

# **Geo visor de cambios de cobertura del suelo de la reserva forestal cerros orientales Bogotá 2003 - 2022.**

**Diego Armando Castillo Torres**

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito 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

BOGOTÁ 19 DE AGOSTO DE 2023.

## Contenido

<b>1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación .....</b>	<b>3</b>
1.1 Descripción del área problemática .....	4
1.2 Formulación del problema .....	4
1.3 Justificación.....	7
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivo general .....	8
2.2 Objetivos específicos.....	9
<b>3. Antecedentes. ....</b>	<b>9</b>
<b>4. Referente Normativo Y Legal.....</b>	<b>13</b>
<b>5. Referente Teórico. ....</b>	<b>14</b>
<b>6. Desarrollo del Trabajo.....</b>	<b>17</b>
6.1 Enfoque metodológico. ....	17
6.2 Tipo de estudio. ....	18
6.3 Procedimiento. ....	19
<b>7. Resultados.....</b>	<b>20</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>

# 1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

Ante la problemática que presenta el cambio climático y como este afecta a la población general, el conocimiento de los recursos naturales se convierte en parte esencial para enfrentar esta problemática, pero el tema no se reduce únicamente a un inventario de los recursos sino como estos han cambiado a través del tiempo y de esta manera tomar medidas a futuro de las acciones a tomar sobre ellos con el fin de lograr una adecuada preservación y mantenimiento de las áreas identificadas (Armesto, 2021). Este fenómeno que, aunque no es nuevo en los últimos años se ha vuelto de vital importancia en los estudios científicos que tratan de mostrarnos lo que nos depara el futuro si no tomamos medidas de manera inmediata con la firme intención de revertir los efectos que tiene el cambio climático sobre el planeta y en consecuencia sobre todas las especies que lo habitamos.

Las áreas de reserva forestal son de gran importancia en los entornos tanto urbanos como rurales, son áreas destinadas a la conservación de los bosques nativos y su importancia en el equilibrio de los ecosistemas, muchas veces los bosques naturales son la fuente principal de recarga hídrica de las ciudades, de ellos depende en gran medida la supervivencia de las especies endémicas de cada región como los asentamientos humanos cercanos, en el mundo se observa una disminución de las fuentes hídricas potables que sustentan la vida en la tierra, es por eso que con ánimo de preservar los entornos naturales, se establecen límites para la protección de áreas específicas reglamentadas dentro de las normas de cada país o región, de esta manera concientizar a los pobladores del sector y promover la aplicación de la norma que permita la preservación de los recursos naturales de la reserva forestal cerros orientales.

En cuanto al tema objeto del presente documento se identifica la reserva forestal cerros orientales y como está en principio ha cambiado a través de los años, ante la evidencia de cambios como la tala de bosques, incendios forestales, expansión urbana, ganadería e autoconsumo, cultivos de consumo propio entre otras, es necesario establecer las causas de estos y los actores que se encuentran involucrados, para el fenómeno que genera los cambios más significativos es necesario realizar un análisis que permita estudiarlo y en la medida de los resultados tratar de encontrar una solución que satisfaga las necesidades generales de la población aledaña.

A través del tiempo se ha observado cambios en la reserva principalmente por factores antrópicos, entre ellos tala de árboles con fines de cultivo para alimentación de los pobladores, ganadería de autoconsumo y expansión para vivienda.

## **1.1 Descripción del área problemática**

Desde la constitución de la reserva forestal cerros orientales bajo Resolución 076 de 1977 se ha observado una gran variación en el cambio de cobertura por la construcción de vivienda, tala de árboles, explotación minera entre otros (CAR, 2007), en este tema se ha observado falta de control de las entidades correspondientes que permiten que estos factores sigan aumentando, aunque en los últimos años se viene realizando revisiones y visitas que han obligado a tomar medidas para evitar este fenómeno, la respuesta tardía ha generado que las personas tengan un arraigo sobre sus viviendas en los que alegan derechos adquiridos y la legalización de sectores por parte de la administración distrital (Meza, 2008).

Esta reserva se encuentra ubicada en la región oriental de la ciudad de Bogotá, el área de estudio es delimitada por la localidad 1 de Usaquén de esta ciudad (Ilustración 1), con fines del presente estudio se limitara al área correspondiente a la localidad de Usaquén en el nororiente de la ciudad, ya que este fenómeno no solo presenta una problemática para la ciudad, sino a sus vecinos es importante establecer las variables que generan los cambios presentes así lograr un objetivo claro para proponer una solución que pueda satisfacer las necesidades de la población en general.

## **1.2 Formulación del problema**

La reserva forestal protectora bosque oriental de Bogotá delimitada por el sur con el boquerón de Chipaque, se extiende a través del límite oriental de la ciudad hasta el norte con la vereda Torca límites establecidos dentro de la Resolución No. 463 de 2005 (Ilustración 1) , área afectada por diversos factores el que presenta mayor proporción en el tema a tratar en la urbanización dentro del área definida, la deforestación la minería y la construcción de vivienda, afectaciones generadas por la población que habita dentro y alrededor del área delimitada por la resolución 076 de 1977 que generan cambios en la

cobertura de la reserva natural cerros orientales, problemática de nivel distrital ya que se afecta un recurso que es de todos.

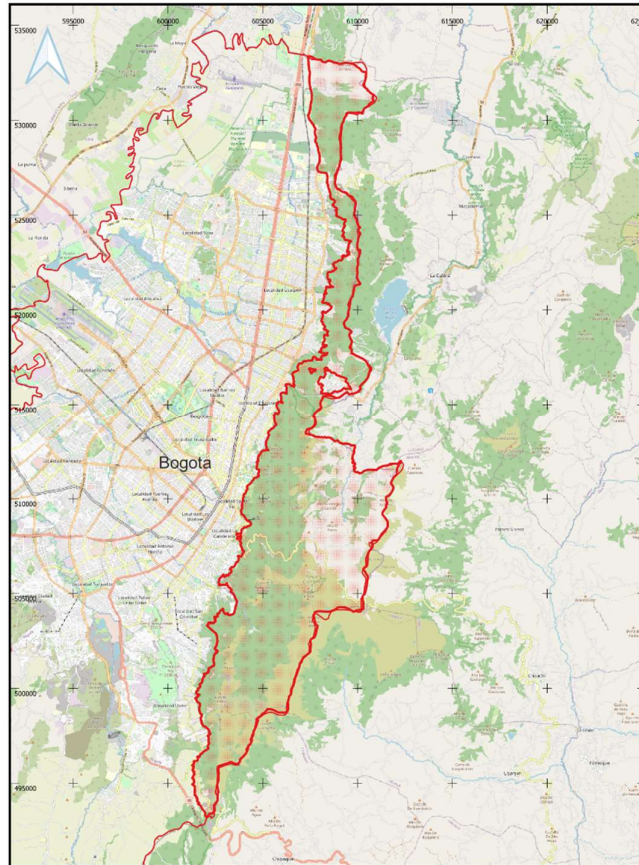
Vértice 1: 985.355N, 1.000.033E	Vértice 24: 1.016.871N, 1.006.564E	Vértice 47: 1.000.062N, 1.001.393E
Vértice 2: 987.781N, 1.000.295E	Vértice 25: 1.016.784N, 1.006.715E	Vértice 48: 998.495N, 1.001.255E
Vértice 3: 990.327N, 1.002.380E	Vértice 26: 1.016.669N, 1.007.075E	Vértice 49: 998.346N, 1.001.183E
Vértice 4: 995.805N, 1.005.387E	Vértice 27: 1.016.581N, 1.007.065E	Vértice 50: 998.285N, 1.001.119E
Vértice 5: 996.073N, 1.007.974E	Vértice 28: 1.015.583N, 1.007.082E	Vértice 51: 998.296N, 1.001.024E
Vértice 6: 1.003.889N, 1.009.978E	Vértice 29: 1.015.530N, 1.007.367E	Vértice 52: 998.184N, 1.000.936E
Vértice 7: 1.003.713N, 1.009.778E	Vértice 30: 1.014.623N, 1.006.941E	Vértice 53: 997.609N, 1.000.356E
Vértice 8: 1.003.355N, 1.007.500E	Vértice 31: 1.014.372N, 1.006.445E	Vértice 54: 996.826N, 1.001.139E
Vértice 9: 1.004.687N, 1.007.541E	Vértice 32: 1.012.088N, 1.006.312E	Vértice 55: 996.480N, 1.001.310E
Vértice 10: 1.005.243N, 1.005.326E	Vértice 33: 1.012.119N, 1.006.324E	Vértice 56: 995.857N, 1.001.153E
Vértice 11: 1.005.327N, 1.004.961E	Vértice 34: 1.010.837N, 1.006.069E	Vértice 57: 995.213N, 997.713E
Vértice 12: 1.007.334N, 1.005.850E	Vértice 35: 1.010.820N, 1.006.060E	Vértice 58: 994.763N, 1.000.232E
Vértice 13: 990.327N, 1.002.380E	Vértice 36: 1.005.913N, 1.003.346E	Vértice 59: 992.565N, 999.576E
Vértice 14: 1.009.639N, 1.007.367E	Vértice 37: 1.005.788N, 1.003.410E	Vértice 60: 992.552N, 999.607E
Vértice 15: 990.327N, 1.002.380E	Vértice 38: 1.004.514N, 1.002.887E	Vértice 61: 991.689N, 999.149E
Vértice 16: 1.024.423N, 1.008.164E	Vértice 39: 1.004.448N, 1.002.990E	Vértice 62: 991.551N, 999.343E
Vértice 17: 1.025.118N, 1.005.482E	Vértice 40: 1.003.442N, 1.002.420E	Vértice 63: 990.686N, 999.333E
Vértice 18: 990.327N, 1.002.380E	Vértice 41: 1.003.418N, 1.002.502E	Vértice 64: 990.520N, 999.463E
Vértice 19: 1.019.204N, 1.005.611E	Vértice 42: 1.003.222N, 1.002.445E	Vértice 65: 989.487N, 999.910E
Vértice 20: 1.019.111N, 1.006.068E	Vértice 43: 1.003.024N, 1.002.345E	Vértice 66: 989.414N, 999.748E
Vértice 21: 1.017.668N, 1.006.498E	Vértice 44: 1.000.775N, 1.001.815E	Vértice 67: 988.711N, 999.786E
Vértice 22: 1.017.593N, 1.006.503E	Vértice 45: 1.000.281N, 1.001.546E	Vértice 68: 988.639N, 999.682E
Vértice 23: 1.016.882N, 1.006.566E	Vértice 46: 1.000.062N, 1.001.546E	Vértice 69: 985.826N, 999.249E

*Ilustración 1*

Con el fin de analizar esta problemática, se estableció un periodo de estudio de los últimos 20 años con el fin de analizar la problemática y su crecimiento a través del tiempo, a partir del comportamiento del cambio de la cobertura, se puede identificar algunos de los posibles causantes del problema y como estos se afectan a sí mismos a la población vecina, siendo este un que afecta a toda la ciudadanía, para este efecto se toma como área puntual de trabajo el área delimitada por la resolución 076 de 1977 y la región que se encuentra dentro de la localidad de Usaqué.

Por medio del procesamiento digital de imágenes y el análisis de los resultados se pueden establecer medidas para mitigar o reducir la incidencia de este fenómeno, con la presentación de la información obtenida a los ciudadanos y autoridades, mostrar los beneficios ambientales y posiblemente económicos que la debida administración del recurso y el cumplimiento de la norma vigente presentan a la población en general.

## Mapa De Ubicación Área De Estudio



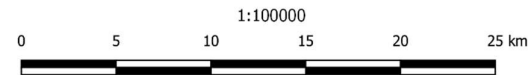
**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### LEYENDA

Cerros\_Orientales



**Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N  
Proyección: Transverse\_Mercator  
Falso Este: 500000.00000000  
Falso Norte: 0.00000000  
Meridiano Central: -75.00000000  
Factor de Escala: 0.99960000  
Latitud de Origen: 0.00000000  
Unidad Lineal: Meter**



**FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:  
PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.  
DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.  
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.**

Ilustración 2

### 1.3 Justificación

Con el presente trabajo, se espera determinar la variación de los cambios en la cobertura vegetal de la reserva forestal cerros orientales delimitada por la localidad de Usaqué en la ciudad de Bogotá, de esta manera mostrar de manera clara y objetiva la importancia de la conservación a los residentes y afectados

- **Interés y motivaciones:** El estudio de los cambios de la cobertura en la reserva forestal cerros orientales surge a partir de la importancia de este en el desarrollo de la ciudad, siendo parte de la estructura ecológica principal de Bogotá. Ante el creciente fenómeno actual del cambio climático la preservación de los recursos naturales se hace prioritaria lo que obliga a las entidades en pro de enfrentar este fenómeno ejercer medidas más estrictas en el control e implementación de las políticas de preservación del medio ambiente.(Fracasso et al., 2022)

Las políticas actuales que den cumplimiento a la ley 23 de 1973, resolución 1141 de 2006 de la CAR y decreto (distrital) No. 122 de 2006 entre otras, no representan significancia si no existe un monitoreo y control de los fenómenos que causan la deforestación del área de estudio, el crecimiento desmedido de la ciudad, la reducción del área que puede ser destinada al desarrollo urbanístico, la explotación de materiales para construcción y la búsqueda de espacios con notoria segregación social, son algunos de los fenómenos que han alterado en la cobertura vegetal y por ende el ecosistema en general(Ruth & Hernandez, 2006).

