

<https://doi.org/10.23854/07199562.2020561.Hurtado71>

## **ANÁLISIS MULTITEMPORAL EN LA COBERTURA DEL SUELO PARA LA RESERVA FORESTAL THOMAS VAN DER HAMMEN – BOGOTÁ**

### **MULTI-TEMPORAL LAND COVER ANALYSIS FOR THOMAS VAN DER HAMMEN FOREST RESERVE - BOGOTA**

Sr. Leonardo Hurtado<sup>1</sup>, Sr. Diego Mauricio Pulido<sup>2</sup> y Sr. Iván Alberto Lizarazo<sup>3</sup>

#### **RESUMEN**

El estudio tiene como propósito realizar un seguimiento de la reserva forestal Thomas van der Hammen, la más grande reserva forestal urbana de Colombia entre los años 1977 y 2017. El análisis se enfoca al cambio que ocurre en las coberturas de la tierra para la zona norte de la ciudad de Bogotá, especialmente observar e identificar las causas y las zonas específicas desde las cuales se comienza a generar la expansión urbana de las localidades al norte de la ciudad y dos de sus municipios aledaños (Chía y Cota). Dicho estudio enmarca una especial relevancia debido al contexto de cambio de gobierno en Bogotá enfocado a un cambio del plan de ordenamiento territorial y la posible urbanización de dicha reserva. Para realizar dicho análisis multitemporal se clasificaron diversas imágenes de satélite (Spot, RapidEye y Landsat) en periodos de tiempo establecidos y de esta manera comparar la información a través del tiempo y cuantificar tanto las coberturas de la tierra como el área de cambio por periodo y acumulado. El estudio arroja como el resultado más impactante el aumento acelerado de suelo de construcción el cual paso de 500 hectáreas en 1977 a más de 5100 hectáreas para el 2017, lo que permite concluir la existencia de un cambio crítico que conlleva una afectación directa sobre la estructura ecológica de la reserva y donde se pone a prueba conceptos como el desarrollo sostenible de la capital colombiana.

Palabras claves: Desarrollo sostenible. Expansión urbana. Clasificación supervisada. Procesamiento de imágenes de satélite.

#### **ABSTRACT**

In this article, the purpose is to monitor the Thomas van der Hammen forest reserve, the largest urban forest reserve in Colombia between 1977 and 2017. The analysis focuses on the change that occurs in land cover for the northern zone of the city of Bogotá, especially to observe and identify the causes and the specific areas from which the urban expansion of the towns to the north of the city and two of its neighboring municipalities (Chía and Cota) begins to be generated. This study frames a special relevance due to the context of change of government in Bogotá focused on a change in the land use plan and the possible urbanization of said reserve. To carry out this multitemporal analysis, various satellite images (Spot, RapidEye and Landsat) were classified in established periods of time and thus compare the information over time and quantify both the land cover and the area of change per period and accumulated. The study shows as the most impressive result the accelerated increase in construction land, which went from 500 hectares in 1977 to more than 5,100 hectares in 2017, which allows concluding the existence of a critical change that entails a direct impact on the structure. ecological reserve and where concepts such as the sustainable development of the Colombian capital are tested.

Keywords: sustainable development. Urban expansion. Supervised classification. Satellite image processing.

<sup>1</sup> Magister en Geomática. Investigador Universidad Nacional de Colombia. [johurtadoa@unal.edu.co](mailto:johurtadoa@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Especialista en Planeación ambiental y manejo de recursos naturales, Universidad Militar de Colombia. [u2700791@unimilitar.edu.co](mailto:u2700791@unimilitar.edu.co)

<sup>3</sup> Doctor en Geografía. Docente e investigador, Universidad Nacional de Colombia. [ializarazos@unal.edu.co](mailto:ializarazos@unal.edu.co)

Fecha de recepción: 21 de julio de 2020

Fecha de aprobación: 27 de septiembre de 2020

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años, la importancia de las reservas forestales ha ido en descenso como resultado de las necesidades de expansión de las principales ciudades colombianas. La reserva forestal Thomas van der Hammen (RFTvdH), la reserva forestal urbana más grande del mundo (Alcaldía de Bogotá 2014) atraviesa un momento crítico en cuanto a lo que podría ser un futuro promisorio y un futuro oscuro y desgarrador como consecuencia de un conflicto de intereses económicos y urbanísticos que en la actualidad tienen un impacto más fuerte que la misma existencia de un paisaje ecológico natural y que podría llegar a ser un ejemplo de responsabilidad y pertenencia ecológica a nivel mundial (Tiempo 2018; Instituto de Estudios Ambientales 2018; Espectador 2016; Cartel Urbano 2016). El propósito de este artículo es evidenciar desde un punto de vista espacial y cuantificable como la ciudad de Bogotá se expande sin tener en cuenta aspectos de protección ambiental y planes de ordenamiento territorial adecuadamente planificados y ejecutados.

La ciudad de Bogotá ha tenido un crecimiento muy acelerado en el número de hectáreas de suelo urbano en especial en localidades del norte como Usaquén y Suba en un periodo de tiempo no mayor de veinte años haciendo que las autoridades correspondientes enfrenten un reto demográfico, físico y para el caso del interés de este artículo ambiental (Alexandra y Alfonso 2009; Beuf 2012; Rincón Avellaneda 2004). Un factor determinante inmerso en esta problemática es el acelerado crecimiento del precio de metro cuadrado en la ciudad de Bogotá. El valor comercial de un bien inmueble es afectado de acuerdo a la dinámica de oferta-demanda (Salazar 2001) producida por la ciudad en desarrollo. Sin embargo, cuando la zona central y las localidades limitantes al centro de Bogotá se ven sin espacio de construcción y con normas urbanísticas que prohíben o limitan la densificación y construcción en altura (Acuña Galindo 2015) (como la propuesta en el POT del año 2013) la única solución viable es seguir creciendo radialmente (como el caso de Santiago de Chile (Figueroa Salas 2008)) siempre y cuando la morfoestructura de la ciudad lo permita.

La ciudad de Bogotá se ve rodeada al oriente por la cordillera central lo que limita la construcción de

predios y los que son construidos están bajo una permanente amenaza por remoción de masa y dificultades de acceso por las pronunciadas pendientes (Preciado 2000). Por otro lado, al costado occidental limita con el cauce del río Bogotá, una barrera natural que impide la expansión hacia este frente (Preciado 2000); como resultado la ciudad tenía dos opciones. La primera era expandirse hacia el sur (límite con el municipio de Soacha), una frontera invisible que en los últimos cinco años dejó de existir ya que físicamente no es posible observar el cambio de Bogotá a Soacha (Dureau y Françoise 2002). Como resultado la única opción restante de la ciudad es crecer hacia el borde norte donde se encuentra la RFTvdH. Aunque son muchos los estudios científicos sobre la reserva (Hurtado Abril y Pulido Castillo 2016; CAR 2014b; Ministerio de Ambiente 2012; Observatorio de Conflictos Ambientales 2018), al igual que los debates, conferencias y simposios dedicados a esta problemática de desarrollo sostenible (Rodríguez 2016; Espectador 2016; Cartel Urbano 2016; Tiempo 2018) la carencia de suelo urbanizable para construcción al igual que la dinámica valuatoria del metro cuadrado (Garza 2005) en la ciudad de Bogotá y su crecimiento exponencial en los últimos años hacen que el asunto ambiental pase a estar en un segundo plano comparado con el aparente bienestar social y el desarrollo económico de la capital del país.

La problemática de la expansión urbana versus la protección del medio ambiente es el resultado de años de una mala proyección en ordenamiento territorial de la capital colombiana, el aumento gradual demográfico (Lozano y Silva 2005) como consecuencia de diversos factores y la deficiente planeación de las unidades de planeación zonal (UPZ) que colapsaron la malla vial de la ciudad y las principales salidas de la ciudad. Desde un par de décadas el efecto de ciudades dormitorio como los municipios de Chía (Vargas y Cifuentes 2006) y Cota se ha convertido en un agravante más a los problemas de congestión vial en los peajes del norte de Bogotá ya que familias con un ingreso mayor que el promedio tiene la capacidad de pago y los medios de desplazamiento para trabajar en Bogotá y vivir en los municipios vecinos, a este fenómeno se le conoce como conurbación (Isaza Guerrero 2009). Hasta el momento, la única barrera existente entre la conexión total de Chía y el norte de Bogotá es la RFTvdH y por ello

se ha generado un gran debate en torno a lo que es mejor para la ciudad pensando en un mediano y largo plazo (CAR 2014a; 2009; 2014b). El desarrollo sostenible de una ciudad como Bogotá es un gran reto para cualquier gobierno (Naína Pierri 2005). No obstante, es vital encontrar la estrategia para tener un crecimiento económico (Sepúlveda et al. 2002) de la ciudad que permita a la sociedad tener una mejor calidad de vida, evitar problemas de colapsos en la estructura vial (Artaraz 2002), tener un eficiente sistema de transporte, cercanía con los predios que ofrecen bienes y servicios (Sánchez Pérez 2002) y como último factor la protección del espacio ambiental y más en la ciudad que podría tener un ejemplo mundial de la más grande reserva forestal urbana (Hernández Aja 2009; Gallopín 2003).

