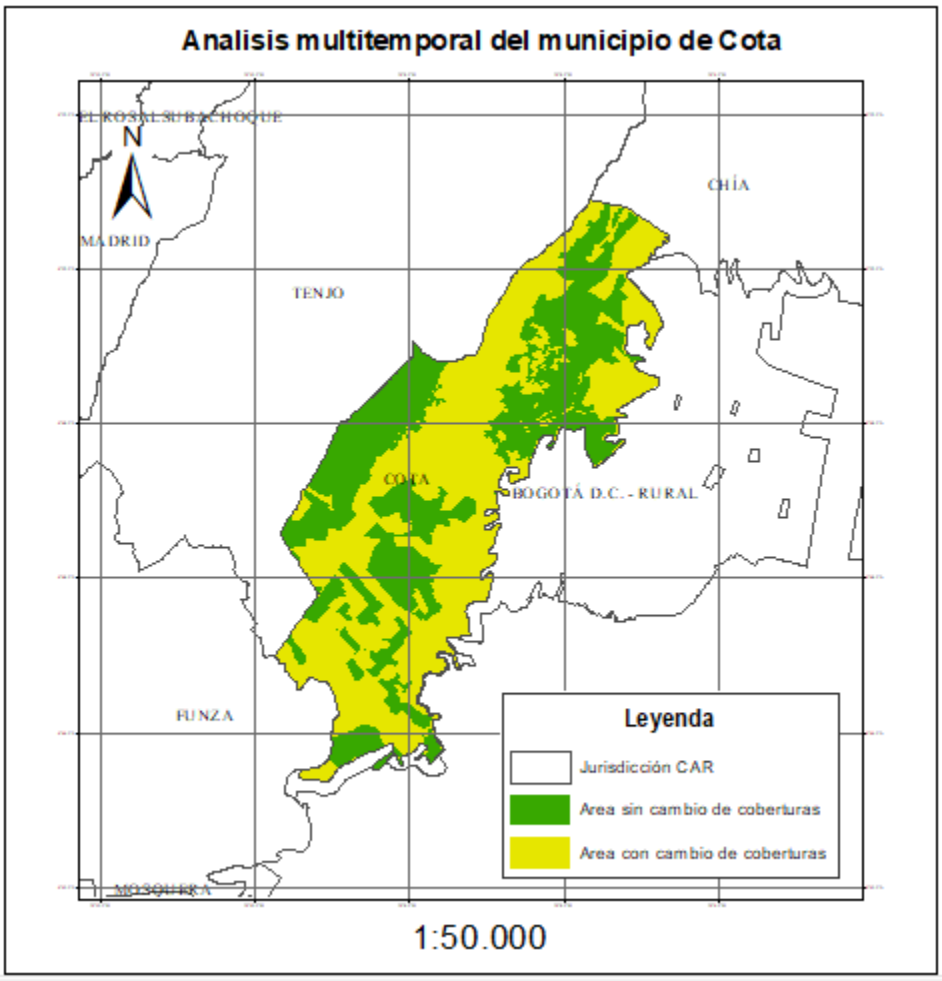


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 19. *Municipio de Cota*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

