

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 5
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-04-19
		PÁGINA: 1 de 1

Código de la dependencia.

FECHA Lunes, 9 de Agosto del 2021

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativa
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
CORTES LEON	YURI GISETH	1007668810
HERNANDEZ MARTIN	JOHN ALVARO	1070986502

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
BALLESTEROS PINTOR	DIONNE PAOLA

TÍTULO DEL DOCUMENTO
ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA VARIACIÓN EN LA COBERTURA VEGETAL EN EL MUNICIPIO DE TENJO, CUNDINAMARCA (2013-2020)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
INGENIERO AMBIENTAL

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
20/11/2020	36 Pág.

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS
 (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1, Análisis multitemporal	multitemporal analysis
2, SIG	GIS
3, Cobertura	Coverage
4, Vegetación	Vegetation
5, Teledetección	Remote sensing
6, Imágenes satelitales	Satellite images

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

En el presente trabajo se desarrolló el análisis multitemporal de la variación en la cobertura vegetal en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, el cual se ubica la sabana de Bogotá, haciendo parte del corredor occidental del país. En el documento se realizó la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat 8 con el fin de identificar, clasificar y analizar las coberturas del municipio en los años comprendidos del 2013 al 2020, para ello se implementó la metodología de Corine Land Cover y el índice Diferencial de Vegetación. A partir de este estudio se generaron correlaciones de los factores que están influyendo en la variación de la cobertura como lo son la agricultura y el pastoreo semi intensivo los cuales corresponden a la actividad económica base de Tenjo, además, se consideró el potencial de expansión industrial que presenta el municipio en algunas zonas rurales, lo cual es representado en las variaciones del porcentaje de suelos desnudos obtenidos con el índice diferencial de vegetación. Una de las recomendaciones planteadas es el monitoreo constante de la expansión de los procesos productivos agrícolas y los asentamientos generados por la migración urbana a zona rurales, esto con el fin de obtener patrones que permitan generar herramientas para la toma de decisiones en la gestión de los recursos naturales, así como, la determinación del uso y manejo del suelo en el municipio.

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

- Aguilar, C. G. (8 de 4 de 2014). Sedici. Obtenido de Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento_completo.pdf.seq uence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento_completo.pdf.seq%20uence=1)
- Ana Karen Osuna, J. D. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Ambiente e Agua An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10(2), 350-362
- Arias, H. A., Zamora, R. M., & Bolaños, C. V. (2014). researchgate. Obtenido de Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot 2 y landsat 8: <https://www.researchgate.net/publication>
- Arnulfo Encina, J. I. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Gaceta Ecológica*, 1(25), 3-4
- Bofante, D. A. (10 de Febrero de 2020). Incendio forestal amenaza a varias viviendas en Tenjo, Cundinamarca. Obtenido de <https://www.lafm.com.co/colombia/incendio-forestal-amenaza-varias-vivienda-en-tenjo-cundinamarca>
- Candelario, A.O. (09 de 2017). Clasificación de vegetación del kars sierra de la nieves utilizando imagenes landsat. Obtenido de Clasificación de vegetación del kars sierra de la nieves utilizando imagenes landsat: <http://oa.upm.es/48286/>
- DANE. (2015). Indicadores demográficos 2015-2020. Obtenido de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/ITMoDto2005_2020/Bogota.xls
- Erna López, M. M. (2002). Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta Ecológica*, 5(64), 2-3.
- Mertins, G. (2004). LA suburbanización poblacional de Santafé de Bogotá. *Biblioteca Virtual del Banco de la República*, 400-402.
- Miranda, A., & Torres, D. (2010). Plan de reforestación de predios pertenecientes al Municipio de Tenjo (Cundinamarca). *Universidad de la Salle, Ciencia Unisalle*, 40- 50.
- Muñoz Guerrero, D., Rodríguez Montenegro, M., & Romero Hernández, M. (2010). Analisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca Las Minas, corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Naranjo, J. (2018). Diagnostico base para el análisis histórico ambiental en el municipio de Tejo-Cundinamarca. *Universidad Distrital Francisco de Pablo Santander*, 10-12.
- Suárez, K. V., Cély, G. E., & Forero, F. E. (2016). Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas. *Biota Colombiana*, 17(1), 1-2.
- Alcaldía de Tenjo. (31 de julio de 2020). Obtenido de <http://www.tenjo-cundinamarca.gov.co>

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento, medio físico, electrónico y digital	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional con motivos de publicación, en pro de su consulta, vicivilización académica y de investigación.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. SI _____ NO_X_____.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

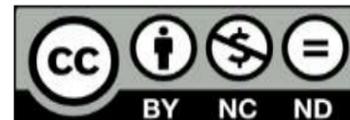
LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(herimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



- j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del trabajo.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1, Análisis multitemporal de la variación en la cobertura vegetal en el Municipio de Tenjo, Cundinamarca (2013-2020).pdf	Texto

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
CORTES LEON YURI GISETH	
HERNANDEZ MARTIN JOHN ALVARO	

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“Análisis multitemporal de la variación en la cobertura vegetal en el Municipio de
Tenjo, Cundinamarca (2013-2020)”**

TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL

Autores

Yuri Giseth Cortes Leon

John Álvaro Hernández Martin

Director

Dionne Paola Ballesteros Pintor

2020

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Tenjo se ubica en la sabana de Bogotá, se compone principalmente por zonas rurales y gran parte de su territorio se dedica a la agricultura, además, cuenta con reservas forestales productoras debido a el relieve que rodea al municipio. Sin embargo, estas zonas se han visto afectadas por la expansión urbana e industrial. El municipio hace parte del corredor occidental, es uno de los 4 municipios del área metropolitana de la ciudad de Bogotá, cuenta con una gran cantidad de áreas licenciadas en industria y logística (20.982,05) hectáreas aproximadamente (Naranjo, 2018). Tenjo posee un 64,14% de áreas de producción agrícola, ganadera y de explotación de recursos naturales, desde luego, este porcentaje obedece a la seguridad alimentaria que debe suplir el municipio que se encuentra en constante crecimiento (Alcandía Municipal de Tenjo, 2020), por lo tanto, es frecuente la observación de cambios de uso del suelo, sin embargo, no se lleva un control o monitoreo de las variaciones que presenta el uso y manejo del territorio.

En ese sentido, se hace necesaria la realización de un estudio multitemporal que permita visualizar el cambio de la vegetación, y que, además, permita identificar las áreas que han sufrido una mayor alteración, determinando las zonas afectadas por el desarrollo industrial y urbano. Se propone una metodología que tiene como objetivo ilustrar y cuantificar la pérdida de cobertura vegetal dentro del municipio de Tenjo, Cundinamarca en un periodo de 8 años (2013-2020), esto mediante el geoprocesamiento de imágenes satelitales Landsat 8, las cuales son clasificadas según el tipo de cobertura que presentan. Para lo anterior se hace uso de la metodología del Índice Diferencial de vegetación y la metodología Corine Land Cover. El conocimiento de una serie de problemas, así como un estudio o monitoreo en una zona

específica conformarán una herramienta con la cual será posible determinar las distintas soluciones o alternativas de uso del suelo que pueden ser implementadas en la gestión de los recursos naturales y conservación de los mismos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El constante aumento de la población en la ciudad de Bogotá afecta la totalidad de la sabana de occidente, debido a que el nivel demográfico que tiene la capital debe ser aliviado por el área metropolitana de la misma. Entonces, municipios como Tenjo deben servir en la distribución de las cargas generadas por este incremento poblacional. El crecimiento urbano que se ha llevado a cabo en el municipio se deriva del aumento sustancial que ha tenido la población en los últimos años, puesto que, según DANE (2018) la población en Tenjo se ha duplicado desde 2005, registrando 10.915 habitantes en dicho año, y pasando a más de 20.000 habitantes en el 2018. Este proceso de expansión conlleva consecuencias como el incremento del perímetro urbano y en algunos casos el establecimiento de pequeñas poblaciones en proceso de expansión constante en las zonas rurales, de esta forma el crecimiento poblacional genera la necesidad de un aumento de la producción de procesos agrícolas como la agricultura y el pastoreo, por lo cual, recursos como agua y suelo se verán afectados, debido al cambio de uso, aumentando la frontera agropecuaria, con el fin de transformar una mayor parte del territorio para suplir las necesidades de la población, generando un detrimento en las zonas de boscosas del municipio.

Debido a lo anterior, surge la necesidad de implementar organismos de control y regulación de esta ampliación de los límites urbanos, esto con el fin de que la transición se realice de manera ordenada y vigilada por las autoridades competentes. Como mecanismos de control a

esta situación se instaura la reglamentación del Decreto 3600 de 2007 por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997, que son claves para el ordenamiento del suelo rural y el desarrollo de actuaciones urbanísticas y edificación, junto con el decreto de 1077 de 2015 que se encarga de los patrones de uso eficiente y sostenible del suelo en materia del desarrollo territorial y urbano. Sin embargo, se evidencian problemas en la delimitación de la expansión urbana y una deficiencia en la asignación de usos y manejo del suelo.