- **Utilidad:** la utilidad del presente trabajo se resume en entender la importancia de la preservación de la reserva forestal cerros orientales, como los cambios en esta se ven reflejados directamente en la ciudadanía y municipios vecinos, como fuente principal de recarga hídrica de los afluentes de la ciudad. Al mostrar los resultados del análisis de una manera didáctica se pretende que los ocupantes que se encuentran dentro del área afectada entiendan la importancia de la reserva en función del bienestar general, y las autoridades puedan establecer normas y realizar tareas que conlleven a una administración adecuada de la reserva y se pueda prevenir futuros cambios en la cobertura vegetal basado en un trabajo conjunto entre las autoridades y los pobladores del sector (González Piñeros, 2018).

- **Novedad del problema o temática de investigación:** Con el avance tecnológico y la disponibilidad de herramientas nos permite hacer uso efectivo de estas en el análisis del territorio, con la existencia de las tecnologías emergentes como la teledetección la cual mediante el uso de sensores remotos satelitales generan un conjunto de imágenes con diferentes periodos del tiempo y la manipulación a través de software especializado abre una puerta para la información de la ciudadanía con el fin de dar a conocer los riesgos que existen al habitar la zona de reserva y los beneficios que representa el cuidado y la conservación de la reserva forestal y fomentando una apropiación ecológica y social del territorio, a fin de obtener este resultado se presenta un mapa que muestre como la intervención antrópica ha cambiado el ecosistema y los efectos que esto genera sobre la población regional, expresado en un sistema que no solo muestre imágenes estáticas sino que permita al usuario visualizar los datos obtenidos mediante una línea del tiempo interactiva, que permita sobreponer la información obtenida en el procesamiento digital de las imágenes.

## **2. Objetivos**

Determinar mediante el análisis visual de imágenes satelitales los cambios en la cobertura del suelo para presentar mediante un geo visor de la herramienta generadora de app de ArcGis Online los resultados obtenidos con el fin de dar cumplimiento a la normatividad establecida en Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y Decreto (distrital) No. 122 de 2006.

### **2.1 Objetivo general**

Desarrollar un geo visor que permita determinar los cambios en la cobertura vegetal en la reserva forestal cerros orientales dentro de la localidad de Usaquén mediante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales y/o fotografías con dispositivos aerotransportados.

## 2.2 Objetivos específicos

- Recopilar información causante del fenómeno de pérdida de vegetación en la reserva forestal cerros orientales, mediante la observación del área de estudio y la información existente sobre la misma que permita una aproximación a la identificación de los factores causantes del fenómeno objeto de estudio.
- Aplicar herramientas de procesamiento digital de imágenes (correcciones radiométricas, correcciones atmosféricas, clasificación supervisada, álgebra de mapas) para establecer los cambios en la cobertura vegetal del periodo establecido, aplicando software especializado se estima realizar el procesamiento digital de las imágenes seleccionadas y convertir la información ráster en información vector que permita un análisis espacial y obtener los datos necesarios para el análisis del trabajo a desarrollar.
- Elaborar un geo visor que permita visualizar los cambios en el periodo temporal determinado mediante un análisis visual realizando una clasificación supervisada de las imágenes seleccionadas, para mostrar los cambios que se han presentado en el tiempo con el fin de facilitar tareas de conservación y mantenimiento de la reserva forestal.

## 3. Antecedentes.

A través del tiempo se ha aplicado el uso de imágenes satelitales, fotografías aéreas proveniente de sensores remotos que permiten realizar análisis de cambios en la superficie terrestre con diferentes fines, las técnicas asociadas a el análisis de información de las superficie terrestre permiten a los científicos y entidades de diversas áreas estudiar y analizar con detalle la influencia de uno o más factores sobre el área de estudio de su interés, un ejemplo es el empleo de imágenes satelitales para la observación de los cambios socioambientales en la zona minera en Papua Nueva Guinea (Lechner et al., 2019), que por medio de imágenes de diferentes épocas pueden observar los cambio generados en el área antes y durante la explotación minera.

Ante el inminente cambio climático que se viene presentando, el estudio de los cambios en las coberturas de suelo se hace más importante el análisis de como el hombre ha alterado el entorno físico en la troposfera y como genera un cambio global (Carvajal & Pabón, 2016), frente a este caso el estudio podemos mencionar el análisis del flujo de CO<sub>2</sub> en una muestra particular de coberturas y la variación de los gases de efecto invernadero (Lopera, 2019)

El factor antrópico es la principal fuente de cambios en la superficie terrestre en el caso de estudio nos enfocamos en áreas protegidas, es por eso sé que se hace necesario mencionar el estudio realizado por Rajit GuptaLaxmi Kant Sharma, que mediante el análisis supervisado de máxima verisimilitud se analizaron imágenes satelitales y a partir de los resultados realizan una proyección a futuro d los cambios que se podrían presentar en el santuario de vida silvestre Gujarat India (Gupta & Sharma, 2020).

Un trabajo más aproximado como un ejemplo de estudios realizados en la región aledaña al área objeto de este estudio se nos presenta el trabajo del análisis del crecimiento urbano y como estos alteran de manera negativa en los ecosistemas en la localidad de suba Bogotá (Achicanoy et al., 2018) donde mediante el análisis de las imágenes satelitales se realiza la clasificación de las coberturas con el fin de establecer el crecimiento urbano y el área afectada.

En consecuencia, la expansión urbana presenta un deterioro importante en las áreas protegidas partiendo de la demanda de áreas urbanas, por lo que es importante mencionar la modelación de los recursos, por medio del trabajo realizado sobre la reserva Thomas van der Hammen (Gómez Rodríguez & Beltrán, 2018), en el que se plantea un escenario poco favorable para los recursos naturales causado por el crecimiento poblacional.

Empleando técnicas de clasificación de coberturas mediante el uso de sensores remotos empleando información espaciotemporal de diversas fuentes en la región de Tomando el río Qiantang Zhejiang, China(Sun et al., 2016) se aplica la clasificación automática mediante software especializado permite analizar los cambios históricos en la región. Siendo la suma de técnicas de adquisición remota de información y la clasificación de coberturas mediante equipos y programas se puede realizar estudios detallados de los cambios en el tiempo, como por ejemplo modelados de crecimiento urbano, como el caso del mapeo obtenido sobre el cambio de cobertura en la región de Gran Cairo (Megahed

et al., 2015) se generan tres mapas del uso del suelo dentro de los cuales es aplicada la teledetección como insumo principal del análisis del crecimiento urbano.

Con el fin de exponer un ejemplo a mayor escala, podemos realizar una comparación entre el área de estudio que es significativamente pequeña frente al área de estudio en el municipio de bajo Baudó (Reyes Arias & Córdoba Urrutia, 2019), donde se puede observar factores de deforestación por algunos factores similares como lo son la extracción de madera, la minería entre otros, que nos muestra un panorama más amplio de las consecuencias de no adoptar medidas y control sobre la deforestación de la reserva forestal

Los cambios en la cobertura del suelo no es un factor aislado, que solo involucra un factor determinado, sino por el contrario se puede presentar cambios sustantivos en una región o país, la modificación de la cobertura con intereses agrícolas deforestando áreas importantes puede generar consecuencias en el corto mediano y largo plazo afectando a toda la población en general lo que conlleva a establecer nuevas leyes para tratar de mitigar los efectos que son consecuencia de los cambios de cobertura como se puede observar en el trabajo de Lambin que presenta un panorama amplio de los cambios en el clima, la demanda de recursos y demás factores a consecuencia de la deforestación indiscriminada (Lambin et al., 2003).

En el contexto colombiano, una de las principales causas de deforestación a nivel nacional, son los cultivos ilícitos que ante la demanda de sustancias ilegales a nivel nacional y mundial y el control de las áreas urbanas y rurales de las fuerzas armadas, se desplazó estos cultivos a regiones de reserva forestal con difícil acceso para las autoridades, por lo cual se desarrolló el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI) como se puede apreciar en (“Estimación de La Deforestación Por Cultivos Ilícitos En La Zona de Reserva Forestal Del Río Magdalena,” 2006) trabajo conjunto entre el SIMCI e IDEAM que mediante el uso software, hardware y un equipo de profesionales lograron estimar el área deforestada destinada a cultivos ilícitos.

Las áreas protegidas se han vuelto de vital importancia en las discusiones mundiales sobre la conservación de los recursos naturales y la creciente preocupación por los efectos que tienen las afectaciones de estos recursos sobre el planeta, una de las grandes preocupaciones de los científicos es el calentamiento global y como afecta al equilibrio mundial, una parte fundamental es la difusión de la información en un estudio realizado donde se divide la muestra en dos hemisferios, como los medios de comunicación dan un

enfoque diferente dependiendo de la región, mostrando que el hemisferio norte se centra en la parte política y científica, y el hemisferio sur se centra en el impacto sobre la sociedad (Hase et al., 2021) esta y muchas otras razones ponen sobre la mesa la preocupación de un grupo particular de investigadores que se interesan en los cambios a través del tiempo de los ecosistemas y como se ven afectados por la influencia del hombre, como punto de partida con el presente trabajo se busca determinar los cambios generados sobre en la cobertura vegetal de la reserva forestal cerros orientales en la ciudad de Bogotá,

Pero antes de la discusión puntual debemos observar el trabajo realizado en este tema en el mundo, cuáles son las principales preocupaciones y como se desarrolla la metodología para tales fines. En adelante se mencionaran algunos casos que pueden servir como referente sobre las problemáticas que presenta nuestra área de estudio, como la extracción de carbón en china que genera problemas de deforestación y problemas de salud a la población, mediante un análisis del cambio de cobertura realizado sobre imágenes satelitales en un periodo definido lograron identificar algunas variables que tenían mayor correlación con la deforestación del área de estudio, logrando presentar recomendaciones políticas sobre en la cobertura vegetal (S. Li et al., 2021) siendo china uno de los países más extensos del mundo es de esperar que se presenten políticas rigurosas en cuanto la conservación de los recursos, al tener una mejor conciencia de estos y la importancia en su región es de esperar que la actividad humana en cuanto desarrollo de las ciudades y sus conexiones tengan en cuenta el impacto que tienen sobre los bosques y áreas protegidas, El Corredor Económico China-Myanmar es un claro ejemplo de lo antes expuesto, como se prevén situaciones a nivel científico estableciendo los posibles efectos que tiene una obra de construcción sobre el área afectada, con estudios previos que garantizan minimizar los impactos negativos realizando análisis en diferentes años mediante el procesamiento de imágenes satelitales de un periodo de 20 años (J. Li et al., 2021).

Las mediciones del cambio de la cobertura no se limitan a un área de estudio, la diversidad de posibilidades que da un análisis multitemporal mediante el tratamiento de imágenes permiten que los estudios que se realizan sean un aporte importante al desarrollo de las ciudades y naciones, el análisis del cambio de cobertura puede presentar información necesaria en diferentes campos de acción, como el estudio de la fragmentación del hábitad del panda gigante en china (D. Li et al., 2021) donde lograron determinar las causantes

de las divisiones que pretendían estudiar y así tomar medida para evitar que en el futuro se presenten esos sucesos.

Realizando un acercamiento al entorno de Latinoamérica primero debemos hablar de la existencia de una normatividad que en primera medida busque la protección de áreas naturales de reserva y si se cumplen dichas normas, por eso es importante mencionar que diversas organizaciones mundiales o locales destinan recursos a los países para la conservación de los recursos naturales, a nivel mundial tenemos la fao como uno de los referentes en cuanto temas ambientales se trata quienes mediante diversos estudios proponen a los legisladores algunas medidas que garanticen la protección de los recursos, de igual manera tenemos al Banco interamericano de desarrollo que mediante diferentes mecanismos incentiva la protección de los recursos, ahora bien en cuanto a si existe una normatividad en Latinoamérica, si existe y cada nación se encarga de legislar en cuanto a sus necesidades, para algunos países es importante sus recursos, como para otros no lo son en igual medida, los países en los cuales se ubica el amazonas tiene diversas normas que protegen las áreas naturales, la problemática radica en si son suficientes estas normas para evitar las deforestación y/o sobre explotación de los recursos.

#### **4. Referente Normativo Y Legal.**

En esta sección es de destacar algunas de las principales normas establecidas con el fin de preservar y mantener el componente ambiental, en este caso la reserva forestal Cerros Orientales.

- **Ley 23 de 1973.**  
“Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones.”
- **Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.**  
Norma establecida en 1974 mediante decreto 2811 en el cual se establecen medidas de protección para la preservación y restauración del ambiente, como se menciona de manera amplia en el artículo 2 del decreto.
- **Acuerdo 0030 De 1976. Aprobado por la Resolución Nacional 076 de 1977.**  
Acuerdo “por el cual se declaran y alindan unas áreas de reserva forestal y se delegan unas funciones.” creado por el Instituto Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y Del Ambiente, INDERENA, en la cual se declara la zona Bosque Oriental de Bogotá y se delimita.
- **Resolución No. 76 de 1977.**  
Resolución “Por la cual se aprueba un Acuerdo de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-.”

- **Ley 388 De 1997.**  
Ley mediante la cual se modifica la ley 9 de 1989 y la ley 2 de 1991, que busca actualizar las leyes mencionadas e incluir los lineamientos de los planes de ordenamiento territorial en el cual se establece el cuidado protección y conservación del medio ambiente bajo jurisdicción de los municipios.
- **Resolución No. 463 de 2005.**  
“por medio de la cual se redelimita la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, se adopta su zonificación y reglamentación de usos y se establecen las determinantes para el ordenamiento y manejo de los Cerros Orientales de Bogotá.”
- **Resolución No. 519 de 2005.**  
“por medio de la cual se aclara el artículo primero de la Resolución número 463 del 14 de abril de 2005, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.”
- **Resolución No. 1582 de 2005.**  
“por la cual se interpreta el parágrafo del artículo 5° de la Resolución 0463 del 14 de abril de 2005, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.”
- **Decreto (distrital) No. 122 de 2006.**  
"Por el cual se adoptan medidas de defensa y protección de la Reserva Forestal Protectora "Bosque Oriental de Bogotá"
- **Resolución No. 1141 de 2006.**  
“Por la cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental de la Zona de Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá y se establecen otras determinaciones.”

