



ANALISIS MULTITEMPORAL PARA DETERMINAR LA EXPANSION URBANA EN EL MUNICIPIO DE SOACHA CUNDINAMARCA EN EL PERIODO 2015- 2020

Fredy Alejandro Lugo Jaramillo
Cod. 3101488
Ingeniero Catastral y Geodesta

Director trabajo de grado:
Ph. D. Francisco Javier Briceño Zuluaga

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMATICA
JUNIO DE 2021
BOGOTÁ
COLOMBIA**

ANALISIS MULTITEMPORAL PARA DETERMINAR LA EXPANSION URBANA EN EL MUNICIPIO DE SOACHA CUNDINAMARCA EN EL PERIODO 2015-2020

MULTITEMPORAL ANALYSIS TO DETERMINE URBAN EXPANSION IN THE MUNICIPALITY OF SOACHA CUNDINAMARCA IN THE PERIOD 2015-2020

Fredy Alejandro Lugo Jaramillo
Estudiante de Especialización en Geomática
Ingeniero Catastral y Geodesta
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
est.fredy.lugo@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El fenómeno de crecimiento y por consiguiente la expansión urbana que se ha presentado en municipios que se encuentran en los alrededores de la capital de Bogotá D.C como Soacha se debe en gran parte a las dinámicas socio económicas, y corrientes migratorias principalmente provenientes del Tolima, Cundinamarca y Boyacá debido a su cercanía, con este artículo lo que se pretende es realizar un análisis acerca de las transiciones en el uso del suelo que ha sufrido el municipio de Soacha debido a su cercanía a Bogotá. En los últimos años se ha evidenciado en los usos de suelo un evidente cambio de lo rural a lo urbanizado, hemos evidenciado lugares que anteriormente eran zonas verdes y que se han vuelto objeto de proyectos urbanísticos o que han cambiado de destinación pasando a uso de vivienda, haciendo un acercamiento podemos ver que este municipio cuenta con una gran población que proviene del campo y que aún se dedican a labores relacionadas con el agro, a su vez el municipio de Soacha es considerado ciudad dormitorio ya que gran parte de la fuerza laboral de Bogotá debido a su cercanía se encuentra en dicho municipio, realizar un estudio de todos estos cambios servirá como herramienta para futuras tomas de decisiones debido al acelerado crecimiento urbano que está sufriendo dicho municipio y el cual busca que esta expansión se realice de una manera más organizada. Para realizar este estudio se utilizan software de análisis y tratamiento de datos espaciales como lo son ERDAS y ArcGIS teniendo como insumo principal imágenes satelitales obtenidas del sensor Sentinel 2 de épocas diferentes y mediante la aplicación de técnicas de clasificación supervisada se realiza un cálculo de áreas de las coberturas detectadas y así mismo se establecen los cambios sufridos en el periodo de tiempo establecido haciendo énfasis en el área urbana de Soacha.

Palabras Clave: Clasificación supervisada, expansión urbana, datos espaciales, Sentinel 2

ABSTRACT

The growth phenomenon and consequently the urban expansion that has occurred in municipalities located in the surroundings of the capital of Bogotá D.C. such as Soacha is largely due to the socio-economic dynamics and migratory flows mainly from Tolima, Cundinamarca, and Boyacá due to its proximity, with this article we intend to make an analysis about the transitions in land use that the municipality of Soacha has suffered due to its proximity to Bogotá. In recent years there has been an evident change in land use from rural to urbanized, we have seen places that were previously green areas and have become the subject of urban projects or have changed their destination to housing use, making an approach we can see that this municipality has a large population that comes from the countryside and are still engaged in work related to agriculture, In turn, the municipality of Soacha is considered a dormitory city since a large part of the labor force of Bogotá, due to its proximity, is located in this municipality. A study of all these changes will serve as a tool for future decision making due to the accelerated urban growth that this municipality is undergoing and which seeks that this expansion is carried out in a more organized manner. In order to carry out this study, spatial data analysis and processing software such as ERDAS and ArcGis are used, having as main input satellite images obtained from the Sentinel 2 sensor from different periods and through the application of supervised classification techniques, a calculation of the areas of the coverages detected is made and the changes suffered in the established period of time are established, emphasizing the urban area of Soacha.

Keywords: Supervised classification, urban expansion, Spatial Data, Sentinel 2 images

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano de las ciudades y de municipios aledaños al casco urbano de la capital de Bogotá se ha venido evidenciando desde décadas atrás donde procesos urbanos y rurales han marcado la expansión acelerada del área urbana que en muchos casos puede ser provocada por diferentes factores como lo son las migraciones en masa, la búsqueda de una mejor calidad de vida y la falta de oportunidades presentes en otros lugares que impulsan a las personas a desplazarse hacia la capital y a Soacha por su cercanía a la ciudad en búsqueda de empleo, salud, educación, etc., debido a sus bajos costos de vida.

Lo anterior repercute en el crecimiento acelerado de la población lo cual se ve reflejado en el crecimiento urbano acelerado, ocupación de suelo sin controles, falta de planificación al momento de ejecutar proyectos urbanísticos y una serie de transformación dispersa en todo el municipio generando así cambios en los usos de suelo. (Romero, 2015)

Soacha según datos estadísticos del DANE es el municipio de Cundinamarca con mayor índice de crecimiento poblacional, presenta un crecimiento del 2,5 %, superior a la media nacional de 1,7% y la de Bogotá que es del 2,1% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2003)

Soacha es el municipio que tiene la mayor población de la cuenca, representa el 26,8 % del total regional, le sigue en su orden Zipaquirá con el 10.3 % y Facatativá con el 9.6 %. Soacha y Zipaquirá presentan el número de habitantes significativamente mayor dentro del conjunto de los municipios sabaneros, lo que muestra su importancia y peso dentro de los procesos de urbanización del territorio. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2021)

La conurbación espacial y funcional Bogotá-Soacha es la más intensa de la Sabana de Bogotá. La alta presión demográfica a la cual se ha visto sometida Soacha, y su localización estratégica, han impulsado una urbanización caótica que, sumada a las dificultades institucionales y de gobernanza, ha dejado a buena parte del municipio a merced del mercado informal del suelo, generando un desarrollo urbano carente de servicios públicos, equipamientos educativos, parques e infraestructura vial. (Herrera, 2015)

