

**DETERMINAR LA VOCACIÓN DEL SUELO PARA IDENTIFICAR LAS AREAS APTAS
PARA LA FORMALIZACIÓN DE LA PROPIEDAD RURAL MEDIANTE IMAGENES
SENTINEL. CASO PREDIO LAS CATAS EN EL MUNICIPIO DE AYAPEL – CORDOBA.**



Ingeniero Agrónomo
Ricardo Garzón Marín

Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática
Bogotá D.C
2018

Artículo de Geomática aplicada para optar al título de Especialista en Geomática

DETERMINAR LA VOCACIÓN DEL SUELO PARA IDENTIFICAR LAS AREAS APTAS PARA LA FORMALIZACIÓN DE LA PROPIEDAD RURAL MEDIANTE IMAGENES SENTINEL. CASO PREDIO LAS CATAS EN EL MUNICIPIO DE AYAPEL – CORDOBA.

Ricardo Garzón Marín. Ingeniero Agrónomo, aspirante a especialista en Geomática Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. U3101422@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Los programas de formalización de tierras rurales deben ser adelantados de manera rápida con el objeto de evitar conflictos por la tenencia de la tierra y además para activar el desarrollo económico de una región y contribuir a mantener la seguridad alimentaria de las comunidades. El análisis de coberturas mediante imágenes satelitales Sentinel 2B es una alternativa ágil y de bajo costo para la determinación de la vocación de uso del suelo, para ello se realizó una clasificación supervisada donde se identificaron 8 clases de coberturas, y con ellas se determinaron zonas homogéneas de manejo agronómico con las cuales se clasificó la vocación de uso de la tierra, de tal manera que se determinó en el área de estudio cuatro vocaciones lo cual ayudó a realizar un ordenamiento territorial del predio Las Catas. Finalmente la Geomática se convierte en una herramienta ágil y de bajo costo que apoya el desarrollo económico y al ordenamiento social de la propiedad.

Palabras Clave: *Formalización, Conflictos, coberturas de la tierra, seguridad alimentaria, vocación de los suelos, Geomática.*

ABSTRACT

The rural land formalization programs must be carried out quickly in order to avoid conflicts over land tenure and also to activate the economic development of a region and contribute to maintaining the food security of the communities. The analysis of coverage through satellite images Sentinel 2B is an agile and low cost alternative for determining the vocation of land use, for this a supervised classification was conducted where 8 classes of coverage were identified, and with them homogeneous zones were determined of agronomic management with which the vocation to use the land was classified, in such a way that four vocations were determined in the study area, which helped to make a territorial ordering of the Las Catas property. Finally, Geomatics becomes an agile and low-cost tool that supports economic development and the social ordering of property.

Key Words: *Formalization, Conflicts, land cover, food security, soil vocation, Geomatics.*

INTRODUCCIÓN

Los procedimientos agrarios son instrumentos para asegurar tanto la protección de las tierras de la Nación y el acatamiento de la función social de la propiedad, como la disponibilidad permanente de predios aptos para dar cumplimiento al mandato constitucional que impone al Estado el deber de promover el acceso progresivo a la propiedad de la tierra por parte de los trabajadores agrarios, en forma individual y asociativa. Los artículos 49, 53 Y 74 de la Ley 160 de 1994, facultan al Gobierno Nacional para reglamentar los procedimientos administrativos agrarios de clarificación de las tierras desde el punto de vista de su propiedad, delimitación o deslinde de las tierras de la Nación, extinción del derecho de dominio privado sobre las tierras incultas y recuperación de baldíos indebidamente ocupados, dentro del marco establecido por dicha ley. (Minagricultura, 2013).

También el decreto 1465 de 2013 regula los siguientes procedimientos administrativos de competencia del Instituto Colombiano de Desarrollo Rural -INCODER, de conformidad con Ley 160 de 1994.

- ✓ Extinción del derecho de dominio privado, por incumplimiento de la función social o ecológica de la propiedad.
- ✓ Recuperación de baldíos en los casos de indebida ocupación o apropiación

por particulares, con el fin de restituirlos al patrimonio del Estado.