El aumento de las pequeñas urbanizaciones y la actividad industrial en los últimos 8 años en Tenjo resaltan la importancia a la realizar estudios o monitoreos que representen la base sobre la cual se puede llevar a cabo la gestión integral de los recursos naturales. Por lo tanto, se hace necesaria la realización de un estudio multitemporal que permita visualizar la variación de la cobertura e identificar las áreas que han sufrido una mayor alteración. El conocimiento de una serie de problemas en una zona específica conformará una herramienta con la cual será viable determinar las posibles soluciones o alternativas de uso del suelo que pueden ser implementadas en la gestión de los recursos naturales.

3. OBJETIVOS

Determinar la variabilidad de la cobertura y uso de suelo en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, en el lapso de tiempo que comprendido desde el año 2013 al 2020.

- Realizar la zonificación de las coberturas presentes en el municipio en los años 2013 y 2020
- Precisar las actividades que interfieren en el comportamiento de la cobertura y uso del suelo en Tenjo, Cundinamarca durante un periodo de 8 años.

4. MARCO NORMATIVO

El aprovechamiento de los recursos naturales se encuentra reglamentado, a partir de la implementación de la ley 2 de 1959 la cual estableció la economía forestal de la nación y la conservación de los recursos naturales renovables complementando lo establecido por la ley 388 de 1997 la cual establece los principios y disposiciones para la planeación y gestión del territorio en materia de desarrollo, esta ley rige los planes de ordenamiento territorial, siendo consecutivo el Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente donde se instituye en la Parte VII el uso del suelo agrícola y de los suelos no agrícola de la tierra, posteriormente por medio del Decreto 1449 de 1977 se establece y presentan las disposiciones sobre la conservación y protección de zonas de bosque, fauna y agua, considerando el Decreto 1791 de 1996 por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal. Seguido del Decreto 1753 de 1994 en el que se establecen los procedimientos, requisitos y competencias para el otorgamiento de las licencias ambientales; las cuales son reglamentadas por el Decreto 2150 de 1995 en el cual se reglamenta las licencias y permisos ambientales; estableciendo las actividades que deben presentar diagnóstico y estudio de impacto ambiental. Por último, se considera lo establecido en el acuerdo 010 del 2014 plan de ordenamiento territorial del municipio de Tenjo, Cundinamarca

5. DISEÑO METODOLOGICO

6.1. Área de estudio

El municipio de Tenjo, Cundinamarca está ubicado a 57 kilómetros de Bogotá al noroeste de la ciudad, para llegar al casco urbano del municipio desde la capital colombiana existen 2 rutas de acceso la primera corresponde a una vía secundaria que atraviesa los municipios de Chía, Cajicá y Tabio, esta tiene como fin unir las cabeceras municipales entre sí, la segunda vía de acceso es la autopista Medellín (vía primaria), esta se encuentra a 21 km de la capital, además, se cuenta con vías terciarias en la mayoría de la superficie, sabiendo que estas se encargan de comunicar la zona rural con la cabecera municipal

Tenjo cuenta con una población total de 20.000 habitantes, 9.598 corresponden a la zona urbana y 10.403 a la zona rural. La superficie total del territorio es de 114,15 km², de los cuales 112,03 km² se ubican en un piso térmico frío y los 2,12 km² restantes corresponden a ecosistema de paramo (Miranda & Torres, 2010).

En cuanto a los límites municipales, por el Norte se encuentra con los municipios de Subachoque y Tabio, por el oriente colinda con los municipios de Chía y Cota, por el occidente limita con los municipios de Subachoque y Madrid y por el sur limita con el municipio de Funza (mapa 1) (DANE, 2012).

pendiente, en este caso pendientes de 12-75%. El municipio se encuentra entre dos montañas, la serranía Majuy y la peña de Juaica (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020). El municipio cuenta con un afluente principal, el cual es el río Chicú, dicho río lo atraviesa de norte a sur en 16 km de recorrido. Este río principal recibe las aguas de las quebradas Garay, Chincé o Churuguaco, Tiguasé y la Chucua. También se pueden encontrar humedales como son Chitasuga, Meridor, Laureles y Gualí, y una red de aguas superficiales que se conocen como "Vallados" (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020).

6.1.2 Distribución del territorio

El municipio de Tenjo cuenta con un total de 11447,48 Ha de terreno. Dentro de la clasificación general del territorio de Tenjo se identifican cinco categorías: suelo de protección (2067,20 Ha), que corresponde al 18,06 %; suelo suburbano (1392,81 Ha) que corresponde al 12,17 %; suelo rural (7629,15 Ha) que corresponde al 66,64 %; suelo de expansión urbana (158,91 Ha) que corresponde al 1,39 %; suelo urbano (199,40 Ha) que corresponde 1,74 % (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020).

6.2. Obtención de cartografía base

Se inició con la descarga de la cartografía base del municipio, esto se hizo mediante el geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se seleccionó la plancha 227 que contiene el municipio de Tenjo, Cundinamarca. A partir de esta información se generó un Geodatabase en el Software ArcGis, de la cual se hizo uso de capas de delimitación administrativa, así como infraestructura del municipio.

6.3. Identificación y descarga de imágenes Landsat 8

Las imágenes satelitales se obtuvieron de la plataforma Earthexplorer, donde se establecieron unos parámetros de búsqueda en cuanto a fecha, ubicación y nubosidad; posteriormente se escogió la misión Landsat 8 debido a la fácil adquisición de las imágenes,

además, se encuentra conformada por bandas OLI y TIRS las cuales contienen información de la superficie y la atmosfera, por último, contiene un archivo de metadata que alberga valores operacionales que permiten la corrección o manejo de los datos, debido a la conformación de bandas que posee Landsat 8 y que las hace óptimas para la determinación de tipo de cobertura y estado de la vegetación (Candelario, 2017).

6.7. Modelo de corrección de imágenes

Posteriormente, se procedió a la elaboración de un modelo para la corrección atmosférica y composición de las bandas. Se inició con la corrección de la reflectancia y radiancia, estas son fundamentales para la obtención de valores de pixel con una intensidad homogénea. Las correcciones son necesarias debido a las imperfecciones que presenta el píxel, originadas por fallas en los sensores y la interferencia generada en la atmosfera por factores estacionales, así como, la presencia de gases, alterando la reflectancia del píxel y presentando una variación errónea en los rangos de color de la imagen satelital (Earth Observing System, 2020).

Se realizó la corrección de las bandas que fueron usadas en procesos posteriores, esto se hizo a través de la utilización de herramienta GIS. En primer lugar, se utilizó la herramienta “extract by masck” para realizar el recorte de las imágenes satelitales en relación a la zona de estudio, posteriormente se procedió con la corrección de la radiancia utilizando la herramienta “raster calculator” aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Corrección Radiancia} = ((\text{Rad mult} * \text{Banda}) + (\text{Rad add}))$$

El resultado obtenido de la corrección de la radiancia fue utilizado para la corrección de la reflectancia mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Corrección Reflectancia} = ((\text{Ref mult} * \text{Banda con correccion de radiancia}) + (\text{Ref add}))$$

Con el resultado de la corrección de la reflectancia se procedió a ejecutar la corrección por elevación del sol mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Corrección Elevación del sol} = \text{Float}(\text{banda con corrección reflectancia} / \sin(\text{sun elevation}))$$

Después de la corrección de imágenes se obtienen las bandas por separado, por tanto, es necesario realizar una composición de estas, con el fin de componer la imagen, en este caso se utilizó la composición de bandas de color natural, éstas involucran tres bandas visibles, a cada una de ellas se les fija su verdadero color, como resultado se obtiene una combinación que se acerca a los colores naturales de la escena, en el caso de Landsat 8 la combinación es 432 (Earth Observing System, 2020).

Tabla 1. *Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel.*

COMPOSICIÓN DE BANDAS	
Nombre	Bandas
Color Natural	432
Falso Color (Urbano)	764
Infrarrojo(vegetación)	543
Agricultura	652

Fuente: Alonso, D. (2019). *Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y sentinel.* Obtenido de:

<https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>

La generación del color depende de la asignación de color para cada pixel, esto se define por las proporciones de RGB (rojo, verde y azul) que se les asigne. La composición de verdadero color corresponde a la visualización captada por el ojo humano del mundo real, en el cual la vegetación aparece como verde, el agua como azul o en algunos casos de color negro y la

tierra desnuda se puede observar de color marrón (Earth Observing System, 2020). En este caso se utilizó esta composición debido a que los colores tiene una apariencia natural permiten una identificación de las coberturas.