Hoy en día Soacha se percibe como una parte integral de la capital Bogotá, una muestra de ello lo podemos ver en el sistema de transporte Masivo Transmilenio, el cual extiende sus troncales hasta el municipio ya que la mayoría de su población trabaja y depende en términos de servicios de Bogotá D.C (Secretaria Distrital de Planeación, 2016)

Su cercanía a Bogotá convirtió el municipio en un sitio ideal para proyectos de vivienda de interés social destinados a la población más pobre del país, en el municipio se localizan también asentamientos de comunidades indígenas como lo son los Pijao, Nasa, Emberá, Muiscas, entre otros, estos asentamientos se han venido dando debido al conflicto armado que hace que estas comunidades busquen un refugio y se asienten en este municipio, según datos del DANE la mayor parte de habitantes de este municipio se localizan en estrato 1 que corresponde al 44%, y 33% en estrato 2 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2003)

Soacha también se ha visto inmersa en factores de riesgo naturales en donde la mano del hombre ha tenido que ver, allí podemos destacar las inundaciones en época de lluvias que gracias a las falencias que se pueden ver en el alcantarillado ocasionan que las olas invernales dejen a su paso grandes daños materiales, por otro lado los asentamientos clandestinos e ilegales hacen que muchas personas vivan en condiciones precarias y muchas veces sometidos a riesgos relacionados con deslizamientos de tierra (Gobernación de Cundinamarca, 2020)

Con este artículo se busca realizar un análisis del impacto que han tenido todos estos factores poblacionales en las coberturas presentes en el municipio mediante una clasificación supervisada y así mismo determinar la expansión que ha venido presentando el área urbana de Soacha en un periodo de tiempo de 5 años transcurridos desde el 2015 al 2020 utilizando imágenes Satelitales para dichos años.

OBJETIVO

Identificar el crecimiento del área urbana en la población de Soacha para el periodo comprendido entre los años 2015-2020 mediante la identificación y clasificación de coberturas utilizando técnicas de clasificación supervisada con imágenes Sentinel 2

AREA DE ESTUDIO

Localización

El área objeto de estudio corresponde al municipio de Soacha el cual se encuentra localizado a $4^{\circ}35'14''$ de latitud Norte y $74^{\circ}13'17''$ de longitud Oeste se ubica a una altura de 2600 msnm, limita al norte con los municipios de Bojacá y Mosquera, por el oriente con Bogotá D.C, al sur con Sibaté y Pasca y al occidente con Granada y San Antonio del Tequendama, la ciudad más cercana al municipio es Bogotá a una distancia de 15 km (Alcaldía Municipal de Soacha, 2021) (ver figura 1)

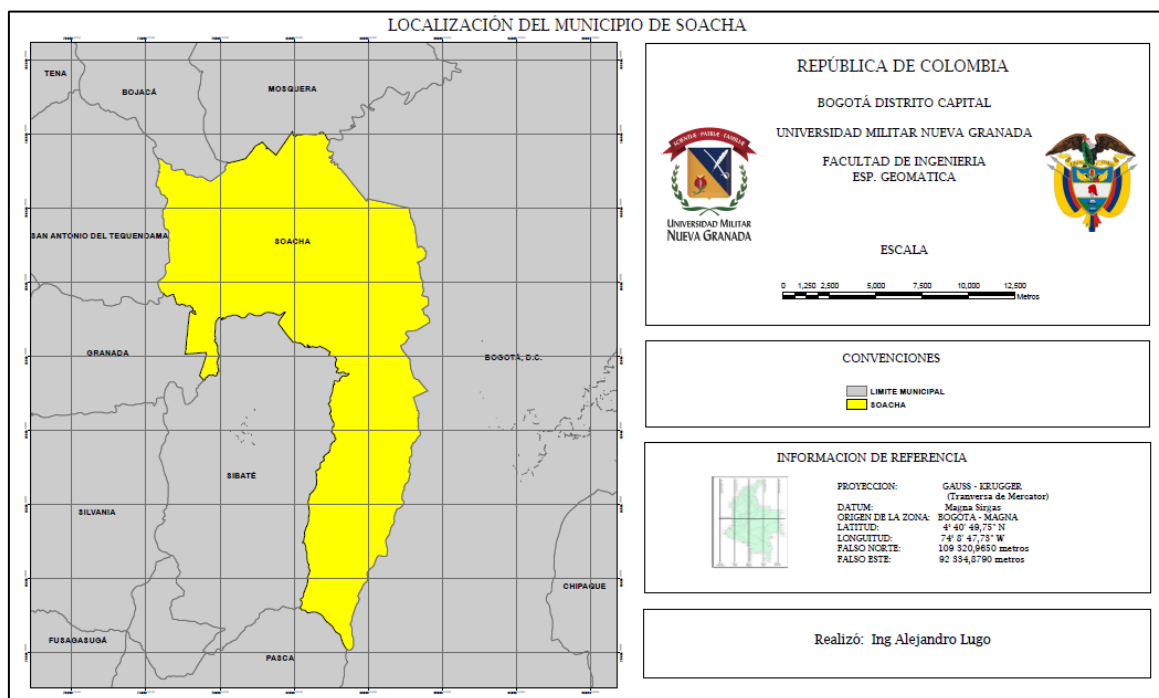


Figura 1 Mapa de Localización geográfica del Municipio de Soacha Cundinamarca

INSUMOS

Los principales insumos necesarios para determinar los cambios que se han venido presentando en las coberturas del suelo y en especial en el área urbana en un periodo de 5 años son imágenes Satelitales del sensor Sentinel 2 para los años 2015 y 2020, lo anterior haciendo uso de software de análisis espacial como ArcGIS y ERDAS Imagine. Ver figura 2 y 3