- ✓ Clarificación de la situación de las tierras desde el punto de vista de su propiedad, para identificar las que pertenecen al Estado y facilitar el saneamiento de la propiedad privada.
- ✓ Reversión de baldíos adjudicados, por violación de normas ambientales, cultivos ilícitos o incumplimiento de obligaciones y condiciones bajo las cuales fueron adjudicados.

El predio Las Catas hace parte del banco de tierras del estado, proveniente del proceso agrario de extinción del derecho de dominio privado, y que a la fecha debe promover el acceso a la propiedad rural, mediante los programas de formalización de tierras, beneficiando las familias campesinas de forma individual o colectiva.

Los programas de formalización de tierras rurales deben ir acompañados de la implementación de sistemas productivos que generen dos salarios mínimos mensuales legales vigentes a cada núcleo familiar, tal y como lo indica la ley 160 de 1994, de tal manera se garantice su manutención; pero también que haya un excedente de producción para comercialización y contribuya a mantener la seguridad alimentaria del país.

El objetivo principal es determinar mediante el análisis de imágenes Sentinel 2B la vocación del suelo, para identificar las áreas con vocación agropecuaria y que puedan ser parte de programas

de formalización de tierras, de tal manera que se eviten conflictos por la tenencia de la tierra y que se realice su uso de acuerdo a su potencial con el ánimo de no generar degradaciones al sistema suelo.

La clasificación digital de imágenes consiste en generar nuevas imágenes a partir de las primeras, donde los niveles digitales- ND se organizan en categorías de información según el análisis realizado (Umaña, 2018)

La clasificación supervisada se basa en la selección manual de muestras de píxeles dentro de la imagen, que son representativas de una determinada categoría o clase. Luego, mediante algoritmos de selección, se programa el software para que utilice éstas áreas de entrenamiento como referencia para reclasificar la totalidad de píxeles de la imagen (Chuvieco. 1995) citado por (Umaña, 2018).

Para la selección de clases existen varios métodos para asociar los píxeles así, el método de máxima verosimilitud, el método de clasificación por paralelepípedos y el método de distancia mínima. (Umaña, 2018).

1. MARCO TEORICO

1.1 CAPACIDAD DE USO

El sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso agrupa unidades de suelos que tienen las mismas limitaciones para su utilización y respuestas similares a las mismas prácticas de manejo, agrupa los suelos con base en su

capacidad para producir plantas cultivadas (cultivos tanto transitorios como semipermanentes y permanentes, pastos y bosques), desde un punto de vista general y no para cultivos o tipos de utilización específicos, por largos períodos en forma sostenible y sin deterioro del suelo. El objetivo fundamental de la agrupación se centra en que los usos agrícolas, pecuarios y forestales no sólo se lleven a efecto en tierras con esas aptitudes, sino que se desarrollen sin degradarlas, lo que significa que los programas del sector agropecuario deben ceñirse estrictamente a los postulados del desarrollo sostenible. La clasificación se basa en el sistema de clases agrologicas utilizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), donde los riesgos de daño al suelo o sus limitaciones en el uso se hacen progresivamente mayores a medida que sube la clase; es decir; los suelos de la clase I no tienen limitantes mientras que los suelos de la clase VIII presentan limitantes severos. En términos generales los suelos de las clase I, II, III y IV son capaces de producir cultivos bajo buenas condiciones de manejo, los suelos de las clases V y VI son apropiados para usos pecuarios como pastoreo semiintensivo, extensivo y cultivos de subsistencia, los suelos agrupados en las clases VII y VIII no son adecuados para actividades agropecuarias y por el contrario deberían destinarse a la restauración de coberturas naturales o conservación de las mismas. (IGAC, 2009)

Las subclases agrupan los suelos dentro de una misma clase, con el mismo número y grado de

limitaciones generales y de riesgo para uso agrícola. Se designan añadiendo a la clase la letra o letras, si es más de una, que indican las limitaciones que tiene el suelo; las letras utilizadas para la designación de las subclases son las siguientes:

e: Designa la erosión presente en la superficie del suelo

h: humedad excesiva dentro del perfil del suelo

s: Designa limitaciones físicas o químicas propias de los suelos que impiden la penetración de las raíces y/o el laboreo.

c: Designa el clima como limitante por exceso o déficit de humedad, temperatura y/o luminosidad extremadamente bajas.

p: Gradiente de la pendiente que limita el laboreo o aumenta la susceptibilidad de los suelos a la erosión.