6.8. Clasificación Corine Land Cover

Esta metodología es creada en Europa en el año 1985 con el programa de coordinación de información de medio ambiente, el cual tenía como fin recopilar, coordinar y homogenizar la información del medio ambiente, así como la información sobre los recursos naturales para el estado, con el objetivo de generar datos de tipo numérico y geográfico. De esta forma se puede crear una base a escala 1:100.000 que describa el tipo de vegetación y la cobertura que se presenta, lo anterior mediante la interpretación de escenas o imágenes satelitales de tipo Landsat. La metodología consiste en la interpretación de cambios espectrales, estos son detectados mediante sensores remotos y se representan a través de polígonos líneas o puntos (formato vectorial), además, está orientado a la creación de las bases para el ordenamiento territorial y la generación de herramientas para la toma de decisiones políticas de conservación y protección para el medio ambiente (Suárez, Cély, & Forero, 2016).

El instituto geográfico Agustín Codazzi, el Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales y CORMAGDALENA, se encargan de adaptar esta metodología para Colombia, generando una leyenda temática que supla con los requerimientos del país, con el fin de actualizar la información de forma dinámica sobre las coberturas terrestres y sus recursos naturales presentes sobre el territorio (Suárez, Cély, & Forero, 2016).

Para aplicar esta metodología es necesario la adquisición y corrección de imágenes Landsat 8, que en este caso fueron tomados para los años 2013 y 2020. Como insumo se necesitó el producto obtenido en el modelo de corrección que ofrece las imágenes corregidas y cortadas

según la cartografía del municipio de Tenjo, además, se hizo uso de la composición de color natural que se generó previamente.

Para la interpretación de las imágenes satelitales Landsat 8 se tomaron imágenes del satélite Sentinel mediante la aplicación SAS Planet, dichas imágenes fueron utilizadas como herramientas de apoyo para la identificación y confirmación de las observaciones en las imágenes satelitales descargadas de la USGS, debido a que cuentan con una mejor resolución radiométrica.

Las coberturas identificadas fueron digitalizadas en polígonos, tomando como base mínima cartografiable 4 hectáreas, finalmente se realizó la clasificación de las coberturas según la leyenda nacional de la metodología Corine Land Cover, haciéndolo hasta el nivel 3 de reconocimiento, a partir de esta información se realizaron las matrices y se obtuvieron los indicadores correspondientes.

6.9. Índice diferencial de Vegetación normalizada.

Es el cociente de cada uno de los pixeles que se calcula a través de una ecuación entre dos bandas de la misma imagen satelital, cuyo propósito consiste en la separación de las coberturas vegetales de un territorio o área objeto de estudio por medio de su comportamiento refractivo, debido a que la clorofila presente en las hojas de las plantas o arboles absorben la mayor cantidad de energía posible que reciben reduciendo el nivel de reflectancia de la banda roja, mientras que el infrarrojo cercano apenas se ve afectado por esta sustancia. Por tanto, entre mayor sea la diferencia entre la reflectividad de las bandas mayor vigor tiene la vegetación (Aguilar, 2014). El NDVI se considera un estimador de la biomasa, es uno de los índices de vegetación más consistente para el monitoreo de vegetación.

En el cálculo del índice de vegetación normalizada se hizo uso del software ArcGIS en el cual se generó el modelo para el calcula del NDVI, esto se realizó mediante el uso de la herramienta de “model builder”, donde se ingresaron las bandas 4 y 5 que corresponden a la banda roja y la banda de infrarrojo cercano de las imágenes satelitales Landsat 8, esto se realizó para cada año (2013 y 2020). En primera instancia se realizó la corrección atmosférica, esta tiene como fin eliminar los efectos generados por los aerosoles presentes en la atmosfera (Arias, Zamora, & Bolaños, 2014), posteriormente, mediante el uso de la herramienta “pansharpening composite” la cual permite aumentar la resolución espacial de las bandas. Con el resultado obtenido se procedió a realizar la corrección de radiancia y reflectancia con las herramientas “radiance with atmospheric correction” y “reflectance with atmospheric correction”, una vez obtenido dicho resultado, se elaboró un recorte de las bandas por medio de la herramienta “clip”, en este proceso se necesitaron como insumos las bandas corregidas y el archivo vectorial de la cartografía base del municipio previamente descargada del geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, luego, se empleó la herramienta “raster calculator” con el fin de realizar el cálculo del NDVI mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{Float(Banda\ 5 - Banda\ 4)}{Float(Banda\ 5 + Banda\ 4)}$$

Al resultado obtenido se le realizó una reclasificación, para esto se requiere el uso de la herramienta “reclassify” considerando los parámetros establecidos en la siguiente figura 3.

Tabla 2. *Clasificación de Índice de Vegetación Normalizada*

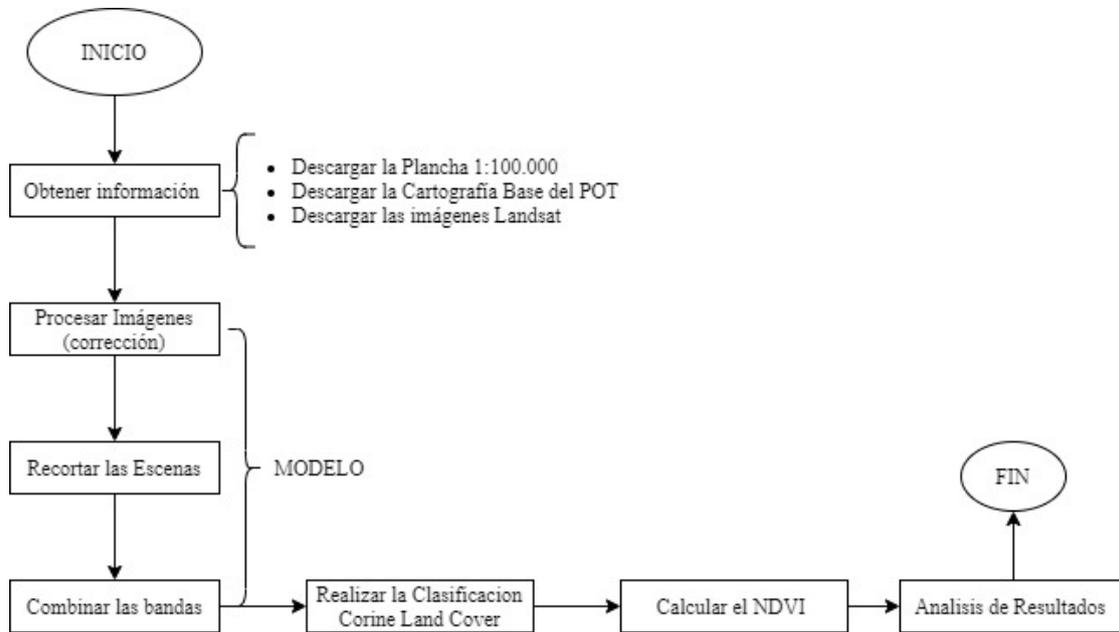
RANGOS NDVI		
Rangos	Calificación	Clasificación
<0	1	Presencia de agua y/o áreas con sombra
0-0,2	2	Suelo desnudo
0,2-0,4	3	Vegetación escasa + suelo
0,4-0,6	4	Vegetación Dispersa
>0,6	5	Vegetación densa

Fuente: Candelario, A. O. (09 de 2017). *Clasificación de vegetación del kars sierra de la nieves utilizando imagenes landsat*. Obtenido de Clasificación de vegetación del kars sierra de la nieves utilizando imagenes

landsat: <http://oa.upm.es/48286>

Para finalizar, se realizó la conversión del archivo raster a un formato vectorial (polígono) con el uso de la herramienta “raster to polygon”. A partir de este último archivo se obtuvo la información necesaria como áreas y tipo de cobertura, con lo cual se generaron las matrices e indicadores necesarios.

Diagrama 1. resumen metodológico.



