

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT PARA
LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE CANTERAS POR INDICES
UBICADAS EN EL SECTOR MONDOÑEDO DEL MUNICIPIO DE
MOSQUERA – CUNDINAMARCA
AÑOS 2003 – 2015**

Proyecto de Grado

Autor:

**DIEGO ANDRÉS ROJAS MONTERO
Código: 3101326
Ingeniero Catastral y Geodesta**



**Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Especialización en Geomática
Bogotá D.C., Enero 2017**

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE CANTERAS POR INDICES UBICADAS EN EL SECTOR MONDOÑEDO DEL MUNICIPIO DE MOSQUERA – CUNDINAMARCA AÑOS 2003 - 2015

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF LANDSAT IMAGES FOR THE IDENTIFICATION OF QUARRY AREAS BY INDICES LOCATED IN THE MONDOÑEDO SECTOR OF THE MUNICIPALITY OF MOSQUERA – CUNDINAMARCA YEARS 2003 - 2015

Diego Andrés Rojas Montero
Ingeniero Catastral y Geodesta, Especialista en Gestión Ambiental, Profesional SIG
Bogotá, Colombia
diegoandres2005@gmail.com

RESUMEN

Colombia cuenta con diversidad de ecosistemas naturales, algunos sólo se encuentran en zonas determinadas. Muchos de estos ecosistemas han sido alterados y transformados por actividades antrópicas como el sobre uso del suelo que implica la deforestación, explotación agrícola, producción agropecuaria, minería a cielo abierto y crecimiento urbano.

Todos estos factores generan impactos negativos en las esferas ambientales y sociales, por un lado agotando recursos físicos y acabando los naturales. Afecta la calidad de vida de uno o varios grupos de individuos cercanos a éstos ecosistemas y que depende de éste su subsistencia.

En la actualidad mediante diversos estudios y técnicas en las ciencias de la tierra se buscan dar solución a ésta clase de problemas con el fin de prevenir y mitigar impactos. Uno de estos estudios es el análisis espacial por medio de sensores remotos, los cuales proporcionan imágenes de la cobertura de la tierra y mediante operaciones y técnicas se pueden detectar a gran escala el deterioro de los recursos naturales y el aprovechamiento potencial de los mismos. Este proyecto busca el análisis de los suelos desnudos generados por la explotación minera de materiales para construcción y cómo en un periodo de 12 años entre 2003 y 2015, ha cambiado el entorno en una zona que presenta un ecosistema único el cual se ubica en el sector de Mondoñedo municipio de Mosquera en el departamento de Cundinamarca. Este análisis se realiza mediante imágenes del programa Landsat 7 y Landsat 8 para cada año respectivamente.

Palabras Claves: Análisis Multitemporal, Suelos, Áreas, Imágenes, Ecosistema, Índices.

ABSTRACT

Colombia has a diversity of natural ecosystems, some are only found in certain areas. Many of these ecosystems have been altered and transformed by anthropic activities such as over-use of land that involves deforestation, agricultural exploitation, agricultural production, open pit mining and urban growth.

All these factors generate negative impacts in the environmental and social spheres, on the one hand, depleting physical resources and finishing the natural ones. It affects the quality of life of one or several groups of individuals close to these ecosystems and their livelihood depends on it.

At present, various studies and techniques in the earth sciences seek to solve these problems in order to prevent and mitigate impacts. One of these studies is the spatial analysis by means of remote sensors, which provide images of the land cover and through operations and techniques can detect on a large scale the deterioration of natural resources and the potential exploitation of them. This project looks for the analysis of the bare soils generated by the mining of materials for construction and how in a period of 12 years between 2003 and 2015, the environment has changed in an area that presents a unique ecosystem which is located in the sector Of Mondoñedo municipality of Mosquera in the department of Cundinamarca. This analysis is performed using images from the Landsat 7 and Landsat 8 programs for each year respectively.

Keywords: Multitemporal Analysis, Soils, Areas, Images, Ecosystem, Index.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que por su ubicación geográfica posee diversidad de ecosistemas, así mismo posee zonas ricas en recursos naturales y físicos que en muchos casos son explotados de forma ilegal, irresponsable y sin un control tanto estatal. El consumo y explotación desmedida de recursos físicos generan afectación en los ecosistemas lo cual lleva a que desaparezcan los recursos no renovables y renovables sin un control lógico para el consumo del país como tal.

En los casos donde se legaliza la explotación de éstos recursos no se tienen en cuenta la proyección de los mismos para las generaciones venideras, razón por la cual en muchos lugares del mundo ya se están implementando estudios y técnicas que permitan inventariar los recursos naturales renovables y no renovables a gran escala. Una de las ramas de las ciencias de la tierra como lo es la Geomática juega un papel fundamental en la sociedad por su aplicación en la ayuda del desarrollo de la misma, de la Geomática se puede prescindir bastantes técnicas aplicadas casi a cualquier temática en un espacio tiempo.

El análisis espacial aplicado a imágenes de sensores remotos es sin duda la mayor fuente de información espacial que se tiene en el mundo, dentro de los análisis se encuentran técnicas, métodos y algoritmos que permiten entender los que se captura con los sensores remotos.

Este proyecto se enfoca al análisis espacial y la determinación de coberturas mostrando las áreas de suelos desnudos generadas por factores antrópicos como lo es la extracción minera de materiales de construcción. Determina sus áreas en una zona de estudio que presenta ésa problemática y que busca mostrar la aplicación que se puede extender a varias zonas no solo del país sino del mundo.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A hora y media de Bogotá por el costado occidental o sur se encuentra el municipio de Mosquera. Se localiza en la Provincia de la Sabana Occidente, en el Departamento de Cundinamarca, está a una altitud de 2516 msnm, con un clima entre 12 y 14°C.¹

Mosquera se destaca económicamente por ser un sector agrícola tradicional. Los cultivos como espinacas, coliflor, lechuga, zanahoria, apio, ajos, papa y arveja entre otras. Se ha tecnificado la siembra y recolección. En ganadería se explota la raza Holstein y Normanda, para lechería y carnes, y en menor escala la cría y ceba de especies menores como cerdos y pollos.

Cabe resaltar la existencia de recursos naturales no renovables de interés económico como son las canteras, en donde permanentemente se extraen materiales para la construcción de vías del orden regional, departamental, y con preferencia para el suministro a la capital de la República.²

En esta última actividad económica es donde centraremos el objeto de este ejercicio académico, nos muestra una actividad netamente antrópica y en donde se podrá evaluar los impactos ambientales que genera la sustracción de materiales de construcción a cielo abierto.

1.1. ANÁLISIS DE LAS PROBLEMÁTICAS Y LOS DAÑOS AMBIENTALES

Una actividad como la extracción de materiales de construcción a cielo abierto, trae consecuencias tanto en los ecosistemas como en las esferas sociales culturales y económicas de la zona donde se desarrolle esta actividad. A continuación se describirán alguno de los impactos evaluados en las variables físico-ecológicos, socio-ambiental y socio-político.

1.1.1. Variable Medio Físico-Ecológico

En esta variable encontramos, el deterioro de los ecosistemas para la zona húmedales y matorrales xerofíticos³. Estos se encuentran cerca del desarrollo de la actividad (Humedal Laguna de La Herrera) y en el caso de los matorrales

¹MUNICIPIO DE MOSQUERA, Alcaldía de Mosquera. Información General del Municipio de Mosquera. En: Municipio de Mosquera. [En línea]. [Consultado 06 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < http://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

>
² Ibid.