1.2 USO ACTUAL

Un tipo de uso de la tierra se refiere a un uso específico que se describe a un nivel de detalle apropiado según la escala de evaluación de tierras, en términos de la producción, el contexto social y económico; sus principales características físicas, agronómicas y productivas, así como los costos y los ingresos generados por la actividad de producción. (UPRA, 2013)

1.3 CONFLICTO DE USO DEL SUELO

La ocupación de gran parte del territorio Colombiano se realiza sin considerar las características específicas de los suelos, el relieve, el clima, las características ambientales, sociales y económicas, lo cual resulta en incompatibilidad entre la forma como se utilizan las tierras y su aptitud de uso, generando conflictos entre los usos de las tierras. La introducción de usos no apropiados se manifiesta en la baja productividad, la generación de procesos de degradación de las tierras y en consecuencia la disminución de la sostenibilidad y competitividad de los sistemas productivos así establecidos. (UPRA, 2013)

1.4 COBERTURAS DE LA TIERRA

La definición de la cobertura de la tierra es fundamental porque en muchos sistemas de clasificación y leyendas se confunde con uso. La cobertura de la tierra se define como la descripción biofísica de la superficie terrestre. En resumen, es la parte fácilmente observable de la superficie terrestre. Una unidad de cobertura es el conjunto de elementos con características propias, diferenciables de conjuntos aledaños, que puedan ser delimitadas y que además se repiten en otros espacios. (UPRA, 2013)

El proyecto Corine Land Cover nace en 1985, tuvo como objeto generar un proyecto experimental para la toma de datos, la coordinación y la homogenización de la información sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales

mediante el uso de imágenes Landsat, cuyos objetivos fueron proporcionar información cuantitativa consistente y comprobable para los países europeos sobre la ocupación del suelo y generar una base de datos de cobertura del suelo a escala 1:100000. (Ezguerra, Cuesta, & López, 1998)

En Colombia, la metodología oficial para realizar inventarios y monitoreo de coberturas de la tierra es la metodología Corine Land Cover, adaptada y validada por primera vez a las condiciones propias del territorio colombiano en el año 2004, para la elaboración del mapa de coberturas de la tierra a escala 1:100.000 de la cuenca Magdalena- Cauca. Posteriormente el Instituto Geográfico Agustín Codazzi ha hecho levantamientos semidetallados de coberturas terrestres, adaptando la leyenda inicial a escalas de mayor detalle y al uso de imágenes de mayor resolución. (UPRA, IGAC, 2015)

A partir de los resultados obtenidos en la cuenca Magdalena-Cauca, los Institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA) (Ideam, Sinchi, IAvH), el IGAC y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN), consolidaron el comité nacional *ad hoc* de coberturas de la tierra y continuaron ajustando la metodología CORINE para las diferentes zonas del país, a través de diferentes convenios interinstitucionales. (IDEAM, 2013)

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con información actualizada que permita el monitoreo

de las dinámicas de cambio en las coberturas de la tierra que conforman el territorio continental colombiano, en el año 2012 el IDEAM consolidó la capa nacional de coberturas de la tierra (escala 1:100.000) con información satelital correspondiente al periodo (2005- 2009). (IDEAM, 2013)

1.5 LA GEOMATICA EN LAS COBERTURAS DE LA TIERRA.

Dentro de las herramientas de análisis para el estudio de las coberturas de la tierra, encontramos hoy en día a la teledetección o percepción remota, considerada una técnica para obtener información útil de un objeto, espacio o fenómeno producida del análisis de interpretación de datos de imágenes de la superficie terrestre adquiridas desde sensores que no están en contacto físico con el objeto, área o fenómeno en estudio, no obstante es preciso que exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor (Chuvieco, 2002) citado por (Lamprea, 2017)

(Munar, 2010) Evalúa el potencial de los DEM como una alternativa de datos para generar información cuantitativa y de mayor detalle, de manera que se complementen y se mejoren los estudios de suelos existentes, como base para los análisis de evaluación de tierras. Su investigación arrojó que los DEM permiten un modelamiento más real, representando mejor la variabilidad espacial del relieve y que el comportamiento de los parámetros extraídos de los DEM se puede modelar mediante funciones de pertenencia; para

luego hacer parte de un modelo espacial de evaluación de tierras basado en lógica difusa.