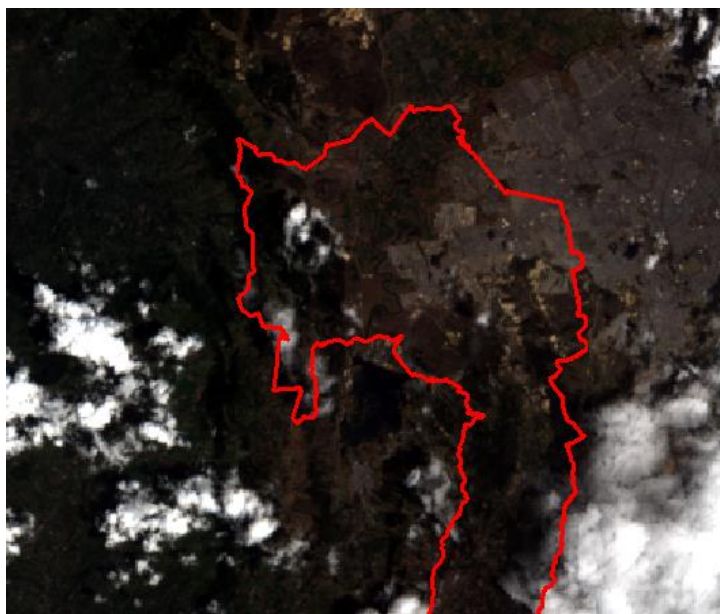


Figura 2 Imagen Satelital Sentinel 2 correspondiente a Soacha Cundinamarca 2015 y capa vectorizada de la zona delimitada de estudio visualizada en Erdas Imagine

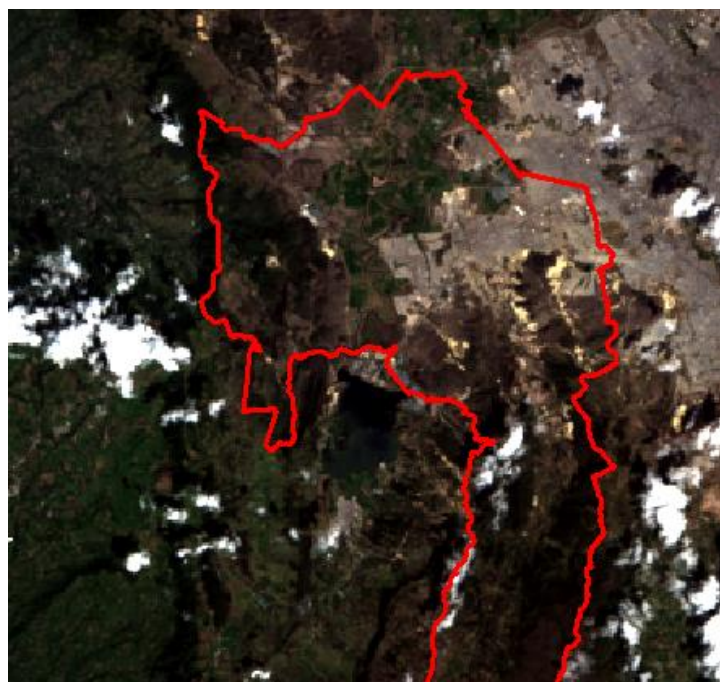


Figura 3 Imagen Satelital Sentinel 2 correspondiente a Soacha Cundinamarca 2020 y capa vectorizada de la zona delimitada de estudio visualizada en Erdas Imagine

METODOLOGIA

Adquisición de información

La primera etapa del trabajo consistió en la recolección de información, se realizó una consulta preliminar de material bibliográfico relacionado con análisis demográficos, poblacionales, caracterización geográfica, así como textos académicos e investigativos para establecer la dinámica poblacional que ha impactado el crecimiento del área urbana del municipio, a su vez se recopilaron imágenes satelitales del Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS (US Geological Survey, 2020), se definieron criterios de búsqueda para nubosidad inferior al 15% y época de toma de la imagen de los años 2015 y 2020 respectivamente, para el caso del sensor de captura se estableció que fuera Sentinel 2 que se encuentra en órbita desde el año 2015 (SM GEODIM, 2015) ya que cuenta con una resolución espacial va desde los 10 a 60 metros dependiendo la combinación de bandas que se utilice en el análisis brindando así un mayor nivel de detalle y permitiendo un mejor análisis, así mismo se seleccionaron las herramientas o software SIG para llevar a cabo la clasificación supervisada que serán ArcGIS y Erdas Imagine 2020.

Tabla 1 Características generales de las imágenes obtenidas por el sensor Sentinel 2

SENSOR	SENTINEL 2
SISTEMA DE REFERENCIA	WGS 84 UTM18
CANTIDAD DE BANDAS	12
RESOLUCION ESPACIAL	10 – 60 m

Tabla 2 Resolución espacial por cada una de las bandas del sensor Sentinel 2

BANDAS	Resolución Espacial (m)
Banda 1 (Aerosol)	60
Banda 2 (Azul)	10
Banda 3 (Verde)	10
Banda 4 (Rojo)	10
Banda 5 (Infrarrojo Cercano)	20

Banda 6 (Infrarrojo Cercano)	20
Banda 7 (Infrarrojo Cercano)	20
Banda 8 (Infrarrojo Cercano)	10
Banda 8 a (Infrarrojo Cercano)	20
Banda 9 (Vapor Agua)	60
Banda 10 (Cirrus)	60
Banda 11 (Infrarrojo Lejano)	20
Banda 12 (Infrarrojo Lejano)	20

Combinación de bandas

Al realizar la descarga de cada una de las imágenes satelitales se debe como primera medida unificar todas las bandas en un solo archivo ya que al descargar cada una de las imágenes de la USGS todas las bandas vienen en archivos separados, para lo cual se utiliza la herramienta “layer stack” (ERDAS, Inc., 2015) dentro del software ERDAS IMAGINE el cual es un software de procesamiento de imágenes satelitales, posterior a esto podemos realizar la combinación de bandas que nos permitan discriminar fácilmente cada una de las coberturas presentes en las imágenes.

Haciendo un análisis exploratorio de las imágenes podemos detallar a simple vista cambios de uso de coberturas en el periodo de 5 años, en la figura 4 se identifican campos despejados y una zona verde que paso a ser urbanizada en las zonas señaladas en rojo, esto nos da a entender que haciendo una combinación de bandas posterior obtendremos resultados más precisos.