³CALVACHI ZAMBRANO, Byron; Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. Revista MUTIS, 2012. 26-59 (PA).. [En línea]. [Consultado 05 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjACahUKEwjZzcjUt83IAhVI2R4KHcniCwl&url=http%3A%2F%2Frevistas.utadeo.edu.co%2Findex.php%2Fmutis%2Farticle%2Fdownload%2F364%2F362&usg=AFQjCNEu9sM21WPgfENTyZyW7I5uaDicw&sig2=0JKY5karp_lluRR5-0uuUQ&bvm=bv.105454873,d.dmo >

xerofíticos son los que son intervenidos directamente por estar ubicados en la zona de explotación de cantera.

La Laguna de la Herrera es considerada como uno de los últimos cuerpos de agua, de la desecación del Lago Humboldt en el Pleistoceno⁴. Este tipo de ecosistema es protegido por leyes internacionales como son la convención RAMSAR⁵ y por lo cual su problema de degradación ecosistémica es notoria debido a la disminución y pérdida de los bienes y servicios que presta al ambiente.

En cuanto al ecosistema de matorrales xerofíticos estos son importantes en los servicios ambientales que prestan como lo son la regulación del clima o el albergue de especies de aves endémicas y variedad de reptiles, ya que forma parte del ecosistema endémico de la sabana de Bogotá.⁶

Dentro de esta variable es importante destacar las variaciones físicas del entorno, es decir los cambios en términos paisajistas del entorno como agente de referencia.

1.1.2. Variable Medio Socio-Ambiental

Las problemáticas sociales van enfocadas a los focos de contaminación por extracción y transporte de material de cantera ya que esto genera material particulado. Al momento de existir este tipo de contaminación atmosférica repercute socialmente en el deterioro de los cultivos cercanos, así como la disminución de la calidad de vida para quienes viven cerca a esta zona. Si se ve por el lado positivo socialmente este tipo de actividad genera oportunidades de empleo a población de la región.

Esta zona actualmente se encuentran empresas como, “Asogas (Planta de almacenamiento y envasado de GLP), San Fernando LTDA (Cantera y escombrera), Cantera Montanel, Doble A Ingeniería (Planta de asfalto), Centrasa, IncoAsfaltos (Industria Colombiana de Asfaltos SA, materiales asfálticos utilizados en el sector de infraestructura vial) entre otras.”⁷

⁴ ESCOBAR MORENO, Jorge Enmanuel; Minería en la Laguna de La Herrera. Fundación Humedales Bogotá. [En línea]. [Consultado 05 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < <http://humedalesbogota.com/2011/05/26/mineria-en-la-laguna-de-la-herrera/> >

⁵ CONVENCIÓN INTERNACIONAL SOBRE HUMEDALES. (1: 2-10, febrero, 1971: Ramsar, Irán). Manual de la Convención de Ramsar. Ramsar: Secretaria de la Convención de Ramsar, 2006. 121 p.

⁶ CALVACHI ZAMBRANO, Byron; Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. Revista MUTIS, 2012. 26-59 (PA).. [En línea]. [Consultado 13 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjACahUKEwjZzcjUt83IAhVI2R4KHcniCwI&url=http%3A%2F%2Frevistas.utadeo.edu.co%2Findex.php%2Fmutis%2Farticle%2Fdownload%2F364%2F362&usq=AFQjCNEu9sM21WPgfENTyYtZyW7I5uaDicw&sig2=0JKY5karp_luRR5-0uuUQ&bvm=bv.105454873,d.dmo >

⁷ ESCOBAR MORENO, Jorge Enmanuel; Minería en la Laguna de La Herrera. Fundación Humedales Bogotá. [En línea]. [Consultado 13 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < <http://humedalesbogota.com/2011/05/26/mineria-en-la-laguna-de-la-herrera/> >

Existe un tipo de desarticulación entre los servicios económicos que ofrece la actividad y la mitigación de los problemas ambientales generados así como la preservación del entorno ecosistémico. Pues no existe un plan como tal de recuperación ambiental para la zona, por parte del este sector privado.

1.1.3. Variable Medio Socio-Político

Actualmente para esta zona las autoridades que están interviniendo en la regulación y vigilancia ambiental son la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la Secretaria de Desarrollo Económico Sostenible del municipio de Mosquera en donde se establecen unos objetivos y programas para el municipio entre los cuales se encuentra la recuperación de la Laguna de la Herrera así como de su reforestación.⁸

Se contempla en el Capítulo 3 del Título II: tratamientos del suelo rural, la actividad minera para el municipio⁹, además de para el caso de estudio la convención RAMSAR¹⁰, así como los lineamientos dados por el decreto 2041 de 2014¹¹

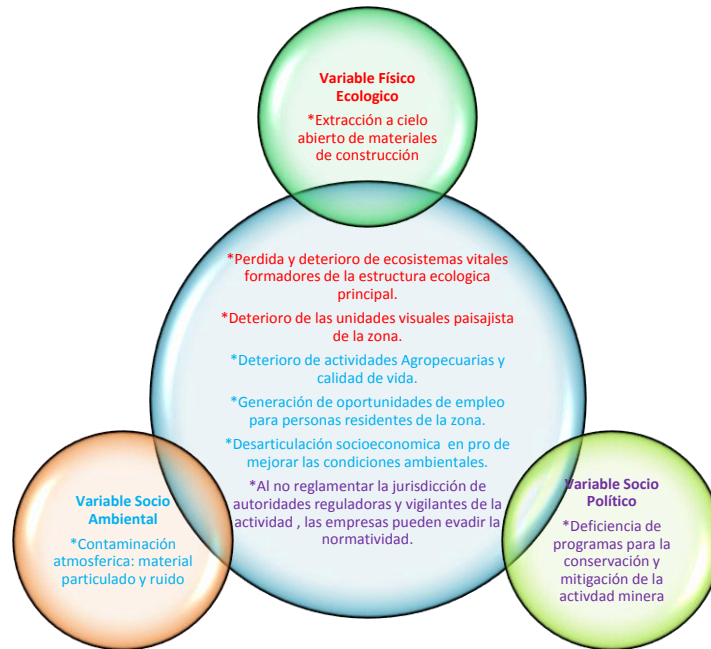
⁸ SECRETARÍA DESARROLLO ECONÓMICO SOSTENIBLE. Plan Ambiental Municipio de Mosquera Así Recuperamos el Medio Ambiente. Alcaldía de Mosquera. [En línea]. [Consultado 14 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/35326334626462383965623762356263/Plan_Ambiental_Municipio_de_Mosquera.pdf>

⁹ CONSEJO MUNICIPAL DE MOSQUERA. Acuerdo Plan básico de Ordenamiento Territorial. Acuerdo No. 32 del año 2013, Alcaldía de Mosquera. [En línea]. [Consultado 14 de Octubre de 2015]. Disponible en Internet: < <http://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/35396338616330383433353138396437/acuerdo-no.-032-13-ajuste-pbot.pdf>>

¹⁰ CONVENCIÓN INTERNACIONAL SOBRE HUMEDALES. (1: 2-10, febrero, 1971: Ramsar, Irán). Manual de la Convención de Ramsar. Ramsar: Secretaria de la Convención de Ramsar, 2006. 121 p.

¹¹ DECRETO 2041 de 2014.

