

**ANÁLISIS MULTIESPECTRAL MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT
PARA IDENTIFICACION DE ZONAS DEGRADADAS EN EL AREA
CIRCUNDANTE A LA LAGUNA DE TOTA DEPARTAMENTO DE
BOYACA**

Proyecto final de Grado

Autor:

HECTOR FERNANDO MORENO

Código: 3101189

Ingeniero Forestal



Universidad Militar Nueva Granada

Facultad De Ingeniería

Especialización en Geomática

Bogotá D.C., 29 de Enero 2015

ANÁLISIS MULTIESPECTRAL MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT PARA IDENTIFICACION DE ZONAS DEGRADADAS EN EL AREA CIRCUNDANTE A LA LAGUNA DE TOTA DEPARTAMENTO DE BOYACA

MULTISPECTRAL ANALYSIS USING LANDSAT IMAGES ON DEGRADED AREAS FOR IDENTIFICATION OF LAGUNA TOTA DEPARTMENT BOYACA

Héctor Fernando Moreno González
Ingeniero forestal, especialización en Geomática
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia
Husserl18@hotmail.com

RESUMEN

La mayoría de los ecosistemas naturales de Colombia han sido transformados y degradados como resultado de actividades como la deforestación causada entre otras, por cultivos ilícitos, aprovechamiento no sostenible y sobreexplotación producción agroindustrial; la producción agropecuaria, explotación de materiales a cielo abierto, desarrollo urbano y de infraestructura, la urbanización e introducción de especies, entre otras.

Esta rápida conversión y deterioro de los ecosistemas originales, ha generado pérdida de biodiversidad, disminución en calidad y cantidad de los recursos hídricos y degradación de los suelos, de aguas tanto marinas como continentales, acompañados de prácticas extractivas y productivas no siempre armónicas con el entorno natural.

En este marco de condiciones de deterioro, surge la necesidad de encontrar nuevas y más rápidas formas de manejo de suelo que no sean necesariamente e "in situ" para lo cual se pensó en realizar el proyecto que está orientado a analizar, las áreas degradadas, en las coberturas próximas de la laguna de Tota, recubriendo un área de influencia superior a los 10 km circundantes, área ubicada en el departamento de Boyaca por medio de 7 bandas del espectro y sus respectivas combinaciones que determinaran una mejor relación de estas en pro del análisis de los daños edáficos causados en la zona usando una imagen satelital Landsat de los años 2009 en versiones 5 y 7

Palabras claves: Análisis, Multiespectral, Áreas, Degradadas, multibandas, Imágenes, Clasificación.

ABSTRACT

Most natural ecosystems of Colombia have been transformed and degraded as a result of activities such as deforestation among others, illegal crops, unsustainable use and overexploitation agroindustrial production; agricultural production, development of materials in the open, urban development and infrastructure, urbanization and introduced species, among others.

This rapid conversion and degradation of the original ecosystems, loss of biodiversity has generated, decreased quality and quantity of water resources and soil degradation, both marine and inland waters, not always accompanied by harmonic extraction and production practices with the environment natural.

In this context of deteriorating conditions, degraded areas comes the need to nuevas y encontrar more fast way to soil management than secasariamente and "in situ" for which was thought to make the project that is aimed at analyzing, in the upcoming coverage tota lagoon, covering an area of greater influence to the surrounding 10 km, an area located in the department of Boyaca through 7 spectral bands and their combinations determine a better relationship of these pro-analysis of edaphic damage in the area using a Landsat satellite image of the year 2009 in versions 5 and 7

Keywords: Analysis, Multispectral, Areas, Degraded, multiband, Images Classification.

INTRODUCCIÓN

En Colombia el tema de la restauración de tierras ha sido abordado desde mediados de la década de los noventa, en un principio por ONG, después promovido mediante cursos y seminarios organizados por diferentes instituciones, y muy recientemente se construyó el Protocolo Distrital de Restauración Ecológica, con una guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales

Boyacá recientemente se ha vinculado en uno de los nodos en el modelo de restauración de áreas degradadas. Estos trabajos que en la actualidad han apreciado diferentes visitantes de Colombia y el exterior, gracias a la Fundación CIPAV y la Corporación Eco ambientes, con fondos provenientes de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Que ha servido como punto de partida para otros proyectos en diversas zonas y Boyacá no es la excepción; Sin embargo los resultados no han sido satisfactorios, gracias a la incapacidad de poder mantener los procesos de trabajos en la zona,