(Vázquez, 20011), propone una metodología para detectar cambio en el uso de la tierra, utilizando los principios de clasificación orientada a objetos con imágenes Landsat y el programa ENVI. Dicha metodología propone dos fases, la primera tiene cuatro pasos que son, fraccionamiento; combinación de fragmentos; filtro de segmentos y selección de atributos y la segunda fase consiste en definir el conjunto de reglas para el objeto a clasificar (similar a la clasificación supervisada) estableciendo variables de la clasificación, como: los atributos espectrales, los atributos geométricos y de vecindad que contiene un objeto en particular, representados a través de la información de una imagen. Con tal metodología logró identificar tres tipos de coberturas, dejando claro que la Geomática es una herramienta útil para identificación de coberturas de la tierra.

En el municipio de Pupiales - Nariño se realizó una clasificación de la cobertura de la tierra para el suelo rural, utilizando imágenes Rapideye, logrando identificar las coberturas del municipio adaptándolas a la “Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra”, generando un insumo importante de manera ágil, que le permite al municipio realizar un ordenamiento territorial y de esta manera establecer sistemas sustentables y sostenibles. (Patiño, 2015).

(Aguilera, 2017), realizo una clasificación de coberturas en el municipio de San Carlos de Guaro

(Meta) con imágenes Sentinel 2 y determino los conflictos de uso del suelo comparando con el uso del suelo presente en el Esquema de Ordenamiento Territorial, proponiendo una alternativa para la actualización de la cartografía temática del EOT del municipio.

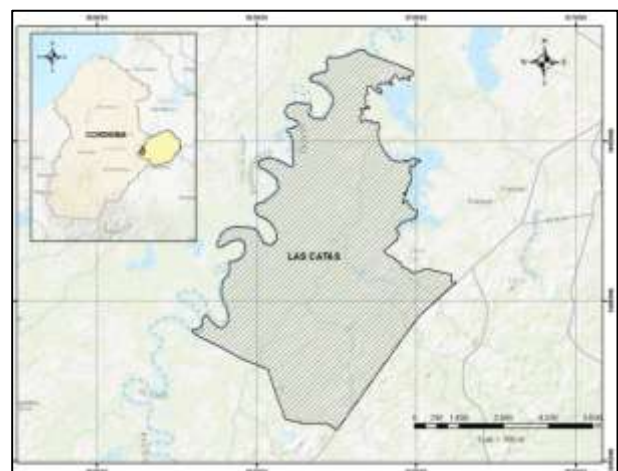
Con lo expuesto anteriormente la Geomática se convierte en una herramienta eficiente y eficaz para el ordenamiento territorial, enfocado a identificar los usos potenciales de los suelos y de esta manera proponer proyectos que sean sustentables, sostenibles y ambientalmente amigables.

2. MATERIALES Y DATOS

2.1 DELIMITACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Este proyecto se realiza en el predio rural denominado Las Catas, ubicado en el municipio de Ayapel en el departamento de Córdoba. Tiene una extensión superficial de 4706 ha. (Imagen 1)

Imagen 1. Localización área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Según (IGAC, 2009) El predio Las Catas tiene un paisaje de planicie, cuyos suelos han evolucionado a partir de sedimentos aluviales en ambientes tranquilos con aportes de materia orgánica ya sea en climas cálido húmedo o seco. Dicho paisaje lo acompañan relieves de terraza y planos de inundación.

El paisaje de plano de inundación corresponde a las áreas que son afectadas por frecuencia por las crecientes de los ríos, aquí se han incluido los suelos que se encuentran en los diques naturales (superficies angostas y alargadas) de relieve ligeramente convexo y configuración sinuosa, localizadas a lo largo del río San Jorge, cuya litología está compuesta por sedimentos mixtos.

El paisaje de terrazas bajas son superficies planas y ligeramente planas, localizadas en zonas aluviales recientes, afectadas por encharcamientos invernales. El material parental está formado por depósitos de aluviones mixto. También encontramos terrazas altas disectadas caracterizadas por presentar superficies ligeramente planas, ligeramente onduladas, afectadas por disección ligera, moderada a fuerte.