Fuente: *Elaboración propia*

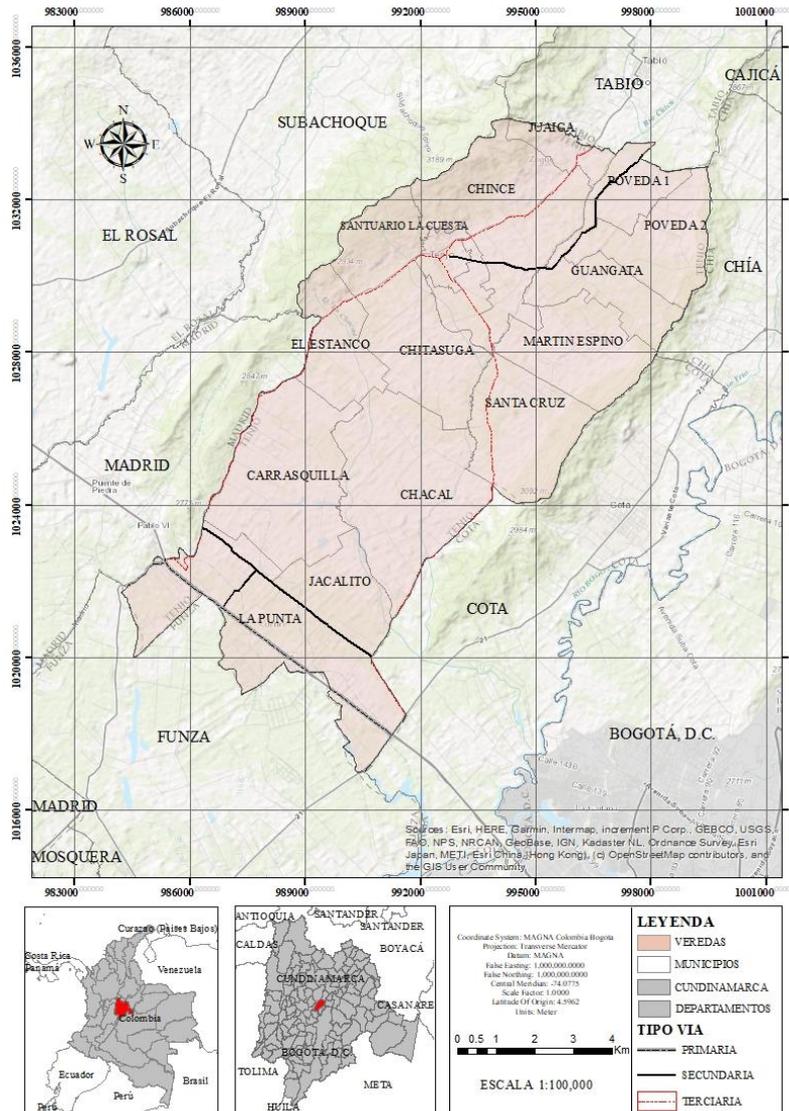
6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 Veredas del municipio de Tenjo

El mapa 2 representa la distribución política de las 15 veredas que son jurisdicción del municipio de Tenjo. Estas abarcan un gran porcentaje del territorio del municipio debido a su vocación agrícola y a la cercanía con la ciudad de Bogotá, la cual incrementa la demanda alimentaria del municipio. Una de las veredas más relevantes es La Punta que gracias a su topografía y su fácil acceso a la autopista Medellín permiten el

establecimiento de actividades económicas como canteras, empresas de alimentos y parques industriales, situación que incrementa la importancia de esta vereda por que aporta de gran manera al desarrollo del municipio.

Mapa 2. Veredas del municipio de Tenjo

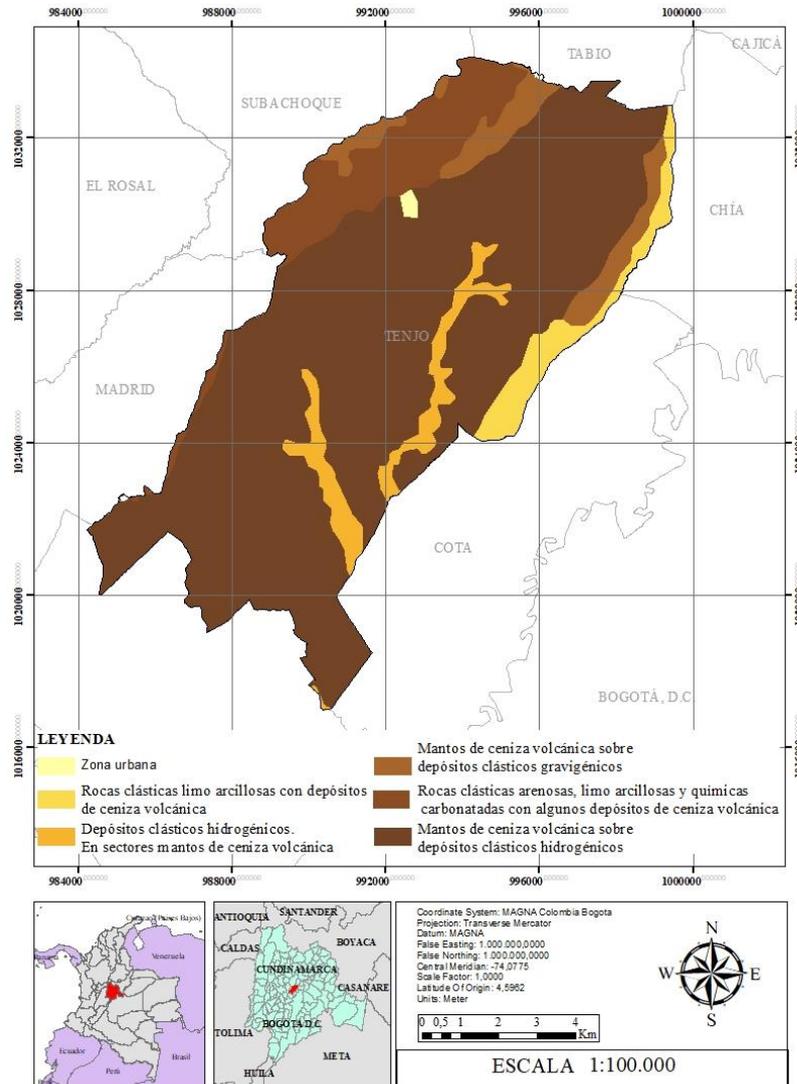


Fuente. *Elaboración Propia*

6.2 Litología

Según la clasificación de suelos elaborada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi el municipio de Tenjo se encuentra conformado en un 74.79% de su territorio por Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos, que son suelos con un relieve ligero a moderadamente quebrado, lo que los hace poco erosionables, bien drenados y con texturas medias a gruesas, con una fertilidad moderadamente alta haciéndolo óptimo para la producción agrícola (IGAC, s.f). El porcentaje restante se encuentra distribuido entre suelos de Rocas clásticas arenosas, limo arcillosas y químicas carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica, Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos gravigénicos, Depósitos clásticos hidrogénicos con sectores de mantos de ceniza volcánica, Rocas clásticas limo arcillosas con depósitos de ceniza volcánica, Rocas clásticas limo arcillosas con depósitos de ceniza volcánica y con un menor porcentaje la zona urbana con un 0.24% ver la tabla 3.

Mapa 3. Litología municipio de Tenjo.



Fuente. *Elaboración Propia*

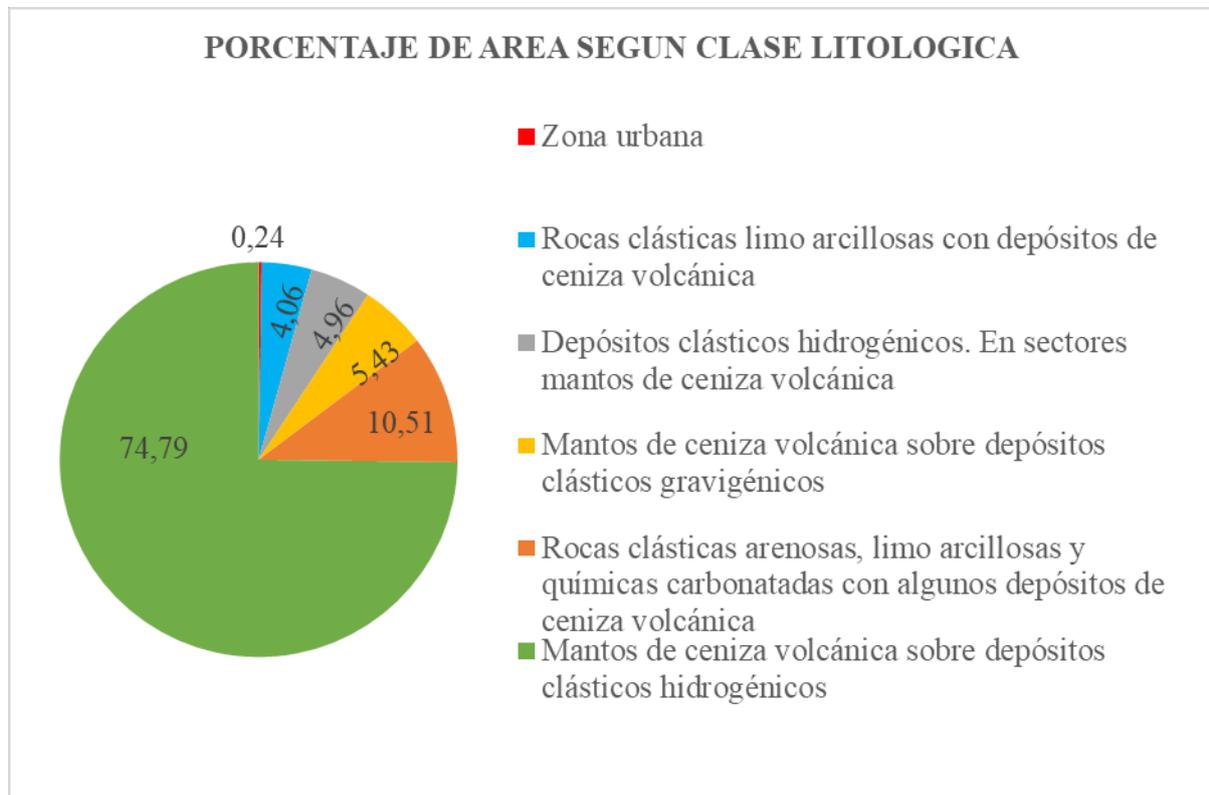
La tabla 3 y el gráfico 1 representan el área y porcentaje de área que corresponde a cada tipo de suelo según su composición litológica establecida por el instituto geográfico Agustín Codazzi donde se obtuvieron para el municipio de Tenjo 6 tipos de suelos que en la mayoría del territorio corresponde a mantos de cenizas volcánicas sobre depósitos clásticos hidrogénicos.