Son muchos los estudios que exponen hechos desde un punto de vista cualitativo. Desde un punto de vista espacial la reserva forestal no había tenido estudio alguno que revelara un seguimiento temporal del cambio en sus coberturas, hasta la realización de una tesis de grado (Hurtado Abril y Pulido Castillo 2016) de la cual se deriva el presente artículo. No obstante, se han realizado estudios de la composición y riqueza de los suelos pertenecientes a la reserva forestal (Van der Hammen y Parada 1958), al igual que estudios sobre la conservación de la biodiversidad y conservación de la estructura ecológica (van der Hammen 2004; Santos y Tellería 2006).

En este estudio el propósito es espacializar, visualizar, clasificar y cuantificar las coberturas de la tierra para el límite actual establecido de la RFTvdH y sus alrededores con el fin de indagar, identificar y abstraer que pasa dentro de la reserva y que procesos o cambios fuera de ella pudieron afectar su estado inicial que para este estudio es el año de 1977 y cuyo final del estudio se propone el año 2017 como resultado del final político-administrativo de la alcaldía por construir dentro de la reserva forestal. Empleando técnicas en procesamiento digital de imágenes satelitales como la clasificación supervisada de coberturas de la tierra es posible reconstruir la serie temporal temática de la reserva forestal para seis intervalos de tiempo 1977-1985; 1985-1997; 1997-2005; 2005-2009; 2009-2015 y 2015-2017. Para generar estos mapas temáticos se hizo uso de imágenes de satélite provenientes de los sensores MSS, ETM+ y OLI de Landsat, ARV2 y HRVIR de Spot y Jena-

Optronik de RapidEye. La clasificación supervisada de estas imágenes satelitales permite tener como resultado los mapas temáticos para cada uno de los años mencionados y de esta manera no solo hacerse a una idea del escenario inicial sino de cada uno de los cambios sufridos en la reserva y algo muy importante que es cuantificar las áreas por cobertura y extraer las diferencias entre intervalos de tiempo. El último paso son los análisis multitemporales que tiene como propósito cuantificar los cambios ocurridos en esta serie de tiempo, no como coberturas del suelo independientes sino analizando técnicamente los cambios sufridos en la zona de estudio.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La primera sección por abordar son materiales y métodos. La primera subsección detalla la zona de estudio y sus alrededores. La segunda subsección explica los conceptos técnicos haciendo énfasis en la clasificación supervisada de imágenes, criterios y exactitud temática de las imágenes. La tercera subsección enlista los aspectos técnicos de las imágenes empleadas durante el desarrollo de la investigación. La cuarta subsección muestra aspectos de la metodología empleada para la generación de resultados. En la siguiente sección se habla de los resultados y el análisis de los resultados obtenidos. Allí se observarán los mapas temáticos por año generados, las estadísticas y la cualificación de las áreas al igual que los mapas multitemporales de cada periodo de tiempo con el fin de observar el escenario inicial de hace 40 años y el escenario actual. Finalmente, en la última sección se muestran las conclusiones y recomendaciones pertinentes del estudio para futuros trabajos.

## OBJETIVO

El estudio tiene como propósito evaluar y cuantificar el área de expansión urbana que se ha presentado en las últimas 4 décadas en la reserva forestal Thomas van der Hammen mediante la generación de mapas temáticos de las coberturas de la tierra presentes en dicha reserva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

La reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá, D.C. “Thomas Van der Hammen” declarada por el Acuerdo 011 de 2011 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, se localiza al noroccidente de la ciudad de Bogotá, centro geográfico de Colombia, sobre el flanco occidental de la Cordillera Oriental, parte sur del Altiplano Cundiboyacense, entre los 2.550 y 2.560 msnm.

La zona en donde se encuentra localizada se enmarca en elementos de la estructura ecológica principal urbana del distrito capital como lo son: la zona de manejo y preservación ambiental (ZMPA) del río Bogotá y el parque ecológico distrital “Humedal La Conejera” en su sector suroccidental; el parque ecológico distrital “Cerro La Conejera” al Sureste; el parque ecológico distrital “Humedales de Torca y Guaymaral” por el noreste, y la reserva forestal protectora “Bosque Oriental de Bogotá” por el este (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca 2011).

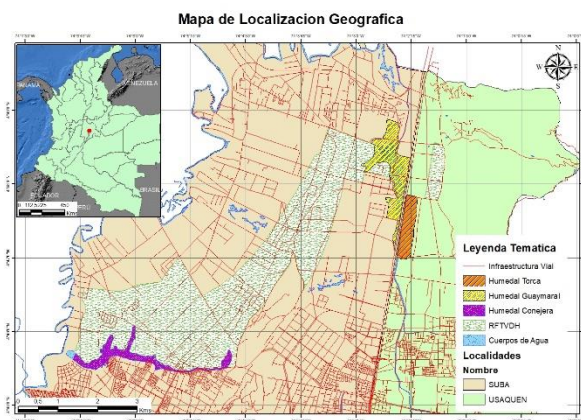


Figura 1: Localización geográfica de la RFTVDH. Imagen Propia.

La Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá Thomas Van der Hammen (RFRPTVDH), como se evidencia en la figura 1 se localiza en terrenos rurales de las localidades de Suba y Usaquén del Distrito Capital, y conforme a la delimitación geográfica presentada en el Artículo 3. “Ámbito Espacial” del Acuerdo 021 de 2014, emitido por la CAR, está conformada por el perímetro generado a partir de la unión de los 828 puntos cuyas coordenadas se mencionan en dicho

Acuerdo, conformando dos (2) polígonos que abarcan una extensión aproximada de 1400 hectáreas dentro de los que a su vez se especifica la sustracción de dos zonas que al momento de la declaratoria presentaban un alto grado de consolidación urbana y que se pueden identificar como dos polígonos en blanco que se encuentran al interior de la reserva.

### CLASIFICACIÓN SUPERVISADA Y EXACTITUD TEMÁTICA

La clasificación supervisada de imágenes es una técnica comúnmente empleada en el uso de imágenes satelitales y con el fin de convertir información de la superficie terrestre en cartografía temática multidisciplinar perfectamente interpretable y comprensible para cualquier profesional, de manera tal que pueda ser útil en diversos estudios (Willington, Nolasco y Bocco 2013; C y Zerda 2015). La finalidad de toda actividad en el procesamiento de imágenes está dirigida a la clasificación y la posterior creación de cartografía temática. La clasificación supervisada parte de un conocimiento previo de la zona de estudio, esto permite tener conciencia sobre algunas áreas representativas de las coberturas existentes. A diferencia del método NO SUPERVISADO es que el intérprete tiene la oportunidad de entrenar al ordenador en el reconocimiento de las coberturas existentes. En otras palabras, el ordenador asigna a partir de un pequeño muestreo de ND puros, calcula las estadísticas elementales por cobertura a partir de los píxeles contenidos en estos clústeres. Por ello es clave la adecuada selección de las áreas de entrenamiento para que el ordenador clasifique de forma óptima y no sobreestime una región en específico de la zona de estudio o le dé un mayor peso a las muestras de una clase en específico generando incongruencias en las demás clases. (Chuvieco 1996).

Entre los algoritmos más conocidos en la clasificación supervisada de imágenes se encuentran los siguientes:

Algoritmo de mínima distancia: Es el criterio más sencillo para asignar un píxel a una de las categorías. Consiste en incluirlo en la más cercana; esto es, en aquella que minimice la distancia entre ese píxel y el centroide de la clase. La distancia no es geográfica sino espectral, consecuencia de

comparar los ND de cada pixel con los del centro de las distancias categorías, para todas las bandas que intervienen en el análisis (Chuvieco 1984).