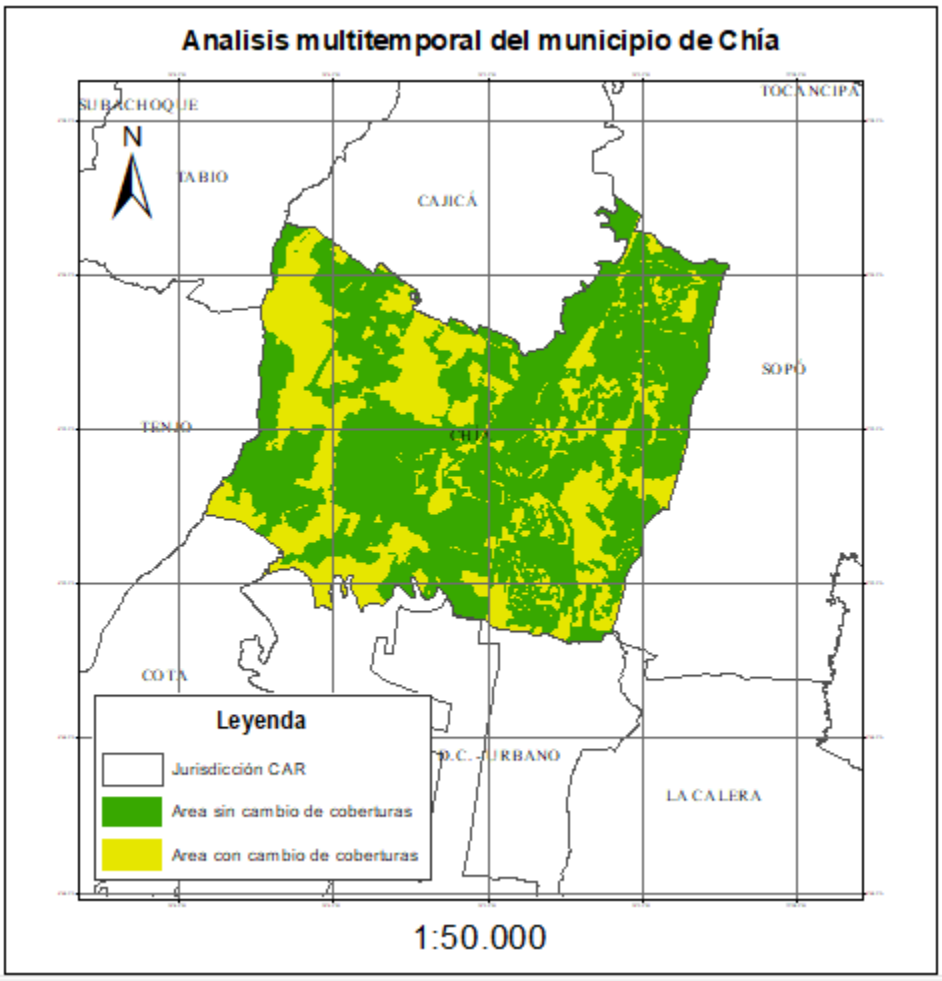


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 20. *Municipio de Chía*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.