Figura 4 Identificación previa de cambios en Soacha para los años 2015-2020

Al realizar algunas de las combinaciones de bandas más frecuentes podemos visualizar contrastes entre algunas de las coberturas presentes

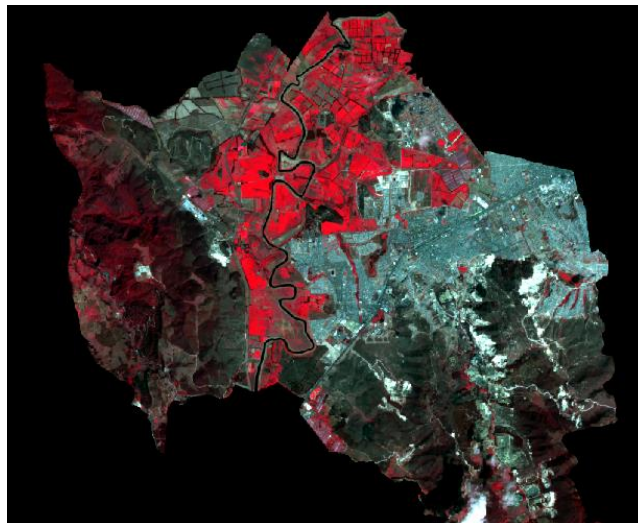


Figura 1 Combinación de bandas “False Color IR” realizada en ERDAS Imagine 2020

En la combinación estándar de “falso color”. (ERDAS, Inc., 2015) La vegetación aparece en tonos de rojo, áreas urbanas en azul cian, y los suelos varían entre marrón muy oscuro a muy claro. Las nubes se ven en blanco y cian claro, y los árboles coníferos se destacan por tener un color rojo oscuro. Esta es una combinación muy usada en estudios de vegetación, monitoreo drenajes, patrones del suelo, y de diferentes etapas de crecimiento de los cultivos. Generalmente, tonos muy oscuros de rojo indican vegetación saludable o de hojas anchas mientras que rojos claros indican pastizales o áreas con escasa vegetación, áreas urbanas densamente pobladas aparecen en azul claro. (ver figura 5)

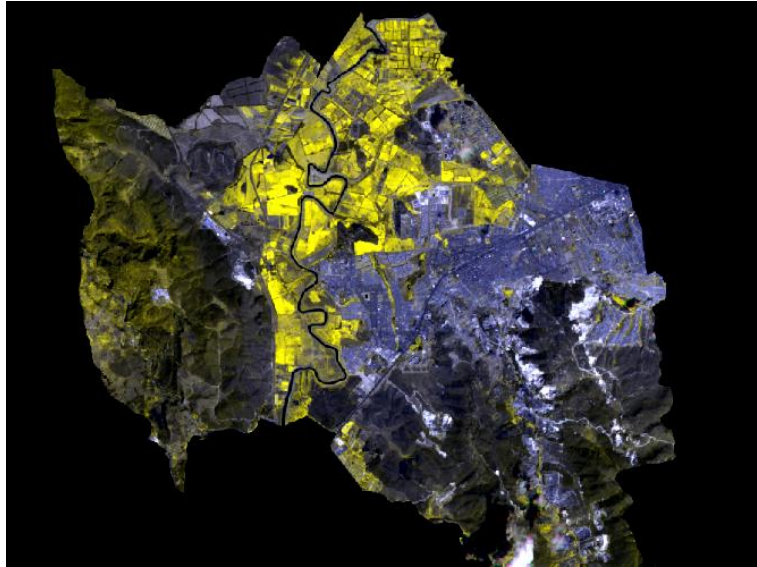


Figura 2 Combinación de bandas "False Natural Color" realizada en ERDAS Imagine 2020

La combinación "False Natural Color" (ERDAS, Inc., 2015) ofrece un notorio contraste entre colores, la vegetación saludable aparece en un verde o amarillo brillante y los suelos en un púrpura pálido; es muy utilizada en agricultura, estudios de vegetación, producción de madera y en infestación de plagas.



Figura 3 Combinación de bandas "True Color" realizada en ERDAS Imagine 2020

La combinación de color natural o "true Color" (ERDAS, Inc., 2015) cuando las bandas del espectro visible (RGB) son ordenadas en esta forma los elementos del terreno aparecen en colores similares a como los percibe el ojo humano; vegetación saludable se muestra verde, campos recientemente despejados se ven muy claros, vegetación bajo estrés aparece marrón y amarillo, y las zonas urbanas se ven en gris.

Recorte de zona de interés

El municipio de Soacha tiene en su totalidad 184,45 Kilómetros Cuadrados de los cuales 19 Kilómetros Cuadrados pertenecen a la extensión del área urbana (Alcaldía Municipal de Soacha, 2021), el área a la cual se pretende realizar la clasificación supervisada es la zona urbana del municipio (Ver figura 8), dicho recorte se hace teniendo en cuenta un archivo vectorial del límite municipal.

Al hacer un acercamiento a alguna zona podemos apreciar con gran detalle el contraste de algunas coberturas, por ejemplo, zonas verdes, cuerpos de agua y zonas urbanizadas debido a que las imágenes satelitales del sensor Sentinel posee una alta resolución espacial nos permitirá identificar con mayor facilidad cada una de las coberturas

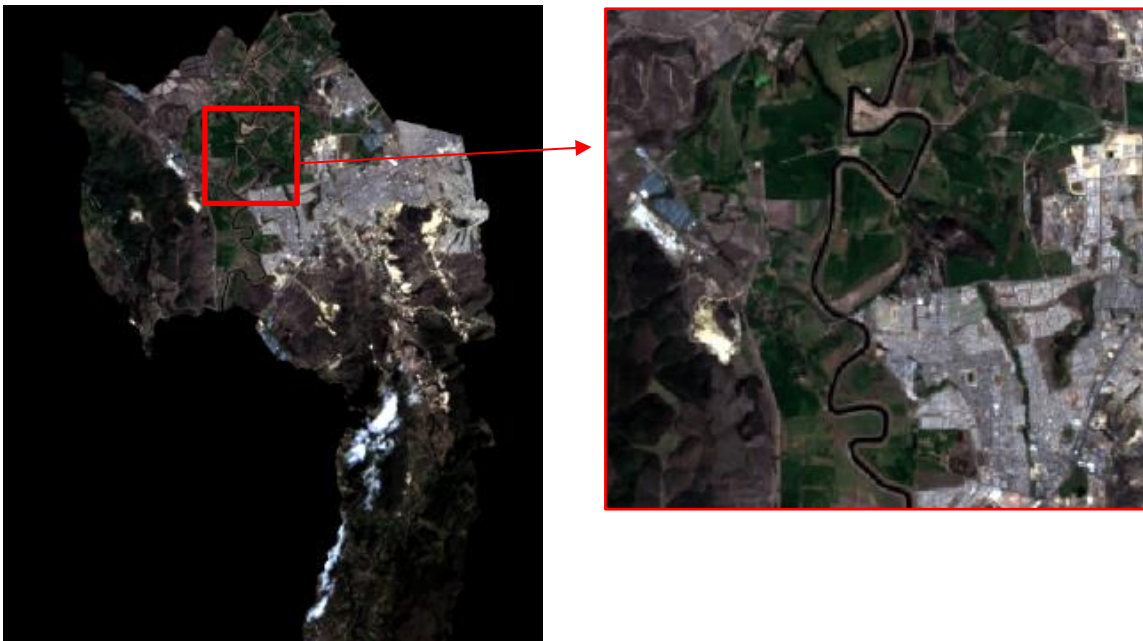


Figura 4 Recorte del área urbana de Soacha teniendo en cuenta el Limite Municipal de Soacha

Corrección y mejoras de imagen

En las propiedades del ráster aplicamos un mejoramiento de imagen para visualizar mejor, para este caso utilizamos desviación estándar y un valor de 1.8 que nos permite una buena combinación de colores y contraste.