**Algoritmo de Paralelepípedo:** En este método el usuario fija un área de dominio para cada categoría, teniendo en cuenta sus valores de centralidad y dispersión. Luego, un píxel es asignado a dicha clase si sus ND están dentro de esa área de dominio, en todas las bandas consideradas. Este criterio de asignación tiende a delinear unos polígonos multidimensionales de lados paralelos(Chuvieco 1984).

**Algoritmo de máxima verosimilitud estadística:** Este método considera que los ND en el seno de cada clase se ajustan a una distribución normal. Esto nos permite describir esa categoría por una función de probabilidad, a partir de su vector de medias y matriz de varianza-covarianza. En otras palabras, esa función asemeja la distribución real de los ND, por lo que sirve para calcular la probabilidad de que un píxel sea miembro de ella. El cálculo se realiza para todas las categorías que intervienen en la clasificación, asignando el pixel a aquella que maximice la función de probabilidad (Chuvieco 1984).

El uso de uno u otro algoritmo depende mucho de la experticia del interprete al igual que las condiciones de la imagen, muestreo, matriz de separabilidad y otras condiciones. No obstante, es importante no solo conocer el algoritmo apropiado antes de observar el mapa final sino conocer la exactitud de esos resultados ya que en la mayoría de las aplicaciones es vital contar con la veracidad de estos. La exactitud temática es el indicador estadístico que refleja la calidad de los resultados. El índice Kappa (Mas 2006; Mas, Reyes Díaz y Pérez Vega 1990) es una formulación matemática porcentual que evalúa de 1 a 100 la calidad o coincidencia entre el mapa temático y los datos reales. Se considera un mapa bueno cuando dicho índice kappa es superior al 80% y un mapa por debajo del 70% se recomienda no tenerse en cuenta como insumo en estudios posteriores (Barnsley y Barr 1996).

Una medida estadística que hace parte del proceso para obtener el Índice Kappa es la matriz de confusión. Luego de la fase de muestreo se crea un listado en el cual están los puntos de las coberturas reales como los decididos por el clasificador. Con estos datos se forma una matriz, denominada de

confusión ya que reúne los conflictos que se presentan entre categorías. Las filas son las clases referencia y las columnas las categorías deducidas por la clasificación; La relación entre el número de puntos correctamente asignados y el total expresa la fiabilidad global del mapa. Los residuales en las filas indican tipos de cubierta real que no se incluyeron en el mapa, mientras que los residuales de las columnas implican cubiertas del mapa que no se ajustan a la realidad. Estos errores son conocidos como errores de omisión y errores de comisión, respectivamente (Heredia Laclaustra et al. 2003).

## DATOS

El presente estudio se realizó a partir de imágenes satelitales como previamente se había mencionado. Para la selección de los insumos fue necesario generar algunos niveles en los filtros de búsqueda teniendo en cuenta factores como el tiempo (periodicidad de los intervalos de comparación), la cobertura de nubes, tener información clara y metadatos del área de estudio. A continuación, en la tabla 1 se resumen los aspectos técnicos y características principales de las imágenes que fueron empleadas para la generación de los resultados.

Año	Programa satelital	Sensor	Resolución Radiométrica	Resolución Espacial
1977	Landsat 2	MSS	8 bits	59 m
1985	Landsat 5	MSS	8 bits	60 m
1997	Spot 3	ARV2	8 bits	20 m
2005	Spot 4	HRVIR	8 bits	10 m
2010	RapidEye	Jena-Optronik	16 bits	7 m
2015	Landsat 8	OLI	16 bits	15 m
2017	Landsat 8	OLI	16 bits	15 m

Tabla 1: Resumen técnico de los datos insumo.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se plantea una metodología que se divide en tres fases. La primera fase busca realizar el preprocesamiento digital de las imágenes seleccionadas para el estudio. La segunda fase es la de clasificación de coberturas. Para esta fase se hace necesario generar un muestreo adecuado de cada una de las clases en las imágenes, el análisis estadístico de las muestras, la ejecución de los algoritmos y un postprocesamiento de los mapas obtenidos al igual que la exactitud estadística. La última fase hace uso de los mapas obtenidos de la fase dos y realiza una comparación píxel a píxel para extraer los cambios generados entre un par de fechas. En la figura 2 se

puede observar de manera general el diagrama metodológico de la investigación.

La primera fase reconoce las condiciones en las que son adquiridas las imágenes. Por esta razón, realizar comparaciones multitemporales con desplazamientos y en niveles digitales arruina por completo los resultados y su veracidad. En esta fase se verifica que todas las imágenes estén en unidades de reflectancia (calibración radiométrica) y también que se encuentren en el mismo sistema de referencia y sin ningún tipo de desplazamiento debido al relieve, de lo contrario es necesario realizar un ajuste por puntos de control (calibración geométrica).

La segunda fase consiste en incluir ciertos índices de vegetación, suelos, urbanos (NDVI, SAVI, SARVI, URBAN INDEX) al igual que Tasseled Cap (Crist y Cicone 1984; Baig et al. 2014) y componentes principales (Mas 2006; Osella et al. 2009) como fuentes complementarias de información. El primer proceso es realizar un muestreo teniendo en cuenta dos aspectos. Primero, que las muestras no sean muy grandes para garantizar una baja desviación estándar al igual que la cantidad de píxeles seleccionados no sea muy alta y la segunda que las muestras se distribuyan según la cobertura en distintos puntos de la imagen y no se generen sectorizados en una única zona.

El resultado de este primer proceso son las zonas de entrenamiento de las 10 clases identificadas en la zona de estudio que son bosques secundarios, cuerpos de agua, cultivos transitorios, invernaderos, bosques en plantación, infraestructura vial (presente en las imágenes con mejor resolución espacial), pastos manejados, pastos arbolados, vegetación arbustiva y zona urbana. Es importante mencionar algunos criterios de clasificación de las coberturas como la diferencia entre pastos y vegetación arbustiva la cual consiste en una variación de altura y textura de la superficie. Los invernaderos se asocian a zonas de cultivos con manejo artificial por lo cual la imagen de satélite identifica los techos de dichas zonas, pero no el tipo de cultivo. Finalmente, los bosques en plantación hacen relación con zonas de regeneración forestal donde son árboles jóvenes de baja altura que son diferentes a la vegetación boscosa de los cerros.

Seleccionar el algoritmo de clasificación adecuado depende en gran medida del muestreo por lo que ejecutar y observar los resultados es un paso de verificación que se debe realizar. No obstante, el estudio de esta zona y el entrenamiento realizado muestran mejores resultados con el algoritmo supervisado de paralelepípedo previamente explicado. Una vez obtenidos los resultados se deben realizar ediciones en zonas puntuales y un filtro de paso

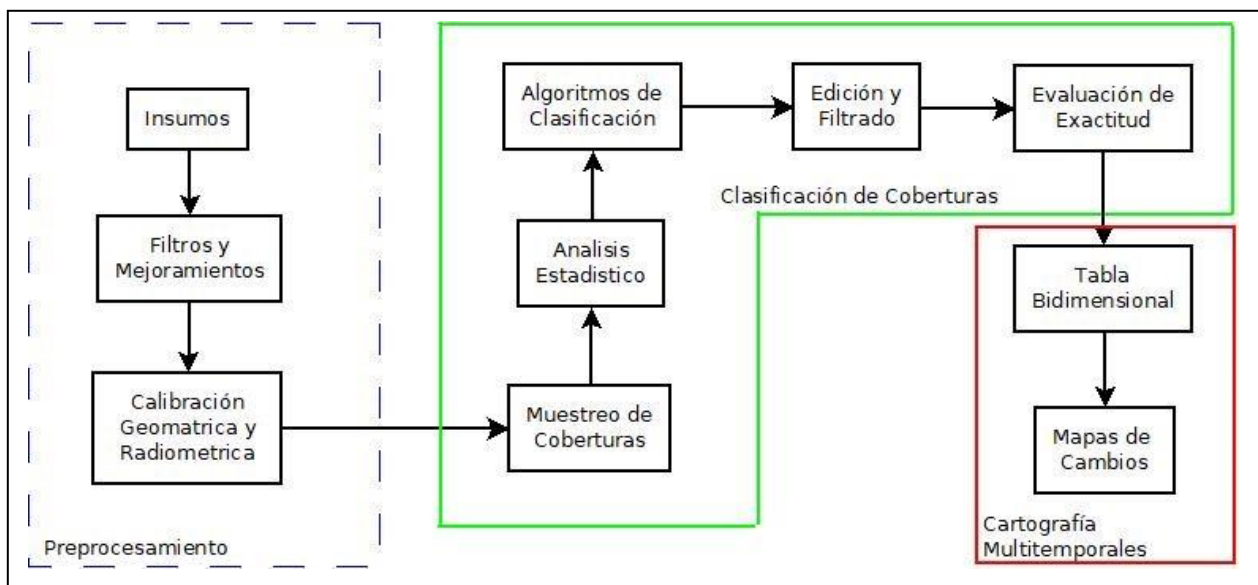


Figura 2: Diagrama metodológico de la investigación. Imagen propia.

bajo para eliminar píxeles solitarios en el mapa. Como paso final se realiza la evaluación de exactitud temática para cuantificar la validez del mapa y si el porcentaje es aceptable para su posterior divulgación.

