

**GENERACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA
PARA EL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ 2020**

***Ingeniero Ambiental
José Luis Moreno Firavitoba***



***Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática
Bogotá D.C.
2020***

Artículo de aplicación para optar al título de Especialista en Geomática



GENERACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ 2020

José Luis Moreno Firavitoba
jolumofi@gmail.com
Universidad Militar Nueva Granada

SIG.

Resumen

Las coberturas de la tierra son una fuente de información importante para diversos estudios, dado que alberga información que va desde identificación de vegetación, cuerpos de agua hasta la determinación de zonas de importancia ambiental en el territorio, es por esto que al generar el mapa de coberturas de la tierra con la leyenda adaptada para Colombia se identifica el área y tipo de cobertura presente en el municipio y cómo éstas pueden usadas como determinante ambiental.

Para el proceso se usan imágenes satelitales Sentinel-2 proporcionadas por la plataforma del Servicio Geológico Estadounidense, optimizadas mediante procesamiento de imágenes además de la leyenda de las coberturas de la tierra obtenida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

El estudio muestra que la cobertura predominante es pasto limpio con un 29,34% mientras que la cobertura más pequeña fue tejido urbano discontinuo el cual tiene un 0,30% de área en el total del municipio

De esta manera, se proporciona un mejor conocimiento del territorio y entregando un insumo base para estudios de riesgos, cambios de cobertura y estructura ecológica principal del municipio.

Índice de Términos: *Clasificación de la cobertura de la tierra, imagen satelital, procesamiento digital de imágenes, Sistema de Información Geográfico*

Abstract

Land cover is an important source of information for various studies, since it houses information ranging from the identification of vegetation, water bodies to the determination of areas of environmental importance in the territory, which is why when generating the map of Land cover with the legend adapted for Colombia identifies the area and type of cover present in the municipality and how these can be used as an environmental determinant.

The process uses Sentinel-2 satellite images provided by the American Geological Survey platform, optimized by image processing in addition to the land cover legend obtained from the IDEAM Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies.

The study shows that the predominant coverage is clean grass with 29.34% while the smallest coverage was discontinuous urban fabric which has a 0.31% area in the total municipality.

In this way, a better knowledge of the territory is provided and providing a base input for risk studies, changes in coverage and the main ecological structure of the municipality.

Term Index: *Land coverage classification, satellite image, digital image processing, geographic information system GIS.*



I. INTRODUCCIÓN

El municipio de Tocancipá ubicado al norte de la ciudad de Bogotá en la sabana centro del departamento de Cundinamarca, históricamente ha sido uno de los municipios con mayor industria del país y que en los últimos años ha venido incrementando. Su cercanía con la capital y el bajo costo de sus tierras en comparación con la misma, hacen que esta zona sea un atractivo para empresarios de la industria.

De igual manera, se ha evidenciado un crecimiento poblacional debido a la demanda laboral, ocasionado el desplazamiento de nuevos habitantes hacia el municipio, trayendo como consecuencia el urbanismo descontrolado que afecta principalmente en las áreas rurales. Estos dos factores importantes industria y urbanismo han generado cambios no observados en la cobertura del suelo.

Al generar la capa de las coberturas de la tierra en el municipio, se identificarán las áreas y tipos de cobertura, además se puede tener una base de las coberturas presentes en el municipio en una fecha determinada con su respectiva cuantificación y representación, siendo este un estudio fundamental para la toma de decisiones en lo que a ordenamiento territorial respecta, que a su vez será un insumo base para estudios futuros.

En el país se han desarrollado algunos estudios para la determinación de la cobertura del suelo, siendo uno de los iniciales el “Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca” elaborado en el 2008 por el IGAC, IDEAM y CORMAGDALENA, apoyado financieramente por el fondo francés para el medio ambiente mundial FFEM en el cual se determinaron las coberturas presentes en la cuenca y fue la primera adaptación de la leyenda europea para Colombia.

Estudio el cual fue base para la metodología actual la cual tuvo como fin la determinación de las coberturas a nivel nacional a escala 1:100.000 el cual tiene como nombre “Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra” estudio elaborado por entidades nacionales las cuales aportaron recursos financieros, operativos y técnicos en el año 2010,

siendo esta la guía metodológica para la elaboración de la metodología Corine Land Cover aplicable para cualquier parte del territorio nacional.

La "Cobertura" de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005) termino, aunque sencillo relaciona coberturas naturales y antrópicas es por esto que fue adoptada por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - IDEAM como referencia para el país.

La metodología que aborda es el procesamiento de imágenes satelitales y actualizadas en software SIG, siendo esta poco implementada ya que se piensa que es de alto costo, lo cual es un error común debido a que cuentan con insumos suficientes y de calidad, además que existe software de procesamiento gratuitos por lo que se convierte en una metodología viable y replicable

Para la realización de este estudio se manejan los lineamientos metodológicos del IDEAM dentro de los cuales se encuentra la metodología Corine Land Cover donde se muestra los insumos básicos y preparación del proyecto, además se tendrá referencia del territorio en lugares específicos de muestra en el municipio de Tocancipá, esto con el fin de tener un control de calidad y por ende de verificación.

Con la aplicación de la metodología y los respectivos procesamientos en el software, se identificaran las coberturas presentes en el municipio y su porción en el territorio.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

- Generar el mapa de las coberturas de la tierra para el municipio de Tocancipá, Cundinamarca con la leyenda adaptada para Colombia por el IDEAM.