Creación de zonas de entrenamiento

Utilizando la herramienta “supervised” (ERDAS, Inc., 2015) en ERDAS IMAGINE se crean las regiones de interés o también llamadas zonas de entrenamiento, este proceso consiste en seleccionar la mayor cantidad de puntos por cada una de las clases distribuidos por toda la imagen o área de estudio capturando así la mayor variabilidad espectral en cada una de las clases, es decir, si elegimos un solo punto para una clase será improbable que capture toda la variabilidad

espectral para dicha clase, a mayor cantidad de puntos mejor será la muestra y más precisa será la clasificación de coberturas

Haciendo uso de la leyenda nacional de coberturas de la tierra – Metodología CORINE Land Cover escala 1:100.000 (IDEAM, 2010) se establecieron las siguientes coberturas:

Tabla 3 Clasificación de coberturas teniendo en cuenta Corine Land Cover

Leyenda Nacional Corine Land Cover
3.2.2 Arbustal
3.1.1 Bosque denso
2.2.5 Cultivos Confinados
1.3.1 Zonas de extracción Minera
2.4.2 Mosaico de Pastos y Cultivos
5.1.1 Rios
1.1.1 Tejido urbano continuo

Procesamiento de la clasificación

Ahora con la imagen resultante utilizando las herramientas de filtrado de imagen como “Majority Filter tool” podemos realizar mejoras eliminando o generalizando los pixeles que se encuentran dispersos y que nos están generando ruido, esto se ve reflejado en puntos que se encuentran dentro de otras clases, luego se usa la herramienta “Boundary Clean” (ESRI, 2011) esto lo que hace es suavizar los bordes irregulares de las fronteras de clase, este proceso lo que hace es generalizar los pixeles que se encuentran alrededor de una misma clase y que tienen valores o niveles digitales similares haciendo que haya una mayor coherencia espacial conectando así regiones que pertenecen a la misma clase que por alguna razón habían quedado aislados creando coberturas más uniformes y con menos dispersión



Figura 5 Proceso de Generalización aplicado a la clasificación de coberturas en ArcGIS

Vectorización

Mediante la herramienta “Conversion Tools” de ArcGIS (ESRI, 2011) esta herramienta lo que hace es que el dato de entrada es un archivo Ráster y nos genera en la salida un tipo Vector o shapefile, con este tipo de dato de salida podemos realizar cálculos que para este caso nos interesa el de áreas correspondientes a cada cobertura y así mismo poder comparar y evaluar que tanto han cambiado las coberturas en los dos periodos establecidos 2015-2020

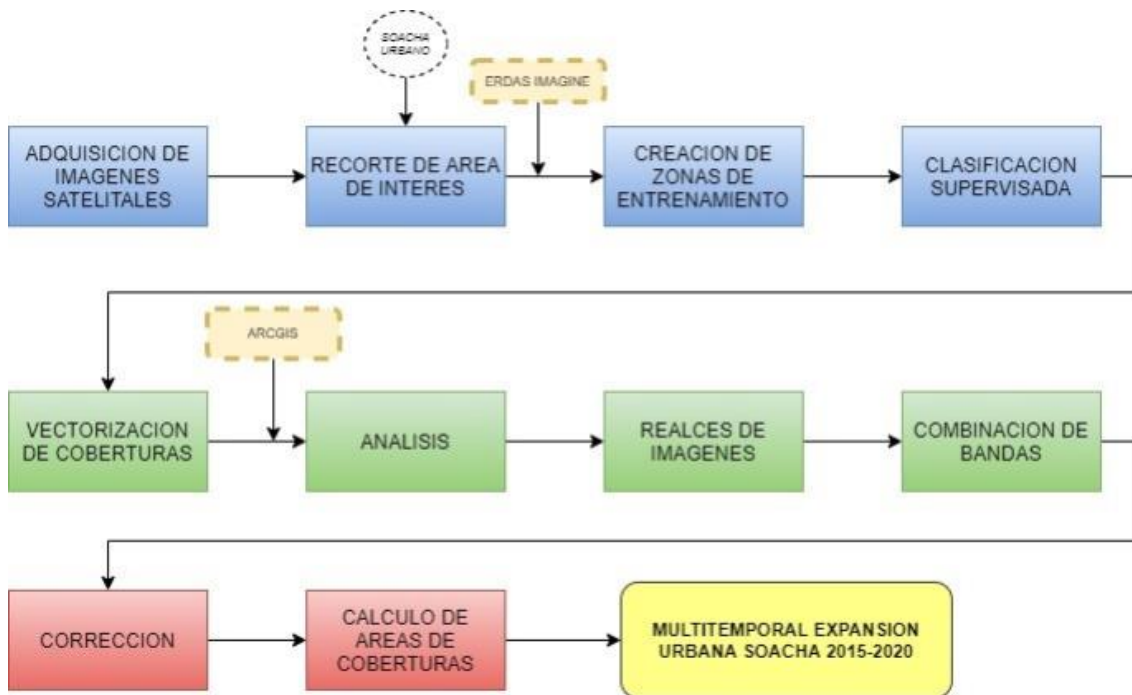


Figura 5. Metodología utilizada para realizar el cálculo de áreas de las coberturas presentes en el área de estudio del municipio de Soacha

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como resultado de la clasificación supervisada en ArcGIS se determinó el total de área en hectáreas para cada una de las coberturas para los 2 periodos (2015 y 2020) dando un total de 16.688,8 (ha) para el municipio de Soacha. Ver tablas 4 y 5

Tabla 4 Resultado de áreas calculadas en hectáreas– Clasificación Supervisada Soacha 2015