La tercera fase compara los siete mapas obtenidos píxel a píxel de la cobertura existente en el año previo contra la del año más reciente y se parametriza si hubo un cambio o si la cobertura sigue siendo la misma. Los mapas resultantes (que son el propósito final del estudio) permiten identificar las zonas de cambio, la proporción de cambio y finalmente cuantificar las hectáreas de cambio en un periodo de tiempo definido o la serie temporal de los 40 años propuesta en el estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previamente se han abordado temas comparativos entre distintos puntos de vista sobre lo que fue, es y los posibles escenarios futuros de la reserva forestal. Son muchos los posibles escenarios que se han expuesto a lo largo de los últimos años y sobre los cuales se ha arraigado la palabra “potreros” calificando las hectáreas que componen dicha reserva, con la falencia de estigmatizar la posible mayor reserva forestal urbana del mundo solo por lo que lamentablemente las personas encuentran en la actualidad. Sin embargo, este estudio tiene como objetivo primordial revelar la historia de la reserva y sus alrededores a partir de información satelital, información que no depende de puntos de vista, sino que por el contrario es concreta y absoluta revelando lo que algún día fue y que tipo de procesos influyeron para lo que en la actualidad podemos encontrar en las más de 1400 hectáreas de terreno al norte de la ciudad.

Para ello esta sección busca abordar de dos maneras diferentes, pero a la vez complementarias. La primera se enfoca en mostrar cómo era la reserva para cada uno de los años de estudio. Y la segunda evaluar, identificar y cuantificar las zonas de cambios y abstraer las posibles causas y como afecto a la reserva a lo largo de las últimas cuatro décadas.

### CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

Partir del año 1977 en el cual la estructura

urbanística se encontraba a kilómetros de distancia del humedal La Conejera al panorama completamente opuesto del año 2017 en el cual las urbanizaciones de la Localidad de Suba y la Localidad de Usaquén amenazan con la extinción de dicho humedal y lo poco que aún se preserva de la reserva forestal no fue resultado de un proceso puntual en esta línea de tiempo sino el resultado acumulativo de diversos factores a través de los años que lograron transformar una zona completamente rural con presencia de especies de fauna y flora silvestres a un paisaje interrumpido por avenidas y la presencia de urbanizaciones que incluso se ven afectadas por fenómenos de riesgo natural. Se inicia este análisis presentando los mapas de las coberturas del suelo para los años 1977, 1985 y 1997 en la figura 3.

Para el año 2017 se habla de “potreros” pero como se puede observar la realidad del norte de Bogotá en el año 1977 e incluso 1985 revelaba algo completamente diferente. Se identificaron más de 7000 hectáreas de cultivos (ver tabla 2) que predominaban la reserva forestal al igual que su conexión natural con los pastos enmalezados en cercanías del Bosque de Las Mercedes, cerros orientales y cerros de Cota al igual que la vegetación arbustiva que servía como barrera protectora para los bosques primarios. Estas últimas dos coberturas para el año 1977 sumaban alrededor de 4000 hectáreas de terreno mientras que la zona urbana tenía un pequeño brote de alrededor de 500 hectáreas en el sector que hoy en día es la localidad de Usaquén.

Entre el año 1977 y 1985 se registró un incremento aproximado de 300 hectáreas de suelo urbanizado producto de decisiones normativas que tenían como propósito activar esta zona en vista a la falta de suelo urbano que se proyectaba a futuro en las zonas de la calle 170 y zonas aledañas al humedal La Conejera, en la cual se puede observar un pequeño crecimiento en la zona urbana del municipio de Chía, lo cual es muy importante en el desarrollo de la conurbación que se observará en los años posteriores. Por otra parte, se identifican algunas áreas de incremento en pastos manejados (especialmente en las zonas aledañas al casco urbano), esto es como consecuencia de la transformación del suelo para adaptarse a los parámetros impuestos por la norma de la zona.

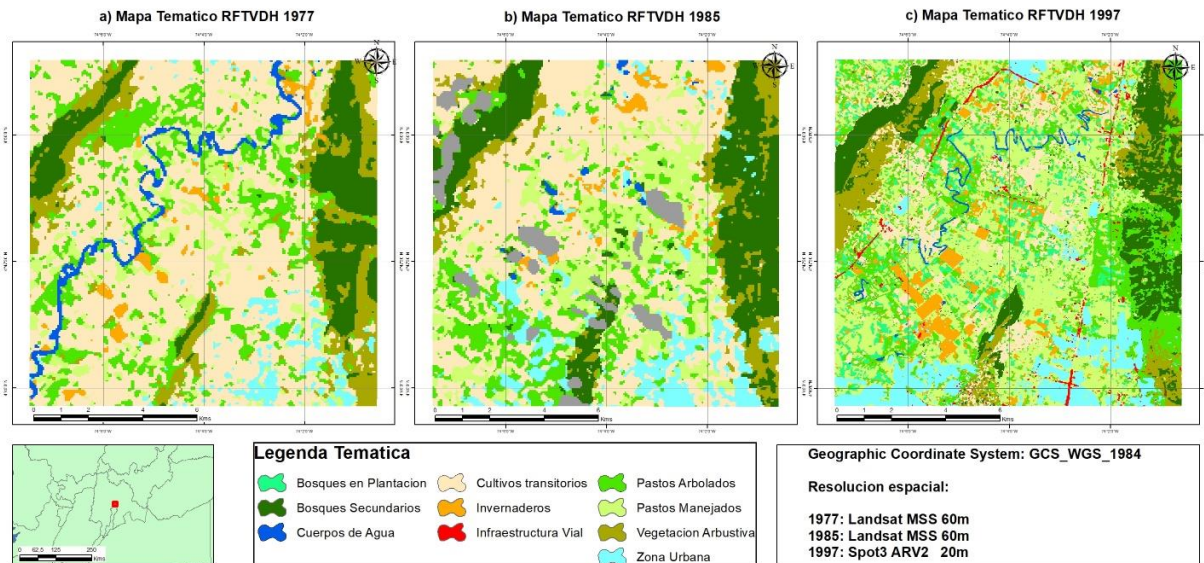


Figura 3: a) Mapa de coberturas 1977; b) mapa de coberturas 1985 y c) mapa de coberturas 1997

Hasta este momento son evidentes dos cosas. La primera el incremento de un 4% en zona urbana y el incremento de un 6% en pastos manejados, esto sucede mientras los cultivos son reducidos en un 10%. Es importante comenzar a reconocer este tipo de cambios ya que ellos ocurrieron en un período de solo 8 años de diferencia.

Hasta este punto de la línea temporal se abordaron dos conceptos importantes. El primero una Bogotá rural dedicada a explotar los suelos de la reserva en parcelas de cultivos manteniendo intacta la integridad natural del corredor ecológico. Y segundo el inicio de la transformación de los suelos dedicados a cultivos en zonas de pastos manejados con mira a algo más. Para el año 1997 (doce años más tarde) se identifica un factor clave que sería recurrente en los años posteriores. La expansión urbana procedente de la localidad de Suba bordea peligrosamente el humedal La Conejera causando daños ambientales (polución, contaminación auditiva, contaminación hídrica) y afectando aún más la contaminación del Río Bogotá.

Se identifican dos nuevos frente de actividad urbanística que son los municipios de Chía y Cota. Se identifica un nuevo agente urbanístico que es la infraestructura vial que tienen como

propósito la conexión entre los municipios aledaños y la capital, permitiendo como resultado la generación de lotes de gran extensión dedicados al comercio de automotores y la aparición de centros de recreación campestre. Estos predios de usos mixtos son ideales en el ambiente de ciudad-región, pero demarcan un daño progresivo en la estructura misma de la reserva forestal. Para este año se hablan de aproximadamente 1250 hectáreas de suelo urbanizado mientras que los cultivos se redujeron a menos de 2000 hectáreas, mientras que los pastos manejados que posteriormente cambian de uso del suelo a suelo urbanizable tomaron gran importancia con más de 4000 hectáreas convirtiéndose en un uso clave para lo que sería el proceso de expansión urbana.