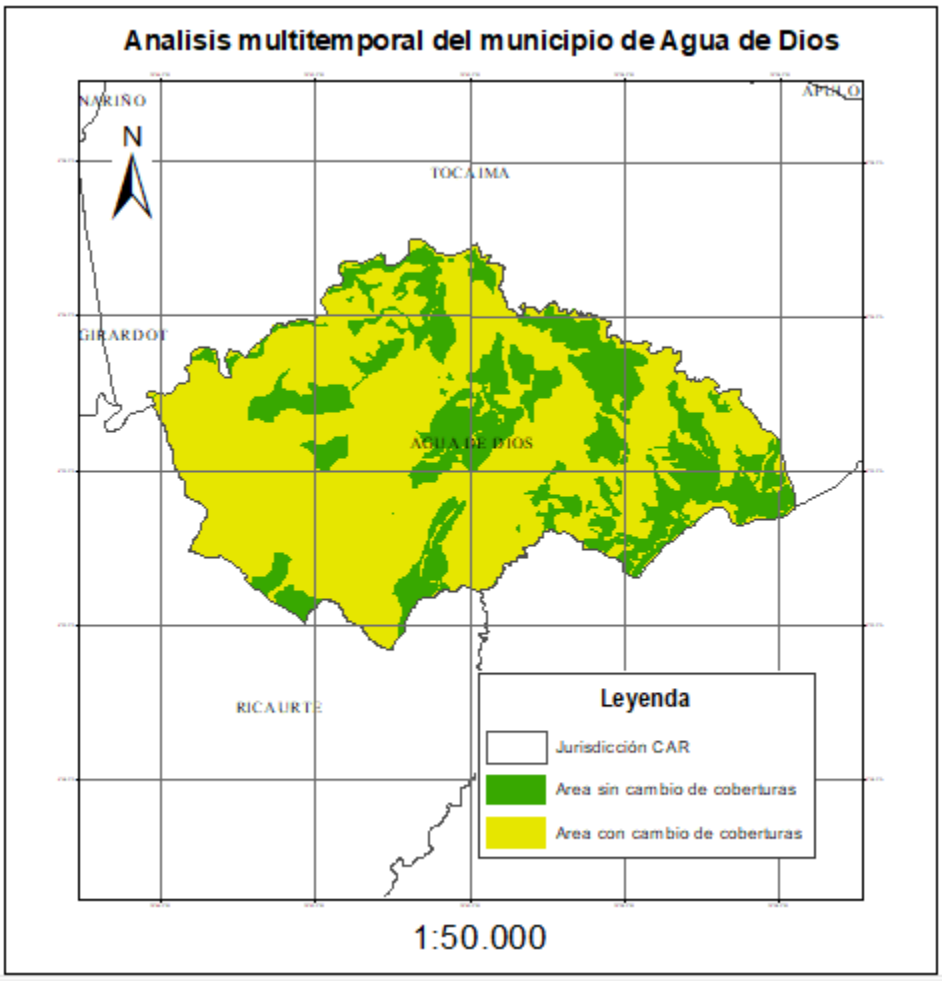


Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Figura 21. *Municipio de Agua de Dios*

Análisis multitemporal, periodo 2012 – 2018.



Elaboración propia con base en

Fuente: IDEAM, 2022.

Los resultados obtenidos evidencian diferentes cambios en cada uno de los municipios, independientemente de su ubicación, dichos cambios están relacionados a diferentes factores que van relacionados a las dinámicas propias de cada municipio, ya que algunos municipios han comenzado con procesos de urbanización acelerados, otros a explotar el potencial de sus tierras y algunos a mantener sus áreas y recursos forestales.

El color verde en el mapa de cada municipio indica las áreas sin cambio, es decir las áreas de un tipo de cobertura que en el 2012 mantienen ese mismo tipo de cobertura para el 2018 y el color amarillo las coberturas que en el 2018 cambian respecto al tipo de coberturas del año 2012.

En el **Anexo 1**. Cambio de coberturas 2010,2012 - 2018.xlsx, encontramos los resultados de los 20 municipios trabajados con su cobertura antes del cambio, después del cambio y el área respectiva.

Apoyo al seguimiento de la estimación de huella de carbono en 20 municipios seleccionados de la jurisdicción CAR para el sector de cambio de uso de la tierra.

El apoyo a la estimación de la huella de carbono resultó bastante productivo debido a los conocimientos obtenidos y al afianzamiento de los mismos en el campo del cambio climático, los sistemas de información geográfica, las coberturas de la tierra y la huella de carbono; también, se logró evaluar la eficiencia de la calculadora para un posible ajuste de la misma ya que se encontraron pequeñas fallas que no restan la funcionabilidad acertada de la misma.

A partir de la información obtenida del análisis multitemporal y siguiendo la guía, se diligenciaron las 20 calculadoras respectivas obteniendo un estimado de la cantidad de emisiones de CO2 de cada municipio por su cambio de coberturas respectivo. Se debe tener en cuenta que la guía sugiere que el análisis de coberturas se ejecute en un periodo máximo de los 2 últimos años, pero a causa de la desactualización de la información Corine Land Cover, el análisis comprendió un periodo de 6 años (2012 – 2018), dando lugar a mayor incertidumbre con respecto a las coberturas actuales (2021 – 2022). Toda vez, que se obtenga información actualizada de Corine Land Cover se debe realizar este mismo análisis de acuerdo con la “Guía metodológica para el cálculo de huella de carbono en el sector de cambio de uso de la tierra y

tierras permanentes” (Ospina, 2022) para utilizar en el diligenciamiento de la calculadora de HCM.