Tabla 3. *Clasificación litológica del municipio de Tenjo.*

LITOLOGÍA		
CLASIFICACIÓN	AREA_(Ha)	%
Zona urbana	26,91	0,24
Rocas clásticas limo arcillosas con depósitos de ceniza volcánica	463,77	4,06
Depósitos clásticos hidrogénicos. En sectores mantos de ceniza volcánica	566,62	4,96
Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos gravigénicos	620,30	5,43
Rocas clásticas arenosas, limo arcillosas y químicas carbonatadas con algunos depósitos de ceniza volcánica	1199,63	10,51
Mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos	8537,43	74,79
TOTAL	11414,66	100

Fuente. *Elaboración Propia*

Gráfico 1. Porcentaje de área según su clasificación litológica.



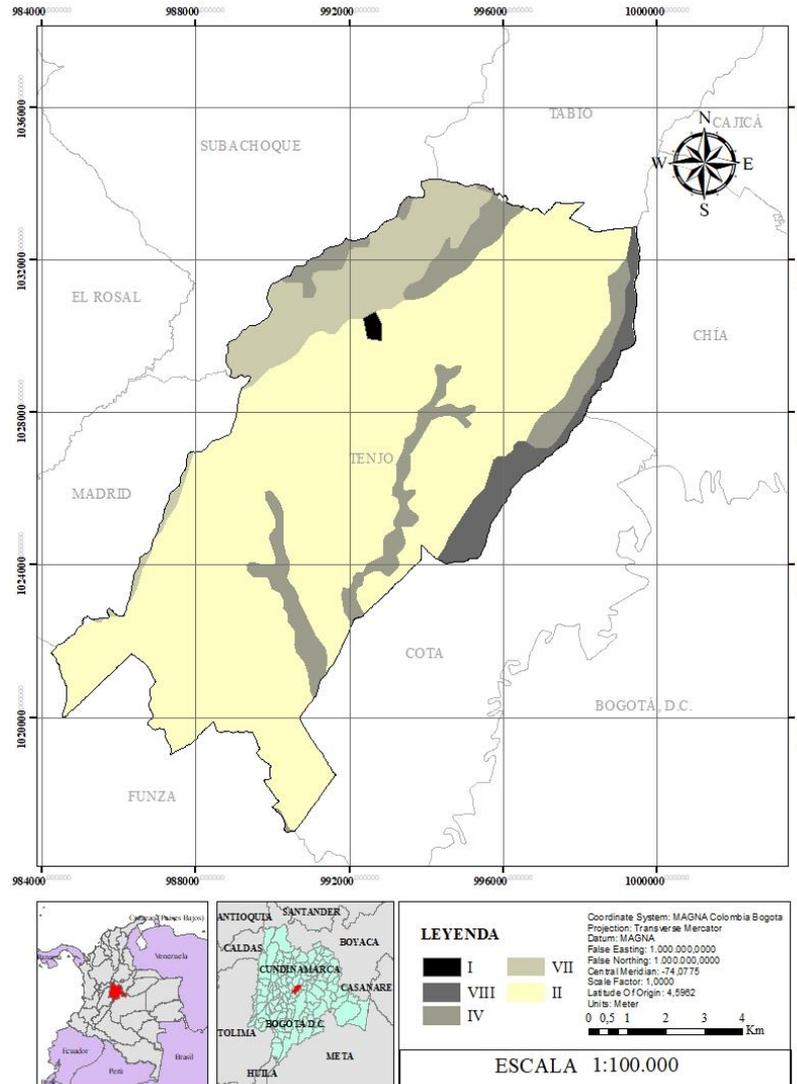
Fuente. *Elaboración Propia*

6.3 Clase Agrologica

En el mapa 4 se tiene en cuenta varios parámetros presentes en los suelos como es el relieve, la pendiente, la profundidad, la textura, el nivel de fertilidad y la eficiencia de sus drenajes para de esta manera determinar la vocación y el posible uso de cada clase de suelo; en el municipio de Tenjo encontramos 5 clases de las cuales el 74.79% del territorio corresponde a la clase II la cual es una clase que permite el desarrollo de actividades agropecuarias debido a su conformación ya que presenta suelos con una fertilidad alta, con relieve ligeramente ondulado lo que los hace poco erosionable, además, tiene una textura media con buen sistema de drenaje; seguido de la clase VII con un 10,51% la cual posee suelos superficiales con pendientes fuertes y baja fertilidad, principalmente se utilizan para la

conservación, reforestación y sostenimiento de la vida silvestre. En tercer lugar encontramos la clase IV con un porcentaje de área de 10,40% se caracteriza por tener suelo con una profundidad moderada, con relieves inclinados, con pendientes que se encuentran entre el 12 y el 50% con una fertilidad que va desde muy baja a alta por lo cual se encuentran ocupadas en su mayoría por pastos naturales y cultivos. En el cuarto lugar encontramos la clase VIII con el 4,06% la cual esta constituida por suelos muy superficiales con un relieve escarpado con pendiente mayores al 50% generalmente son utilizados como áreas protegidas que favorecen la conservación de la fauna, flora y recurso hídrico, por ultimo tenemos la clase I que cuenta con un 0,24% que corresponde a zonas urbanas. (IGAC, s.f)

Mapa 4. Clasificación agrologica



Fuente. *Elaboración Propia*

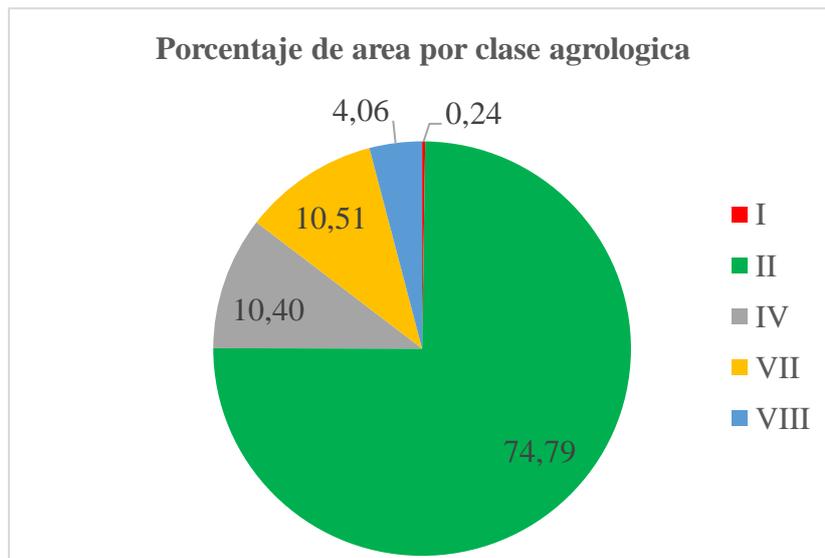
En la tabla 4 y grafico 2 se aprecian los resultados obtenidos en el mapa 3 correspondiente a la clasificación agrologica del municipio de Tenjo basándose en características del suelo, obteniendo para el municipio 5 clases, predominando en la mayoría del territorio la clase II.

Tabla 4. Clases agrologicas presentes en el municipio de Tenjo.

CLASE AGROLOGICA		
Clase	Área (Ha)	%
I	26,91	0,24
II	8537,43	74,79
IV	1186,92	10,40
VII	1199,63	10,51
VIII	463,77	4,06
TOTAL	11414,66	100

Fuente. *Elaboración Propia*

Gráfico 2. Porcentaje de áreas según su clase agrologica.