Leyenda Nacional Corine Land Cover	Area (ha) - 2015	%
3.2.2 Arbustal	2455.14	15%
3.1.1 Bosque denso	3604.19	22%
2.2.5 Cultivos Confinados	117.61	1%
1.3.1 Zonas de extraccion Minera	1223.10	7%
2.4.2 Mosaico de Pastos y Cultivos	7368.72	44%
5.1.1 Rios	85.96	1%
1.1.1 Tejido urbano continuo	1834.18	11%
TOTAL	16688.8886	100%

Tabla 5 Resultado de áreas calculadas en hectáreas– Clasificación Supervisada Soacha 2020

Leyenda Nacional Corine Land Cover	Area (ha) - 2020	%
3.2.2 Arbustal	2343.458	14%
3.1.1 Bosque denso	3604.192	22%
2.2.5 Cultivos Confinados	136.09999	1%
1.3.1 Zonas de extraccion Minera	1230.02	7%
2.4.2 Mosaico de Pastos y Cultivos	7288.29	44%
5.1.1 Rios	85.95682	1%
1.1.1 Tejido urbano continuo	2000.14	12%
TOTAL	16688.1568	100%

La cobertura de tejido urbano ha tenido un crecimiento de 112 Hectáreas lo que equivale a un aumento del 9% del área urbana que tenía el municipio para el año 2015, por ejemplo, en dicha área cabe el parque metropolitano Simón Bolívar el cual tiene 113 hectáreas de extensión total (1,13 kilómetros cuadrados aproximadamente)

Tabla 6 Razón de cambio del área de las coberturas para el periodo 2015-2020

Leyenda Nacional Corine Land Cover	Area (ha) - 2015	Area (ha) - 2020	Razon de cambio
3.2.2 Arbustal	2455.139	2343.458	-5%
3.1.1 Bosque denso	3604.192	3604.192	0%
2.2.5 Cultivos Confinados	117.609	136.100	16%
1.3.1 Zonas de extraccion Minera	1223.096	1230.020	1%
2.4.2 Mosaico de Pastos y Cultivos	7368.717	7288.290	-1%
5.1.1 Rios	85.957	85.957	0%
1.1.1 Tejido urbano continuo	1834.179	2000.140	9%
TOTAL	16688.889	16688.157	

En la clasificación supervisada de la imagen del año 2015 se evidencio que predomina la cobertura de mosaicos de pastos y cultivos con 43% mientras que la cobertura con menos presencia son los cultivos confinados con 1%

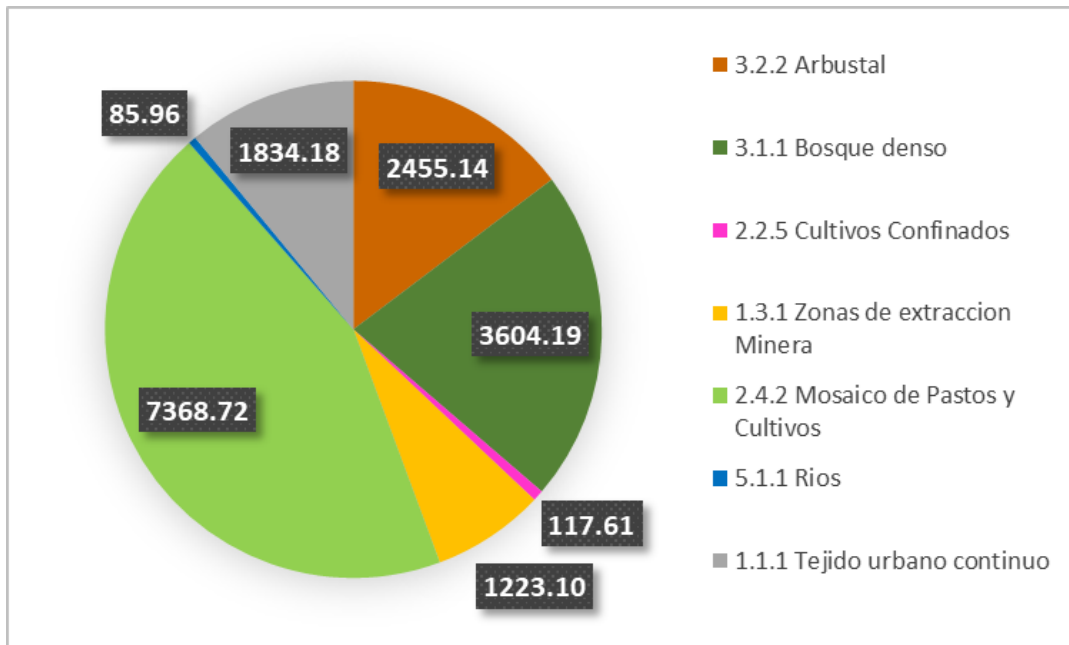


Figura 6 Área de coberturas en hectáreas del municipio de Soacha calculadas en ArcGIS mediante la clasificación supervisada en Erdas para el año 2015. La clasificación de las coberturas está dada según Corine Land Cover