Finalmente las unidades cartográficas de suelos establecidas por el IGAC para el predio las Catas son RVDa, RVHa, RVAa, RVGa y RVGb1.

2.2 IMAGEN SENTINEL 2B

Para realizar la clasificación de coberturas se contó con la imagen Sentinel 2B, con fecha de toma 18 de diciembre de 2017, con resolución espacial de

10 metros (Imagen 2), descargada de la plataforma <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Imagen 2. Imagen Sentinel 2B del área de estudio



Fuente: ERDAS IMAGE 2014

3. METODOLOGIA

3.1 INTERPRETACIÓN DE COBERTURAS

La interpretación de coberturas se realizó con base a la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000

3.2 SELECCIÓN DE BANDAS

Para el procesamiento de la imagen Sentinel 2B se utilizó el software Erdas 2014. Se seleccionaron las bandas B2 azul (490 nm), B3 verde (560nm), 4 rojo (665 nm), 8 NIR (842 nm), 8A vegetación borde rojo (865 nm), 11 SWIR (1610 nm) y 12 SWIR (2190 nm), con las cuales se hicieron

diferentes combinaciones para realizar la clasificación de coberturas del suelo. La imagen Sentinel 2B tiene trece bandas en los rangos del espectro visible, del infrarrojo cercano y en el espectro de ondas cortas (SWIR) y debido a ello permite realizar clasificación de coberturas con gran detalle.

3.3 PREPROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

A la imagen no se le realizó el proceso de ortorectificación debido a que el área de estudio tiene una topografía plana, por el contrario se le hizo la corrección atmosférica a nivel de superficie, posteriormente se hizo el Layer stack con las bandas B2, B3, B4, B8, B8A, B11 Y B12 y finalmente se recortó la nueva imagen ajustándola a la zona de estudio.

3.4 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

En la etapa de Procesamiento, para la identificación de las coberturas se realizó una clasificación supervisada en la cual se utilizó el algoritmo de máxima verosimilitud, donde se generaron las respectivas zonas de entrenamiento para crear las diferentes signaturas o clases, para ello se utilizaron diferentes combinaciones espectrales, de tal manera que se lograron establecer 8 coberturas de acuerdo a la Leyenda Nacional de Coberturas CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Posteriormente se realizó el proceso de generalización debido a que existen una serie de pixeles aislados que no

representan un área significativa y para que las clases dominantes los absorban, en esta etapa del proceso se le aplicó el filtro Clump y el logaritmo Eliminate, posterior a esto se vectorizó el Raster y se realizó la salida grafica con las coberturas encontradas.

3.5 VALIDACIÓN DE CAMPO

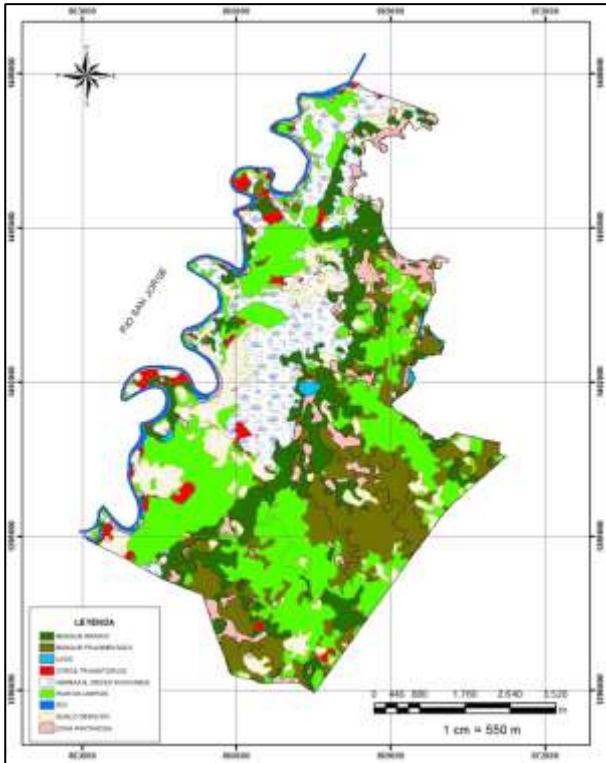
De acuerdo a las coberturas encontradas en la clasificación supervisada se realizó una visita de campo, donde se hizo un reconocimiento físico del predio, se realizaron calicatas para analizar algunas propiedades físicas de los suelos (textura, estructura, color, profundidad radicular, entre otras), se observan pantas indicadoras del pH del suelo, se cuantificaron las vías de acceso, se evaluaron condiciones de relieve, zonas susceptibles a inundaciones o encharcamientos y finalmente ubicaron zonas homogéneas de manejo agronómico con lo cual se determinó la vocación del suelo y posteriormente se realizó la composición final del mapa (salida gráfica).