En cada uno de los resultados del cálculo de huella de carbono de los 20 municipios seleccionados de la jurisdicción CAR, se encuentran diferenciados los cambios de los tipos de coberturas -antes y después- y el área respectiva de ese cambio, además, la calculadora ya está programada para aplicar las conversiones y los factores de emisión que permita mostrar un estimado de los cambios en los contenidos de carbono de la biomasa debido a las tierras que pueden convertirse en plantaciones forestales, tierras de cultivos, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.

De otra parte, un análisis más profundo de este informe conllevó a que se puede obtener resultados con mayor detalle implementando las zonas de vida de Holdridge mediante una reclasificación de las plantaciones forestales, bosque natural, arbustales y vegetación secundaria.

Apoyo a la estimación de la huella de carbono en el sector de tierras permanentes a 20 municipios de la jurisdicción CAR.

El apoyo a la estimación de la huella de carbono municipal a 20 municipios de la jurisdicción CAR, permitió un intercambio de conocimientos bastante provechosos para ambas partes puesto que se obtuvieron nuevos aprendizajes sobre los recursos forestales, sobre nuevas herramientas como el Sistema de Monitoreo de Bosque y Carbono – SMByC del IDEAM, el Inventario Forestal Nacional – INF del IDEAM y las Evaluaciones Agropecuarias Municipales del ICA, así como los conocimientos asociados a la huella de carbono; también, se logró aplicar la mayoría de los parámetros propuestos para el cálculo de la huella de carbono en el sector de tierras permanentes.

A partir de la información obtenida del análisis multitemporal y siguiendo la Guía para el uso de la herramienta de cálculo de la huella de carbono municipal de la CAR, se diligenciaron las 20 calculadoras respectivas obteniendo un estimado de la cantidad de emisiones de CO2 de cada municipio a partir de las absorciones y emisiones que cada una de las tierras analizadas le brindaba al municipio. Debido a la falta de información, el diligenciamiento de la calculadora en la parte de tierras forestales gestionadas no es tan preciso debido a que no se encuentran los informes sobre plantaciones forestales protectoras y productoras, por lo tanto, solo se procedió a colocar los bosques naturales que no cambiaron en el tiempo. En relación a lo anterior, tampoco se precisaron los años de siembra de estos, debido a que es el primer análisis de huella de carbono para tierras permanentes, por lo tanto, no hay información base para hacer una comparación entre ellos.

Cabe resaltar, que es recomendable realizar el análisis de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales teniendo en cuenta máximo los dos últimos años, el primero sería el año base y el segundo el año actual. No obstante, para este estudio se tuvo en cuenta un rango de 6 años (2012-2018) por las razones anteriormente expuestas, como es el caso para los cultivos leñosos perennes que servirán de referencia para posteriores estudios.

Finalmente, para el cálculo de emisiones por consumo de leña se sacó la información de la población rural de cada municipio del censo nacional del año 2018 realizado por el DANE y el Porcentaje de habitantes de la población rural que consumen leña al año se calculó restando el 100% de la población y la cobertura de servicio de gas natural del municipio correspondiente.

Análisis y cumplimiento de objetivos

Durante el transcurso de la presente pasantía y luego del apoyo en la gestión del cálculo de la huella de carbono en el sector de cambio de uso y tierras permanentes para 20 municipios de la jurisdicción CAR se observó que, a pesar de la existencia de la guía orientadora elaborada por la CAR, la metodología propuesta es muy general por lo tanto no es totalmente clara y existe mucha confusión por parte de los municipios sobre cómo usar de manera adecuada la "herramienta para el cálculo de la huella de carbono municipal".