## 5. Referente Teórico.

Para el desarrollo del presente trabajo se deben tener en cuenta algunos conceptos básicos que se verán estrechamente relacionados con el desarrollo del mismo, estos conceptos a groso modo permiten entender de cierta manera los resultados obtenidos.

En Colombia, a partir de la emisión del decreto 2811 DE 1974 Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en el cual se establece la importancia de estos recursos y la función del estado y los particulares en la conservación y manejo de estas, bajo esta resolución en el artículo 206 se “denomina área de reserva forestal la zona de propiedad pública o privada reservada para destinarla exclusivamente al establecimiento o mantenimiento y utilización racional de áreas forestales productoras, protectoras o productoras y protectoras”, el cual a su vez declara como Declara como área de Reserva Forestal Protectora a la zona denominada Bosque Oriental de Bogotá.

Iniciamos con la percepción remota que es el conjunto de conocimientos y tecnología que permite realizar estudios mediante la observación de ciertos fenómenos(Aguilar Rivera, 2018), por lo general son utilizadas herramientas de captura de imágenes terrestres con sensores

pasivos como sistemas satelitales, o fotografías aéreas, pero no solo se limita a estos ejemplos ya que se cuenta con la captura de información mediante tecnología de radar, o lidar, estos últimos pertenecen al grupo de sensores activos ya que ellos mismos emiten ya sea ondas de radio o emisiones de luz con el objetivo de tomar información de la superficie terrestre.

Para una explicación rápida el sistema de percepción remota tiene los siguientes componentes:

- A) Fuente de Energía o Iluminación
- B) Radiación y Atmósfera
- C) Interacción con el Objeto
- D) Grabación de Energía por el Sensor
- E) Transmisión, Recepción y Procesamiento
- F) Interpretación y Análisis
- G) Aplicación

La diferencia entre sensores pasivos y activos básicamente es que los sensores pasivos capturan la radiación reflejada de la superficie terrestre, mientras que los sensores activos tienen su propia fuente de energía, que es emitida hacia la superficie terrestre y luego es capturada de nuevo por el sensor midiendo el tiempo desde que se emite la señal hasta que es capturada de nuevo, generalmente expresado en una malla de puntos con coordenadas tridimensionales.

Espectro electromagnético, es el conjunto de ondas electromagnéticas con sus diferentes magnitudes de longitud de onda, según la explicación de los sensores, existen diversos sistemas que trabajan de manera multispectral o hiper espectral (Lencinas, 2009), la diferencia radica en la sensibilidad del sensor a las diferentes longitudes de onda, algunos solo se limitan al espectro visible y otros van más allá incluyendo el espectro infrarrojo, el ultravioleta, rayos x o gamma, también el espectro de las microondas o la radiofrecuencia.

Imágenes satelitales, es la información capturada por un sensor remoto ubicado en un satélite expresado de manera visual, generando un conjunto ordenado de píxeles con un valor numérico llamado nivel digital o ND, que mediante software especializado se puede visualizar en diferentes combinaciones de las bandas espectrales (de la Escalera, 2001).

Corrección Atmosférica en temas de imágenes satelitales los sensores presentan información imprecisa por los diversos factores atmosféricos en la captura de las imágenes (Aguilar Arias et

al., 2015), razón por la cual se requiere un conjunto de herramientas para mitigar este efecto en el procesamiento de las imágenes y obtener un resultado con mayor precisión.

Clasificación Supervisada, en términos de procesamiento digital de imágenes se usa comúnmente dos técnicas que son clasificación supervisada o clasificación no supervisada, en la primera el usuario tiene en cuenta la respuesta espectral de las coberturas a identificar tomando un muestreo por pixel o áreas homogéneas para generar un mapa tipo raster con las coberturas analizadas, en cuanto a la segunda técnica, se proporciona al software que cantidad de clases se quiere identificar, que mediante análisis de proximidad y estadísticas devuelve un resultado aproximado a lo que se desea obtener (Arbeláez et al., 2021).

Cuatro métodos para clasificar una imagen usados con mayor frecuencia son:

- El clasificador de caja (box classifier).
- El clasificador de distancia mínima (Minimum Distance classifier).
- El Clasificador de la Distancia mínima Mahalanobis (Mahalanobis Distance classifier).
- El Clasificador Gaussiano de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood classifier).

Para efectos del presente documento se realizó la clasificación por el método Gaussiano de máxima verosimilitud. Se supone que los vectores propios de cada clase se distribuyen (estadísticamente) de acuerdo con una "función de densidad de probabilidad normal multivariable". La muestra de entrenamiento se utiliza para estimar los parámetros de la distribución. El límite entre las diferentes partes de un espacio de características es donde hay una transición de una capa a otra. Estos se denominan límites de decisión. (Monterroso, 2013)

Ya que se basa en un modelo probabilístico en el que los valores se distribuyen como antes se mencionó conforme a la gráfica de distribución normal.

Mapas Temáticos, para representar una idea o fenómeno geográfico el uso de estos mapas son la mejor alternativa ya que muestra sectores o áreas de interés y su comportamiento con el fin de informar los sucesos o cambios en el tiempo a una población en particular (Teixeira et al., 2018).

Análisis multitemporal, es la comparación de la información existente de un lugar específico a través de imágenes de diferentes periodos de tiempo, la información es

obtenida mediante imágenes satelitales o fotografías aéreas comparable sobre el lugar objeto de estudio(Ruiz et al., 2014).

Cambio de cobertura se produce a través de la delimitación de cada una de las coberturas elegidas y como cambia en periodos temporales diferentes a partir de diversas técnicas(González Piñeros, 2018).

Estudio ambiental busca establecer la relación entre fenómenos y factores que alteran un territorio

Medio ambiente, es un sistema que consiste en factores naturales y hechos por el hombre que están interrelacionados y son modificados por las actividades humanas. Estamos hablando del entorno que determina cómo vive la gente e incluye los valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar determinado y en un momento determinado.(Perez & Gardey, 2009)

Reserva forestal, definida como área de protección de recursos hídricos y naturales, en el caso cuando, en aras del interés público o del interés público, sea necesario realizar actividades de manejo relacionadas con la deforestación o el cambio de uso de suelo o actividades distintas al aprovechamiento forestal sostenible. Las reservas forestales son áreas creadas para el desarrollo forestal y la protección de los bosques, la tierra, el agua y la vida silvestre.(Ideam et al., 2005)

## **6. Desarrollo del Trabajo.**

### **6.1 Enfoque metodológico.**

El trabajo a realizar se puede relacionar a una investigación aplicada, tomando un fenómeno físico que se presenta en un espacio determinado, se propone un estudio de caso, con el cual se pretende medir los cambios en la cobertura vegetal de la reserva forestal cerros orientales.

Con el fin de realizar un análisis de los cambios en el área de trabajo se toma un enfoque cuantitativo, para el cual es necesario recurrir a las herramientas existentes, en este caso fotografías aéreas, imágenes satelitales y/o cualquier tipo de información visual que permita medir los cambios a través del tiempo.

## **6.2 Tipo de estudio.**

El presente trabajo se puede enmarcar dentro del tipo de estudio de Investigación Cuantitativa puesto que partimos de un supuesto del cambio de cobertura del suelo delimitada por el área protegida de cerros orientales perteneciente a la localidad de Usaquén en la ciudad de Bogotá, donde se plantea posibles causas de la pérdida de cobertura natural por diversos factores inicialmente antrópicos.

Para este trabajo se realizó una revisión de noticias y antecedentes del sector antes delimitados, a razón de esto se identificó una serie de imágenes satelitales que permitieran tener una clara visual del área de estudio, ya que los cambios no son realmente significativos en el corto tiempo esto obligo a establecer periodos temporales de entre 4 y 5 años lo que por la resolución espacial de las imágenes satelitales a tratar presenta cambios cuantificables.

### 6.3 Procedimiento.

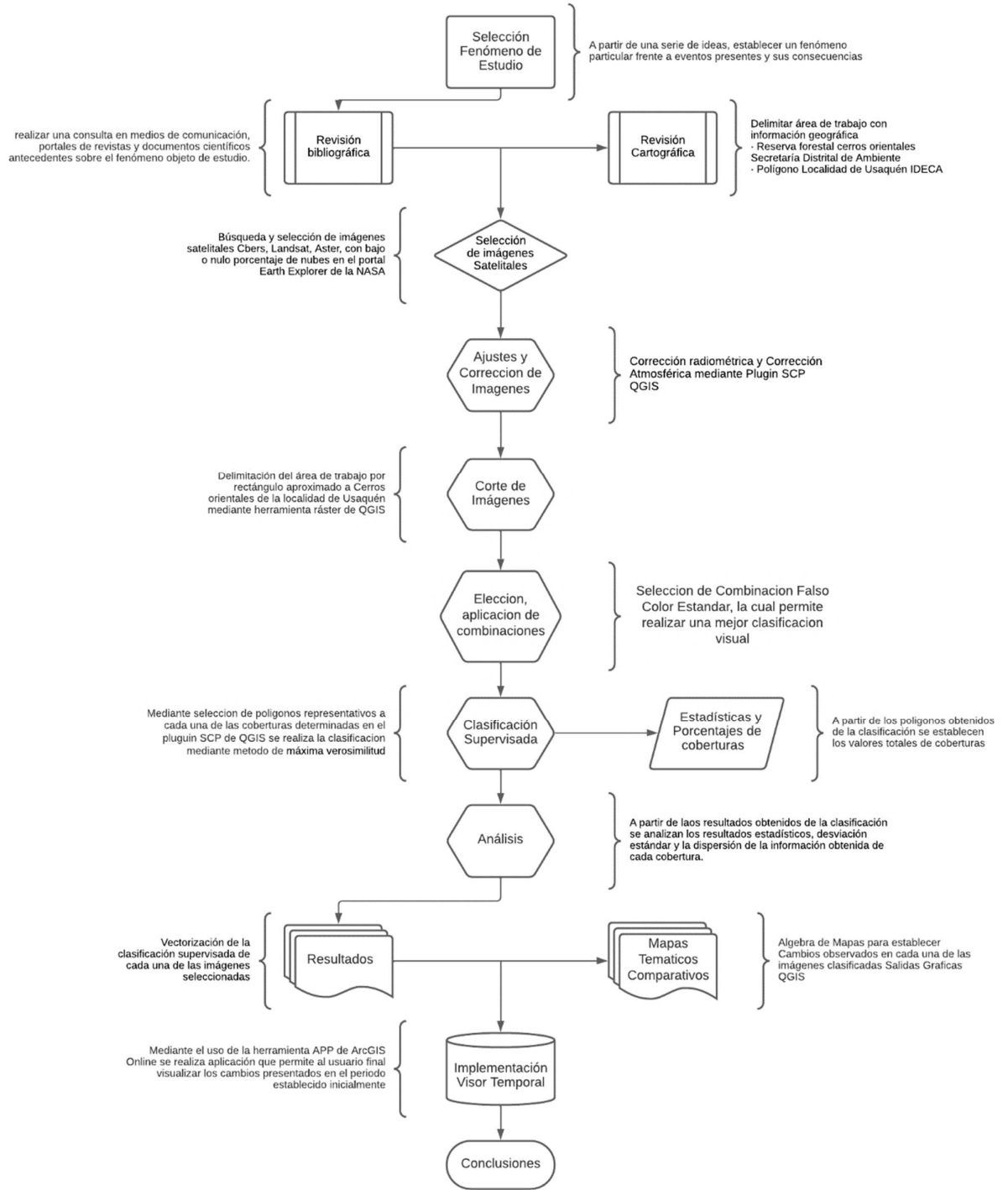


Ilustración 3

## 7. Resultados.

En consecuencia, al análisis y estudio realizado sobre todas las fases de la metodología propuesta, a continuación, se muestran los resultados obtenidos de cada una de estas.

**Fase 1:** mediante la búsqueda de información en medios de comunicación, revistas, documentos científicos, se logró identificar algunos factores que representan en mayor medida los cambios observados en la realización del presente trabajo.

Un primer factor es la incorporación de especies foráneas, para el presente trabajo es un dato informativo ya que no se realiza un estudio detallado de especies en el área de estudio.

Por otra parte, se hace evidente el crecimiento poblacional en la región, ya como lo describen diversos autores, el factor determinante es el poco acceso a vivienda de gran parte de la población de la ciudad de Bogotá y alrededores.

Otro punto importante es la actividad minera que deteriora los recursos naturales.

Las mediciones de estos dos últimos factores se mostrarán más adelante en el desarrollo de las fases a continuación.

**Fase 2:** en la búsqueda e identificación de imágenes satelitales se logró obtener 5 imágenes satelitales de diferentes programas, con baja o nula presencia de nubes en el área de estudio, a continuación, se lista las imágenes obtenidas y el programa, área de trabajo acotada y selección de coberturas a analizar:

### Imágenes Seleccionadas.

No	Nombre de Imagen.	Fecha.	Programa.
1	LE07_L1TP_008057_20030111_20200916_02_T1	2003/01/11	Landsat 7
2	LE07_L1TP_008057_20070207_20200913_02_T1	2007/02/07	Landsat 7
3	LE07_L1TP_008057_20130327_20200907_02_T1	2013/03/27	Landsat 7
4	LC08_L1TP_008057_20180317_20200901_02_T1	2018/03/17	Landsat 8
5	S2A_MSIL1C_20221224T152641_N0509_R025_T18NX L_20221224T184807	2022/12/24	Sentinel 2A

Ilustración 4

Este es el listado de imágenes encontradas en portales como Earth Explorer de la NASA y COPERNICUS de la ESA, utilizando las herramientas que cada uno de sus portales web suministra además de la aplicación de Script realizados mediante el portal **GOOGLE EARTH ENGINE**. Las cuales permitieron obtener las imágenes con bajos o nulos porcentajes de nubes para la correcta realización de este trabajo, ya que la resolución espacial de las imágenes Landsat es de 30m y Sentinel 2 es de 10 metros, fue necesario incluir esta última en la selección de imágenes ya que no se contó con una imagen Landsat que no presentara cobertura de nubes, como fuente de información libre la selección de la imagen Sentinel se debió a que presentaba aumento en la precisión de la información generada.