Gráfico Descriptivo



Fuente Propia

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar los cambios de áreas de las zonas de canteras de materiales de construcción ubicada en el sector Mondoñedo del municipio de Mosquera – Cundinamarca.

2.2. Objetivos Específicos

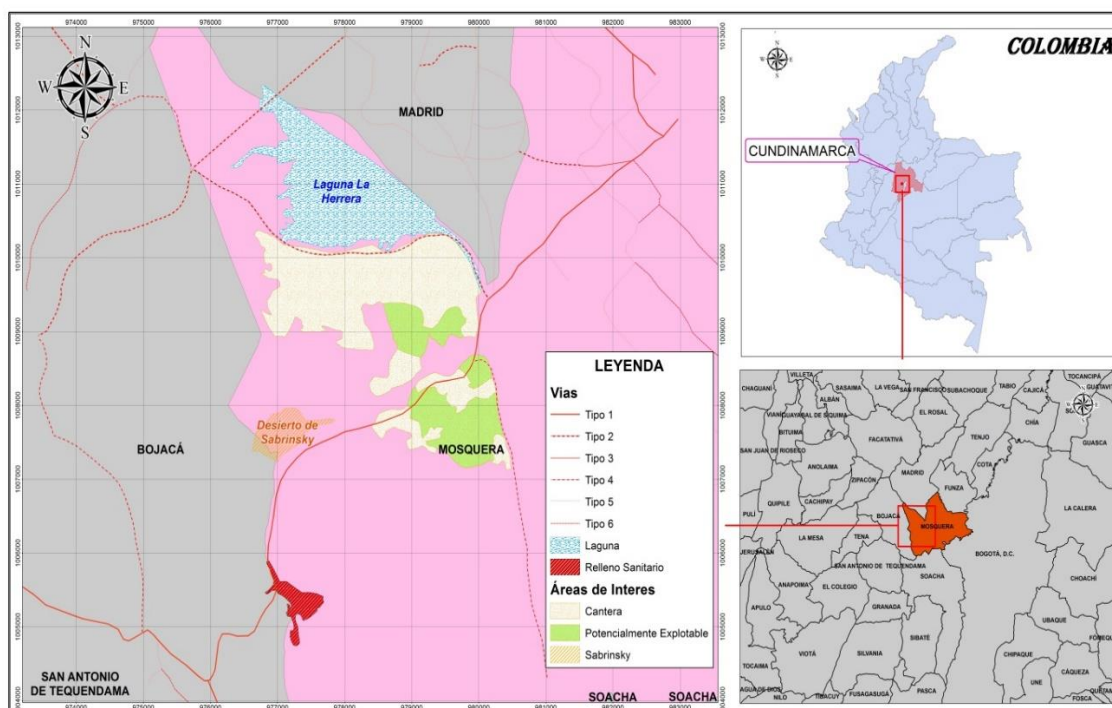
- Analizar cada imagen individualmente por medio de índices de cobertura que permitan resaltar los suelos desnudos.
- Comparación de las coberturas generadas individualmente de las imágenes.
- Estimar el porcentaje y determinar el área de la pérdida de coberturas sensibles por causa de la explotación de canteras.

3. REFERENTE GEOGRÁFICO

Mosquera se encuentra ubicado en el centro del departamento de Cundinamarca, limita por el norte con los municipios de Madrid y Funza, por el oriente con la ciudad de Bogotá, por el sur con el municipio de Soacha y por el occidente con el municipio de Bojacá.

El sector de Mondoñedo en el municipio de Mosquera se encuentra al oeste del municipio, este sector es conocido por su principal actividad económica que es la extracción de material de construcción en canteras a cielo abierto, el cual es el objeto de estudio de este trabajo. Junto a las áreas de canteras se encuentra colindante el humedal Laguna de la Herrera, el desierto de Sabrinsky, y el relleno sanitario de Mosquera. Como muestra el mapa 1.

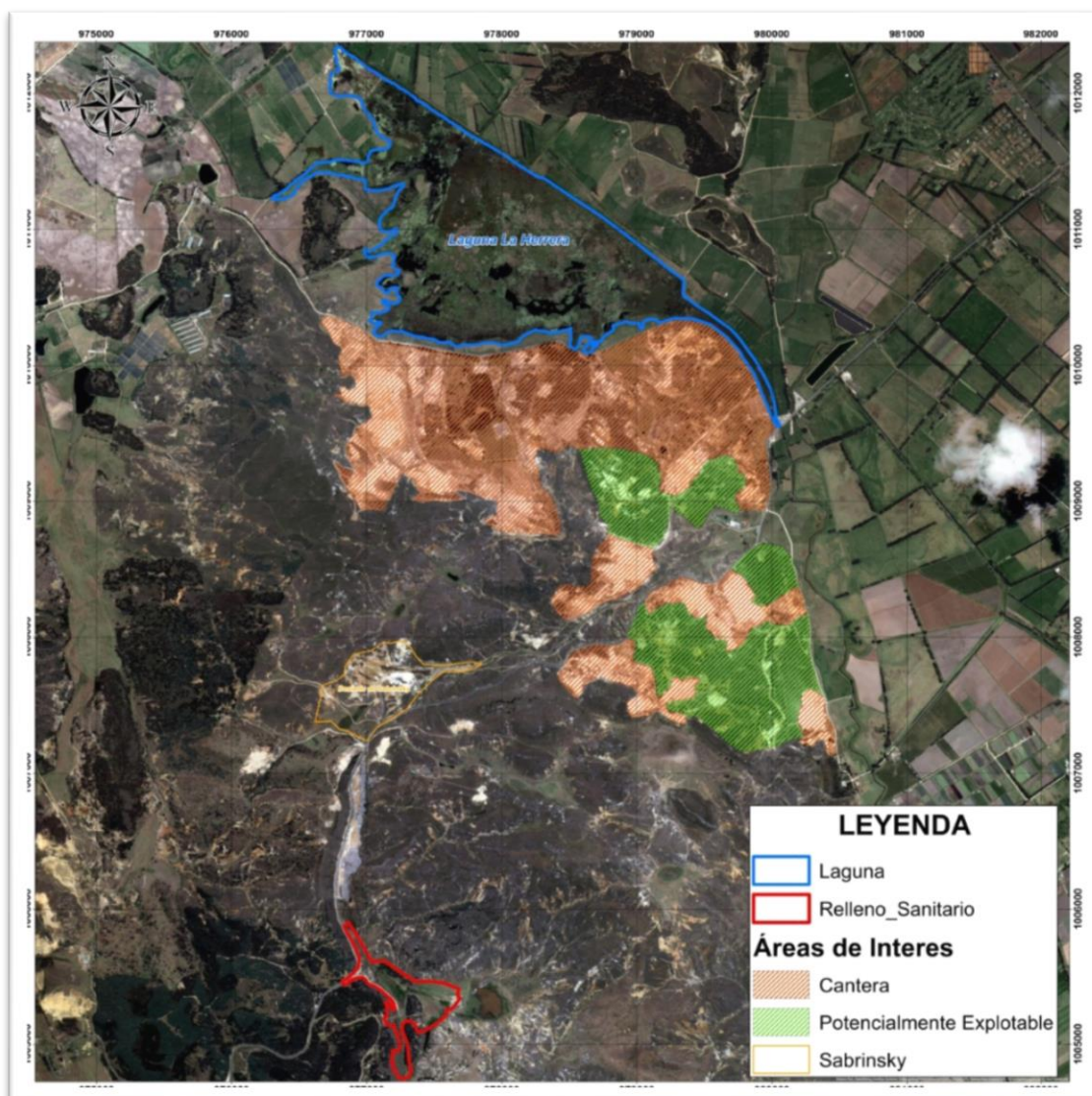
Mapa No. 1 Localización General



Fuente: Elaboración propia 2016.