Objetivo Específicos

- Realizar el procesamiento de la imagen para la obtención de las coberturas de la tierra mediante clasificación supervisada.
- Interpretar las coberturas usando la imagen satelital más apropiada

- Clasificar la cobertura de la tierra presente en la zona haciendo uso de la leyenda nacional de la tierra.

III. ÁREA DE ESTUDIO

La zona objeto de estudio corresponde al municipio de Tocancipá departamento de Cundinamarca, perteneciendo a la zona de sabana centro, ubicada al norte de Bogotá D.C. Se encuentra a una distancia aproximada de 40 km. Limita al norte con el municipio de Zipaquirá y Gachancipá; al sur con el municipio de Guasca y Sopó; al occidente con el municipio de Cajicá, Zipaquirá y al oriente, con el municipio de Gachancipá y Guatavita.

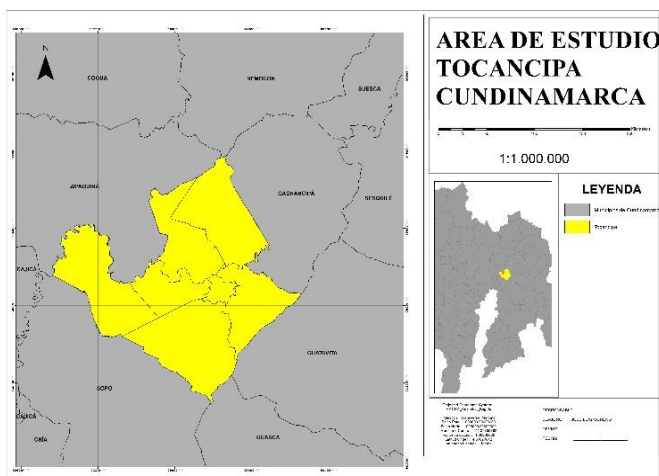


Figura 1. Área de estudio, Municipio de Tocancipá

IV. METODOLOGÍA

Para realizar la determinación del mapa de coberturas de la tierra para el municipio de Tocancipá “con la leyenda adaptada por el IDEAM para Colombia”, se ejecuta mediante el planteamiento de las siguientes actividades.

1) *Recolección de información.*

La recolección de información consistió en la búsqueda de material bibliográfico relacionado con el tema, tales como estudios preliminares desarrollados en el área. La búsqueda se realizó en diversas fuentes de búsqueda académica, con el

propósito de obtener y conocer mayor detalle de la zona objeto de estudio.

Hay que mencionar, además la selección de herramientas y procesos adecuada para la generación del mapa de coberturas de la tierra para el municipio.

2) *Procesamiento de imágenes*

La búsqueda y descarga de imágenes fue realizada en el portal del servicio geológico estadounidense (USGS), los dos criterios de búsqueda fueron, nubosidad menor al 20% y que la imagen datara del año 2020 en el área de estudio.

En la tabla 1 se muestran las características de las imágenes obtenidas.

Tabla 1. Características de imágenes satelitales

SENSOR	SENTINEL 2	LANDSAT
FECHA	9/01/2020	22/03/2020
SISTEMA DE REFERENCIA	WGS 84 UTM18	WGS 84
NÚMERO DE BANDAS	12	11
RESOLUCIÓN ESPACIAL	10 m	30 m (Mejorable a 15 m)

Dadas estas características y en el análisis visual de las dos imágenes, se decide por el uso de la Sentinel 2, dado que esta tiene una menor nubosidad en comparación a Landsat 8. Además, por su resolución espacial de 10m tiene una escala de trabajo más precisa.

3) *Combinación de bandas*

Al descargar la imagen Sentinel 2 desde la plataforma del Servicio Geológico Estadounidense, esta contiene un archivo por cada banda, por lo cual el procesamiento dentro del software lo hace más complejo. Por tal motivo se utiliza la herramienta **Layer Stack** la cual toma las bandas deseadas y las unifica en un solo archivo, teniendo toda la información de las bandas seleccionadas en un mismo archivo.

4) *Recorte zona de interés*

La imagen generada en el paso anterior tiene el área total de la imagen de fuente, se procede a

delimitar nuestra zona de interés mediante la herramienta **Create subset image**, esta realiza un corte de la imagen original generando un archivo nuevo, teniendo en cuenta una referencia de tipo vector; que para el caso de estudio es el shape de referencia del municipio de Tocancipá obtenido del

recomienda hacer mínimo 10 muestreos por cada cobertura.

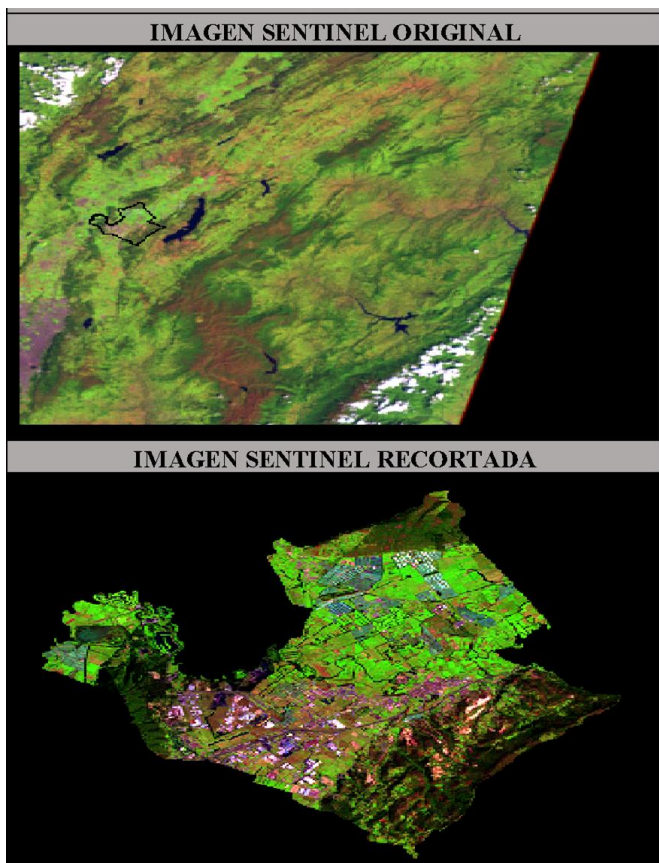


Figura 2. Recorte área de interés. IGAC.