Fuente. *Elaboración Propia*

6.3 Cobertura

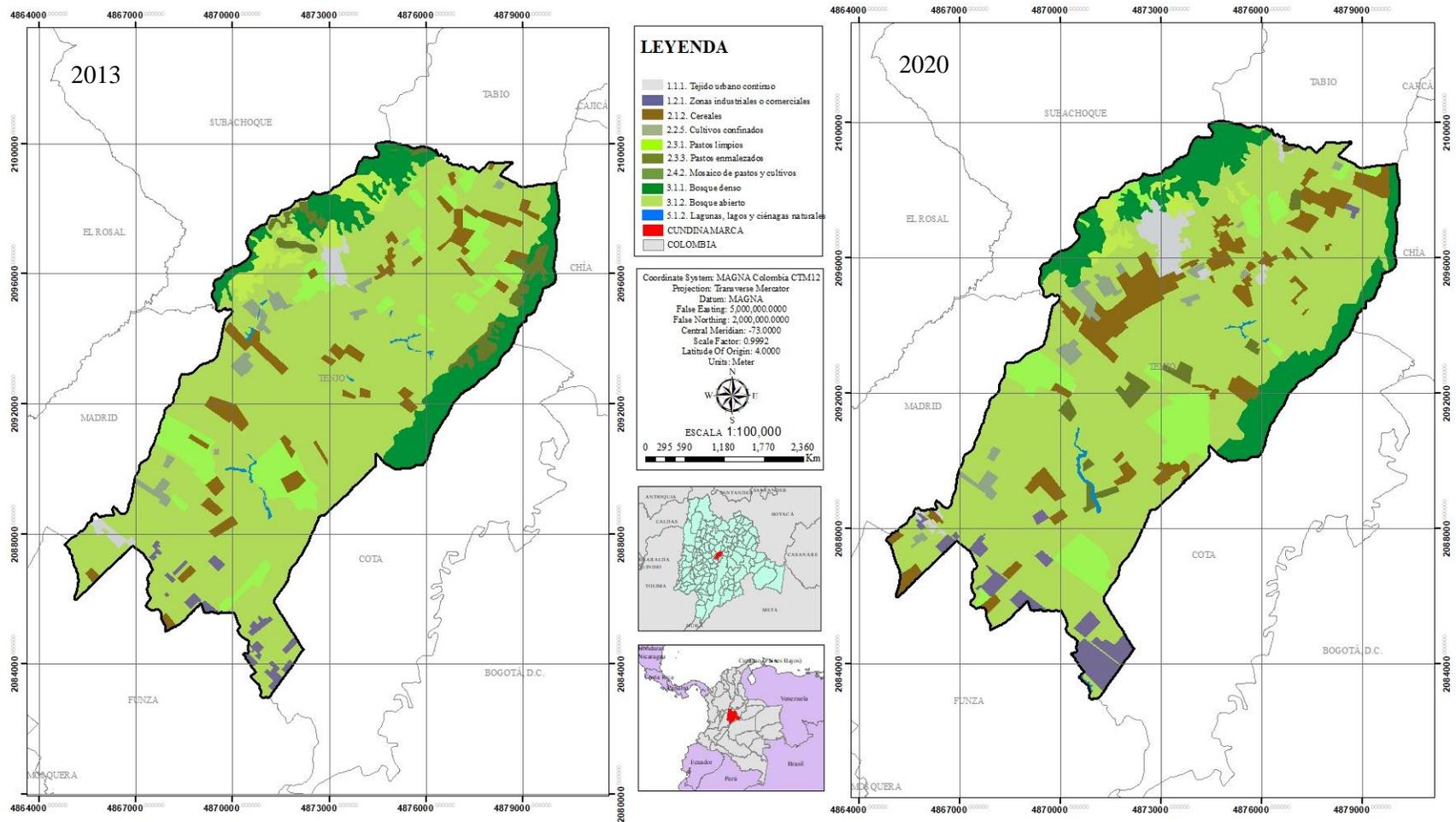
Mediante la clasificación de Corine Land cover el municipio es distribuido en 10 zonas como se aprecia en el mapa 6 Se observa que la cobertura más representativa es la de mosaico de pastos y cultivos (tabla 6), superando el 60% del territorio, la misma se presenta debido a que el municipio tiene como base económica la actividad agropecuaria, resaltando el pastoreo semi-intensivo (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020).

El tejido urbano es considerado como la cobertura que deriva del constante crecimiento poblacional que tiene un territorio, además, permite el desarrollo de la población, esto se debe a que en este tipo de tejido se cuenta con servicios de recreación, educación y trabajo (DANE, 2007). En este caso se encuentra distribuido en la cabecera municipal y la vereda La Punta (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020).

La Cobertura de cultivos está mayormente representada en cultivos transitorios, su principal característica es que cuentan con un ciclo vegetal inferior a 1 año. En esta categoría se incluyen los cereales, los tubérculos, hortalizas y algunas flores sembradas a cielo abierto, además, por el requerimiento que tienen durante la cosecha se deben retirar y volver a sembrar (DANE, 2007).

Debido a la presencia de aguas subterráneas en el territorio, se presenta un atractivo para el establecimiento de cultivos confinados, estos generalmente incluyen la siembra de flores ornamentales, así como algunas hortalizas. Esta industria es una fuente de empleo en el municipio, el 32,36% de la población trabaja en los cultivos de flores (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020).

Mapa 5. Mapa de Clasificación de la cobertura vegetal del municipio de Tenjo 2013 – 2020.



Fuente. Elaboración Propia

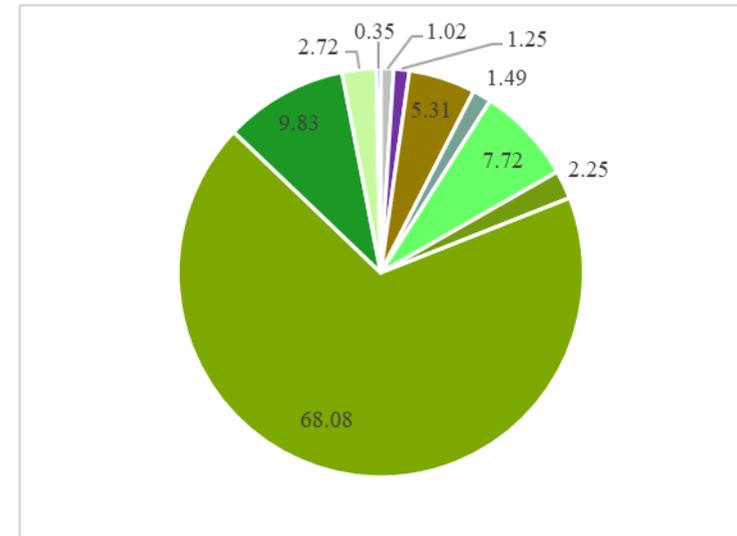
6.3.1 Cobertura para el año 2013

Tabla 5. Resumen de coberturas para el año 2013

COBERTURA	2013		SIM
	AREA (Ha)	%	
1.1.1. Tejido urbano continuo	116,14	1,02	
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	142,07	1,24	
2.1.2. Cereales	605,21	5,30	
2.2.5. Cultivos confinados	169,85	1,49	
2.3.1. Pastos limpios	880,23	7,71	
2.3.3. Pastos enmalezados	256,18	2,24	
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	7761,09	67,99	
3.1.1. Bosque denso	1120,33	9,81	
3.1.2. Bosque abierto	309,72	2,71	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	39,91	0,35	
TOTAL	11414,66	100	

Fuente. *Elaboración Propia*

Gráfico 3. Porcentaje de cobertura para el año 2013



Fuente. *Elaboración Propia*

Según la clasificación Corine Land Cover para la imagen satelital que corresponde al año 2013, se encuentra que la mayor cobertura sobre Tenjo corresponde a las zonas agrícolas, de las cuales se destacan los Mosaicos de Pastos y cultivos, representando un 68.08% de la cobertura del territorio, por otro lado, la menor cobertura presente en el municipio corresponde a lagunas, lagos y ciénagas naturales con un 0.33%.

6.3.2 Cobertura para el año 2020

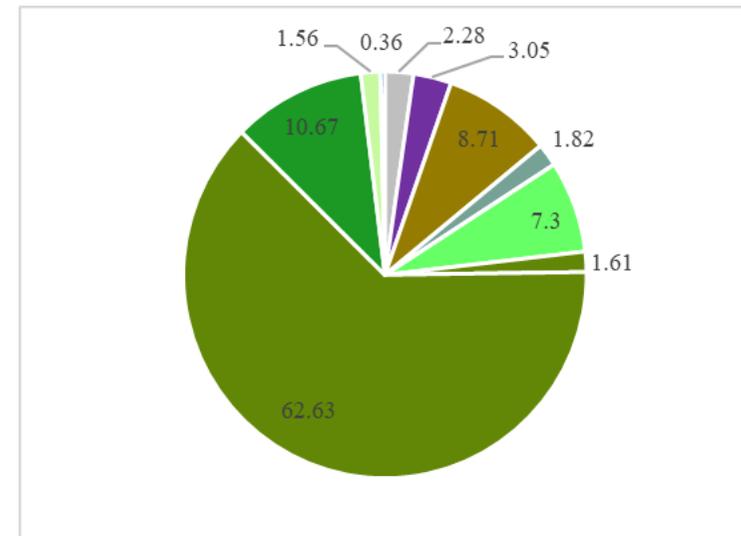
Dentro de la clasificación general del territorio de Tenjo se identifican cinco categorías: Suelo de protección (2067,20 Ha), que corresponde al 18,06 %; Suelo suburbano (1392,81 Ha) que corresponde al 12,17 %; Suelo rural (7629,15 Ha) que corresponde al 66,64 %; Suelo de expansión urbana (158,91 Ha) que corresponde al 1,39 %; Suelo urbano (199,40 Ha) que corresponde 1,74 % (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020).