4. RESULTADOS

4.1 COBERTURAS ENCONTRADAS

Se identificaron 8 coberturas y cuya interpretación se hizo con base en la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000. (Imagen 3)

Imagen 3. Distribución de Coberturas



Fuente: Propia 2018.

Posteriormente se calculó el área a cada cobertura y se le asignó el código correspondiente según la Leyenda Nacional de Coberturas. (Tabla 1)

Tabla 1. Áreas por Cobertura

COBERTURA DE LA TIERRA		
CODIGO	COBERTURA	AREA (HA)
3.1.3	BOSQUE FRAGMENTADO	1014.63
3.1.4	BOSQUE RIPARIO Y DE GALERIA	738.78
3.2.1.1.2.1	HERBAZAL DENSO INUNDABLE	699.21
3.3.4	SUELO DESNUDO	497.01
4.1	ZONAS PANTANOSAS	285.6
5.1.2	LAGOS, LAGUNAS Y CIENAGAS NATURALES	22.36
2.1.1	OTROS CULTIVOS TRANSITORIOS	93.63
2.3.1	PASTO LIMPIO	1395.48

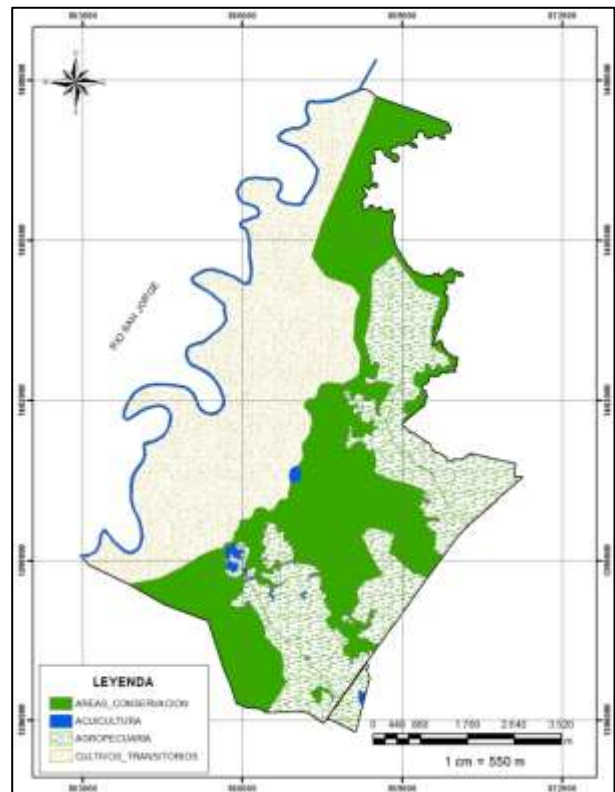
Fuente: Propia 2018.

4.2 CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU VOCACION

Una vez determinada la distribución de las coberturas encontradas en el predio objeto de

estudio, se realizó una visita de campo para validar y constatar que la información obtenida del estudio corresponda a la realidad del terreno, hecho esto se procedió a determinar unas zonas homogéneas de manejo agronómico, según lo observado en la visita de campo y de esta manera establecer su vocación de uso, de tal forma que se lograron identificar cuatro vocaciones así: Zona con vocación de cultivos transitorios en zonas susceptibles a inundación, zonas de conservación y restablecimiento de vegetación nativa, área de cuerpos de agua con vocación acuícola y la zona con vocación agropecuaria permanente apta para los programas de formalización de tierras rurales. (Imagen 4)