En la figura 4 se observan los mapas generados para los años 2005 y 2009. El corredor de cultivos que rodeaba los humedales de la reserva fue reemplazado por completo por barrios, vías y parques presionando al humedal y deteriorando su calidad por factores de contaminación. La vegetación nativa de los humedales al igual que los predios rurales que conforman la reserva enfrentaron una pequeña resistencia al cambio. Sin embargo, los factores de contaminación auditiva y atmosférica afectan gravemente la conservación del paisaje y debilitan aceleradamente al ecosistema mismo.



Para el año de 2005 las localidades al norte de la

ambiental que se está trabajando en este artículo.  
Es posible identificar la relación directamente

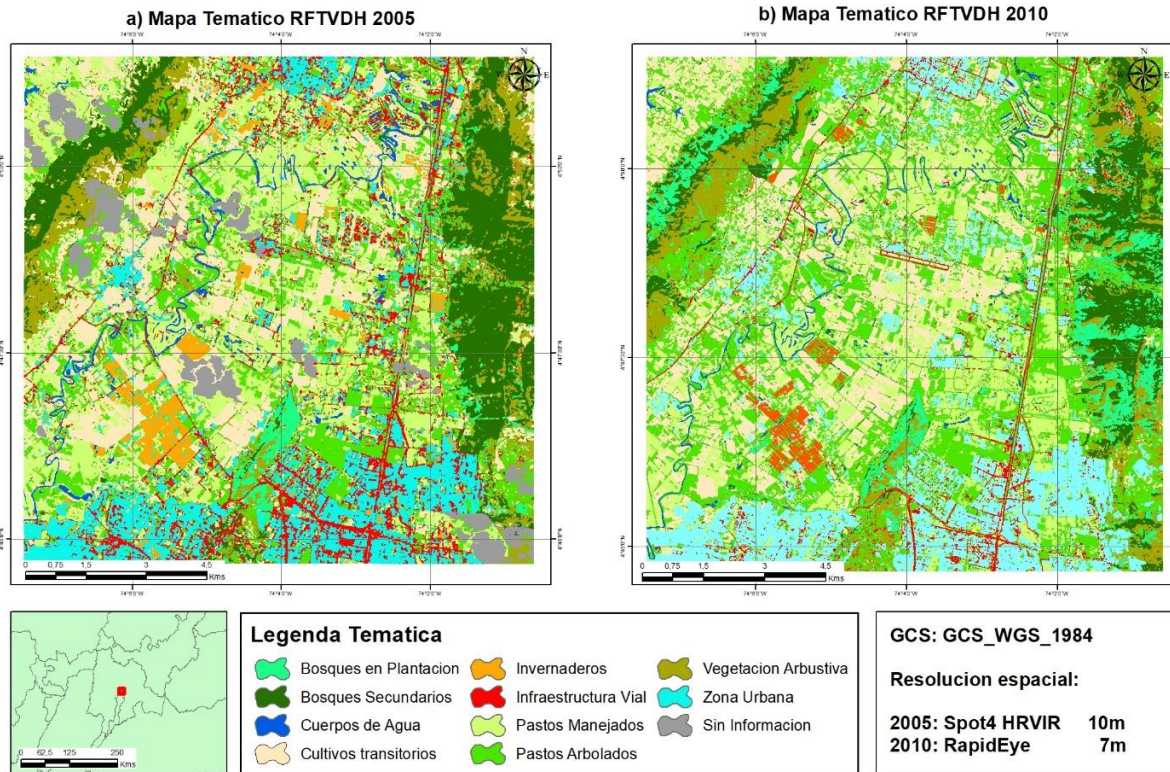


Figura 4: a) Mapa de coberturas 2005; b) mapa de coberturas 2009.

ciudad (Usaquén y Suba) se han consolidado y junto a los municipios aledaños aumentaron su área a más de 1800 hectáreas lo cual indica un aumento de casi 600 hectáreas en ocho años mientras que los pastos manejados bajaron más de 1500 hectáreas confirmando la teoría que son suelos de preparación para suelos urbanizables cuando la normatividad de los usos del suelo cambia en un determinado momento como resultado directo de la escasez de suelo. Para este periodo de tiempo el área ocupada por suelo urbano es mayor que el área ocupada por los bosques secundarios que aún existen en los cerros orientales, cerro de Cota y el Bosque de Las Mercedes. Los cultivos transitorios han perdido cerca de un 30% de su área en la zona de estudio lo que nos da una idea del abrupto cambio que ha sufrido la ciudad en menos de tres décadas. Si se compara el tiempo requerido por un árbol en crecer hasta una edad madura contra los pocos minutos que se requiere en talar el mismo árbol se puede dimensionar la gravedad

proporcional de los cambios, debido a que la ciudad se expande más hacia el norte y los espacios naturales se ven afectados parcial o totalmente. A su vez aquellos lotes con cobertura de pastos no son más que lotes “de engorde” esperando el momento propicio para desarrollar construcción y rentar verdaderos dividendos en una ciudad que día a día crece en espacio, crece en habitantes, pero disminuye en conciencia ambiental quedando pocos espacios que aún se pueden proteger y preservar.

Para el año 2009 el desarrollo vial de los municipios se ha comenzado a mejorar y se han creado nuevas vías de acceso; el aumento de habitantes demanda a las alcaldías de estos municipios la urgente ejecución de programas de desarrollo; ya que tanto la falta de espacio como la congestión vehicular en estas vías se han convertido en un grave problema de tráfico en las entradas a Bogotá, que genera elevados niveles de contaminación degradando la calidad de las

especies en el ecosistema natural. En cuatro años de diferencia se registra un crecimiento controlado del suelo urbano como consecuencia de planes de manejo ambiental y procesos de reforestación que autoridades ambientales implementaron en ese momento dentro de la reserva forestal. Este proceso permitió aumentar la cantidad de pastos arbolados en más de 1400 hectáreas en toda la zona de estudio dándole un nuevo impulso a la reserva para generar la conectividad original y reestablecer el ecosistema natural.

Para el año 2015 (ver figura 5a) la consolidación urbanística es más que un hecho tangible e innegable, de lo que se observaba en el año 1977 solo queda un vago recuerdo en algunas pocas fotos de blanco y negro. Se ha arraigado una infraestructura vial que fragmenta algunas zonas rurales al norte de la calle 185 e incluso se evidencian zonas de centros comerciales. Aproximadamente 3000 hectáreas de suelo urbanizado rodean el límite legal impuesto por la CAR al igual que la expansión desenfrenada ocurrida en el municipio de Chía al norte de la capital como consecuencia de las ciudades dormitorio. La ciudad de Bogotá ha llegado a un punto en el que no tiene muchas alternativas para hacer frente al crecimiento actual de su población. De igual manera la demanda incesante de viviendas y la carencia de suelo urbanizable para incrementar el número de construcciones. Los municipios aledaños se han visto obligados a acelerar y replantear sus planes de ordenamiento territorial de los municipios aledaños generando grandes proyectos urbanísticos y sufriendo la carga poblacional que la capital ya no puede manejar; lógicamente esta carga tiene una contraparte presupuestal debido al incremento en los valores de metro cuadrado de los municipios y la generación de vivienda campestre para los altos estratos.

Para finalizar el seguimiento de la cartografía temática se evidencia el mapa obtenido para el año 2017. El escenario no es algo sorprendente luego de analizar e identificar la dinámica de las coberturas a lo largo de las últimas cuatro décadas. Sin embargo, si se compara el mapa del año 1977 con el año 2017 se muestra un cambio que tal vez en el periodo inicial del estudio habría sido completamente impensable por los habitantes de la capital de aquella época. Los cerros orientales también han sido blanco de

afectaciones causadas por las vías intermunicipales que se han realizado como entrada y salida de Bogotá, algunas zonas de vegetación boscosa progresivamente se han convertido en vegetación arbustiva y posteriormente desaparece la barrera protectora del bosque natural. Se pasó en 40 años de 506 hectáreas de zona urbana a 5140 hectáreas, un aumento de casi diez veces, y en la zona de cultivos se pasó de 7416 hectáreas a 564 hectáreas, lo que permite concluir que lo que hace cuarenta años era una vasta sabana ahora es el prospecto de una ciudad donde prima el cemento sobre la naturaleza. En la tabla 2 se muestra un resumen de las áreas (hectáreas) para las principales coberturas del suelo identificadas durante el estudio en cada uno de los años mapeados.