Dentro de la zona donde se ubican estas canteras, se pueden ver zonas que aún no han sido explotadas pero que tienen un gran potencial de proveer material para construcción, fueron identificadas cartográficamente y se muestran en el mapa 2.

Mapa No. 2 Área de interés.



Fuente: Elaboración Propia 2016.

3.1. Suelos:

En zona del Distrito Capital, tiene representación el sector semiárido en su límite suroccidental, extendiéndose desde el bajo valle del río Tunjuelo, hasta cerca de Bojacá, en jurisdicción de los municipios de Soacha, Bojacá, Madrid y Mosquera, ocupando un rango altitudinal comprendido entre 2.550 y 2.900 msnm de altitud¹².

¹² CALVACHI ZAMBRANO, Byron. Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. En: Revista Mutis – Universidad Jorge Tadeo Lozano. 2012. vol 2, no. 2, p 26-59. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjACahUKEwjZzcjUt831AhVI2R4KHcniCwl&url=http%3A%2F%2Frevistas.utadeo.edu.co%2Findex.php%2Fmutis%2Farticle%2Fdownload%2F364%2F362&usg=AFQjCNEu9sM21WPgfENTyZyW7I5uaDicw&sig2=0JKY5karp_lluRR5-0uuUQ&bvm=bv.105454873,d.dmo

Los tipos de suelos que se encuentran en esta zona de Mondoñedo son derivados de cenizas volcánicas, correspondientes a un tipo particular de la serie Techo; clasificados como asociación Bojacá-Cogua-Techo y localmente como Cabrera-Cogua y Monserrate. Se formaron a partir de limos arcillosos de la planicie aluviolacustre, que son pobremente drenados debido a la presencia de un horizonte compacto (*clay-pan*), el cual conserva poco humus, que en parte migra hacia un nivel inferior del suelo; con reacción fuertemente ácida (pH 5-5,5) y fertilidad natural moderada, por lo que presentan un uso agrícola limitado a solamente algunos cultivos.¹³

3.2. Vegetación:

Entre las especies de Briofitos de este bioma, se han estudiado en profundidad los de la región árida de La Herrera, en Mondoñedo, donde se hallaron especies que constituyen nuevos registros para Cundinamarca, las cuales son: *Anomobryum conicum*, *Calymperes erosum*, *Calymperes rubiginosum*, *Campylopus surinamensis*, *Cephaloziella granatensis*, *Dicranella hilariana*, *Fissidens angustifolius*, *Fissidens zollingeri*, *Frullania brasilensis*, *Lophocolea leptantha*, *Orthotrichum cupulatum* *Plagiochila aerea* y *Plagiochila pachyloma*.¹⁴ (Pinzón y Linares, 2006).

Otras especies herbáceas también características de este bioma son: la hierba rastrera *Evolvulus bogotensis* con corolas azules; la criptógama rastrera reviscente *Selaginella* aff. *sellowi*; la acantácea *Stenandrium dulce*, con corola rosada; la euforbiácea *Euphorbia orbiculata*; y diversas geófitas como *Hypoxis decumbens*, *Peperomia alpina* e *Ipomea* spp. En algunos sectores hay influencia de niebla nocturna favoreciendo el desarrollo de bromeliáceas epífitas tales como *Tillandsia usneoides* (barbas de viejo) y *Tillandsia incarnata*¹⁵

Entre las especies endémicas, es de particular importancia el cactus *Wigginsia vorwerkiana*, de hábito hemicriptófito, esto es, medio subterráneo, que está en peligro de extinción, debido a la reducción del tamaño de las poblaciones, disminución del área y deterioro de las condiciones fisicobióticas de su hábitat, en consecuencia de actividades humanas como la explotación de canteras, construcción de vías, sobrepastoreo, deforestación, introducción de especies forestales y forrajeras, quemas, disposición de basuras, herbivoría de especies animales invasoras –principalmente el caracol de jardín (*Helix aspersa*)–, al igual

¹³ *Ibíd.*

¹⁴ LINARES, E. Diversidad de líquenes y briófitos en la región subxerófitica de La Herrera, Mosquera, Cundinamarca. I. Riqueza y estructura». En: *Revista Caldasia*, 2006, vol. 28, no.2, p. 243-257. Disponible en: www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias.htm.

¹⁵ HERNÁNDEZ CAMACHO, J., y SÁNCHEZ PÁEZ, H. Biomas terrestres de Colombia. En: HALFFTER, G. (Comp.). *La diversidad biológica de Iberoamérica I* (1a ed.). México D. F. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto de Ecología, A. C., Secretaría de Desarrollo Social e Instituto de Ecología, A. C. 1992.

que la urbanización (industrias y viviendas) y la extracción selectiva, que lo han afectado de manera drástica.¹⁶

3.3. Fauna:

Estudios recientes realizados en la región subxerofítica de La Herrera encuentran que diversas actividades antrópicas como la minería, están afectando los microhábitats ocupados por macro y micromoluscos; a pesar de tal situación, se han registrado nueve familias, 12 géneros y 15 especies de gastrópodos. Del total de familias registradas, se ha encontrado que seis son terrestres (Orthalicidae, Charopidae, Helicidae, Limacidae, Punctidae y Vertiginidae), dos son dulceacuícolas (Physidae y Planorbidae) y una es anfibia (Succineidae).¹⁷

Dormilona piquipinta (*Muscisaxicola maculirostris niceforoi*) relacionada con elementos xerófilos de zonas pedregosas, cubiertas por prados y matorrales secos. Del extremo suroeste de la Sabana desde los cerros de Soacha, sector de Tunjuelito, hasta la zona de Mondoñedo y la Laguna de La Herrera; y al norte de la Sabana, desde la zona árida entre Guasca y la represa de Tominé, su subespecie niceforoi, es endémica de Colombia y se encuentra fuertemente amenazada por la destrucción de su hábitat, por minería, por la introducción del pasto kikuyo, por la disposición de grandes toneladas de basura (Mondoñedo y Doña Juana) y por urbanización. Además, ninguna reserva protege su hábitat en la región, el cual ha sido transformado en el 94%; se hace imprescindible garantizar su conservación en zonas semiáridas del sur de la Sabana de Bogotá.¹⁸

Alondra cachudita o llanerita (*Eremophila alpestris peregrina*) habita tundras, praderas y estepas. Localmente se ve en zonas semiáridas, prados secos de pastos cortos, matorrales bajos en zonas semiáridas y bordes de represas donde los cambios en el nivel de las aguas mantienen una zona sin vegetación a la orilla. En la Sabana se le ha registrado en los cerros semiáridos alrededor de la laguna de La Herrera, Mondoñedo y cerca de Soacha y al lado de la represa de Tominé.¹⁹

¹⁶ REYES, O., OLMOS, J. R., y RIVERA, D. Evaluación del estado de conservación de *Wigginsia vorwerkiana* (Wenderman) D. M. Porter (Cactaceae) en las zonas semiáridas de la Sabana de Bogotá. En: Pérez-Arbelaezia, Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis", 2001, vol. 5, no. 12.