5) Zonas de entrenamiento

Con el corte del área del municipio de Tocancipá, se hace un análisis de las coberturas que se pueden identificar a simple vista, esto mediante el uso de la herramienta **Signature Editor**. Se procede hacer zonas de entrenamiento, tomando varias zonas de la misma cobertura para el posterior análisis. Esta herramienta lo que hace es acumular el perfil de cada muestra y generalizarlas para que su identificación en la clasificación supervisada no contenga errores y sea más detallada.

Según el manual de practica de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011 se

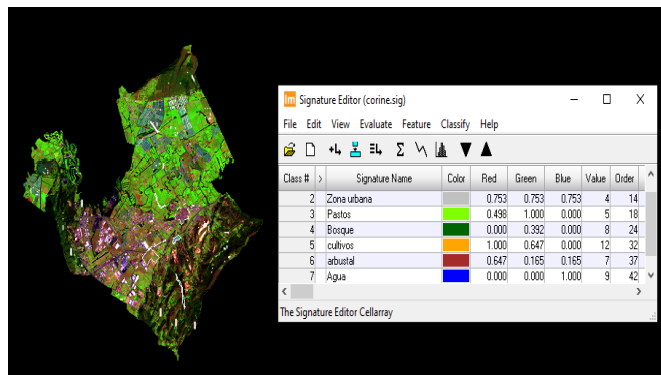


Figura 3. Zonas de entrenamiento.

6) Procesamiento de clasificación supervisada

Para la realización de la clasificación supervisada se utiliza el archivo obtenido en el paso anterior, en vista que es clave para la realización del estudio. Este contiene las muestras de los perfiles a identificar en el municipio de Tocancipá.

La herramienta **Clasificación supervisada** identifica las coberturas mediante un análisis espectral de las muestras de entrada y clasificar el resto del territorio con base en las mismas.

El manual de practica de percepción remota con el programa Erdas imagine 2011 recomienda el uso del algoritmo de máxima verosimilitud, porque ha mostrado mejores resultados.

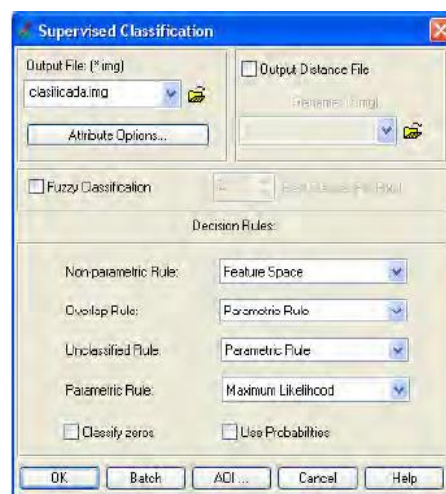


Figura 4. Características clasificación supervisada Fuente: Manual Erdas Imagine, 2011.

7) **Realces**

Se utilizó el filtro **Neighborhood, Clump** y **Eliminated** sucesivamente, que tienen como fin unir píxeles pequeños y dispersos a la cobertura vecina más grande con el fin de suavizar la muestra volviéndola más homogénea.

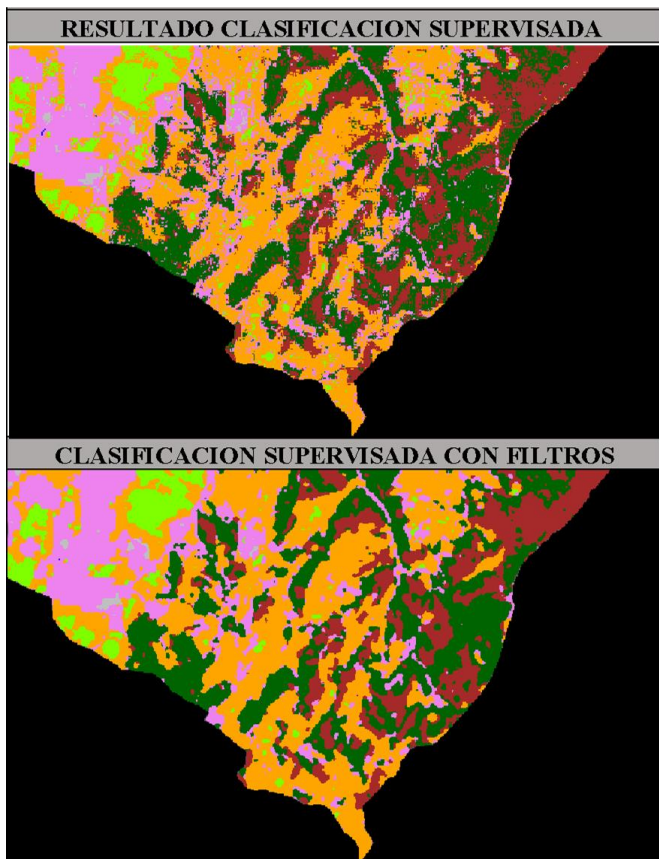


Figura 5. Aplicación de filtros *Neighborhood, Clump* y *Eliminated*

8) **Verificación**

Se realiza análisis visual en zonas específicas del municipio para observar si el algoritmo de clasificación es acertado.