Con fines de delimitar el trabajo fue necesario realizar un corte ráster a las imágenes tomando como parámetro el área corresponden a la reserva forestal Cerros Orientales acotada a la localidad de Usaquén.

### Delimitación Área de Trabajo.

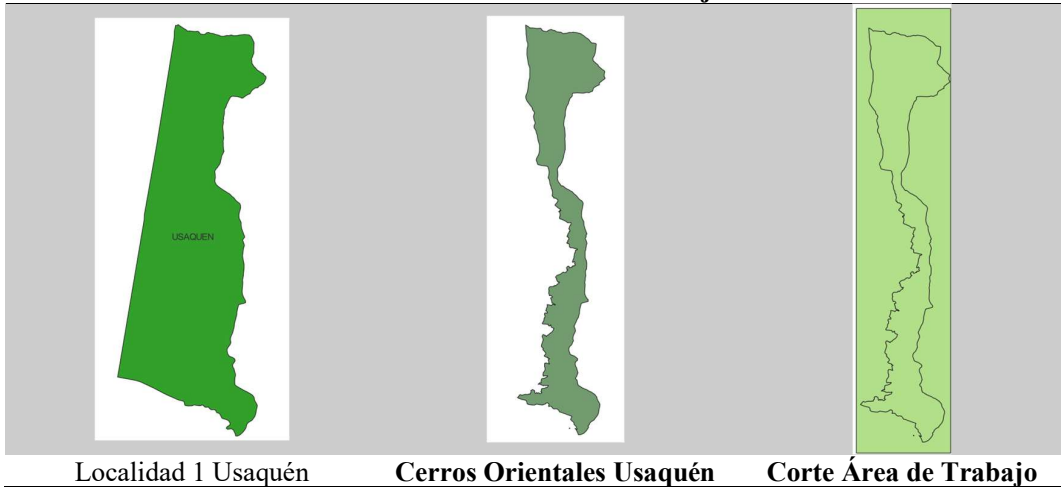


Ilustración 5

### Área de estudio.

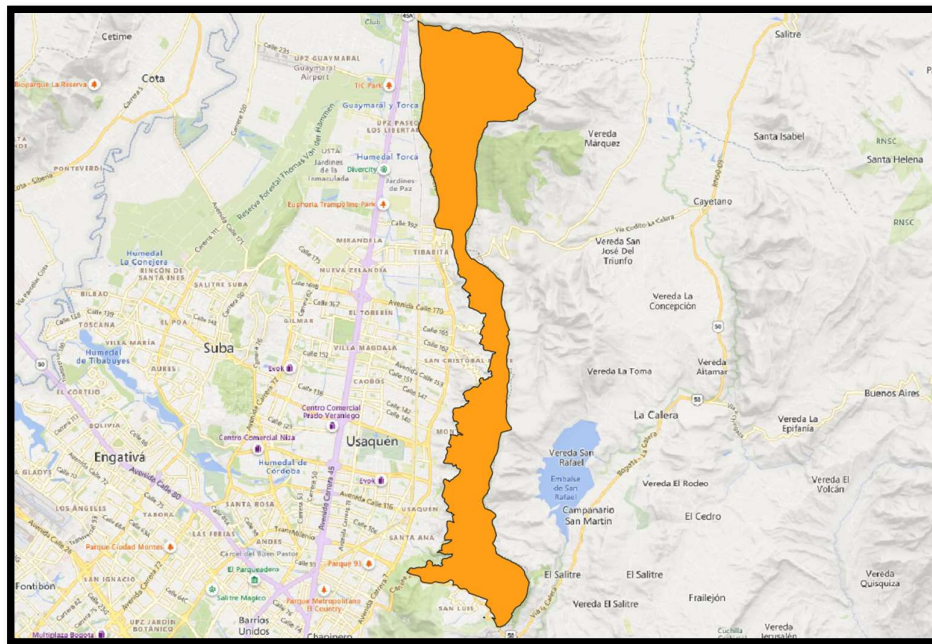


Ilustración 6

El área de reserva forestal cerros orientales fue delimitada por zona correspondiente a la localidad de Usaquén en Bogotá.

La siguiente es la lista de coberturas a analizar:

No	Coberturas
1	Zonas urbanizadas
2	Zonas de extracción minera y escombreras
3	Pastos
4	Bosque
5	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Ilustración 7

Para el análisis e identificación de las coberturas se usó una combinación falso color estándar RGB:432 para Landsat y RGB:643 para Sentinel, para estas combinaciones las coberturas se observan de la siguiente manera:

Zonas urbanizadas: se ven en un color magenta claro

Zonas de extracción minera y escombreras: se ve reflejado un color blanco brillante

Pastos: un color rojo claro

Bosque: se observa en color rojo oscuro

Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva: se puede ver en color Grisáceo.

**Fase 3:** Al aplicar herramientas de procesamiento digital de imágenes como clasificación supervisada mediante poligonos de muestreo, para establecer los cambios en la cobertura vegetal del periodo establecido, se usó el software de código abierto QGIS 3.22.3-Białowieża el cual mediante diferentes Plugin y herramientas permite realizar la corrección radiométrica de las imágenes seleccionadas, lo que da paso a la ejecución de medidas para clasificar las imágenes y obtener las coberturas determinadas y su dimensión en el área de estudio.






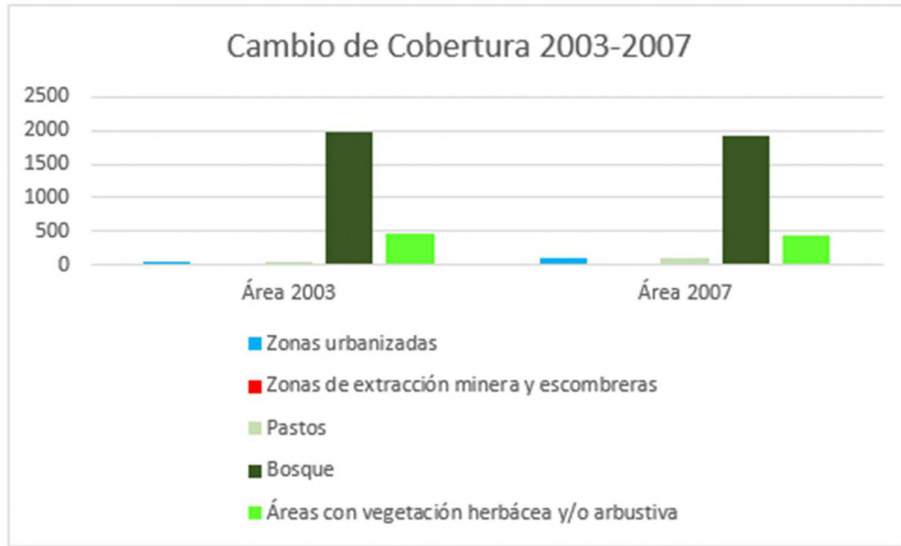
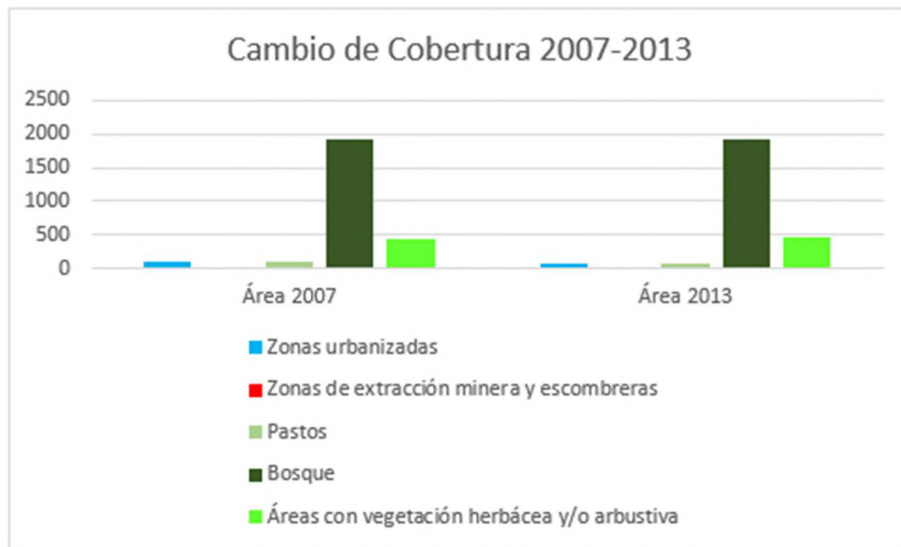
Cobertura	Área 2003	Área 2007	Área 2013	Área 2018	Área 2022	Grafico
Zonas urbanizadas	50.8499985	88.4250031	69.9300003	62.8199997	51.2700005	
Zonas de extracción minera y escombreras	7.7175002	5.8274999	1.3275	0.9	1.12	
Pastos	34.1549988	104.061997	66.9150009	108	83.7699966	
Bosque	1978.67004	1910.31995	1926.84998	2119.32007	2259.66992	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	468.877991	431.640015	475.290009	249.119995	144.020004	

Ilustración 8

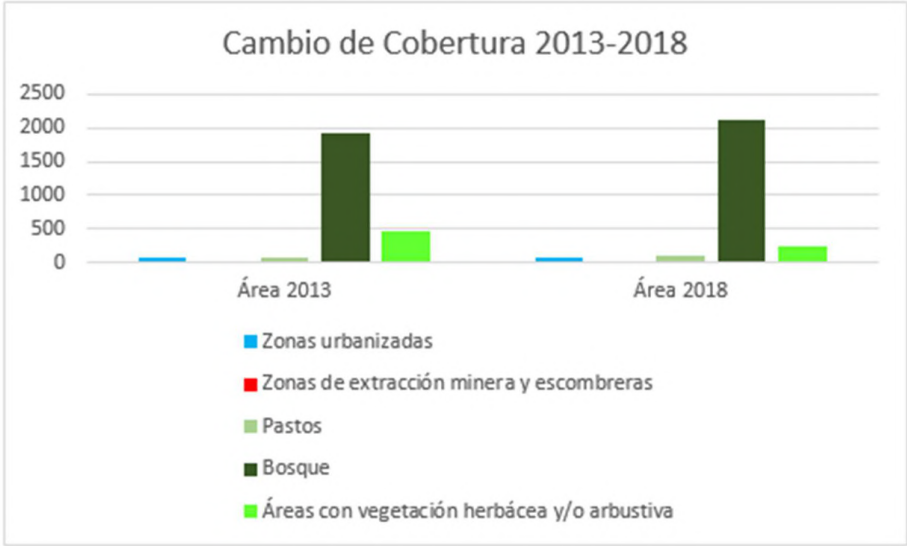
**Tabla de valores de área (ha) por coberturas por año.**



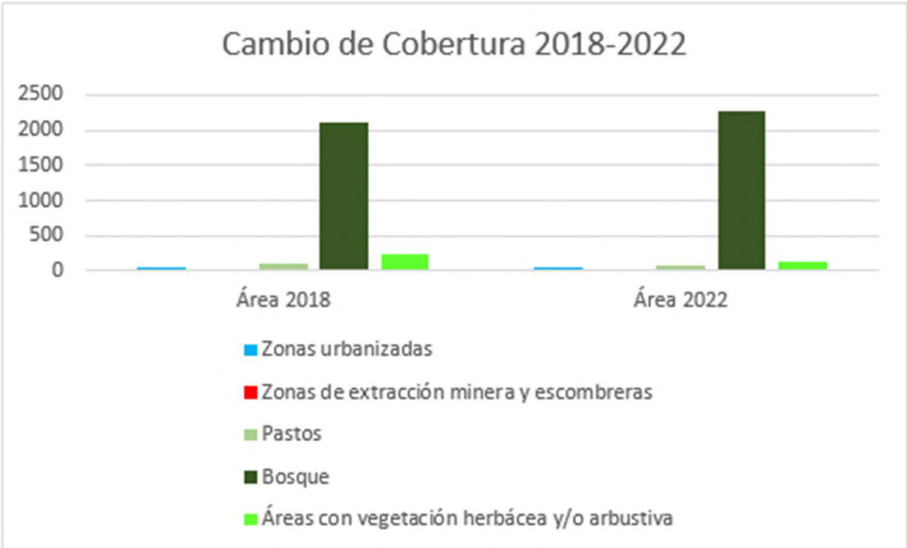
*Ilustración 9*



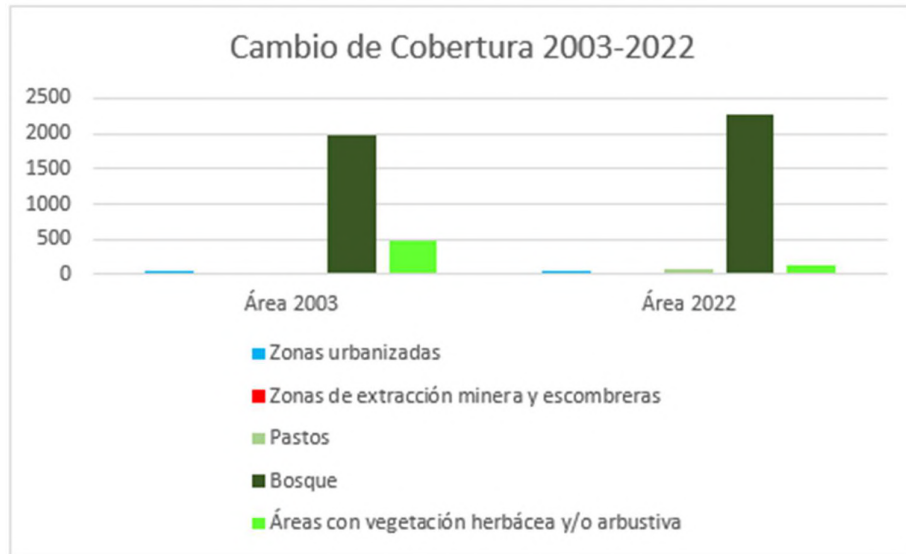
*Ilustración 10*



*Ilustración 11*



*Ilustración 12*



*Ilustración 13*

Mapas de Coberturas.