Cobertura	1977	1985	1997	2005	2009	2015	2017
bosque secundario	1796	2544	1766	1692	1224	1619	1469
cultivo transitorio	7416	5797	1998	2653	2771	1877	564
pastos manejados	1409	2251	4859	2479	2368	4477	4072
pastos arbolados	2340	1888	2809	2850	4290	1239	1649
vegetación arbustiva	1843	1113	1155	1304	1332	1215	1249
zona urbana	506	1147	1251	1803	2179	3068	5140

Tabla 2: Áreas en hectáreas por cobertura para cada uno de los años de estudio.

## ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El actual y lamentable escenario de la reserva es el resultado del desinterés de las autoridades por declarar la reserva forestal como patrimonio ecológico del país y la casi nula definición de planes ambientales con énfasis en la reforestación y limpieza de las cerca de 1400 hectáreas de terreno que dispone la reserva e intentar revertir los efectos urbanísticos y recobrar la conexión natural que existió hace más de 40 años cuando la ciudad estaba controlada en términos urbanísticos y la zona rural no se encontraba amenazada por efectos de conurbación. Aunque el estudio se propone hasta el 2017 por criterios de mandatos políticos en la capital colombiana, los efectos vistos en el mapa temático de este año persisten hasta la actualidad esperando a una decisión de política en ordenamiento territorial que proteja finalmente la reserva o que por el contrario permita su intervención.

Para esta sección se presentan dos escenarios complementarios dentro del análisis ya

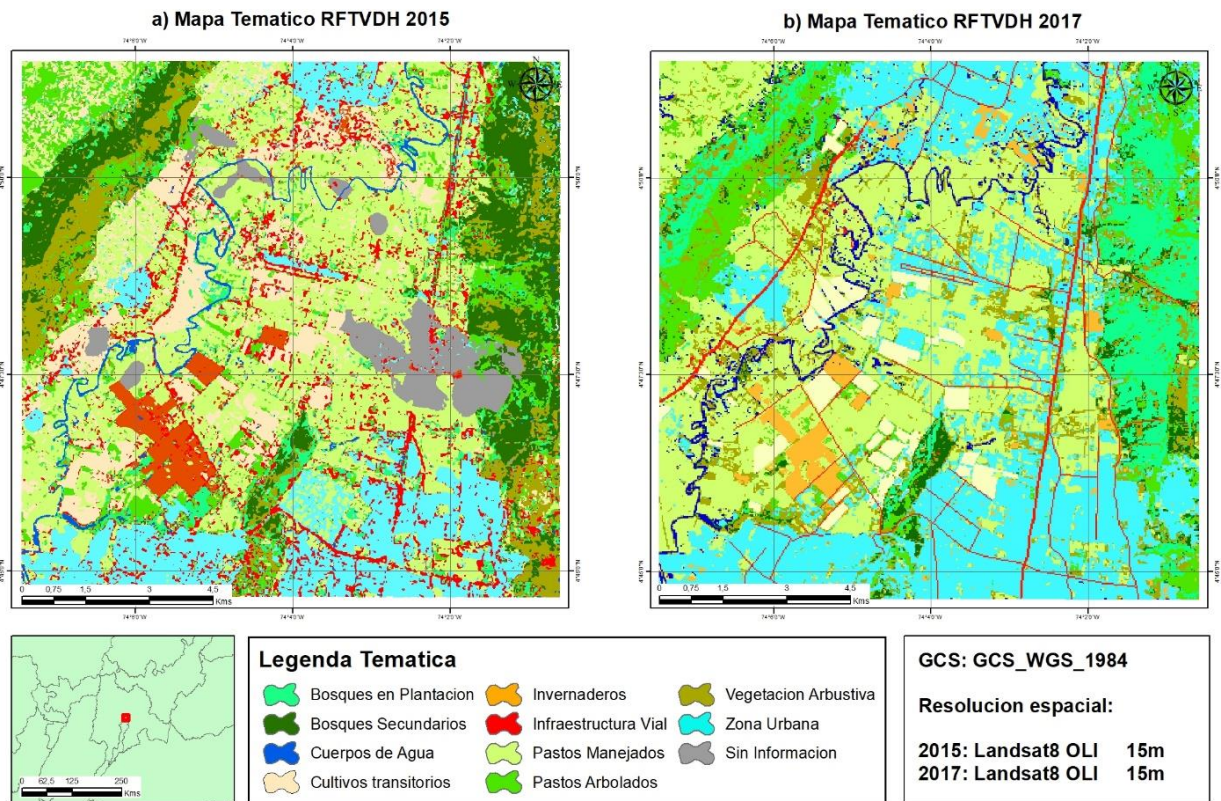


Figura 5: a) Mapa de coberturas 2015; b) mapa de coberturas 2017.

presentado. En la ilustración 6 se mostrará las áreas de cambio entre el año 1977 (periodo inicial) y el año 2015 y clasificándolas según el cambio sufrido en estos 38 años. El segundo análisis se encuentra soportado con la ilustración 8 en la cual se comparan los años 2015 y 2017, observando la tendencia de crecimiento urbanístico que se lleva a cabo en la ciudad de Bogotá en un corto periodo de dos años.

El primer escenario, en la figura 6 permite evidenciar como el casco urbano del municipio de Chía y una importante área del municipio de Cota han crecido en menos de cuatro décadas. Este crecimiento es producto de la carencia de suelo en la capital del país que a su vez es resultado de las falencias en los planes de ordenamiento territorial teniendo en cuenta el aumento acelerado de la población en la capital. Esto hace que las muchas familias se vean obligadas a adquirir un bien inmueble en los municipios aledaños trasladando el problema y sumándole factores aún más perjudiciales como la congestión vehicular y el colapso de la propuesta

de transporte integrado público implementado desde hace más de quince años en la capital del país. El crecimiento de estos núcleos urbanos no fue controlado y mucho menos amparado bajo una normatividad que contemplara aspectos básicos como el desarrollo sostenible, sacrificando el último rincón ambiental natural de la ciudad por tener más terrenos que pudieran ser urbanizables sin contar con el impacto directo e indirecto que podía sufrir la reserva forestal.

Aunque el énfasis del estudio estaba enfocado en la expansión urbana, un resultado muy importante que se obtuvo fue el asociado con la dinámica y el papel que tuvieron los cultivos en la zona rural norte de la ciudad. Aproximadamente 2600 hectáreas de cultivos pasaron a ser pastos manejados a través del tiempo. De igual manera se identifica como más de 1300 hectáreas de bosque sufrieron procesos de degradación ambiental sumadas a las más de 500 hectáreas deforestadas en procesos de infraestructura vial y desarrollo urbanístico.

La segunda parte de este análisis multitemporal hace énfasis en un periodo de tiempo muy corto (2015 - 2017), en dicho periodo de tiempo ocurrió un cambio de alcaldía en la capital del país y se