9) **Vectorización**

En esta fase se procedió a convertir la imagen de ráster a vector y para ello se usó la herramienta **Raster to Shapefile** esto con el fin de poder calcular áreas y tener un formato más editable.

10) **Corrección**

En esta fase se cargó en el programa ArcGIS el shape generado en el paso anterior se cargó y se procedió a realizar un corte para separar y posteriormente cambiar la cobertura, ya que la cartografía oficial del municipio de Tocancipá presente en POT vigente (acuerdo 09 2010) muestra la zona de industria.

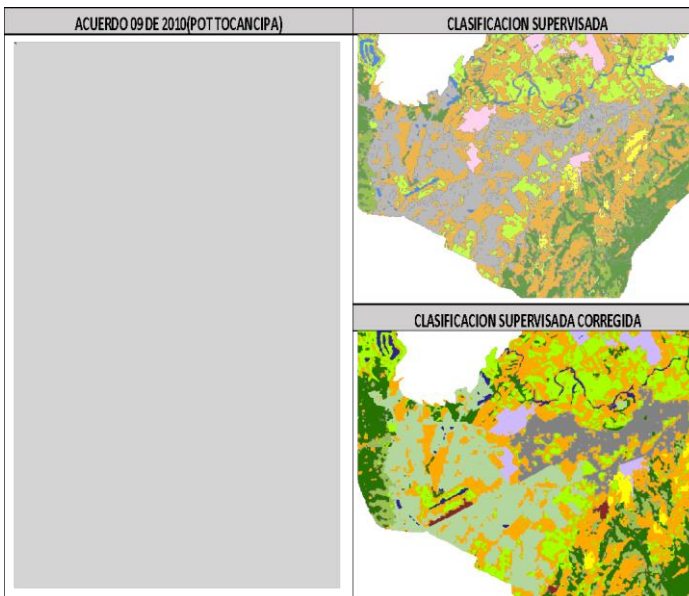


Figura 6. Corrección con base en el *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio*.

Posteriormente se procedió a cambiar la nomenclatura actual por la presente en la leyenda nacional de coberturas de la tierra, se observaron las características de las coberturas presentes en el municipio de Tocancipá, se identificaron características y se eligieron las más acordes a estas con su respectivo numeral.

Además, se identificaron algunos asentamientos alejados de la zona urbana por lo que también se cambió su clasificación por tejido urbano continuo, por eso a partir de la definición de las coberturas se indagó la leyenda Corine land cover y se asignaron los nuevos valores de clasificación

Tabla 2 Asignación de leyenda Corine Land

NOMBRE	NOM. CORINE
AGUA	5.1 AGUAS CONTINENTALES
HERBAZAL	3.2.1.1.1.3 HERBAZAL DENSO DE TIERRA FIRME CON ARBUSTOS
BOSQUE	3.1.3.2 BOSQUE FRAGMENTADO CON VEGETACION SECUNDARIA
INVERNADEROS	2.2.5 CULTIVOS CONFINADOS
MINERIA	1.3.1 ZONAS DE EXTRACCION MINERA
mosaico pasto cultivo	2.4.2 MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS
PASTOS LIMPIOS	2.3.1 PASTOS LIMPIOS
TEJIDO URBANO DISCONTINUO	1.1.2 TEJIDO URBANO DISCONTINUO
ZONA INDUSTRIAL O COMERCIAL	1.2.1 ZONA INDUSTRIAL O COMERCIAL
ZONA URBANA	1.1.1 TEJIDO URBANO CONTUO

11) Cálculo de áreas

En la fase final se realizó un **Disolve** para unificar los shapes de cada cobertura y al resultado de este se le calculó el área en hectáreas de cada cobertura mediante la herramienta **Geometry calculator**.