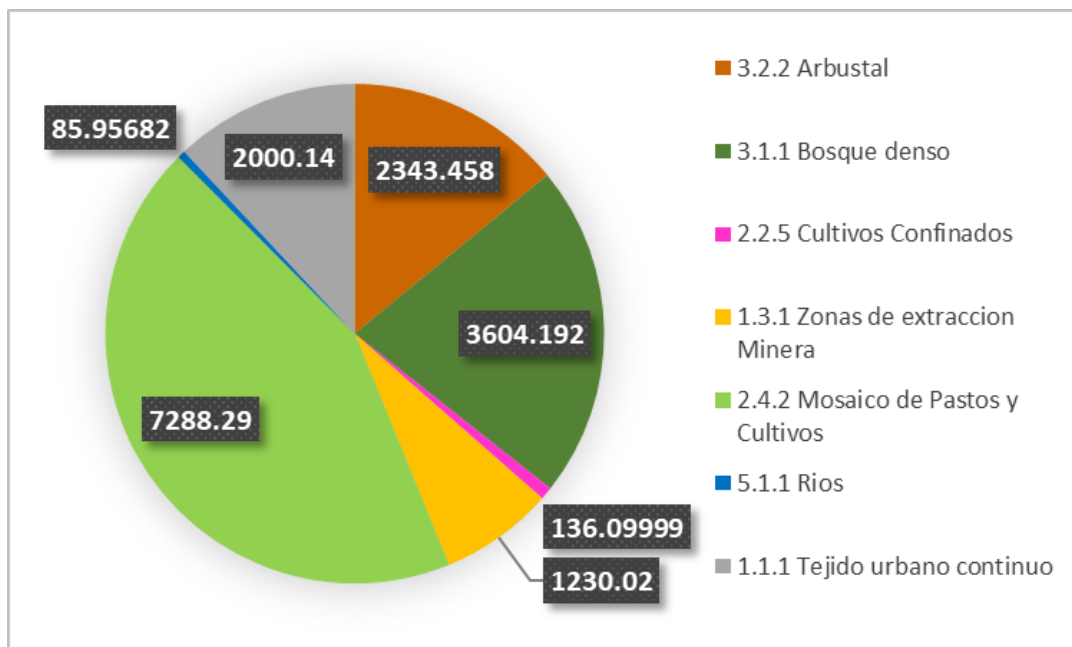


Figura 7 Área de coberturas en hectáreas del municipio de Soacha calculadas en ArcGIS mediante la clasificación supervisada en Erdas para el año 2020. La clasificación de las coberturas está dada según Corine Land Cover

Para el año 2020 la cobertura predominante sigue siendo mosaicos de pastos y cultivos, sin embargo, se evidencia una disminución de aproximadamente 19 hectáreas de esta, por otro lado, la cobertura de tejido urbano continuo aumento en aproximadamente 165 hectáreas producto del crecimiento poblacional del municipio

Tabla 7 Variación de áreas en hectáreas para las coberturas dadas según Corine Land Cover para el periodo de análisis comprendido entre 2015-2020

Leyenda Nacional Corine Land Cover	Observacion
3.2.2 Arbustal	 -111.68
3.1.1 Bosque denso	 0.00
2.2.5 Cultivos Confinados	 18.49
1.3.1 Zonas de extraccion Minera	 6.92
2.4.2 Mosaico de Pastos y Cultivos	 -80.43
5.1.1 Rios	 0.00
1.1.1 Tejido urbano continuo	 165.96

El crecimiento del tejido urbano continuo es el reflejo del desarrollo que ha venido presentándose en el área urbana del Municipio ya que se observa que las áreas de coberturas como Arbustales y mosaicos de pastos han disminuido en proporciones equivalentes a los del aumento del área urbana, esto se debe a que generalmente estas zonas son las utilizadas para la expansión urbana.

Finalmente se genera 1 mapa de coberturas de la tierra para el municipio de Soacha para cada uno de los periodos analizados (2015-2020) que resulta de la clasificación supervisada de coberturas utilizando la leyenda de Corine Land Cover (IDEAM, 2010) (ver figura 10 y 11)

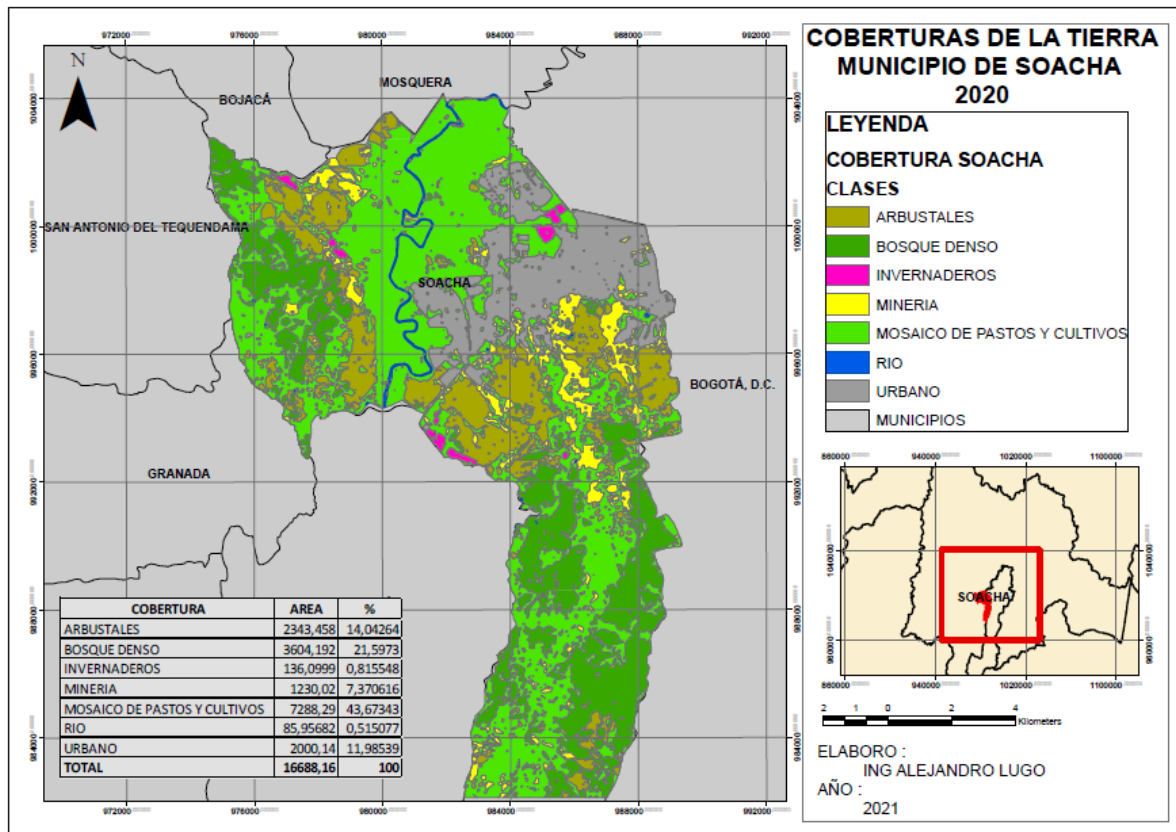


Figura 6 Mapa de coberturas del municipio de Soacha para el año 2020 basado en la clasificación de Corine Land Cover. Se muestra una tabla con cálculo de áreas y porcentaje de las coberturas