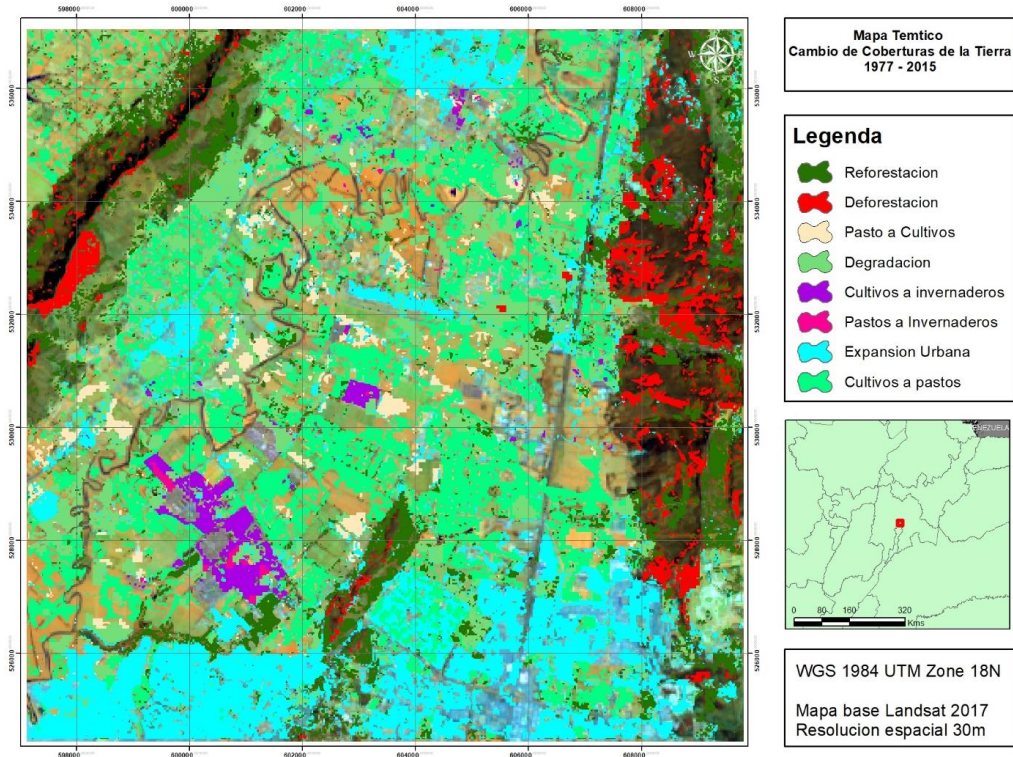


Figura 6: Mapa de cambio en las coberturas del suelo. 1977 - 2015

observa una dinámica bastante importante en el

desarrollo y crecimiento urbanístico de la ciudad. La figura 7 muestra como en un término de dos años aproximadamente el municipio de Chía continua su vertiginoso aumento de espacio construido al igual que los predios que están sobre la autopista norte, se ha acelerado su construcción como resultado de las licencias otorgadas en este periodo de tiempo.

Para el año 2017 se cuantifica que la expansión urbana aumento alrededor de 1700 hectáreas, es decir en promedio 750 por año, lo que indica que se sigue construyendo inclusive donde no se debe construir. El peso que ejercen los municipios dormitorio con el paso de unos pocos años llevarán a la desaparición no solo de la reserva forestal sino de la transición ciudad- municipio. Si la situación no se frena o se busca la alternativa de revertir esta situación el efecto de conurbación al norte de la ciudad será inevitable y la reserva ya no se verá más afectada, sino que desaparecerá por completo. La ilustración 9 muestra el histograma de áreas de cambio para estos dos últimos años del estudio y reflejan la alarmante y triste situación que enfrenta la reserva forestal Thomas van der Hammen.

## CONCLUSIONES

Mientras en otros países la prioridad es generar planes que permitan recuperar o crear nuevos ecosistemas que mitiguen los efectos del calentamiento global, ciudades como Bogotá (capital de Colombia) pondera más la problemática de la carencia de suelo urbanizable sin importar las hectáreas de terreno natural que se deban erradicar. Se está tratando un predicamento ampliamente debatible en los congresos a nivel mundial del desarrollo sostenible y sus efectos en las decisiones administrativas sobre el medio ambiente y se llega a una conclusión que el bien general prima sobre el particular y teniendo en cuenta los cambios que se han venido presentando en las últimas décadas resultado del calentamiento global, cualquier esfuerzo por preservar un ecosistema es necesario y prioritario.

Tener como resultado estimado que 500 hectáreas de suelo urbano se convirtieron en más de 5100 hectáreas (un crecimiento de diez veces la cantidad inicial) demuestra que los dirigentes en términos generales de la ciudad tienen muy claro que el crecimiento urbanístico es vital en la ciudad para sus planes a futuro y que la naturaleza se debe cuidar, pero no como prioridad en Bogotá. La posible creación de la reserva forestal urbana más grande del mundo no tiene la misma fuerza que urbanizar y crear un proyecto de conjuntos residenciales con vista a los cerros orientales o a un supuesto río Bogotá libre de contaminación hídrica. Generar nuevas licencias de construcción dentro de la reserva forestal, construir más vías que terminen de fragmentar los predios que la conforman eliminan lo poco que aún prevalece de reserva para dar paso a un conglomerado de proyectos urbanísticos con un enfoque ambiental teniendo parques y humedales aledaños.

Los cultivos transitorios que predominaban en la zona rural de la reserva fueron reemplazados poco a poco por lotes de pastos manejados dedicados a esperar el momento oportuno en que la normatividad le permitiera pasar de suelo rural protegido a suelo apto para urbanizar y aprovechar toda el área disponible para hacerlo. La reserva forestal afronta un futuro completamente incierto en el que la política controla lo que debería ser una decisión obvia de preservar y reforestar la reserva para que sea un espacio libre de contaminación, un espacio para la gente y en el cual las nuevas generaciones aprendan a cuidar y valorar el medio ambiente y entender que se requieren de medidas enfocadas al desarrollo sostenible donde su población disfrute de una ciudad en progreso económico, con seguridad para sus habitantes y dándole la verdadera importancia a los pocos espacios naturales de los que aun dispone.

## REFERENCIAS

Acuña Galindo, I.e., (2015). La densificación y el precio del suelo urbano: el proceso de densificación en el centro ampliado de bogotá d.c y sus efectos sobre el espacio público de la ciudad y sobre el precio del suelo. [en línea]. Bogota: [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handl>

e/10554/18850/AcunaGalindoLuisEduardo2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Alcaldía de Bogotá, (2014). Se inicia restauración de la reserva forestal urbana más grande del mundo. [en línea]. [Consulta: 19 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.bogota.gov.co/content/se-inicia-restauración-de-la-reserva-forestal-urbana-más-grande-del-mundo>.

Alexandra, I. y Alfonso, B., (2009). La frontera rural de Bogotá: un debate sobre sostenibilidad ambiental y crecimiento urbano. [en línea]. S.l.: [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: [http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion\\_digital/Conformacion\\_Vereda\\_Chorrillos/Frontera\\_Rural\\_Bogota-Bohorquez\\_I-2009.pdf](http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Conformacion_Vereda_Chorrillos/Frontera_Rural_Bogota-Bohorquez_I-2009.pdf).

Artaraz, M., (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Revista Ecosistemas* [en línea], vol. 11, no. 2. [Consulta: 24 julio 2018]. DOI 10.7818/RE.2014.11-2.00. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/eco-sistemas/article/view/614>.

Baig, M.H.A., Zhang, L., Shuai, T. y Tong, Q., (2014). Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *Remote Sensing Letters*, vol. 5, no. 5, pp. 423-431. ISSN 21507058. DOI 10.1080/2150704X.2014.915434.

Barnsley, M.J. y Barr, S.L., (1996). Inferring Urban Land Use from Satellite Sensor Images Using Kernel-Based Spatial Reclassification. [en línea]. S.l.: [Consulta: 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/c8f1/59343ace1760d0d93e3c4d26a15afd7f40e5.pdf>.

Beuf, A., (2012). Concepción de centralidades urbanas y planeación del crecimiento urbano en la Bogotá de siglo XX. [en línea]. S.l.: [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Alice\\_Beuf/publication/292131213\\_Concepcion\\_de\\_centralidades\\_urbanas\\_y\\_planeacion\\_del\\_crecimiento\\_urbano\\_en\\_la\\_Bogota\\_de\\_siglo\\_XX\\_httpwwwubedugeocr.itcoloquio2012actas07-A-Beufpdf/links/57d1981408ae601b39a20494/Concepci](https://www.researchgate.net/profile/Alice_Beuf/publication/292131213_Concepcion_de_centralidades_urbanas_y_planeacion_del_crecimiento_urbano_en_la_Bogota_de_siglo_XX_httpwwwubedugeocr.itcoloquio2012actas07-A-Beufpdf/links/57d1981408ae601b39a20494/Concepci).

C, S.F. y ZERDA, H.R., (2015). Clasificación digital de coberturas vegetales a partir de datos satelitales multiespectrales. [en línea]. S.l.: [Consulta: 28 agosto 2018]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Hugo\\_Zerda/publication/228346891\\_Clasificacion\\_digital\\_de\\_coberturas\\_vegetales\\_a\\_partir\\_de\\_datos\\_satelitales\\_multiespectrales/links/562a7d7008ae04c2aeb1a8bf/Clasificacion-digital-de-coberturas-vegetales-a-partir-de-dat](https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Zerda/publication/228346891_Clasificacion_digital_de_coberturas_vegetales_a_partir_de_datos_satelitales_multiespectrales/links/562a7d7008ae04c2aeb1a8bf/Clasificacion-digital-de-coberturas-vegetales-a-partir-de-dat).

CAR, (2009). Acuerdo 17 de 2009. . S.l.:

CAR, (2014a). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. . S.l.:

CAR, (2014b). Plan de manejo ambiental reserva forestal productora regional del norte de Bogotá. S.l.: s.n.