Tabla 6. Resumen de coberturas para el año 2020

COBERTURA	2020		SIM
	AREA (Ha)	%	
1.1.1. Tejido urbano continuo	259,99	2,28	
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	348,17	3,05	
2.1.2. Cereales	994,27	8,71	
2.2.5. Cultivos confinados	208,08	1,82	
2.3.1. Pastos limpios	833,12	7,30	
2.3.3. Pastos enmalezados	183,42	1,61	
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	7146,08	62,60	
3.1.1. Bosque denso	1217,63	10,67	
3.1.2. Bosque abierto	177,45	1,55	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	41,55	0,36	
TOTAL	11414,66	100	

Fuente. *Elaboración Propia*

Gráfico 4. Porcentaje de cobertura para el año 2020



Fuente. *Elaboración Propia*

Los indicadores demográficos publicados por DANE proyectan una población de 10'700.000 habitantes en la Sabana de Bogotá para el final del año 2020, de los cuales 8'380.801 se ubican en la Bogotá (DANE, 2015). Esto obedece a la alta concentración demográfica que se tiene en la capital y que conforme pasa el tiempo se expande hacia el área metropolitana. El municipio de Tenjo pertenece a dicha área metropolitana y cumple con la función de aliviar la alta carga poblacional que presenta Bogotá y sus alrededores. Se estima una población de 20.406 habitantes para el año 2020 en el municipio de Tenjo, basándose en la proyección realizada con los datos obtenidos en el año 2017 que fue de 20.100 habitantes con una tasa de crecimiento de 0,56% por año (DANE,2015).

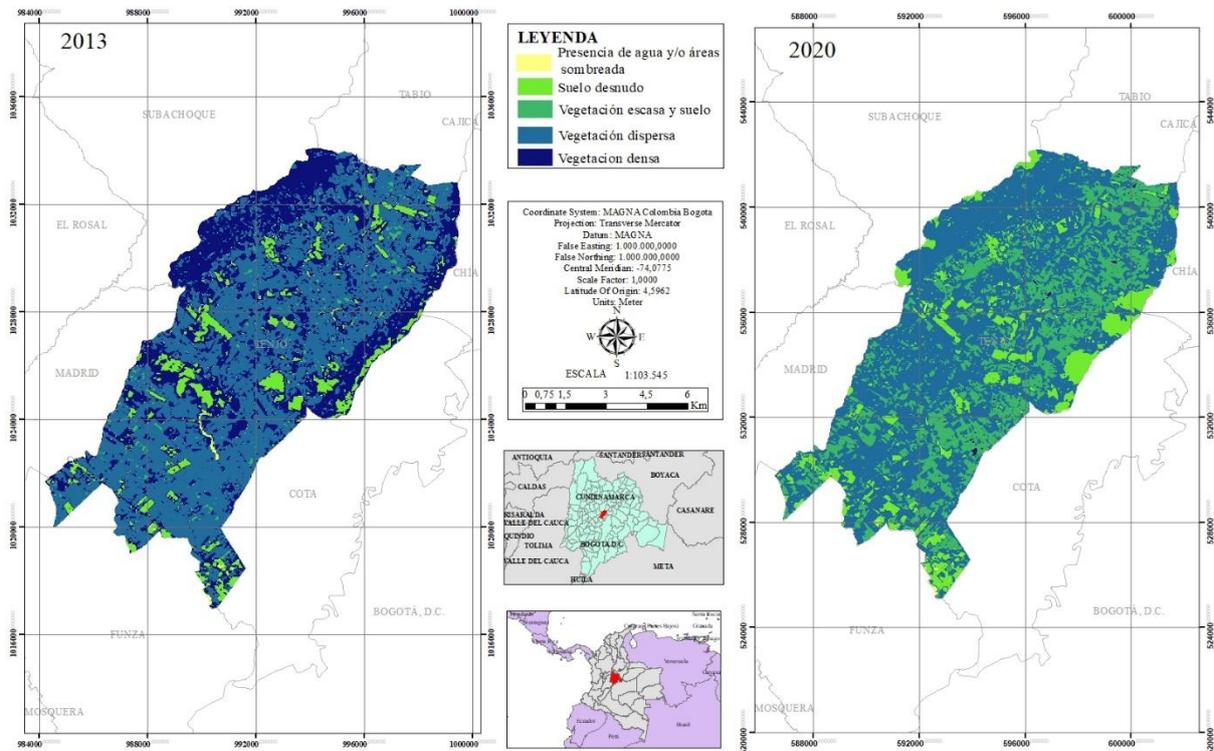
La variación en la vegetación relacionada con la expansión urbana obedece a lo anteriormente planteado, a causa de la afluencia de población se debe recurrir a territorio para suplir la demanda de suelo usado por la industria, el comercio y la vivienda. El tejido urbano que se observa en los gráficos 3 y 4 presenta un aumento de 143.89 hectáreas en 8 años, es decir, en promedio por año se incrementaron aproximadamente 18 hectáreas de esta cobertura. En concordancia con esto, hay crecimiento del área de corredores suburbanos, entendiéndolos como zonas rurales con potencial de urbanización que aún se encuentran en proceso de transición (Mertins, 2004), además, una de las razones del incremento poblacional que se presenta en la vereda La Punta es la oportunidad de empleo que genera la expansión industrial que allí se presenta, lo anterior es notorio en el mapa 5, donde se observa que la expansión de urbanización es mayor en la zona sureste del municipio, este incremento ha sido clave para el desarrollo rural, incluyendo la adopción de nuevas tendencias laborales enfocadas a las industrias aledañas, cabe aclarar que se presenta una mayor área en la cabecera municipal, sin embargo, hace parte de la proyección de desarrollo municipal que

incluye la mejora de infraestructuras como vías, colegios y servicios públicos, que está directamente relacionado con la influencia que genera la ciudad de Bogotá, por consiguiente, el desarrollo de dichas vías favorecen el establecimiento de conjuntos residenciales a en las zonas limítrofes del casco urbano (mapa 5).

Tenjo presenta un gran potencial de expansión industrial en la zona sureste, debido a que se encuentra intersectado por la Autopista Medellín, proporcionando una vía de acceso clave para el establecimiento de industria. Lo anterior se evidencia en la tabla 6, en el lapso de 2013 a 2020 se utilizaron 206.1 hectáreas más para uso industrial, focalizadas en las zonas que según el acuerdo 01 de 2014 fueron declaradas territorio de uso suburbano. Conforme a lo anterior, en la tabla 7 se observa que en el territorio municipal se está presentando un aumento anual del 0,45% de suelos desnudos, estas zonas presentan valores en sus pixeles entre 0 y 0,2 (tabla 2) lo cual indica que cuentan con una baja reflexión del infrarrojo cercano (Earth Observing System, 2020), desde el año 2013 hasta el año 2020 han aumentado 413,77 hectáreas de suelo desnudo que corresponde a zonas industriales, tejido urbano y suelos degradados o erosionados, ocasionados por las actividades anteriormente nombradas, este indicador de suelos desnudos permite corroborar el fenómeno de expansión industrial y urbano en el municipio como se observa en el mapa 5.

El mapa 6 presenta la comparación de los tipos y los cambios de la cobertura vegetal que ha tenido el municipio en el transcurso de los 8 años que se tomaron para el estudio, mediante el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada, en el que se obtuvo que el 88.18% del territorio pertenece a vegetación dispersa y vegetación escasa + suelo, lo cual hace referencia a las actividades que tiene el sector agropecuario en este municipio.

Mapa 6. Estado de la cobertura vegetal por el índice NDVI



Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 7 se representan los resultados obtenidos del cálculo del índice NDVI donde se clasificaron en 5 categorías para los años de comparación mostrando la cantidad de áreas y el porcentaje que representa en el territorio objeto de estudio, predominando la vegetación dispersa con un 61,84%, seguido por la vegetación escasa + suelo con un 26,34% y suelos desnudos con un 11,48%. Las coberturas que se encuentran en menor proporción son vegetación densa con el 0,23% y áreas con presencia de agua o sombreadas con un 0,11% para el año 2020; considerando los cambios en términos de ocupación de área entre los años 2013 y 2020 se encontró que la vegetación escasa + suelo aumento 25,6 veces su área inicial (ver tabla 7) esto significó una disminución de 156,8 veces el área inicial de la vegetación

densa. Lo anterior refleja la notable pérdida de vegetación densa que en la actualidad está representada en vegetación escasa + suelo.