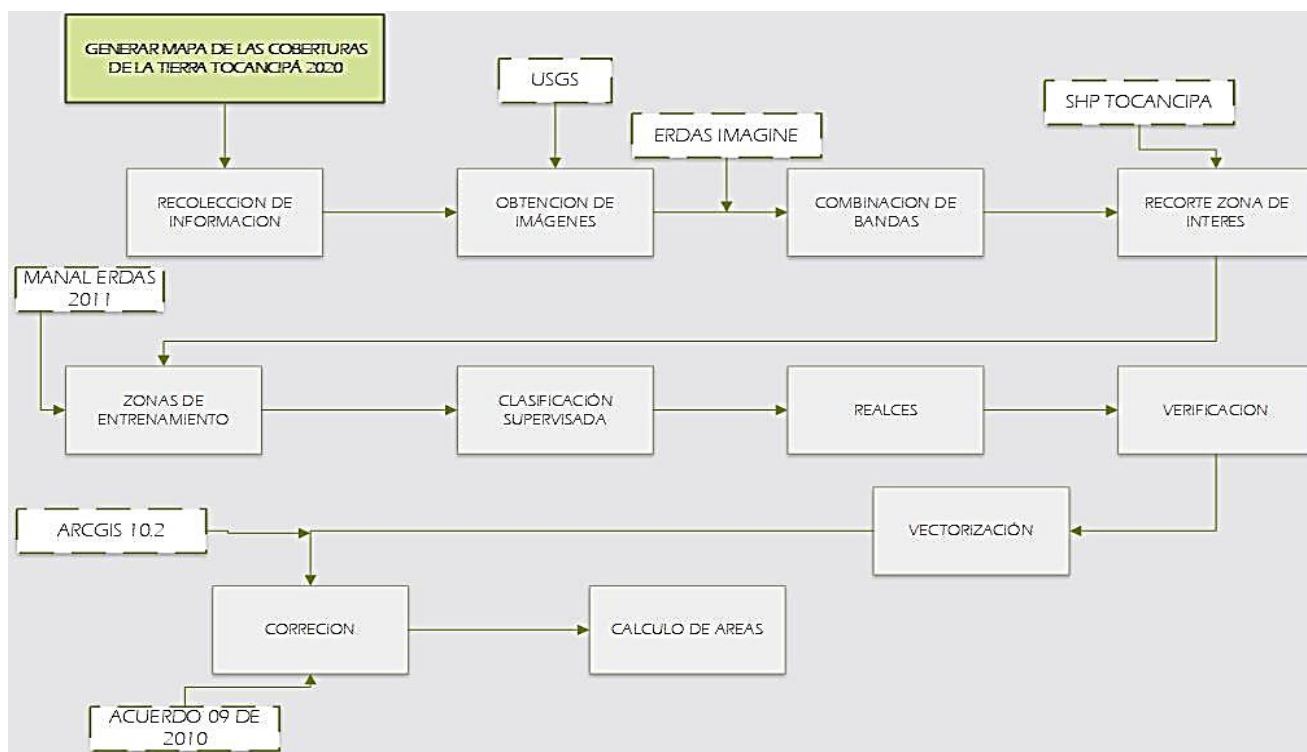


Figura 7. Metodología para la generación del mapa de coberturas del municipio de Tocancipá.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del estudio y de la implementación de la metodología Corine Land Cover se obtuvo el mapa de coberturas de la tierra del municipio de Tocancipá figura 12.

En este se identificaron las coberturas de, tejido urbano continuo y discontinuo, zona industrial o comercial, extracción minera, cultivos con finados, pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, herbazal denso de tierra firme con arbustos y aguas continentales.

Con el proceso realizado en ArcGIS se determinó el área en hectáreas correspondiente a cada una de las coberturas dando un total de 7316,303 (ha) para el municipio de Tocancipá como se observa en la tabla 2.

Tabla 3. Área de las coberturas de la tierra.

NOMBRE	AREA (ha)
1.1.1 TEJIDO URBANO CONTINUO	346,381
1.1.2 TEJIDO URBANO DISCONTINUO	22,738
1.2.1 ZONA INDUSTRIAL O COMERCIAL	721,291
1.3.1 ZONAS DE EXTRACCION MINERA	66,229
2.2.5 CULTIVOS CONFINADOS	663,537
2.3.1 PASTOS LIMPIOS	1519,31
2.4.2 MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2146,886
3.1.3.2 BOSQUE FRAGMENTADO CON VEGETACION SECUNDARIA	1173,527
3.2.1.1.1.3 HERBAZAL DENSO DE TIERRA FIRME CON ARBUSTOS	506,9
5.1 AGUAS CONTINENTALES	149,504
TOTAL	7316,303

En el municipio de Tocancipá predominan las zonas de pasto y cultivo con 29,34% mientras que la cobertura con menor influencia es tejido urbano discontinuo con 0,31%, acorde al gráfico de la figura 8.

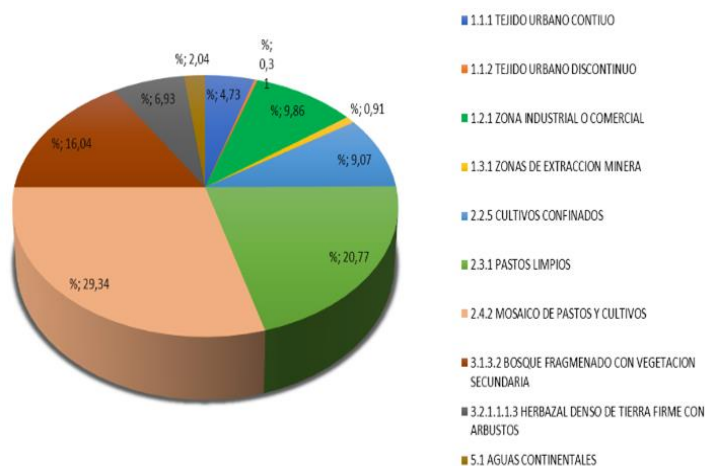


Figura 8. Áreas en porcentaje de las coberturas del municipio.

Como se evidencia en la figura 9 el 54% del municipio está afectado por factores antrópicos, debido a explotación minera, invernaderos y las empresas e industrias pues Tocancipá cuenta con una de las zonas industriales más grandes de Cundinamarca que tiene. El 46% restante hace referencia a los factores naturales, bosques y herbazales ubicados en parte en las zonas altas del municipio, pastos limpios y aguas continentales se distribuyen en el territorio.