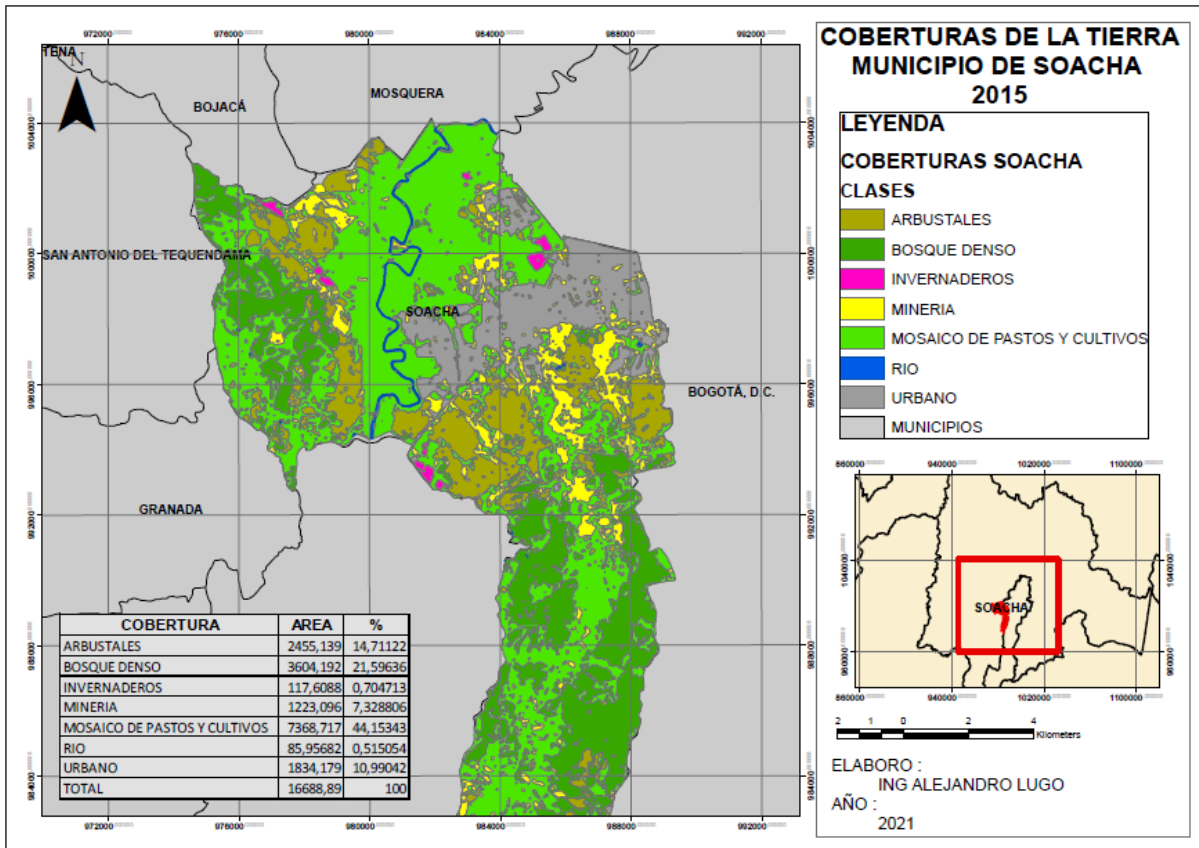


Figura 7. Mapa de coberturas del municipio de Soacha para el año 2015 basado en la clasificación de Corine Land Cover. Se muestra una tabla con cálculo de áreas y porcentaje de las coberturas

CONCLUSIONES

De acuerdo con la clasificación de coberturas y al análisis de áreas calculadas se determinó que la cobertura de tejido urbano ha tenido un crecimiento de 112 Hectáreas lo que equivale a un aumento del 9% del área urbana que tenía el municipio para el año 2015.

El crecimiento del tejido urbano continuo es el reflejo del desarrollo que ha venido presentándose en el área urbana del Municipio ya que se observa que las áreas de coberturas como los arbustales y mosaicos de pastos han disminuido en proporciones equivalentes a los del aumento del área urbana, esto se debe a que generalmente estas zonas pasan de tener un uso a ser objeto de nuevos proyectos o viviendas ya que generan mayor rentabilidad.

El análisis multitemporal de imágenes satelitales es una herramienta muy practica que nos ayuda a monitorear los cambios en los usos de suelo y de coberturas a través del tiempo al proveer información técnica, histórica y detallada del crecimiento y desarrollo de un área específica que nos sirve como insumo para una toma objetiva de decisiones en proyectos sostenibles a futuro.

Con base a los resultados se podría realizar un estudio para un periodo de tiempo más extenso utilizando imágenes satelitales de otro tipo de sensor y así mismo podría servir para realizar estudios más puntuales relacionados con el número de proyectos de urbanización que se pretenden desarrollar en el municipio y el impacto que estos tendrán sobre las demás coberturas presentes analizadas en la clasificación supervisada.

La principal limitante y el motivo de porque no se eligió un periodo de tiempo más amplio para el análisis multitemporal fue la dificultad de adquirir las imágenes satelitales Sentinel 2 con una nubosidad optima y de otra época ya que el lanzamiento del sensor fue en el año 2015. (THE EUROPEAN SPACE AGENCY, 2021)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcaldía Municipal de Soacha. (2021). Obtenido de <https://www.alcaldiasoacha.gov.co/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2003). *Censo Experimental de Población y Vivienda del Municipio de Soacha*. Bogotá D.C.
- ERDAS, Inc. (2015). *ERDAS Field Guide*. Atlanta, Georgia.
- ESRI. (2011). *ArcGIS Desktop: Versión 10.4*.
- Gobernación de Cundinamarca. (2020). Obtenido de <http://www.cundinamarca.gov.co/>
- Herrera, K. C. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LA LOGISTICA URBANA Y SUS INFLUENCIAS EN EL ESPACIO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE SOACHA*. BOGOTÁ D.C.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover*. Bogotá D.C.
- Romero, D. F. (2015). *DETERMINAR EL INDICE DE CRECIMIENTO URBANISTICO DEL MUNICIPIO DE SOACHA EN LAS ULTIMAS DOS DECADAS*. Bogotá D.C.
- Secretaria Distrital de Planeación. (2016). *ESTUDIO DE CRECIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LA HUELLA URBANA PARA LOS MUNICIPIOS*.
- SM GEODIM. (2015). *Satélites*. Zaragoza.
- THE EUROPEAN SPACE AGENCY. (2021). Obtenido de <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>
- US Geological Survey. (2020). *Earthquake Lists, Maps, and Statistics*. Recuperado el 02 de 04 de 2021, de <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/lists-maps-and-statistics>