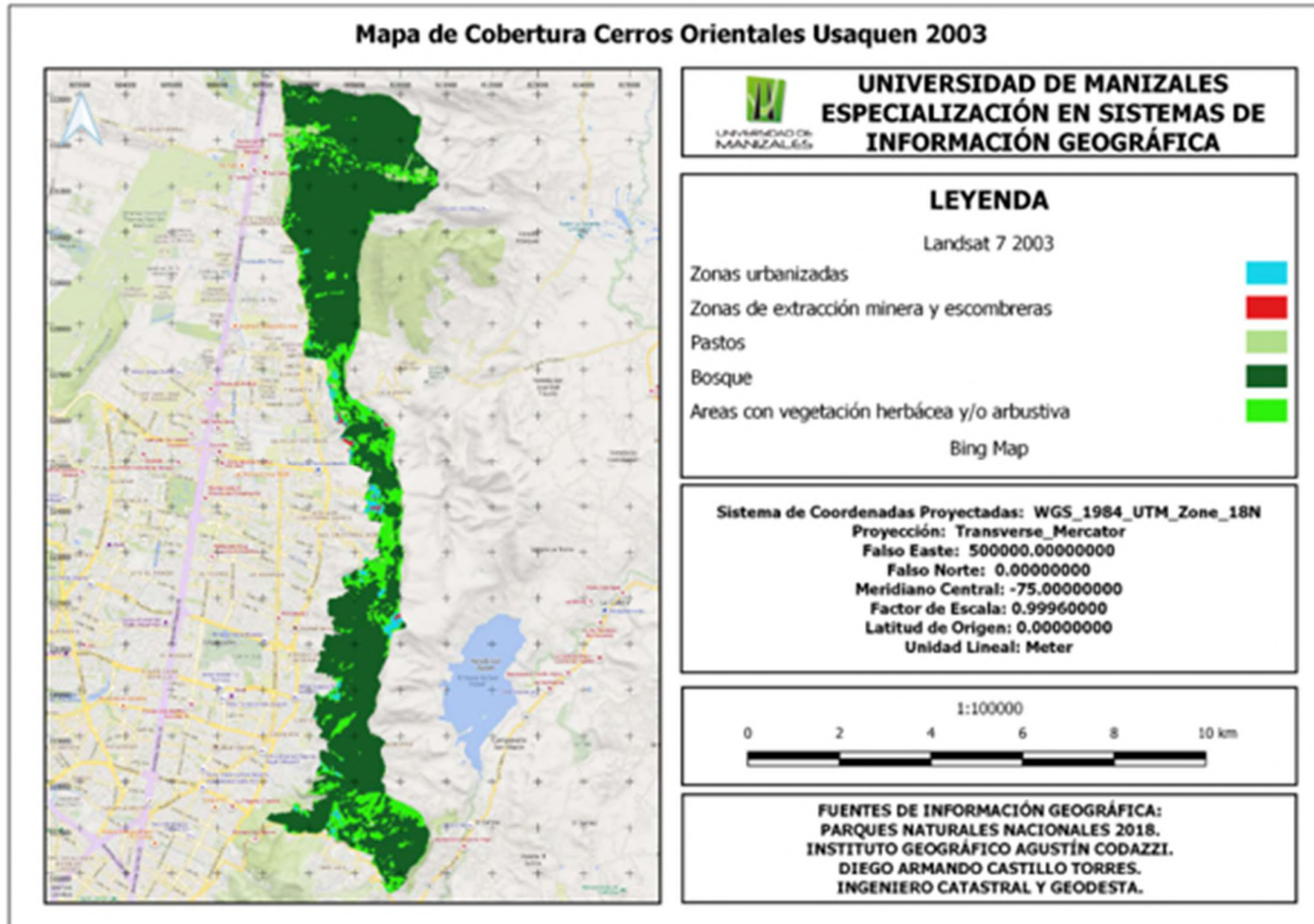
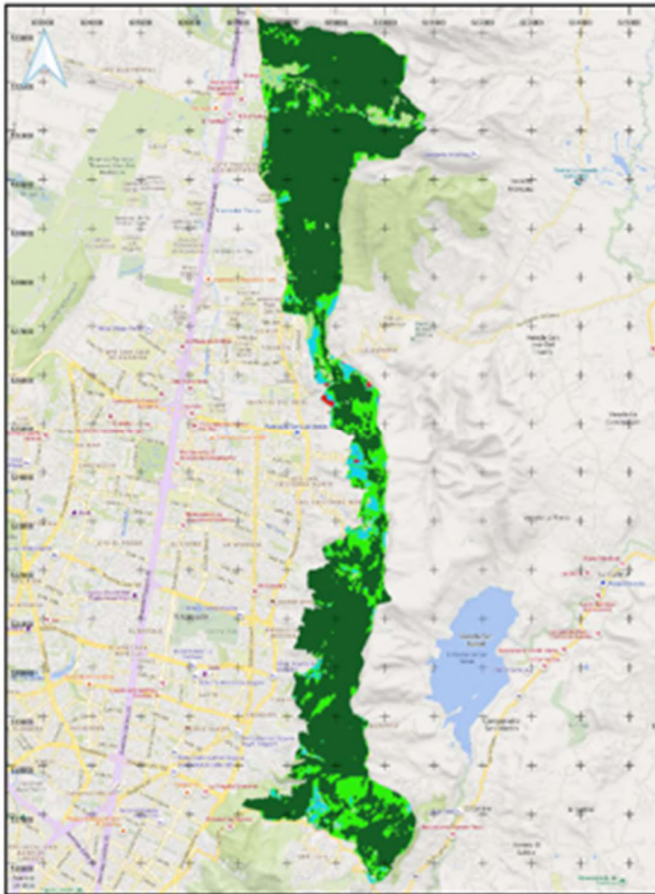


Ilustración 14

### Mapa de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2007



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE**  
**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### LEYENDA

Landsat 7 2007

- Zonas urbanizadas
- Zonas de extracción minera y escombreras
- Pastos
- Bosque
- Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva



Bing Map

Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N  
Proyección: Transverse\_Mercator  
Falso Este: 500000.00000000  
Falso Norte: 0.00000000  
Meridiano Central: -75.00000000  
Factor de Escala: 0.99960000  
Latitud de Origen: 0.00000000  
Unidad Lineal: Meter

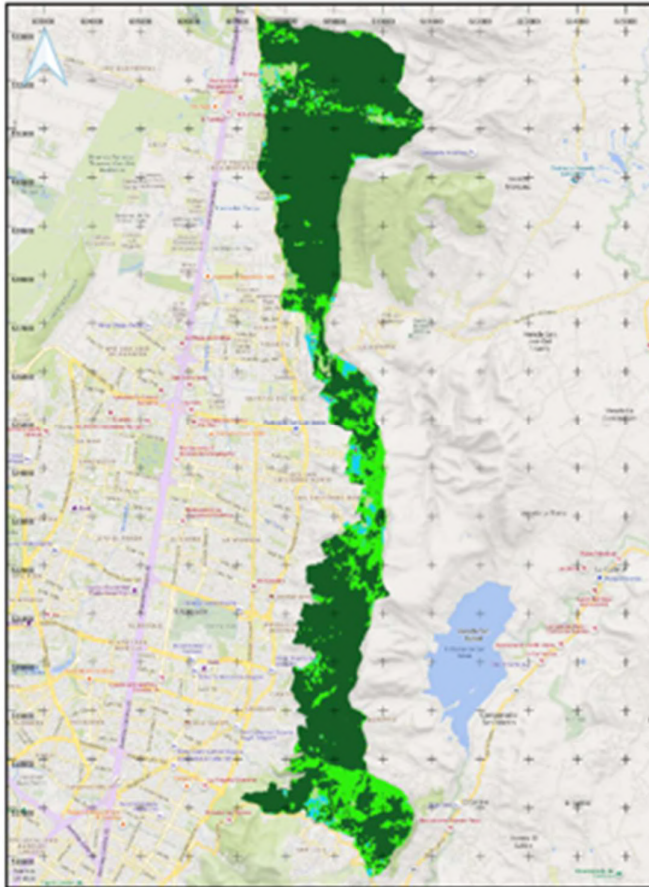
1:100000



FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:  
PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.  
DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.  
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.

Ilustración 15

### Mapa de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2013



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### LEYENDA

Landsat 7 2013

- Zonas urbanizadas
- Zonas de extracción minera y escombreras
- Pastos
- Bosque
- Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva



Bing Map

Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N  
Proyección: Transverse\_Mercator  
Falso Este: 500000.00000000  
Falso Norte: 0.00000000  
Meridiano Central: -75.00000000  
Factor de Escala: 0.99960000  
Latitud de Origen: 0.00000000  
Unidad Lineal: Meter

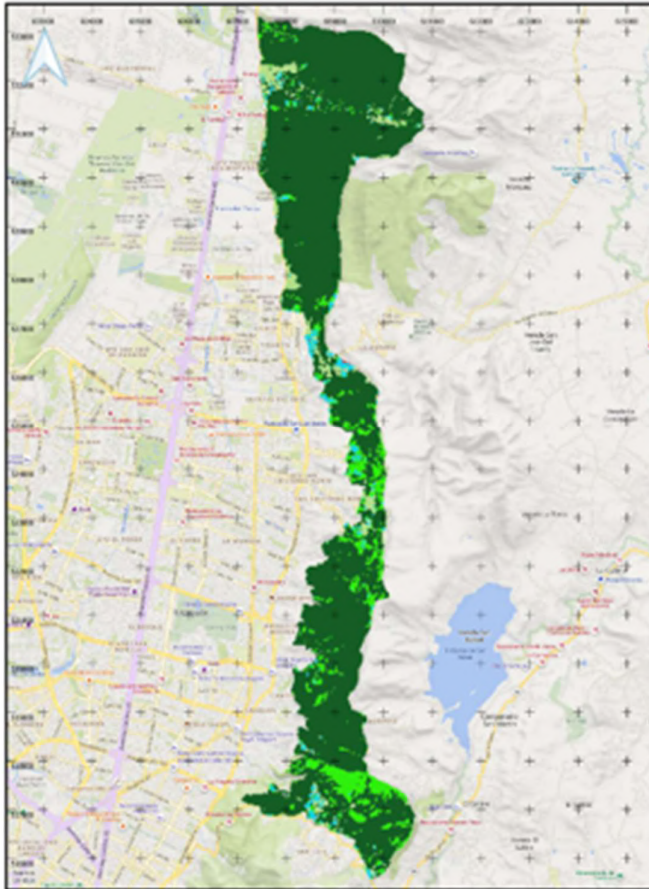
1:100000



FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:  
PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.  
DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.  
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.

Ilustración 16

### Mapa de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2018



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### LEYENDA

Landsat 8 2018

- Zonas urbanizadas
- Zonas de extracción minera y escombreras
- Pastos
- Bosque
- Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva



Bing Map

Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N  
Proyección: Transverse\_Mercator  
Falso East: 500000.00000000  
Falso Norte: 0.00000000  
Meridiano Central: -75.00000000  
Factor de Escala: 0.99960000  
Latitud de Origen: 0.00000000  
Unidad Lineal: Meter

1:100000

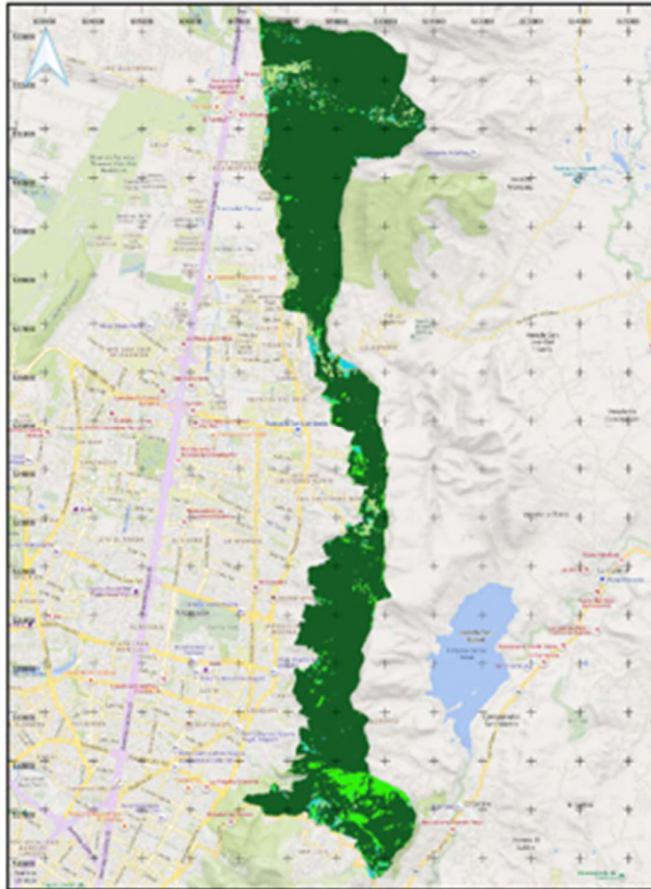


FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:  
PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.  
DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.  
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.