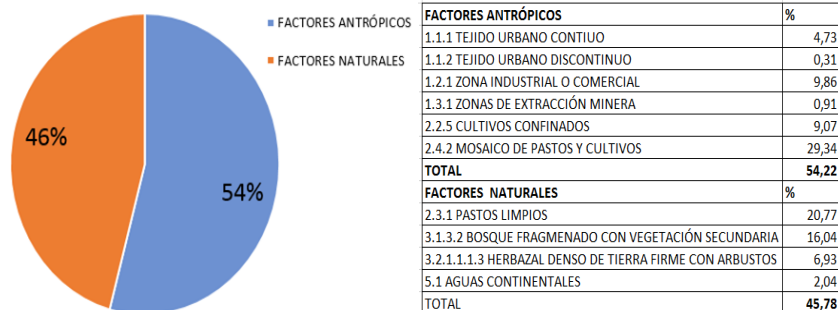


Figura 9. Factores Antrópicos y Naturales.

Por consiguiente, es correcto afirmar que, a excepción de los pastos limpios (cobertura presente en cualquier área del municipio como parques recreacionales, estadios y zonas verdes) gran parte de las coberturas naturales se ubican en la parte montañosa como se observa en la figura 10. Dichas zonas se sitúan dentro del sistema nacional de áreas protegidas SINAP por tal motivo su aprovechamiento y explotación en cuanto a recursos el limitado.

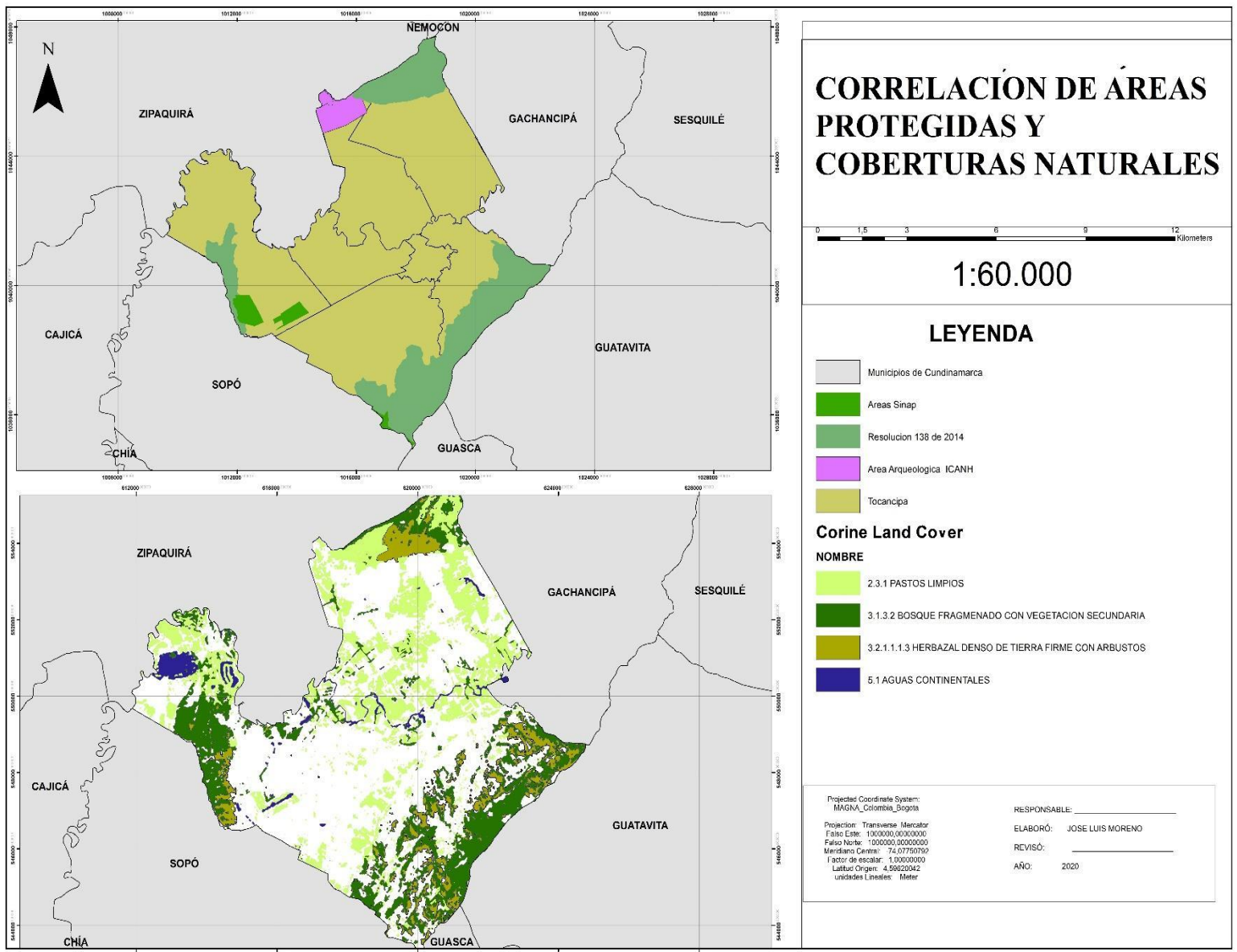


Figura 10. Correlación de áreas protegidas y áreas con cobertura natural.

El algoritmo de máxima verosimilitud tuvo muy buenos resultados, pues al verificar con la clasificación supervisada y la corroboración de las coberturas en puntos específicos, esta fue acorde a la realidad del territorio como se muestra en la figura 11. Esto debido a que las zonas de entrenamiento fueron adecuadas en cantidad y ubicación, por tal motivo se deduce que el rango espectral obtenido y agrupado en las zonas de entrenamiento fue idóneo y esto se ve reflejado en la clasificación, puesto que la totalidad de coberturas del municipio fueron reconocidas y no quedaron pixeles nulos en ninguna parte del territorio.