¹⁷ LINARES, E. Gastrópodos de la región subxerofítica de La Herrera, Mosquera, Cundinamarca, Colombia. En: Rev. Acad. Colomb. Cienc, 2005, vol. 29, p. 439-456.

¹⁸ RENJIFO, L. M., FRANCO MAYA, A. M., AMAYA ESPINEL, J. D., KATTAN, G. H., y LÓPEZ LANÚS, B. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia*. Bogotá, Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente. 2002.

¹⁹ HERNÁNDEZ CAMACHO, J., y SÁNCHEZ PÁEZ, H. Vulnerabilidad y estrategias para la conservación de algunos biomas de Colombia En: HALFFTER, G. (Comp.). *La diversidad biológica de Iberoamérica I* (1a ed.). México D. F. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto de Ecología, A. C., Secretaría de Desarrollo Social e Instituto de Ecología, A. C. 1992.

3.4. Demografía:

Los datos que se tienen de la densidad poblacional son suministrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE según los datos del Censo General de 2005 realizado en el municipio de Mosquera. Para esa época el municipio tenía de 63.226 habitantes, en los últimos doce años se incrementó la población; para el año 2010, el DANE certifica una proyección poblacional de 72.700 habitantes y para el año 2011 de 74.654, presentándose un crecimiento poblacional de una tasa del 8.07% anual promedio, siendo superior al promedio nacional (2%), constituyéndose el municipio en uno de los de mayor crecimiento no solamente a nivel del Departamento de Cundinamarca, si no en el contexto nacional.²⁰

4. METODOLOGIA

Para el desarrollo del proyecto se empleó información primaria que corresponde a las imágenes satelitales de los años 2003 y 2016 en donde se visualiza la zona de estudio. Para esto se seleccionaron las imágenes que tuvieran poca s nubes y en especial sobre la zona.

La manipulación y procesamiento de las imágenes como los cortes de las mismas, aplicación de las operaciones (índices) y de clasificación se harán en el software *ArcGis 10*.

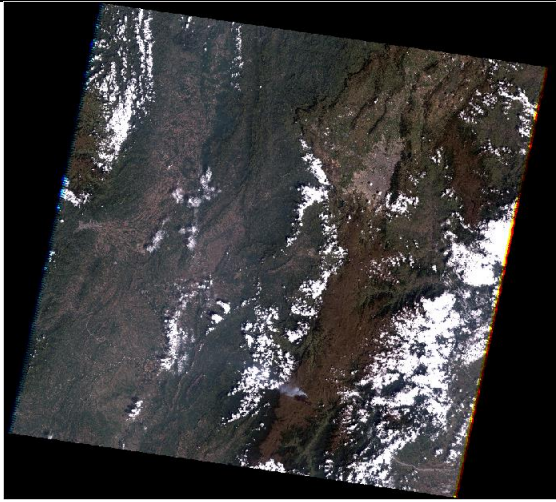

4.1. Imágenes

Las imágenes empleadas fueron seleccionadas y descargadas del portal web de la U.S Geological Survey (USGS)²¹. Fue necesario realizar el respectivo proceso de composición de imágenes en formato TIFF y cada una la componen 8 y 11 bandas respectivamente que van del rango desde el visible hasta los infrarrojos. La tabla 2 resume las características generales de las imágenes:

²⁰ ALCALDIA DE MOSQUERA. Diagnostico Municipio de Mosquera – Cundinamarca. Ministerio de Trabajo. 7 de Febrero de 2011. [En línea]. [Consultado 5 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: http://www.mintrabajo.gov.co/component/docman/doc_download/148-mosquera.html.

²¹ EARTH EXPLORER. Consulta y descargas de imágenes satelitales. [En línea]. [Consultado 5 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Tabla 2. Resumen Características Generales

LANDSAT 7 ETM+ 2003		LANDSAT 8 OLI 2016	
Nombre	LE70080572003011AGS00	Nombre	LC80080572015004LGN00
Plataforma	LANDSAT 7	Plataforma	LANDSAT 8
Sensor	ETM+	Sensor	OLI-TIRS
Bandas	8	Bandas	11
Fecha de Toma	2003-01-11	Fecha de Toma	2015-01-04
Nivel de Procesamiento	L1T	Nivel de Procesamiento	L1T
Cobertura de nubes %	15.00	Cobertura de nubes %	3.82
Sistema de Referencia	WGS84	Sistema de Referencia	WGS84
Proyección	UTM ZONA 18	Proyección	UTM ZONA 18
WRS-PATH / WRS ROW	8 / 57	WRS-PATH / WRS ROW	8 / 57
Formato	TIFF	Formato	TIFF
Vista General		Vista General	
			

Fuente: Elaboración Propia 2016.

4.2. Tratamiento de Imágenes

Para determinar los suelos desnudos producto de la explotación de las canteras se emplearon operaciones para las bandas de las imágenes. Esto con el propósito de poder visualizar y clasificar mejor la cobertura de suelos desnudos.

Los índices aplicados a las imágenes de sensores satelitales permiten dar un mejoramiento visual para la identificación de los diferentes elementos en las

coberturas de la tierra. Para la identificación del suelo desnudo se utilizó el índice *Soil Composition Index*.²² Su fórmula se muestra a continuación:

$$SCI = \frac{SWIR-NIR}{SWIR+NIR} \quad (1)$$

Dónde:

- SWIR= Infrarrojo de Onda Corta
- NIR= Infrarrojo Cercano

Una vez identificadas en las dos imágenes la cobertura de suelos desnudos, se realizó la caracterización, con base en las áreas del primer año se estimó su cambio a través del tiempo.

RESULTADO Y ANÁLISIS

Para la zona de estudio se cortaron las imágenes originales a una cuadrícula donde se encuentra la actividad minera. Como se ha mencionado anteriormente ésta zona cuenta con un tipo de vegetación y de fauna que a su vez conforman y son parte de un ecosistema, razón por la cual al emplear el índice de *Soil Composition Index* nuestra zona de interés mostraba homogeneidad, es decir que éste índice no mostro la diferenciación de la cobertura de suelos desnudo con relación a las demás coberturas que la rodean en ninguna de las dos imágenes.

Para obtener la visualización de los suelos desnudos en las imágenes de las dos épocas se empleó el siguiente algoritmo de operación de bandas de *SWIR* y *NIR*:

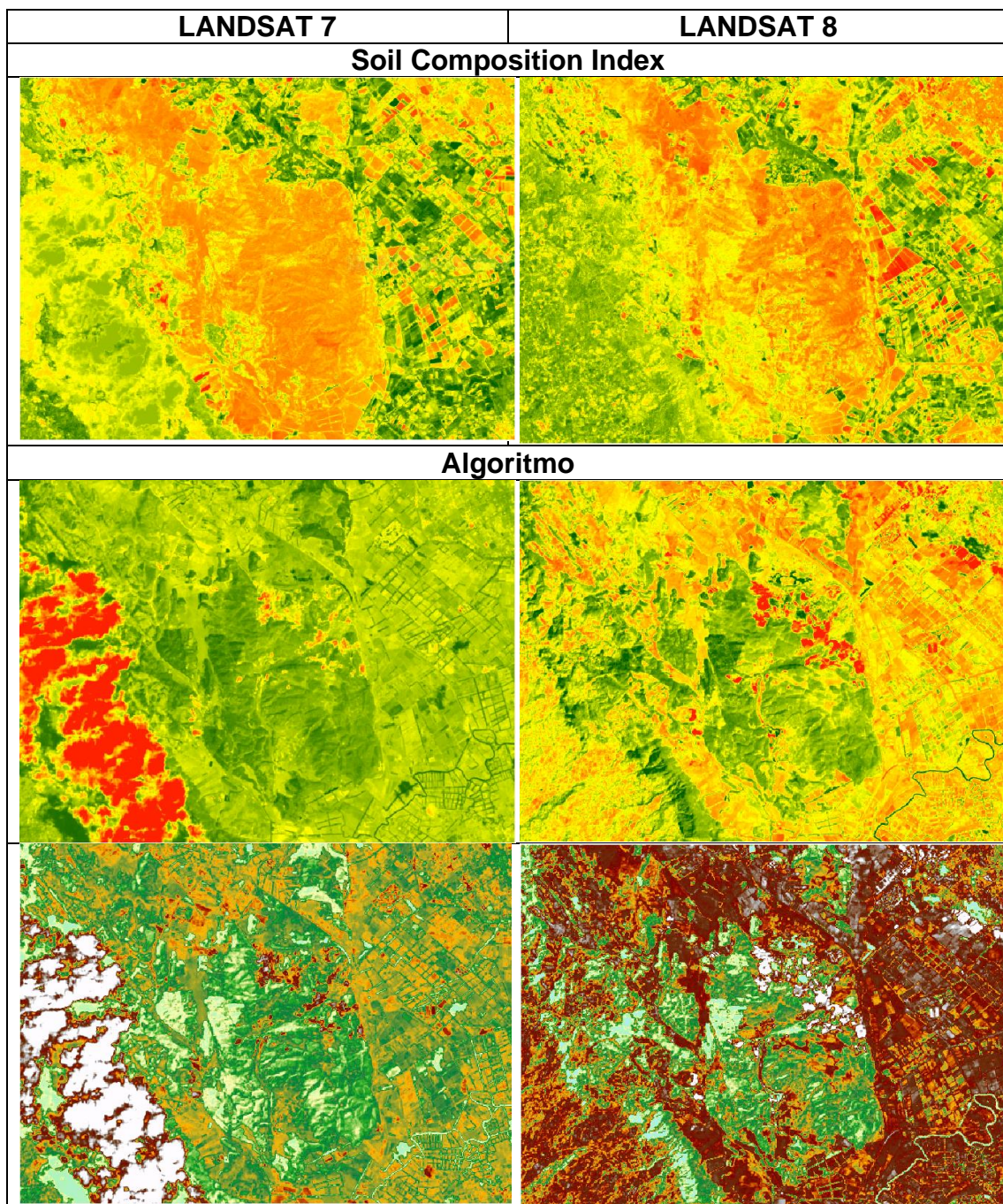
$$SWIR - \frac{NIR}{SWIR} + NIR \quad (2)$$

Dónde:

- SWIR= Infrarrojo de Onda Corta
- NIR= Infrarrojo Cercano

Los resultados fueron muy diferentes en comparación con los del índice *Soil Composition Index*, a continuación en la tabla 3 se muestra la comparación de los procesos a las imágenes:

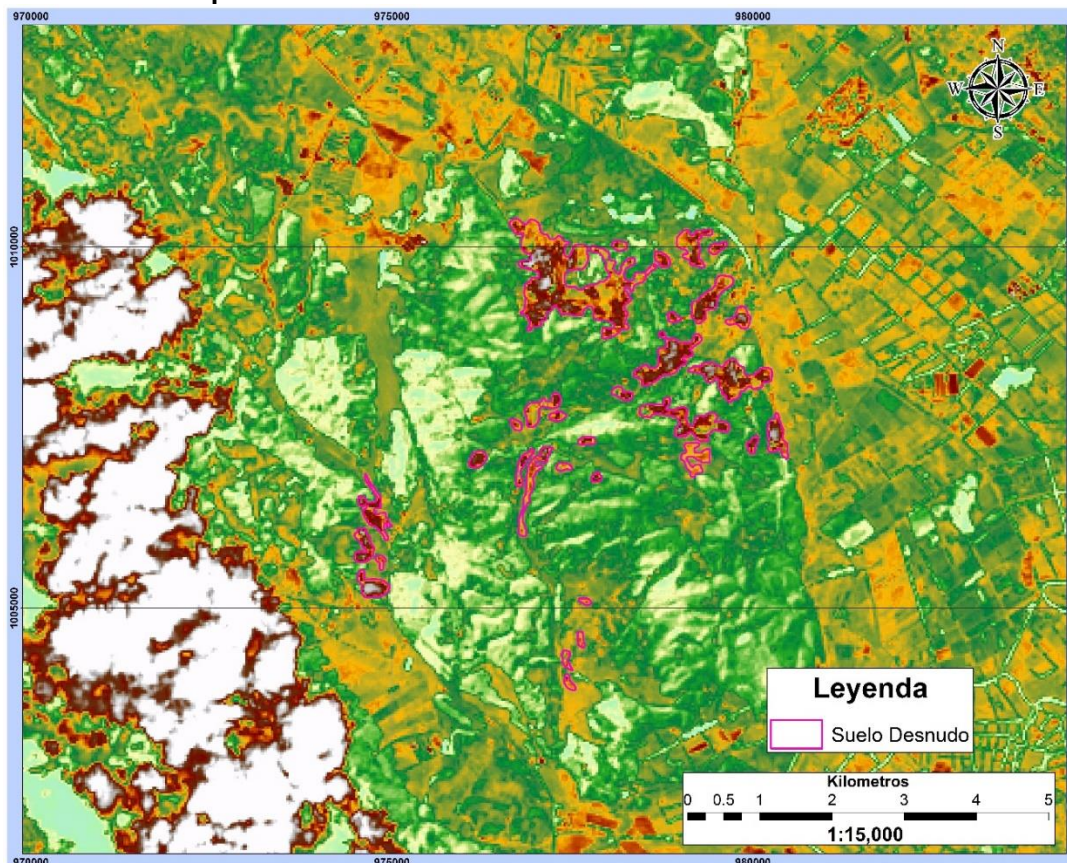
²² INDEX DATABASE. Consulta de índices aplicados a sensores remotos. [En línea]. [Consultado 5 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: < <http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=88/>>



Fuente: Elaboración Propia 2016.

Teniendo identificada la cobertura de suelo desnudo en las imágenes resultantes de la operación del algoritmo, se caracterizó las áreas para cada época para determinar su área. A continuación su caracterización:

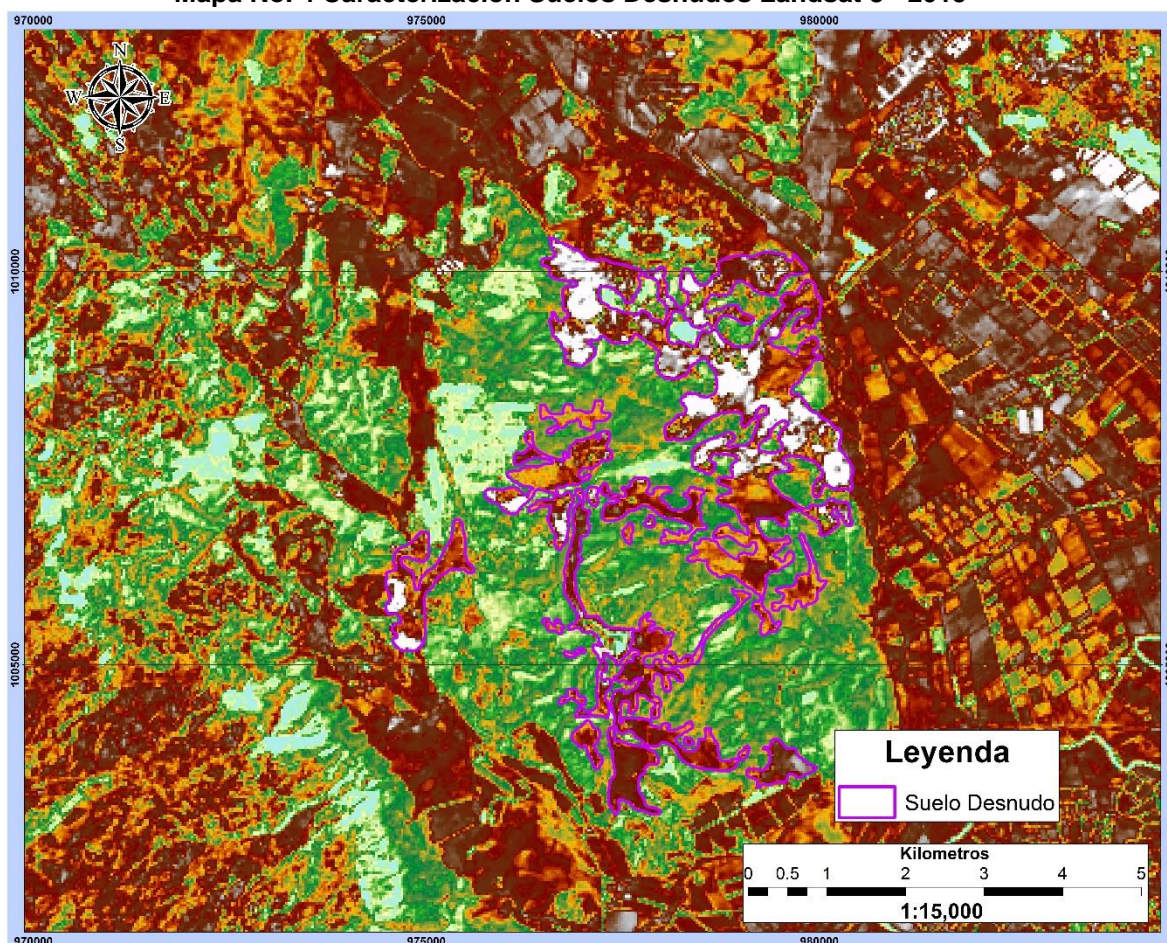
Mapa No. 3 Caracterización Suelos Desnudos Landsat 7 - 2003



Fuente: Elaboración Propia 2016.

Área aproximada de suelos desnudos en el año 2003 es de 361.875 ha.

Mapa No. 4 Caracterización Suelos Desnudos Landsat 8 - 2015

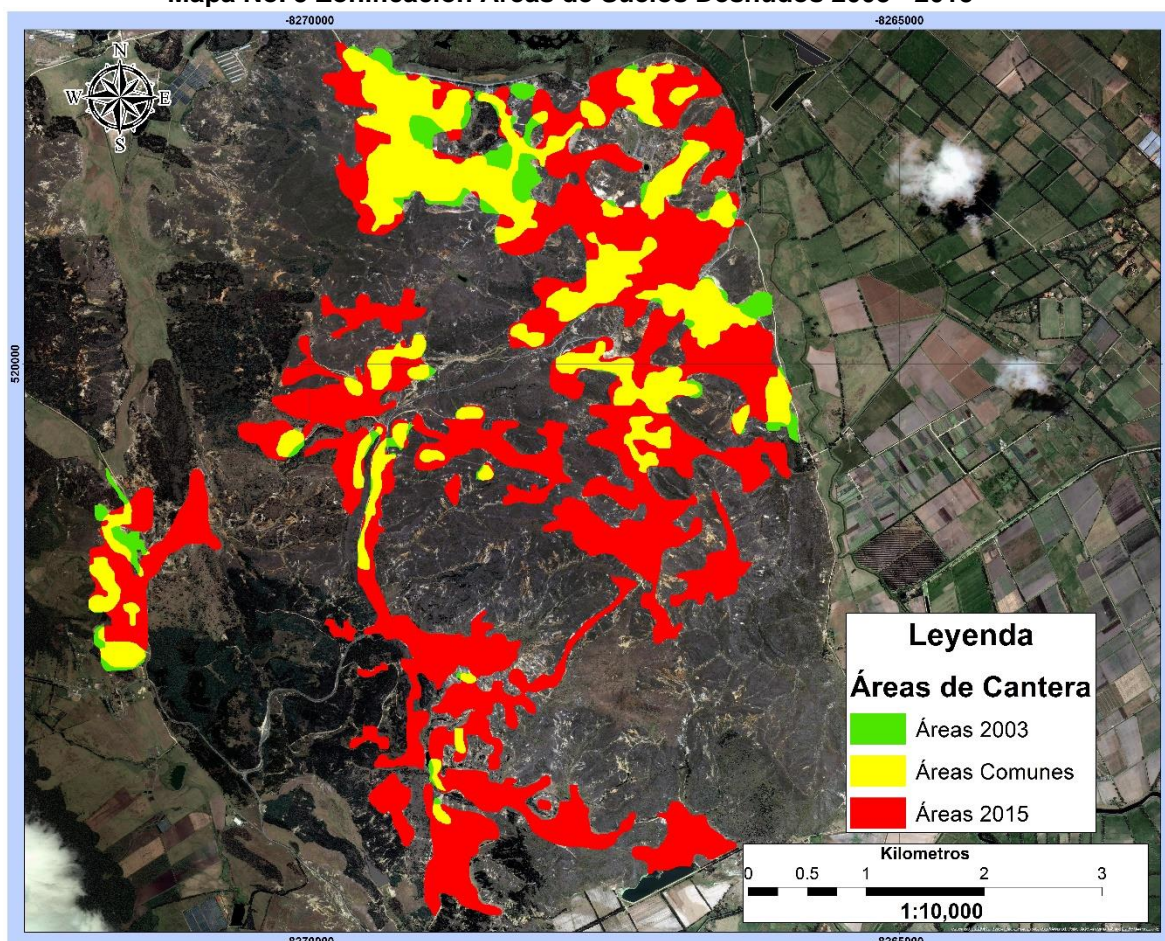


Fuente: Elaboración Propia 2016.

Área aproximada de suelos desnudos en el año 2015 es de 1,085.847 ha.

En los doce años que es el intervalo de tiempo evaluado en éste proyecto se evidencia una gran degradación del suelo que involucra factores ecosistémicos complejos de flora y la fauna característicos de la zona. Un incremento de un 300 por ciento de suelo desnudo en éste periodo denota a su vez un consumo alto de recursos en el área de estudio. El siguiente mapa muestra las áreas que son antiguas, nuevas y que se mantienen en común:

Mapa No. 5 Zonificación Áreas de Suelos Desnudos 2003 - 2015



Fuente: Elaboración Propia 2016.

Tabla 1. Áreas zonificación

ÁREAS DE CANTERA	
Áreas	Área (ha)
2003	55.106
Común	778.607
2015	306.533
Total	1140.247

Fuente: Elaboración Propia 2016.

Las áreas resultantes del traslape de la cobertura de suelo desnudo de los años 2003 y 2015 muestran el incremento de la demanda de los recursos físicos de los materiales de cantera utilizados para obras civiles y relacionadas. Ésta excesiva demanda altera de forma significativa el entorno que tiene también implicaciones sociales como problemas de habitad y calidad de vida.