Imagen 4. Vocación del suelo



Fuente: Propia

Teniendo la distribución de las vocaciones de uso de la tierra se procedió a calcular su respectiva área. (Tabla 2)

Tabla 2. Área según Vocación del suelo

VOCACION DE USO	AREA (HA)
CONSERVACION	1601.47
AGROPECUARIA (FORMALIZACION)	1236.91
CULTIVOS TRANSITORIOS INTENSIVOS	1791.20
ACUICULTURA	22.36

Fuente: Propia

5. CONCLUSIONES

A través de la interpretación de imágenes, con el análisis de coberturas es posible determinar una vocación de uso del suelo. Es importante resaltar que sí las imágenes son de alta resolución espacial, más acertada es la determinación de la vocación del uso del suelo.

La Geomática se convierte en una herramienta ágil y muy práctica para ayudar a realizar un ordenamiento territorial de la parte rural, donde se busque la optimización del aprovechamiento del recurso suelo con fines agropecuarios y de esta manera contribuir al desarrollo económico de una región y a mantener la seguridad alimentaria de la misma.

A través de este proyecto de Geomática aplicada se logró establecer que en el predio Las Catas si hay área con vocación agropecuaria apta para apoyar los programas de formalización de predios rurales (1.236 Ha).

En este trabajo también se halló una zona con vocación agrícola para cultivos transitorios (1.791 Ha), sin embargo no podrá ser parte de programas de formalización de tierras, debido a que son susceptibles de inundaciones por parte del río San Jorge, de tal manera que se convierte en playones comunales y su aprovechamiento debe estar direccionado por un manual de uso emitido por la entidad competente.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Aguilera, J. (2017). Evaluación de existencia de conflictos en el uso del suelo en el municipio de San Carlos de Guaroa, Meta. *Universidad Militar Nueva Granada*.
- Ezguerra, A., Cuesta, E. M., & López, J. (1998). Proyecto LACOST. Cambios en la cobertura del suelo en las costas Europeas. Observatorio medioambiental, Universidad Computense, Madrid.
- IDEAM, R. V. (2013). *Análisis de Dinámicas de Cambio de las coberturas de la tierra en Colombia; Escala 1:100.000 periodos 2000 - 2002 y 2005 - 2009*. . Bogotá.
- IGAC. (2009). *Estudio Genral de suelos y Zonificación de Tierras para el Departamento de Córdoba*. Bogota.
- IGAC. (2015). *LEYENDA DE USOS AGROPECUARIOS DEL SUELO A ESCALA MAYORES A LA ESCALA 1:25.000*. Bogotá.

- IGAC. (2015). *Leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000*. Bogotá.
- Lamprea, A. (2017). Zonificación de las coberturas de la tierra mediante la aplicación de herramientas SIG para la revisión y ajuste del P.O.T en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: Caso municipio de Zipaquirá. *Universidad Distrital Francisco José de Cladas*.
- Minagricultura. (2013). Decreto 1465. Bogotá.
- Munar, J. (2010). Determinación del potencial de los modelos digitales de elevación como fuente de datos para la evaluación de la aptitud de las tierras. Caso del cultivo de mango. *Universidad Nacional de Colombia. facultad de Agronomía*.
- Patiño, N. A. (2015). Clasificación de la cobertura de la Tierra en el suelo rural del municipio de Pupiales - Narño, mediante la aplicación de herramientas SIG. *Universidad de Manizales*.
- Umaña, P. M. (2018). Análisis Multitemporal de la Zona de Explotación Minera a Cielo Abierto en el municipio de Duitama a partir de Imágenes Landsat 7 y Sentinel 2A. *Universidad Militar Nueva Granada*.
- UPRA. (2013). *Evaluación de Tierras para la Zonificación con Fines Agropecuarios a nivel nacional. Metodología a escala General (1:100.000)*. Bogotá.
- UPRA, I. (2015). *Leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000*. Bogotá.
- UPRA, IGAC. (2015). *Leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000*. Bogotá.
- vazquez, A. F. (2001). Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso Piedemonte de Villavicencio, Meta. *Universidad Nacional de Colombia. facultad de Agronomía*.
- Vázquez, A. F. (2011). Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso Piedemonte de Villavicencio, Meta. *Universidad nacional de Colombia. facultad de Agronomía*.