Los dos sectores de la calculadora que presentan dificultad para su diligenciamiento en la herramienta de cálculo de HCM son el cambio de uso de tierras y tierras permanentes, para ello se elaboró una guía metodológica que contiene el paso a paso para comprender el procedimiento que deben realizar los municipios para obtener los resultados de las emisiones de GEI en tonCO2eq, ver **anexo 2**. GUIA METODOLOGICA PARA EL CALCULO DE HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y TIERRAS PERMANENTES. (Ospina, 2022)

Anexos Calculadores de HC

- Anexo 3. Calculadora Agua de Dios.xlsx
- Anexo 4. Calculadora Chia.xlsx
- Anexo 5. Calculadora Cota.xlsx
- Anexo 6. Calculadora Facatativá.xlsx
- Anexo 7. Calculadora Funza.xlsx
- Anexo 8. Calculadora Fusagasugá.xlsx
- Anexo 9. Calculadora Girardot.xlsx
- Anexo 10. Calculadora Guatavita.xlsx

- Anexo 11. Calculadora Madrid.xlsx
- Anexo 12. Calculadora Nemocon.xlsx
- Anexo 13. Calculadora Pacho.xlsx
- Anexo 14. Calculadora Simijaca.xlsx
- Anexo 15. Calculadora Subachoque.xlsx
- Anexo 16. Calculadora Tabio.xlsx
- Anexo 17. Calculadora Tenjo.xlsx
- Anexo 18. Calculadora Ubaté.xlsx
- Anexo 19. Calculadora Villapinzón.xlsx
- Anexo 20. Calculadora Villeta.xlsx
- Anexo 21. Calculadora Viotá.xlsx
- Anexo 22. Calculadora Zipaquirá.xlsx

Conclusiones

- La “Guía para el uso de la herramienta para el cálculo de la HC” es muy general por lo tanto no define una metodología entendible para el correcto y fácil diligenciamiento de la calculadora de huella de carbono municipal por lo tanto se debe complementar con nuevas metodológicas que ayuden a calcular las áreas correspondientes necesarias para diligenciar la calculadora, además al usar herramientas SIG para realizar el análisis multitemporal facilitamos la obtención de información y robustecemos esta información necesaria para la gestión de la calculadora.
- Al hacer el análisis multitemporal evidenciamos que el cambio de cada municipio varia en relación a las nuevas dinámicas que se han ido realizado a través de los años.
- Al estimar la huella de carbono municipal en el sector de cambio de uso de la tierra evidenciamos que este sector es uno de los que mas aporta a las emisiones de GEI en Cundinamarca.
- Bases de datos consolidadas con la información base necesaria para la gestión de la calculadora en el sector de tierras permanentes ayuda a la calidad y la robustez de los resultados de la estimación de la huella de carbono en este sector.
- La calculadora de huella de carbono municipal – HCM es una herramienta completa, con factores de emisión actualizados que arroja los resultados de las emisiones de GEI y los sectores más emisores que orientan las medidas de mitigación a implementar para reducir la HCM y aportar a los compromisos de país a nivel internacional y nacional en la reducción del 51% de GEI al 2030 y ser carbono neutro al año 2050, contribuyendo a frenar el calentamiento global y por consiguiente los impactos por cambio climático.

Recomendaciones

Para garantizar la estimación de las emisiones de CO2eq y conocer con mayor certeza las medidas de mitigación de reducción de emisiones para los municipios de la jurisdicción CAR se requiere realizar, por una parte, el análisis con mayor regularidad y, por otro lado, es fundamental contar con información actualizada del área de coberturas y el cambio de las mismas que publica el IDEAM.

Adicionalmente, es importante tener los diferentes reportes de plantación forestales tanto protectoras como productoras estructuradas y organizadas en una base de datos que permita alimentar la calculadora y conocer con menor incertidumbre la huella de carbono municipal de los 8 sectores incluidos en la herramienta.

Asimismo, es recomendable complementar la Guía para el uso de herramienta para el cálculo de la huella de carbono a nivel municipal en un lenguaje más sencillo para el manejo de la calculadora con el fin de facilitar su maneja por los técnicos y profesionales encargados de las diferentes alcaldías de los municipios y la corporación.