Activar W

Ilustración 17

### Mapa de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2022

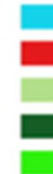


**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE**  
**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### LEYENDA

Sentinel 2A 2022

- Zonas urbanizadas
- Zonas de extracción minera y escombreras
- Pastos
- Bosque
- Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva



Bing Map

Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N  
Proyección: Transverse\_Mercator  
Falso East: 500000.00000000  
Falso Norte: 0.00000000  
Meridiano Central: -75.00000000  
Factor de Escala: 0.99960000  
Latitud de Origen: 0.00000000  
Unidad Lineal: Meter

1:100000



FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:  
PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.  
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.  
DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.  
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.

Activar W

Ilustración 18

Mapas de Cambio de Coberturas.

Mapa de Cambio de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2003 - 2007

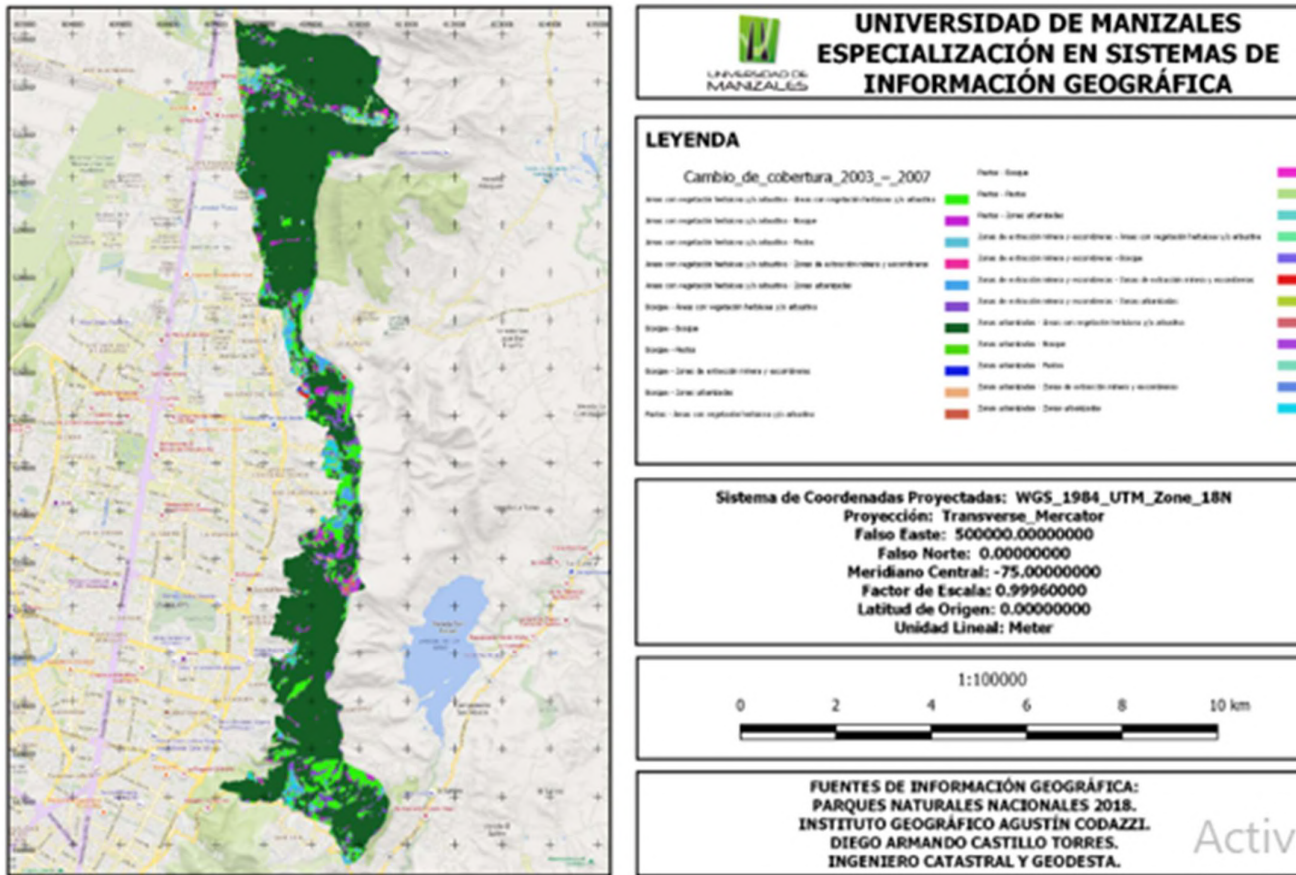
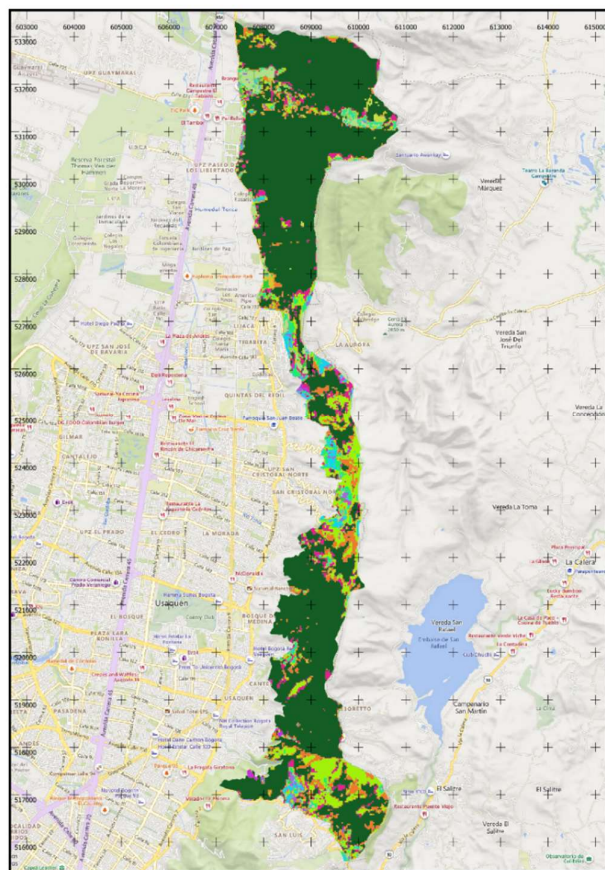


Ilustración 19

## Mapa de Cambio de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2007 - 2013

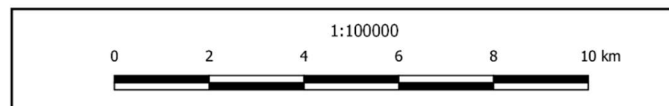



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE**  
**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### LEYENDA

Cambio_de_cobertura_2007_-_2013	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Pastos - Bosque
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Bosque	Pastos - Pastos
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Pastos	Pastos - Zonas urbanizadas
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas de extracción minera y escombreras - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas urbanizadas	Zonas de extracción minera y escombreras - Bosque
Bosque - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas de extracción minera y escombreras - Pastos
Bosque - Bosque	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas de extracción minera y escombreras
Bosque - Pastos	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas urbanizadas
Bosque - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas urbanizadas - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
Bosque - Zonas urbanizadas	Zonas urbanizadas - Bosque
Pastos - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas urbanizadas - Pastos
	Zonas urbanizadas - Zonas de extracción minera y escombreras
	Zonas urbanizadas - Zonas urbanizadas

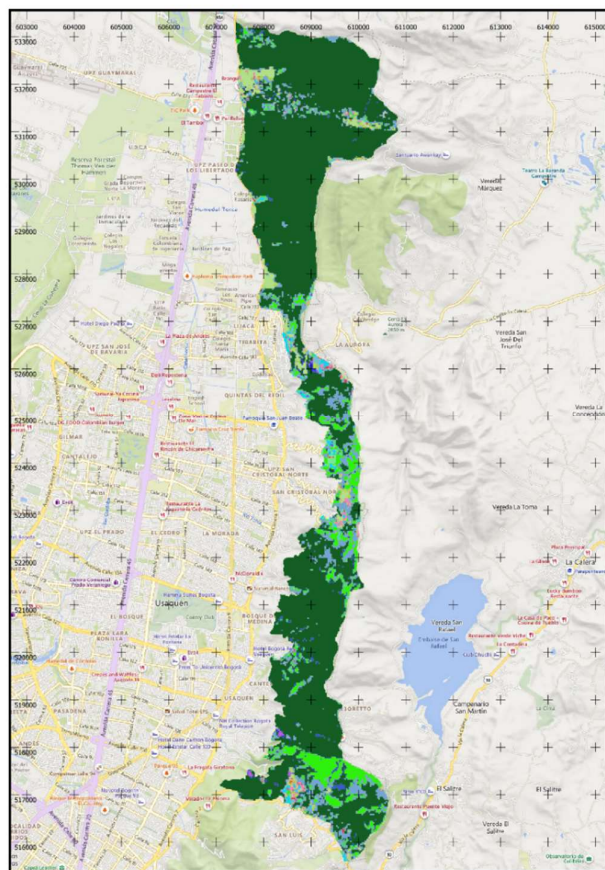
**Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N**  
**Proyección: Transverse\_Mercator**  
**Falso Este: 500000.00000000**  
**Falso Norte: 0.00000000**  
**Meridiano Central: -75.00000000**  
**Factor de Escala: 0.99960000**  
**Latitud de Origen: 0.00000000**  
**Unidad Lineal: Meter**



**FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:**  
**PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.**  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.**  
**DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.**  
**INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.**

Ilustración 20

## Mapa de Cambio de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2013 - 2018



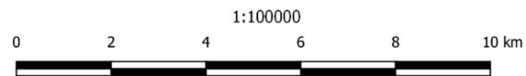

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE**  
**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### LEYENDA

Cambio\_de\_cobertura\_2013\_-\_2018

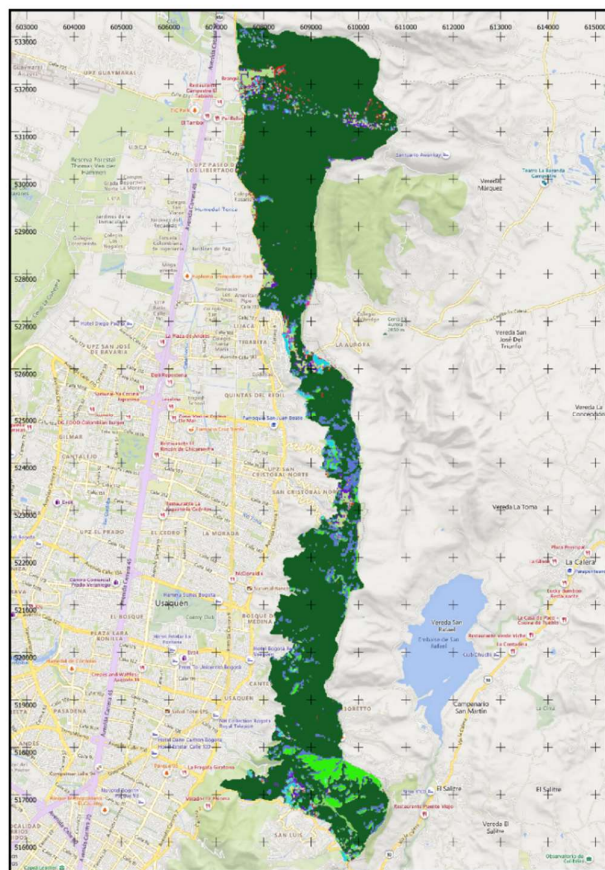
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Pastos - Bosque	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Bosque	Pastos - Pastos	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Pastos	Pastos - Zonas de extracción minera y escombreras	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas de extracción minera y escombreras	Pastos - Zonas urbanizadas	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas urbanizadas	Zonas de extracción minera y escombreras - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	
Bosque - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas de extracción minera y escombreras	
Bosque - Bosque	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas urbanizadas	
Bosque - Pastos	Zonas urbanizadas - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	
Bosque - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas urbanizadas - Bosque	
Bosque - Zonas urbanizadas	Zonas urbanizadas - Pastos	
Pastos - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas urbanizadas - Zonas de extracción minera y escombreras	
	Zonas urbanizadas - Zonas urbanizadas	

**Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N**  
**Proyección: Transverse\_Mercator**  
**Falso Este: 500000.00000000**  
**Falso Norte: 0.00000000**  
**Meridiano Central: -75.00000000**  
**Factor de Escala: 0.99960000**  
**Latitud de Origen: 0.00000000**  
**Unidad Lineal: Meter**



**FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:**  
**PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.**  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.**  
**DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.**  
**INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.**

## Mapa de Cambio de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2018 - 2022

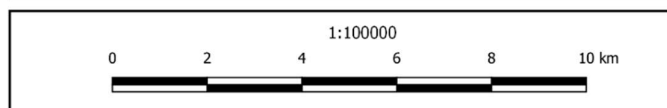



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE**  
**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### LEYENDA

Cambio_de_cobertura_2018_-_2022	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Pastos - Pastos
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Bosque	Pastos - Zonas de extracción minera y escombreras
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Pastos	Pastos - Zonas urbanizadas
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas de extracción minera y escombreras - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas urbanizadas	Zonas de extracción minera y escombreras - Bosque
Bosque - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas de extracción minera y escombreras - Pastos
Bosque - Bosque	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas de extracción minera y escombreras
Bosque - Pastos	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas urbanizadas
Bosque - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas urbanizadas - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
Bosque - Zonas urbanizadas	Zonas urbanizadas - Bosque
Pastos - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas urbanizadas - Pastos
Pastos - Bosque	Zonas urbanizadas - Zonas de extracción minera y escombreras
	Zonas urbanizadas - Zonas urbanizadas