Una de las principales limitaciones del presente estudio es el uso de imágenes de resolución media, aunque si es eficiente no abarca la capacidad de identificación que refiere Corine Land Cover, dado que hay varias categorías que con el sensor de 15m no alcanzan a ser identificadas. Por tal motivo el trabajo de campo y conocimiento del territorio pasa a ser una variable importante en cuanto a favorabilidad del proyecto, pues reduce los errores y se tiene una base para la verificación de la correcta clasificación.

Teniendo en cuenta las coberturas resultantes del estudio, los insumos, y el conocimiento del área se afirma que la metodología aplicada es más que aceptable y sus resultados al ser verificados tienen una confiabilidad alta, ya que al comprobar la realidad geográfica con la clasificación supervisada muestran coincidencias acordes a lo presente.

Como recomendación para estudios futuros en el municipio de Tocancipá se sugiere la implementación de cartografía base del IGAC y una imagen con una resolución espacial de 1 metro o mejor, esto con el fin de determinar las coberturas presentes a un mayor detalle de la metodología Corine Land Cover, dando mayor claridad sobre lo presente en el municipio y entregando así un complemento al presente estudio.

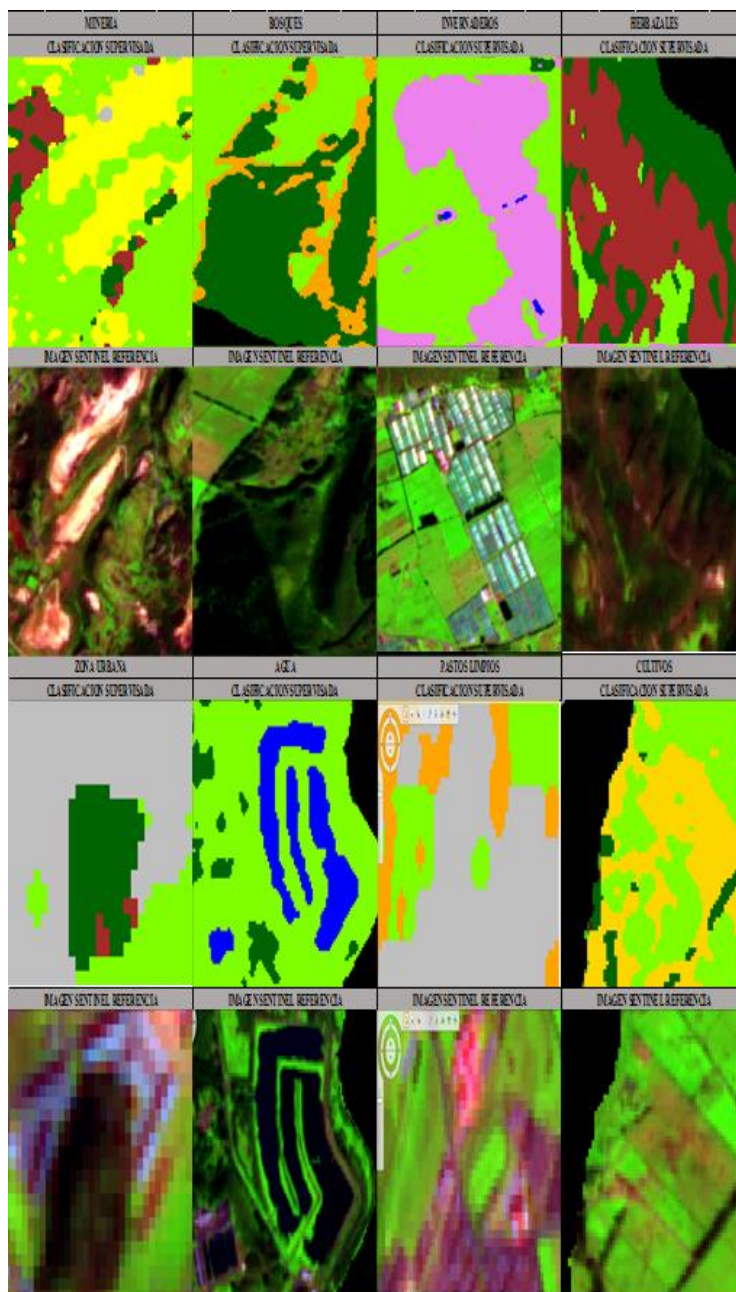


Figura 11. Corroboración de clasificación supervisada e imagen base.