CONCLUSIONES

- En el periodo comprendido entre 2003 y 2015, en la zona de Mondoñedo muestra una importante transformación tanto en el uso y la cobertura del suelo, se ven pérdidas en la vegetación nativa de la zona por el incremento de las áreas de explotación minera que va de la mano con la alteración paisajística de la zona.
- Este estudio proyecto puede servir como guía de investigación a las entidades estatales encargadas del ordenamiento territorial, pues ayudaría a descubrir, administrar y utilizar los recursos naturales de una forma sostenible teniendo como prioridad la conservación del ambiente y la armonía paisajística. De esto deriva la gestión y la obligación de tener en cuenta la estructura ecológica principal para generar las actividades de desarrollo económico de las comunidades.
- Emplear técnicas de análisis espacial aplicado a imágenes de sensores remotos facilita el estudio de problemáticas y a su vez la generación de soluciones a diversos problemas en zonas determinadas basta con buscar la mejor información que satisfaga la necesidad a estudiar. En el caso de este proyecto la obtención de las imágenes satelitales fueron gratuitas pero existen varias opciones comerciales de muy buena calidad y disponibilidad según se requiera. El proyecto necesariamente se tuvo que desarrollar con imágenes en donde la zona de estudio tuviera el mayor nivel de información disponible, es decir sin bandeo, sin nubes y sin desplazamientos, como es el caso de algunas fallas que encontramos en las imágenes de la plataforma Landsat.
- La aplicación de técnicas en la manipulación e interpretación de imágenes como lo son las operaciones raster, índices y algoritmos no siempre encontramos resultados que satisfagan lo que se busca en el objetivo de un estudio o proyecto como sucedió con éste. Lo importante es que se entienda la dinámica y el comportamiento de la estructura de la imagen desde el comportamiento de las coberturas en las firmas espectrales, hasta su manipulación para resaltar o ver coberturas en particular que es la finalidad de éste proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- MUNICIPIO DE MOSQUERA, Alcaldía de Mosquera. Información General del Municipio de Mosquera. En: Municipio de Mosquera. [En línea]. [Consultado 13 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < http://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml >
- CALVACHI ZAMBRANO, Byron; Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. Revista MUTIS, 2012. 26-59 (PA).. [En línea]. [Consultado 14 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjACahUKEwjZzcjUt83IAhVI2R4KHcniCwI&url=http%3A%2F%2Frevistas.utadeo.edu.co%2Findex.php%2Fmutis%2Farticle%2Fdownload%2F364%2F362&usg=AFQjCNEu9sM21WPgfENtYtZyW7i5uaDicw&sig2=0JKY5karp_IluRR5-0uuUQ&bvm=bv.105454873,d.dmo >
- ESCOBAR MORENO, Jorge Enmanuel; Minería en la Laguna de La Herrera. Fundación Humedales Bogotá. [En línea]. [Consultado 13 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < <http://humedalesbogota.com/2011/05/26/mineria-en-la-laguna-de-la-herrera/> >
- CONVENCIÓN INTERNACIONAL SOBRE HUMEDALES. (1: 2-10, febrero, 1971: Ramsar, Irán). Manual de la Convención de Ramsar. Ramsar: Secretaria de la Convención de Ramsar, 2006. 121 p.
- SECRETARÍA DESARROLLO ECONÓMICO SOSTENIBLE. Plan Ambiental Municipio de Mosquera Así Recuperamos el Medio Ambiente. Alcaldía de Mosquera. [En línea]. [Consultado 14 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: < http://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/35326334626462383965623762356263/Plan_Ambiental_Municipio_de_Mosquera.pdf>
- CONSEJO MUNICIPAL DE MOSQUERA. Acuerdo Plan básico de Ordenamiento Territorial. Acuerdo No. 32 del año 2013, Alcaldía de Mosquera. [En línea]. [Consultado 25 de Octubre de 2016]. Disponible en Internet: < <http://www.mosquera-cundinamarca.gov.co/apc-aa->

files/35396338616330383433353138396437/acuerdo-no.-032-13-ajuste-pbot.pdf>

- CALVACHI ZAMBRANO, Byron. Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. En: Revista Mutis – Universidad Jorge Tadeo Lozano. 2012. vol 2, no. 2, p 26-59. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjACahUKEwjZzcjUt83IAhVI2R4KHcniCwl&url=http%3A%2F%2Frevistas.utadeo.edu.co%2Findex.php%2Fmutis%2Farticle%2Fdownload%2F364%2F362&usq=AFQjCNEu9sM21WPgfENtYtZyW7I5uaDicw&sig2=0JKY5karp_lIuRR5-0uuUQ&bvm=bv.105454873,d.dmo
- LINARES, E. Diversidad de líquenes y briófitos en la región subxerofítica de La Herrera, Mosquera, Cundinamarca. I. Riqueza y estructura». En: Revista Caldasia, 2006, vol. 28, no.2, p. 243-257. Disponible en: www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias.htm.
- HERNÁNDEZ CAMACHO, J., y SÁNCHEZ PÁEZ, H. Biomas terrestres de Colombia. En: HALFFTER, G. (Comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica I (1a ed.). México D. F. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto de Ecología, A. C., Secretaría de Desarrollo Social e Instituto de Ecología, A. C. 1992.
- REYES, O., OLMOS, J. R., y RIVERA, D. Evaluación del estado de conservación de *Wigginsia vorwerkiana* (Wenderman) D. M. Porter (Cactaceae) en las zonas semiáridas de la Sabana de Bogotá. En: Pérez-Arbelaezia, Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”, 2001, vol. 5, no. 12.
- LINARES, E. Gastrópodos de la región subxerofítica de La Herrera, Mosquera, Cundinamarca, Colombia. En: Rev. Acad. Colomb. Cienc, 2005, vol. 29, p. 439-456.
- RENJIFO, L. M., FRANCO MAYA, A. M., AMAYA ESPINEL, J. D., KATTAN, G. H., y LÓPEZ LANÚS, B. (Eds.). Libro rojo de aves de Colombia. Bogotá, Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente. 2002.
- HERNÁNDEZ CAMACHO, J., y SÁNCHEZ PÁEZ, H. Vulnerabilidad y estrategias para la conservación de algunos biomas de Colombia En:

HALFFTER, G. (Comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica I (1a ed.). México D. F. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto de Ecología, A. C., Secretaría de Desarrollo Social e Instituto de Ecología, A. C. 1992.

- ALCALDIA DE MOSQUERA. Diagnostico Municipio de Mosquera – Cundinamarca. Ministerio de Trabajo. 7 de Febrero de 2011. [En línea]. [Consultado 5 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: http://www.mintrabajo.gov.co/component/docman/doc_download/148-mosquera.html.>
- BIOTOPO Ltda. Guía Ambiental Para Actividades Del Subsector Materiales de Construcción – Canteras Fase de Explotación. Ministerio Del Medio Ambiente. Septiembre de 1998. [En línea]. [Consultado 2 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/canteras.pdf.
- EARTH EXPLORER. Consulta y descargas de imágenes satelitales. [En línea]. [Consultado 5 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
- INDEX DATABASE. Consulta de índices aplicados a sensores remotos. [En línea]. [Consultado 5 de Noviembre de 2016]. Disponible en Internet: < <http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=88/>>