CARTEL URBANO, (2016). La nieta de Thomas van der Hammen y su lucha por defender la reserva. [en línea]. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: <http://cartelurbano.com/historias/lavoz-de-sabina-rodriguez-la-nieta-de-thomas-van-der-hammen-en-la-lucha-por-la-reserva-ante-las-propuestas-del-alcalde-enrique-penalosa>.

CHUVIECO, E., (1984). Fundamentos de Teledetección [en línea]. 2. Madrid: s.n. [Consulta: 28 agosto 2018]. Disponible en: <http://files.especializaciotig.webnode.com/200001110-8750e88486/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>.

Chuvieco, E., (1996). Empleo de imágenes de satélite para medir la estructura del paisaje: análisis cuantitativo y representación cartográfica. [en línea]. S.l.: [Consulta: 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/58902321.pdf>.

Corporación autónoma regional de cundinamarca, (2011). ACUERDO 11 DE 2011r. .

CRIST, E.P. y CICONE, R.C., (1984). A Physically-Based Transformation of Thematic Mapper Data-The TM Tasseled Cap. *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING* [en línea]. S.l.: [Consulta: 28 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.geo.umass.edu/courses/geo594q/Crist1984IEEEtasseledCap.pdf>.

Dureau y Francoise, (2002). Bogotá: una doble dinámica de expansión espacial y de densificación de espacios ya urbanizados. [en línea]. S.l.: [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/258159057>.

ESPECTADOR, (2016). Reclaman a Peñalosa respeto por reserva Thomas van der Hammen | ELESPECTADOR.COM. [en línea]. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/reclaman-penalosa-respeto-reserva-thomas-van-der-hammen-articulo-613092>.

Figuroa Salas, J., (2008). Transformaciones del modelo territorial de Santiago de Chile Jonás Figuroa Salas Resumen La identificación de las tendencias. *Revista uchile* [en línea]. [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:\\_zg53RwIefMJ:https://revistas.uchile.cl/index.php/RU/article/download/264/212+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_zg53RwIefMJ:https://revistas.uchile.cl/index.php/RU/article/download/264/212+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co).

Gallopín, G., (2003). Medio Ambiente, Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. [en línea], [Consulta: 22 julio 2018]. ISSN 1564-4189. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/1/S033120\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/1/S033120_es.pdf).

GARZA, N.F., (2005). Precios del Suelo en Bogota: Crecimiento vs especulación. *Territorios* [en línea], vol. 13, no. 0123-8418, pp. 133-154. [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/357/35711618009.pdf>.

Heredia Laclaustra, A., Martínez Sánchez, S., Quintero, E., Piñeros, W. y Chuvieco, E., (2003). Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la cartografía de áreas quemadas con imágenes Landsat ETM+. [en línea], [Consulta: 28 agosto 2018]. ISSN 1578-5157. Disponible en: [www.geo-focus.org](http://www.geo-focus.org).

Hernández Aja, A., (2009). Calidad de vida y medio ambiente urbano: indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. *Revista INVI* [en línea], vol. 24, no. 65, pp. 79-111. [Consulta: 24 julio 2018]. DOI 10.4067/S0718-83582009000100003. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-83582009000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-83582009000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

Hurtado Abril, L. y Pulido Castillo, D.M., (2016). Generación de la Cartografía Temática Multitemporal para la Reserva Forestal Thomas Van Der Hammen a Partir de Sensores Remotos y Sensores Próximos. ,

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES,

(2018). Debate sobre la Reserva Thomas Van der Hammen se distancia del modelo de crecimiento de Bogotá - Instituto de Estudios Urbanos. [en línea]. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: <http://ieu.unal.edu.co/rssieu/item/debate-sobre-la-reserva-thomas-van-der-hammen-se-distancia-del-modelo-de-crecimiento-de-bogota>.

Isaza Guerrero, J., (2009). Conurbación y desarrollo sustentable: una estrategia de intervención para la integración regional caso: primer anillo metropolitano Bogotá - Sabana de Occidente. [en línea], [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/223>.

LOZANO, O.J. Y SILVA, A.C., (2005). Impacto del desplazamiento forzado en el crecimiento demográfico y el desempleo de Bogotá. *Revista de ciencias económicas* [en línea], [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/909/90913207.pdf>.

MAS, J., (2006). Evaluación de Imágenes Modis para el Monitoreo de la Deforestación en México Evaluation of Modis Images to Monitor Deforestation in Mexico. *Ambiência*, vol. 2, pp. 19-27. DOI 10.1083/jcb.200610071.

Mas, J.F., Reyes Diaz, J. y Pérez Vega, A., (1990). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. [Consulta: 28 agosto 2018]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112003000200005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112003000200005).

MINISTERIO DE AMBIENTE, (2012). Consulta sobre reservas forestales protectoras. . S.I.:

NAÍNA PIERRI, (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. [en línea]. S.I.: s.n., [Consulta: 1 noviembre 2017]. Disponible en: [http://ojs.reduaz.mx/coleccion\\_desarrollo\\_migracion/sustentabilidad/Sustentabilidad5.pdf](http://ojs.reduaz.mx/coleccion_desarrollo_migracion/sustentabilidad/Sustentabilidad5.pdf).

OBSERVATORIO DE CONFLICTOS AMBIENTALES, (2018). Los peligros de modificar la Reserva Thomas van der Hammen. [en línea]. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: <https://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/los-peligros-de-modificar-la-reserva-thomas-van-der-hammen/41085>.

- Osella, C.A., Robutti, J., Sánchez, H.D., Borrás, F. y De La Torre, M.A., (2009). Cyta-journal of food dough properties related to baking quality using principal component analysis análisis de componentes principales entre propiedades de masa y productos panificados. *Cyta-Journal of Food* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 95-100. [Consulta: 28 agosto 2018]. ISSN 1135-8122. DOI 10.1080/11358120809487633. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tcyt19>.
- Preciado, A.P., (2000). La Estructura Ecológica Principal De La Sabana De Bogotá. [en línea]. S.l.: [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: [www.sogeocol.edu.co](http://www.sogeocol.edu.co).
- RINCÓN AVELLANEDA, P., (2004). Análisis de los procesos de re-destificación en Bogotá, ¿Una alternativa al crecimiento urbano sostenible? [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia. [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/748/74800812/>.
- RODRIGUEZ, M., (2016). Textos y entrevistas sobre la Reserva van der Hammen en Bogotá. [en línea]. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: [http://www.manuelrodriguezbecerra.org/t\\_vdhammen.html](http://www.manuelrodriguezbecerra.org/t_vdhammen.html).
- SALAZAR, J., (2001). *Expansión o densificación? reflexiones en torno al caso Bogotá* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia. [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/748/74800505/>.
- SÁNCHEZ PÉREZ, G., (2002). Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. *Fundación Universidad Autónoma de Colombia* [en línea], vol. 1, pp. 79-99. [Consulta: 24 julio 2018]. Disponible en: <http://www.ceppia.com.co/Documentos-tematicos/MEDIO-AMBIENTE/politica-ambiental.pdf>.
- SANTOS, T. y TELLERÍA, J.L., (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, vol. 15.
- SEPÚLVEDA, S., CHAVARRÍA, H., CASTRO, A., ROJAS, P., PICADO, E. y BOLAÑOS, D., (2002). Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales. ,
- TIEMPO, (2018). Debate de candidatos presidenciales sobre Bogotá - Presidenciales - Elecciones Colombia 2018 - ELTIEMPO.COM. [en línea]. [Consulta: 25 julio 2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/elecciones-colombia-2018/presidenciales/debate-de-candidatos-presidenciales-sobre-bogota-215224>.
- VAN DER HAMMEN, T., (2004). La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana. *Palimpsestvs* [en línea], vol. 0, no. 1657-5083. [Consulta: 27 agosto 2018]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8082>.
- VAN DER HAMMEN, T. y PARADA, A., (1958). Investigación de algunos importantes yacimientos de Diatomita, Caolín y Arcillas en la sabana de Bogotá. *Boletín de Geología* [en línea], vol. 2. [Consulta: 27 agosto 2018]. Disponible en: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindgeologia/article/view/3984/4325>.
- Vargas, X. y Cifuentes, D.M., (2006). Proceso De Conurbación De Los Municipios De La Sabana De Bogotá: Analisis Del Municipio De Chía. [en línea]. S.l.: [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/12096/T10.06\\_V426p.pdf](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/12096/T10.06_V426p.pdf).
- WILLINGTON, E., NOLASCO, M. y BOCCO, M., (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. *Congreso Argentino de AgroInformática* [en línea], [Consulta: 28 agosto 2018]. ISSN 1852-4850. Disponible en: <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/CAI/17.pdf>.