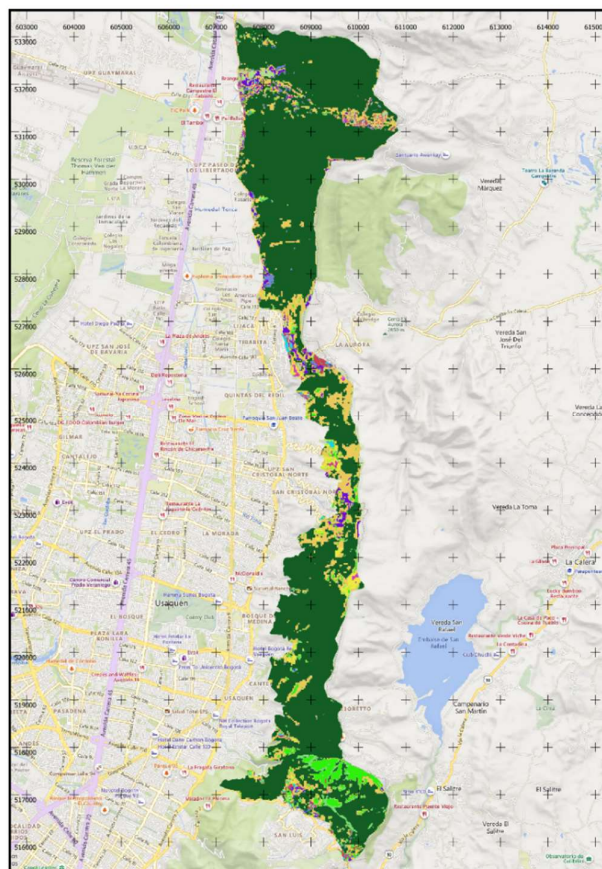
**Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N**  
**Proyección: Transverse\_Mercator**  
**Falso Este: 500000.00000000**  
**Falso Norte: 0.00000000**  
**Meridiano Central: -75.00000000**  
**Factor de Escala: 0.99960000**  
**Latitud de Origen: 0.00000000**  
**Unidad Lineal: Meter**



**FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:**  
**PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.**  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.**  
**DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES.**  
**INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.**

Ilustración 22

## Mapa de Cambio de Cobertura Cerros Orientales Usaquen 2003 - 2022



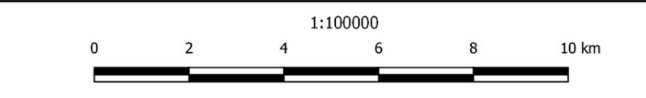

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE**  
**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**LEYENDA**

Cambio\_de\_cobertura\_2003\_-\_2022

Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Pastos - Pastos	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Bosque	Pastos - Zonas de extracción minera y escombreras	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Pastos	Pastos - Zonas urbanizadas	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas de extracción minera y escombreras - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas urbanizadas	Zonas de extracción minera y escombreras - Bosque	
Bosque - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas de extracción minera y escombreras - Pastos	
Bosque - Bosque	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas de extracción minera y escombreras	
Bosque - Pastos	Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas urbanizadas	
Bosque - Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas urbanizadas - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	
Bosque - Zonas urbanizadas	Zonas urbanizadas - Bosque	
Pastos - Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Zonas urbanizadas - Pastos	
Pastos - Bosque	Zonas urbanizadas - Zonas de extracción minera y escombreras	
	Zonas urbanizadas - Zonas urbanizadas	

**Sistema de Coordenadas Proyectadas: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_18N**  
**Proyección: Transverse\_Mercator**  
**Falso Este: 500000.00000000**  
**Falso Norte: 0.00000000**  
**Meridiano Central: -75.00000000**  
**Factor de Escala: 0.99960000**  
**Latitud de Origen: 0.00000000**  
**Unidad Lineal: Meter**



**FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:**  
**PARQUES NATURALES NACIONALES 2018.**  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.**  
**DIEGO ARMANDO CASTILLO TORRES,**  
**INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA.**

Ilustración 23

Tabla de Áreas (ha) de Cambios por Periodo Temporal.

Variacion	Cambios 2003-2007	Cambios 2007-2013	Cambios 2013-2018	Cambios 2018-2022	Cambios 2003-2022	Graficos
Zonas urbanizadas - Zonas urbanizadas	32.4900017	38.1712494	30.4874992	24.6599998	9.5749998	
Zonas urbanizadas - Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva	8.7299995	42.7837486	12.1499996	13.5900002	11.8699999	
Zonas urbanizadas - Zonas de extracción minera y escombreras	2.115	0.73125	0.3825	0.57	0.3075	
Zonas urbanizadas - Pastos	0.63	10.1137505	16.3575001	7.6599998	0.725	
Zonas urbanizadas - Bosque	6.8850002	10.71	8.13375	14.5500002	27.7600002	
Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas urbanizadas	3.7349999	3.4425001	1.1475	0.4	1.385	
Zonas de extracción minera y escombreras - Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva	0.8325	1.24875	0.05625	0.08	2.26	
Zonas de extracción minera y escombreras - Zonas de extracción minera y escombreras	2.925	0.405	0.05625	0.21	0.05	
Zonas de extracción minera y escombreras - Pastos	#N/D	0.09	#N/D	0.01	0.145	
Zonas de extracción minera y escombreras - Bosque	0.225	0.405	#N/D	0.05	3.7175	
Pastos - Zonas urbanizadas	3.2175	7.6500001	5.4450002	8.8800001	2.2249999	
Pastos - Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva	2.2275	23.625	0.68625	4.3099999	0.86	
Pastos - Zonas de extracción minera y escombreras	#N/D	#N/D	0.135	0.15	0.09	
Pastos - Pastos	26.2800007	34.59375	49.5449982	52.7099991	21.1075001	
Pastos - Bosque	2.4300001	22.1287498	10.3387499	40.4500008	9.6575003	
Bosque - Zonas urbanizadas	5.625	3.9937501	5.5574999	9.1899996	5.8299999	
Bosque - Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva	139.5899963	154.7550049	44.4599991	35.0900002	37.2449989	
Bosque - Zonas de extracción minera y escombreras	0.495	0.01125	0.03375	0.13	0.01	
Bosque - Pastos	8.8874998	9.4499998	15.5137501	19.5900002	14.1374998	
Bosque - Bosque	1824.074951	1736.831299	1850.90625	2043.650024	1915.842529	
Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas urbanizadas	58.9949989	15.1987495	18.2362499	6.23	31.1875	
Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva	280.2600098	249.75	188.1787567	88.8099976	90.5049973	
Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Zonas de extracción minera y escombreras	0.2925	0.14625	0.10125	0.03	0.645	
Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Pastos	52.6274986	12.375	24.9637508	2.45	47.0800018	
Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva - Bosque	76.7024994	151.0537567	237.1275024	148.3699951	295.082489	

Ilustración 24

**Fase 4:** En esta fase se utiliza diversos recursos y la información adquirida a través de la realización del presente trabajo para elaborar una herramienta SIG que permite a un usuario observadora de manera grafica los cambios sufridos en la cobertura del suelo en el área delimitada por la reserva cerros orientales en la localidad de Bogotá, para lo cual se muestra una imagen del aplicativo creado mediante ArcGIS Online y su recurso de “Instan Apps”.

La información que se presenta a continuación es una captura de pantalla de la aplicación antes mencionada, la cual puede ser visualizada desde el enlace [“https://umanizales.maps.arcgis.com/apps/instant/slider/index.html?appid=8fd42c7572ca46b6aff274ae54c91766&locale=es”](https://umanizales.maps.arcgis.com/apps/instant/slider/index.html?appid=8fd42c7572ca46b6aff274ae54c91766&locale=es)