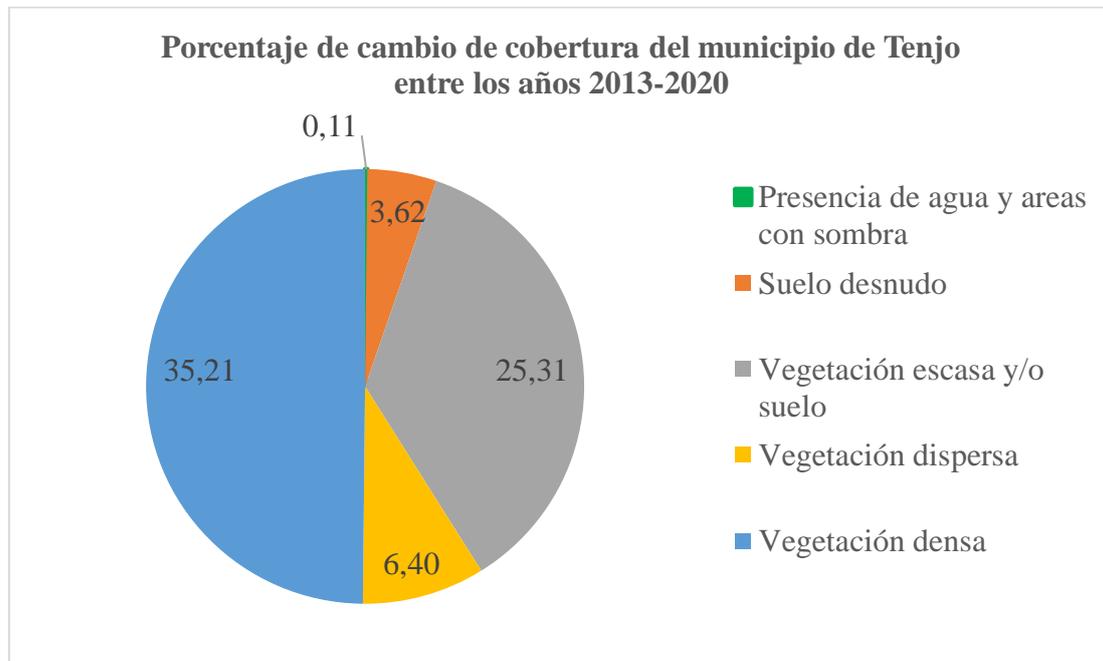
Tabla 7. *Clasificación del estado de cobertura por índice NDVI*

CLASIFICACIÓN	2013		2020	
	AREA (Ha)	%	AREA (Ha)	%
Presencia de agua y áreas con sombra	25,55	0,22	10,91	0,11
Suelo desnudo	897,97	7,87	1309,95	11,48
Vegetación escasa y/o suelo	117,37	1,03	3007,17	26,34
Vegetación dispersa	6328,50	55,44	7062,69	61,84
Vegetación densa	4045,27	35,44	23,95	0,23
TOTAL	11414,66	100,00	11414,66	100,00

Fuente. *Elaboración Propia*

El grafico 5 representa el porcentaje de variación con respecto al área, que ha sufrido la cobertura vegetal según la clasificación contenida en el índice NDVI, donde se evidencia el aumento sustancial en las categorías de vegetación dispersa y vegetación escasa + suelo siendo las de mayor porcentaje de cambio en comparación con los datos obtenidos para el año 2013.

Gráfico 5. porcentaje de cambio de cobertura



Fuente. *Elaboración Propia*

El municipio de Tenjo tiene como base económica las actividades agropecuarias, el cual se presenta en un porcentaje del 86% de las veredas de dicho municipio y siendo así el principal generador del producto interno bruto municipal (Alcaldía Municipal de Tenjo, 2020). La población de Tenjo ha tenido un crecimiento paulatino en los últimos años gracias a su cercanía con la ciudad de Bogotá, convirtiéndose en un municipio dormitorio. Por esta razón se busca mantener constantemente la seguridad alimentaria de la población, aprovechando el potencial agrícola del territorio de Tenjo (Aguilar, 2014)

Cabe resaltar que el 74.79% del territorio se clasifica en la clase 2 de agrología (ver mapa 4 y tabla 4) esto hace referencia a que son suelos con un porcentaje de pendiente inferior al 12%, catalogándolos como suelos poco erosionables y con fertilidad de carácter moderado a alto,

generando suelos óptimos para el establecimiento de cultivos, por lo tanto, se estableció que la mayoría del uso del suelo tiende a ser utilizados en la industria agropecuaria. Esto se ve reflejado en los resultados obtenidos de la tabla 7, donde se evidencia un aumento en la vegetación escasa + suelo del 25,31% y un aumento de la vegetación dispersa en un 6,40% para lograr el aumento total de 31,71% correspondiente al sector agropecuario, el cual es distribuido de la siguiente manera; en la primera posición encontramos con mayor porcentaje el mosaico de pastos y cultivos con un 62,63%, seguido por cereales y pastos limpios con porcentajes de 8,71% y 7,3% y en menor medida se ubican los cultivos confinados con un 1,82% y por ultimo encontramos pastos enmalezados con 1,26%.

La vegetación densa en el municipio se ha visto afectada por la expansión del sector agropecuario y los asentamientos de comunidades en las zonas bajas de la montaña, ocasionándole impactos considerables como es la fragmentación de los bosques y el cambio de la vocación de los suelos lo cual no solo ha generado la disminución de los bosques densos, si no aumento el riesgo de desastres en estas zonas debido a la perdida de cobertura y la erosión de los suelos (Miranda & Torres, 2010). Otra razón por la cual el municipio ha tenido pérdida de cobertura se debe a los incendios registrados en estas zonas en los últimos años perdiéndose alrededor de 230 Ha de bosque; el más reciente tuvo lugar el 18 de febrero donde se perdieron alrededor de 30 Ha. (Bofante, 2020).

7. CONCLUSIONES

- Durante estos últimos 8 años se evidencio un cambio en el uso vocacional del suelo, en donde se presenta una disminución de las coberturas dedicadas a la agricultura, para aumentar las áreas utilizadas en la implementación de áreas de pastoreo (pastos).

Lo anterior plantea escenarios de procesos erosivos y pérdida casi total de su cobertura vegetal, además, de la contaminación de fuentes hídricas.

- Debido al establecimiento de áreas industriales y al cambio en el uso del suelo, se pudo observar que Tenjo experimento expansión hacia la zona perimetral de la cabecera municipal, sumado al aumento en la conectividad vial con la ciudad de Bogotá.
- A partir de los resultados obtenidos del índice NDVI se encontró que Tenjo experimento expansión en la frontera agrícola en un 31,71 % durante los últimos 8 años. Adicionalmente se evidencio la pérdida de la cobertura vegetal existente en el territorio en un 35,21%.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C. G. (8 de 4 de 2014). *Sedici*. Obtenido de Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento_completo.pdf.sequence=1
- Ana Karen Osuna, J. D. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Ambiente e Agua An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10(2), 350-362

- Arias, H. A., Zamora, R. M., & Bolaños, C. V. (2014). *researchgate*. Obtenido de Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot 2 y landsat 8: <https://www.researchgate.net/publication>
- Arnulfo Encina, J. I. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Gaceta Ecológica*, 1(25), 3-4
- Bofante, D. A. (10 de Febrero de 2020). *Incendio forestal amenaza a varias viviendas en Tenjo, Cundinamarca*. Obtenido de <https://www.lafm.com.co/colombia/incendio-forestal-amenaza-varias-vivienda-en-tenjo-cundinamarca>
- Candelario, A. O. (09 de 2017). *Clasificación de vegetación del kars sierra de la nieves utilizando imagenes landsat*. Obtenido de Clasificación de vegetación del kars sierra de la nieves utilizando imagenes landsat: <http://oa.upm.es/48286/>
- DANE. (2015). *Indicadores demográficos 2015-2020*. Obtenido de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/ITMoDto2005_2020/Bogota.xls
- Erna López, M. M. (2002). Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta Ecológica*, 5(64), 2-3.
- Mertins, G. (2004). LA suburbanización poblacional de Santafé de Bogotá. *Biblioteca Virtual del Banco de la República*, 400-402.
- Miranda, A., & Torres, D. (2010). Plan de reforestación de predios pertenecientes al Municipio de Tenjo (Cundinamarca). *Universidad de la Salle, Ciencia Unisalle*, 40-50.
- Muñoz Guerrero, D., Rodríguez Montenegro, M., & Romero Hernández, M. (2010). *Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca Las Minas*,

corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Pasto.

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Naranjo, J. (2018). Diagnostico base para el análisis histórico ambiental en el municipio de Tejo-Cundinamarca. *Universidad Distrital Francisco de Pablo Santander*, 10-12.

Suárez, K. V., Cély, G. E., & Forero, F. E. (2016). Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas. *Biota Colombiana*, 17(1), 1-2.

Alcaldía de Tenjo. (31 de julio de 2020). Obtenido de <http://www.tenjo-cundinamarca.gov.co/>