Bibliografía

CAR. (2013). *Guia para el uso de la herramienta para el calculo de la huella de carbono a nivel municipal.*

CAR. (2013). *IPCC – PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO.* Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade3bc14168b.pdf

Carrizosa, J. (1998). *CONSTRUCCIÓN DE LA TEORÍA DE LA SOSTENIBILIDAD.* Obtenido de https://idea.unal.edu.co/publica/docs/Construcc_teoria_sostenibldd.pd

Chuvieco, E., Martín, M. P., & Palacios, A. (2002). Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. International Journal of Remote Sensing, 23(23), 5103-5110. https://doi.org/10.1080/01431160210153129

CHUVIECO SALINERO, E., 1996. FUNDAMENTOS DE TELEDETECCION ESPACIAL (3ª. ED) | EMILIO CHUVIECO SALINERO [en línea]. 3a ED. S.l.: RIALP. ISBN 978-84-321-3127-1. Disponible en: https://www.casadellibro.com/librofundamentos-de-teledeteccion-espacial-3aa-ed /9788432131271/578712.

Decreto 298 de 2016. Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones. 24 de febrero de 2016.

FAO. (5 de diciembre de 2017). World's most comprehensive map showing the amount of carbon stocks in the soil launched. Obtenido de https://www.fao.org/news/story/en/item/1071012/icode/

IDEAM. (s.f.). METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. Obtenido de

http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover

IDEAM. (2014). Cambio Climático. Recuperado de http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico

IDEAM. (2016). *INVENTARIO NACIONAL Y DEPARTAMENTAL DE GASES EFECTO INVERNADERO - COLOMBIA.* Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf

IDEAM. (2017). Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático [archivo PDF]. Recuperado de http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico

IDEAM. (s.f.). *SISTEMA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO – SISCLIMA.* Obtenido de http://www.cambioclimatico.gov.co/directorio-del-cambio-climatico#:~:text=El%20Decreto%20298%20de%202016,como%20la%20informaci%C3%B3n%20atinente%20al

IPCC. (2001). Tercer Informe de Evaluación; Anexo B: Glosario de términos. Obtenido de https://archive.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf

IPCC. (2013). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Obtenido de https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

IPCC. (2018). Anexo I: Glosario. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf

Ley 2169 de 2021. "POR MEDIO DE LA CUAL SE IMPULSA EL DESARROLLO BAJO EN CARBONO DEL PAÍS MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE METAS Y MEDIDAS

MÍNIMAS EN MATERIA DE CARBONO NEUTRALIDAD y RESILIENCIA CLIMÁTICA y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES". 22 de diciembre de 2021.

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993. Diario Oficial 41146.

Minambiente. (s.f.). *Convenio Sobre Cambio Climático.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/asuntos-internacionales/convenio-sobre-cambio-climatico/#:~:text=El%20Convenio%20Marco%20de%20las,lucha%20contra%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.&text=Colombia%20ha%20adelantado%20varias%20acciones,pa%C3%ADs%20ejemplar%20ante

Minambiente. (s.f.). *Mitigación de Gases de Efecto Invernadero – GEI.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/mitigacion-de-gases-de-efecto-invernadero-gei/#:~:text=Mitigaci%C3%B3n%20de%20Gases%20Efecto%20Invernadero,y%20el%20aumento%20o%20mejora

Minambiente. (2016). *POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Politica-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf

Ospina, N. (2022). *GUIA METODOLOGICA PARA EL CALCULO DE HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y TIERRAS PERMANENTES.* Bogota.

Schneider, H., & Samaniego, J. (marzo de 2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf

UN. (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?* Obtenido de https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change

UN. (s.f.). *Desarrollo sostenible.* Obtenido de https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml

UN. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible.* Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

UNFCCC. (s.f.). *¿Qué es el Protocolo de Kyoto?* Obtenido de https://unfccc.int/es/kyoto_protocol

UNFCCC. (s.f.). *¿Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático?* Obtenido de https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change