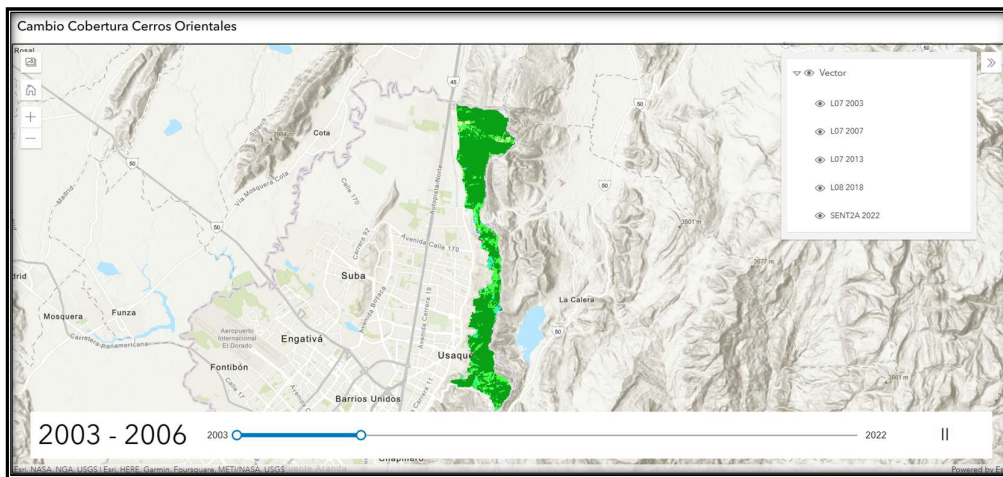


Ilustración 25

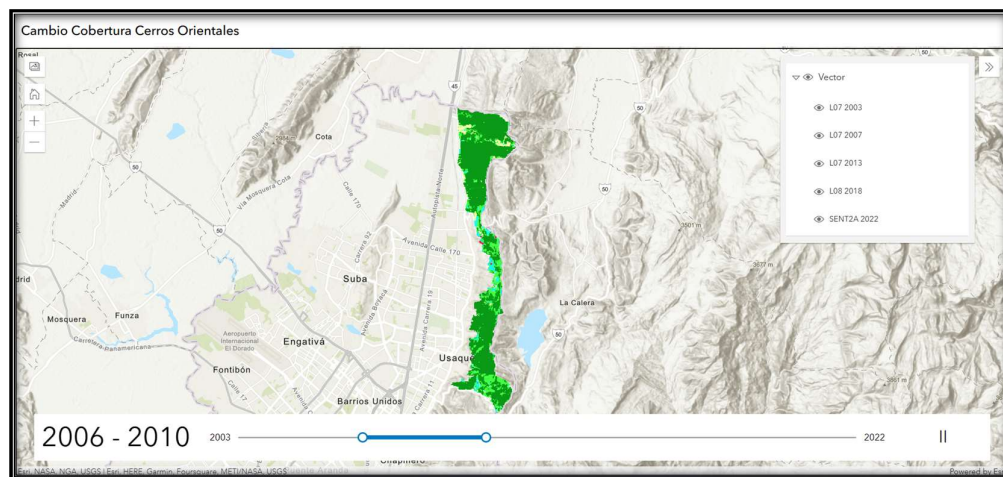


Ilustración 26

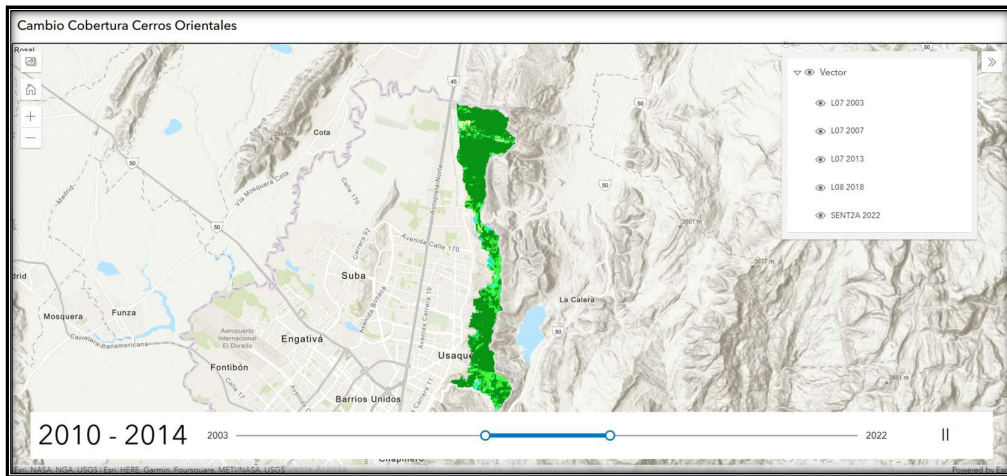


Ilustración 27

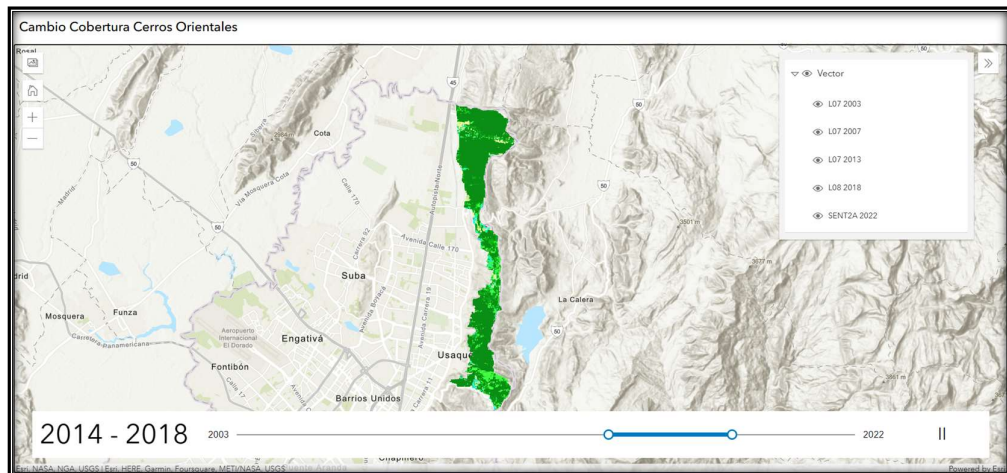


Ilustración 28

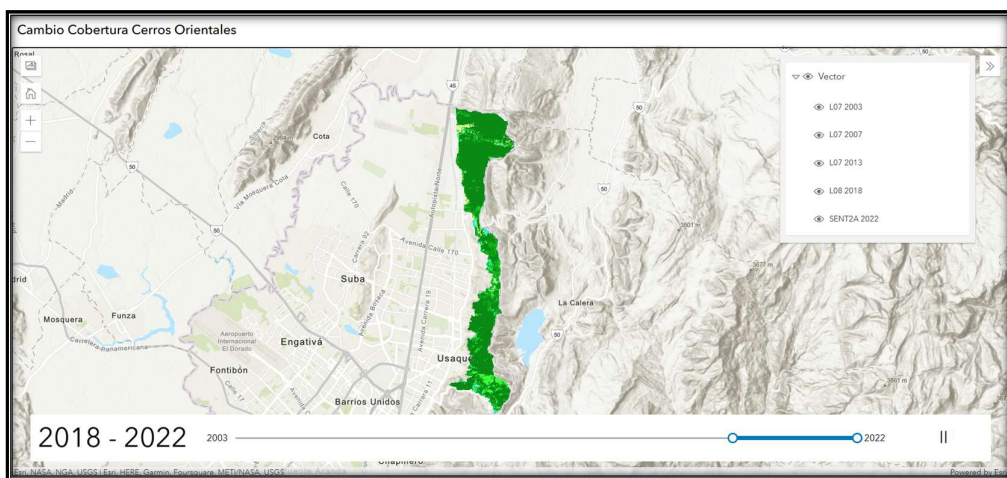


Ilustración 29

## 8. CONCLUSIONES

Mediante la consulta de estudios realizados en el sector de estudio, noticias, reportes ambientales y visita de campo fue posible establecer que los cambios generados en el área de estudio son producidos en gran medida por el hombre, en este caso los pobladores del sector que desarrollan actividades de siembra de productos de consumo propio, tala de árboles, extracción de materiales para construcción.

El uso de herramientas SIG que permitan a cualquier ciudadano tener información clara es una forma de fomentar conciencia colectiva, en este caso que una persona que la información obtenida a diario solo por lo que puede observar desde su realidad no le permite dimensionar los cambios que se generan en su entorno de una manera general, la creación de la aplicación permite a cualquier persona con acceso a un computador teléfono móvil o tableta e internet puede darse una idea de los cambios que se han generado en los últimos 20 años de forma dinámica.

En el desarrollo del presente trabajo y el uso de los recursos de acceso libre fue posible generar un análisis de cambio de cobertura en el área de estudio, como se mencionó al inicio uno de los posibles factores del cambio es el crecimiento poblacional, tanto la creación de vivienda como la deforestación del bosque. En el ítem de resultados se muestra un conjunto de gráficos que muestran el cambio de estas coberturas en el tiempo, nos permite ver como algunas coberturas han crecido y otras disminuido, pero más allá de esta información si lo comparamos con los mapas la información se convierte en una fuente de criterio para poder expresar con certeza lo manifestado en el párrafo anterior y evidencia la causa de deforestación en el área de estudio.

El estudio multitemporal es una herramienta poderosa a la hora de determinar cambios y tomar decisiones de fondo que permita mitigar las afectaciones del territorio y causar un impacto en la población para que tomen conciencia de sus actos y como afecta su entorno (Garzón, 2014). De este trabajo nace una nueva inquietud, ¿Es necesario contar con información detallada de la superficie terrestre en nuestro país? Esto en el entendido que con el uso de plataformas de observación terrestre de acceso gratuito se pudo obtener un resultado claro, ¿qué ocurriría si se contara con imágenes de alta resolución? Podríamos tener un estudio más detallado y mejores resultados en el cálculo de áreas afectadas.

Realizando un análisis puntual referente a este último interrogante es válido pensar que el análisis detallado nos puede aportar datos más precisos de los cambios observados en el gráfico 10, que permite visualizar pérdidas y ganancias de coberturas en el tiempo.

Si bien es cierto que la cobertura de bosque ha crecido, las variaciones son significativas en las que año tras año se observa que existe ganancia en algunos lugares, pero al mismo tiempo se generan pérdidas, en la zona norte de área de estudio se puede discriminar la información mencionada. Pero este no es el único factor presente la actividad minera en el área de estudio, aunque decreciente, aun es persistente lo que nos permite preguntarnos cuales son las acciones y medidas tomadas por las autoridades y organismos de control. Frente al evidente cambio climático Colombia es un territorio rico en recursos naturales lo que nos obliga a fortalecer las normas vigentes crear nuevas en pro del desarrollo sustentable de la sociedad.

## **9. RECOMENDACIONES.**

Como recomendación principal, es poder difundir este tipo de cambios y como se generan a la población que habita el área de estudio y sus alrededores, fomentar una conciencia de preservación y cuidado de los recursos en aras de enfrentar las posibles consecuencias del cambio climático.

En cuanto a las autoridades, es importante que este tipo de estudio sea realizado con rigurosidad con el fin de contar con un inventario real y preciso de los recursos naturales en cumplimiento de las leyes existentes, en este orden de ideas es importante manejar una plena comunicación entre ciudadanía, autoridades y academia con el fin de desarrollar planes de manejo y tareas que conlleven a una óptima administración de los recursos naturales.

Es posible realizar un SIG con el fin de mantener actualizada la información de alteraciones dentro de las reservas naturales y/o forestales, en la que se pueda obtener la colaboración de los pobladores con el fin de mitigar los daños que se puedan presentar, esta información se actualizaría en tiempo real y daría alertas oportunas a las autoridades correspondientes.

Expuestas las ideas anteriores se cree conveniente ampliar el conocimiento de diversas herramientas y/o modelos de análisis de información que permitan la interacción de diferentes áreas de estudio para generar mayor cantidad de información o datos que permitan la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo en la generación de leyes con el fin de la preservación de las áreas de protección no solo locales sino a nivel nacional.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Achicanoy, J. A., Rojas-Robles, R., & Sánchez, J. E. (2018). Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21(1). <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.68285>
- Aguilar Arias, H., Mora Zamora, R., & Vargas Bolaños, C. (2015). METODOLOGÍA PARA LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA DE IMÁGENES ASTER, RAPIDEYE, SPOT 2 Y LANDSAT 8 CON EL MÓDULO FLAASH DEL SOFTWARE ENVI. ATMOSPHERIC CORRECTION METHODOLOGY FOR ASTER, RAPIDEYE, SPOT 2 AND LANDSAT 8 IMAGES WITH ENVI FLAASH MODULE SOFTWARE. *Revista Geográfica de América Central*, 2(53). <https://doi.org/10.15359/rgac.2-53.2>
- Aguilar Rivera, N. (2018). Percepción remota como herramienta de competitividad de la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(2), 399–405. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i2.726>
- Arbeláez, P., Daza, L., & Valderrama, N. (2021). Clasificación supervisada. *IBIO 3470*.
- Armesto, A. (2021). Preocupación por el cambio climático, condiciones económicas individuales y priorización del medioambiente en América Latina. *Opiniao Publica*, 27(1). <https://doi.org/10.1590/1807-019120212711>
- CAR, C. A. (2007). Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. Bogotá.
- Carvajal, A. F., & Pabón, J. D. (2016). TRANSFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE TERRESTRE POR LA ACTIVIDAD HUMANA Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Sociedade & Natureza*, 28(2). <https://doi.org/10.1590/1982-451320160201>
- de la Escalera, A. (2001). Preprocesamiento de imágenes. *Visión Por Computador, Fundamentos y Métodos*, 112–154.
- Estimación de la deforestación por cultivos ilícitos en la zona de reserva forestal del Río Magdalena. (2006). *Colombia Forestal*, 9(19). <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2006.1.a08>
- Fracasso, L., Betancourt, C., & Aperador, D. (2022). Social Practices, Environmental Service and Climate Change: Axiology of the Human and Non-Human in the Cerros Orientales of Bogotá. *Territorios*, 46. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.9960>
- Garzón, F. (2014). Educación ambiental y desarrollo sostenible El caso de los cerros Orientales de Bogotá, Colombia. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 14(26–1). <https://doi.org/10.18359/rlbi.498>
- Gómez Rodríguez, D. M., & Beltrán, J. (2018). Modelación dinámica de bienes y servicios ecosistémicos en la reserva forestal productora Thomas van der Hammen. *Colombia Forestal*, 21(2). <https://doi.org/10.14483/2256201x.12498>
- González Piñeros, N. C. (2018). Explorando la innovación local como proceso clave en la transformación de las instituciones del nuevo milenio. *Cuadernos de Gobierno y Administración Pública*, 5(1). <https://doi.org/10.5209/cgap.60610>

- Gupta, R., & Sharma, L. K. (2020). Efficacy of Spatial Land Change Modeler as a forecasting indicator for anthropogenic change dynamics over five decades: A case study of Shoolpaneshwar Wildlife Sanctuary, Gujarat, India. *Ecological Indicators*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106171>
- Hase, V., Mahl, D., Schäfer, M. S., & Keller, T. R. (2021). Climate change in news media across the globe: An automated analysis of issue attention and themes in climate change coverage in 10 countries (2006–2018). *Global Environmental Change*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102353>
- Ideam, Ambiente, M. de, & Territorial, V. y D. (2005). Zonas de Reserva Forestal de Colombia. Ley 2 de 1959. Atlas Temático. In *Atlas de zonas de reserva forestal Ley 2 de 1959*. (Issue ZRF Río Magdalena).
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Lechner, A. M., Owen, J., Ang, M. L. E., Edraki, M., Che Awang, N. A., & Kemp, D. (2019). Historical socio-environmental assessment of resource development footprints using remote sensing. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100236>
- Lencinas, J. D. (2009). Bosques de Montaña y Teledetección Óptica Espacial: Desarrollo y Perspectivas. *XIII Congreso Forestal Mundial*, 18–23.
- Li, D., Lu, D., Zhao, Y., Zhou, M., & Chen, G. (2021). Spatial patterns of vegetation coverage change in giant panda habitat based on MODIS time-series observations and local indicators of spatial association. *Ecological Indicators*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107418>
- Li, J., Wang, J., Zhang, J., Zhang, J., & Kong, H. (2021). Dynamic changes of vegetation coverage in China-Myanmar economic corridor over the past 20 years. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102378>
- Li, S., Wang, J., Zhang, M., & Tang, Q. (2021). Characterizing and attributing the vegetation coverage changes in North Shanxi coal base of China from 1987 to 2020. *Resources Policy*, 74. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102331>
- Lopera, M. C. (2019). Soil CO<sub>2</sub> flux under different land-cover types in the reserva forestal protectora bosque oriental of Bogotá. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(167). <https://doi.org/10.18257/raccefyn.823>
- Megahed, Y., Cabral, P., Silva, J., & Caetano, M. (2015). Land cover mapping analysis and urban growth modelling using remote sensing techniques in greater Cairo region-Egypt. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3). <https://doi.org/10.3390/ijgi4031750>
- Meza, C. A. (2008). Encrucijada y conflicto. Urbanización, conservación y ruralidad en los cerros Orientales de Bogotá. *Revista Colombiana de Antropología*, 44(2). <https://doi.org/10.22380/2539472x.1064>
- Monterroso, M. (2013). Guia Practica: Clasificación De Imagenes Satelitales. *Software*.

- Perez, J., & Gardey, A. (2009). DEFINICIÓN DE MEDIO AMBIENTE. *Definicion.De*.
- Reyes Arias, T. R., & Córdoba Urrutia, A. J. (2019). Diagnóstico de las causas de Deforestación en el Municipio de Bajo Baudo en el año 2018. In *Repositorio Institucional USC*.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera Herrera, A. (2014). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Revista Científica de FAREM-Estelí, 11*, 57–68. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i11.1605>
- Ruth, H. L., & Hernandez, J. M. D. (2006). Directrices de restauración ecológica en cuencas hidrográficas andinas: “Plan de manejo ambiental de la cuenca hidrográfica La Floresta – La Novita”. Bogotá. Colombia. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53*(9).
- Sun, Q., Zhang, C., Liu, M., & Zhang, Y. (2016). Land use and land cover change based on historical space&ndash;time model. *Solid Earth, 7*(5). <https://doi.org/10.5194/se-7-1395-2016>
- Teixeira, C. A., Oliveira, E. M. de, & Pimentel, J. D. S. (2018). SOFTWARE QGIS NA PRODUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS PARA ANÁLISE DA MICRORREGIÃO DE BOQUIRA-BA. *Geopauta, 2*(3), 35. <https://doi.org/10.22481/rg.v2i3.4405>

## 11. Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1.....	5
Ilustración 2.....	6
Ilustración 3.....	19
Ilustración 4.....	20
Ilustración 5.....	21
Ilustración 6.....	21
Ilustración 7.....	22
Ilustración 8.....	22
Ilustración 9.....	23
Ilustración 10.....	23
Ilustración 11.....	24
Ilustración 12.....	24
Ilustración 13.....	25
Ilustración 14.....	26
Ilustración 15.....	27
Ilustración 16.....	28
Ilustración 17.....	29
Ilustración 18.....	30
Ilustración 19.....	31
Ilustración 20.....	32
Ilustración 21.....	33
Ilustración 22.....	34
Ilustración 23.....	35
Ilustración 24.....	36
Ilustración 25.....	37
Ilustración 26.....	37
Ilustración 27.....	38
Ilustración 28.....	38
Ilustración 29.....	38