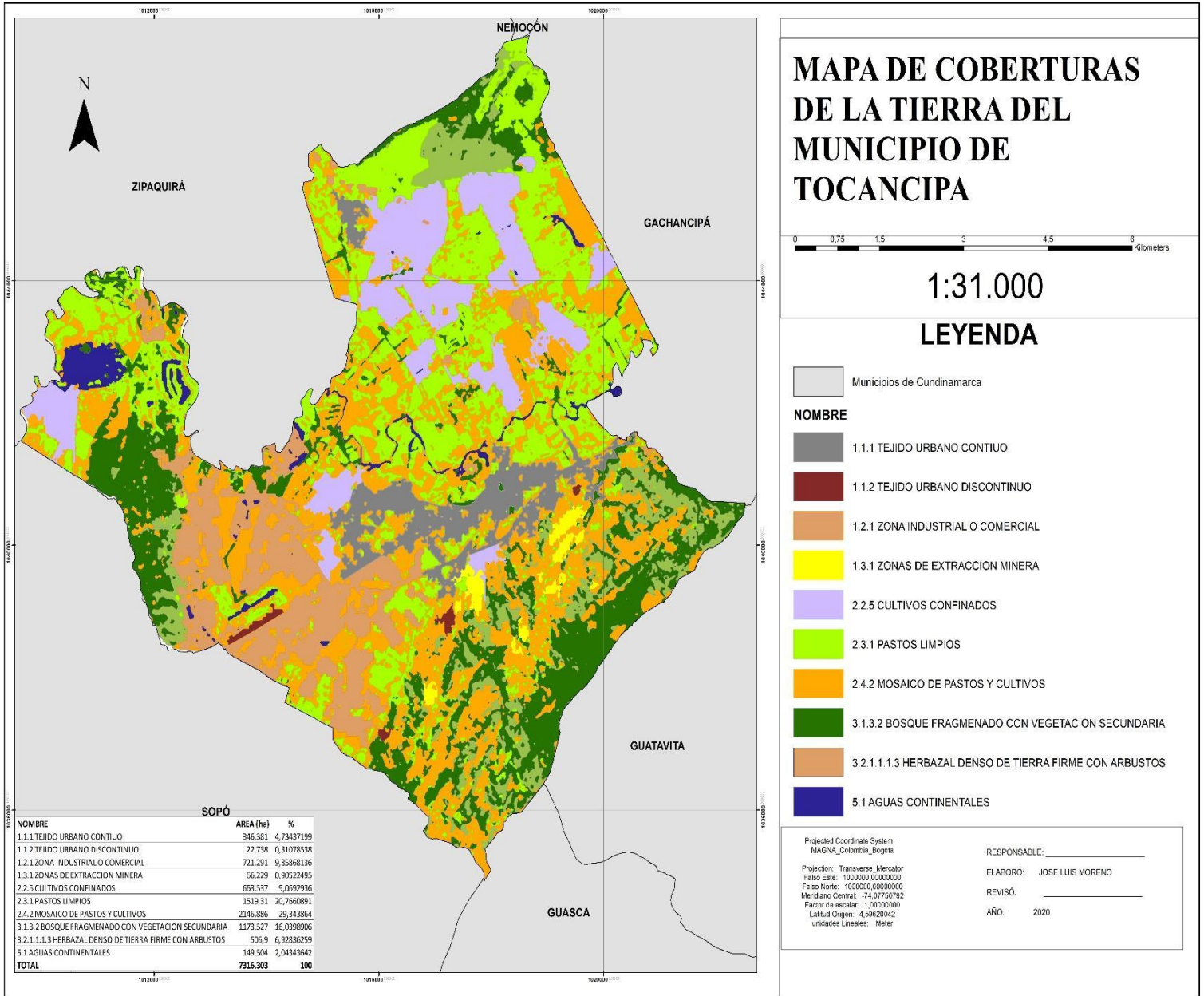


Figura 12. Mapa de Coberturas de la tierra – Municipio de Tocancipá.



VI. CONCLUSIONES

La base de datos generada por Corine Land Cover, proporciona la información acerca del área y características de las coberturas, apoya el ordenamiento territorial, construcción de mapas de aptitud de uso, monitoreo y control de los territorios, siendo esta una herramienta útil para las alcaldías municipales.

La información obtenida como resultado de la metodología debe revisarse detalladamente, considerando que es importante para el análisis e interpretación, probablemente sea un insumo esencial para la formulación de planes de manejo u ordenamiento territorial.

El resultado de este artículo es un insumo base para la elaboración de estudios de riesgos, además que entrega puntos preliminares para la elaboración de la estructura ecológica principal del municipio de Tocancipá

VII. REFERENCIAS

A.. Di Gregorio. 2016. "Land Cover Classification System Classification concepts Software version 3". Food and Agriculture Organization of the United Nations –Rome. Recuperado de URL: <http://www.fao.org/3/a-i5232e.pdf>

Copernicus Europe's eyes on Earth. "Corine Land Cover". Recuperado de URL: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

G. Cárdenas., Y. Toscano. 2014. "Elaboración del mapa de coberturas, aplicando la metodología "Corine Land Cover", para la provincia de García Rovira en el departamento de Santander". Universidad Industrial de Santander.

G. Valencia., J. Anaya. 2009. "Implementación de la metodología Corine Land Cover con imágenes Ikonos". Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Recuperado de URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15/v8n15a04.pdf>

IDEAM, 2010. *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p. Recuperado de URL: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021521/LIBROCORINEFINAL.pdf>

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.

N. Patiño. 2015. "Clasificación de la cobertura de la tierra en el suelo rural del municipio de Pupiales –Nariño mediante la aplicación de herramientas SIG". Universidad de Manizales.

N. Ariza. 2018. "Elaboración de la capa de coberturas de la tierra del municipio de Cajicá-Cundinamarca, con la finalidad de generar una herramienta de planificación, mediante el uso de teledetección, imágenes de satélite y software Erdas imagine y QGIS versión 3.4". Universidad Militar Nueva Granada.

K. Suarez., G. Celis., F. Forero. 2016." Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso micro Cuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia". Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt. Volumen 17 Número 1. Recuperado de URL: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/ha>

*Universidad Militar Nueva Granada. Firavitoba.
Generación del mapa de cobertura de la tierra para el municipio de Tocancipá 2020.*



[ndle/20.500.11761/9467/01%2520Validaci%25C3%25B3n-Corine%2520Land%2520Cover%2520Su%25C3%25A1r%2520et%2520al%25202016.pdf?sequence=3](https://hdl.handle.net/20.500.11761/9467/01%2520Validaci%25C3%25B3n-Corine%2520Land%2520Cover%2520Su%25C3%25A1r%2520et%2520al%25202016.pdf?sequence=3)