Con el presente proyecto se pretende tener en cuenta algunas de esas técnicas de trabajo en campo para obtener por medio de la Geomática un enfoque diferente en el manejo de estas áreas, esto representaría una gran alternativa ambiental y financiera para que los municipios recuperen y continúen en la lucha de estas áreas erosionadas, así El presente trabajo, presentaría un método que tiene como propósito realizar un análisis Multiespectral mediante un buffer de trabajo de 10km alrededor de la laguna de tota para la cual se realizara un sinergismo en tres bandas y de esta forma poder determinar el mejor uso para su análisis

La Laguna de tota es sin duda uno de los centros turísticos más importante de Boyacá y centro de múltiples evento que congrega a miles de personas a su alrededor, este tipo de singulares connotaciones lleva ala laguna y sus alrededores a tener una carga de usos máximo, al no ser considerada un parque o no estar en riesgo su usos se ha vuelto excesivo, haciendo cada vez más y más importante el análisis de bienestar vegetal y edáfico en sus alrededores

Las actividades antrópicas alrededor de la laguna y los continuos los cambios de uso del suelo, ha traído consigo procesos de deforestación la alta carga de sólidos bióticos y domésticos que han contribuido a incrementar procesos de sedimentación y por consiguiente un potencial alto riesgo de inundación; Desde el punto de vista hidrológico es importante señalar, que su función permite controlar la estructura del suelo como regulador, La continua pérdida de la cobertura vegetal y por tanto el deterioro de los ecosistemas naturales sumado a la actividad entrópica, ha generado graves impactos ambientales, sin desconocer la influencia que tenga el cambio climático.

Algunos estudios que se han hecho pueden ser de punto de partida para el estudio Multiespectral para el uso del suelo entre otros, están

- el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI) ha venido conformando una base de datos espaciales con la identificación de la cobertura vegetal existente en las áreas de influencia de los cultivos de coca, para el periodo 2001-2006
- La universidad del Valle realizo un estudio demostrativo sobre coberturas y cambios de uso del suelo en la región de Buenaventura, Colombia mediante un Análisis con imágenes Landsat TM de 1986 y 1997
- la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se realizó el trabajo de postgrado titulado Evaluación y Análisis Multitemporal de la Deforestación de la Amazonia Colombiana, el cual cuantificó la deforestación en la región (Arciniega, Garzón, Melo y Serrano.1999).
- el Instituto Colombiano de Estudios Ambientales (IDEAM), realizaron el estudio Metodología para estimar Cambios de Biomasa Área boscosa y su relación con la emisión de captura de dióxido de carbono (CO₂) en los bosques, el estudio empleo imágenes Landsat MSS y TM. (Alarcón y Cardona, 2001).

Se espera que las Áreas que básicamente cubren las zonas media y baja en estado degradado puedan ser identificadas y las zonas de mayor nivel de uso se tomen de manera prioritaria, dado que estos sectores poseen mejor calidad de suelo.

En términos de su profundidad, sus características climáticas estas zonas proveen mayores beneficios para el óptimo crecimiento y desarrollo de especies de revegetalización nativa. Por otro lado las zonas más aptas para todo tipo de manejo forestal y agrícola se encuentran en las zonas medias y semi-de los puntos de estudio puesto que estas zonas aunque brindan las cualidades climáticas requeridas, poseen inconvenientes en lo referente a profundidades y drenajes del suelo.

1. MATERIALES Y METODOS

1.1 METODOLOGIA

Las principales actividades para el desarrollo de este proyecto toman como herramientas en primera medida, la adquisición de la información primaria y secundaria, correspondientes a las imágenes satelitales e información complementaria para el proyecto. Se generaron mejoramientos a las imágenes seleccionadas en busca de poder procesarlas bajo el sistema PCI (focus) y así poder combinar las bandas preliminares, que permitan mejorar la interpretación visual.

Una vez valorada la calidad de la información de las imágenes, se realizara la clasificación no supervisada.

La clasificación de imágenes de satélite permite delimitar áreas y coberturas para hacer una interpretación, basándose en la manipulación numérica de las imágenes, se pueden interpretar y clasificar los números digitales que representa cada píxel y convertirlos a un lenguaje que pueda manipular y trabajar en diferentes realces, con este método lograr un mapeo diferente.

Los métodos tradicionales de clasificación involucran dos alternativas, el método no supervisado y el supervisado. El primero crea agrupamientos espectrales o clusters en el cual se asocia una clase temática a cada uno de los grupos que se clasifico, de esta forma se pueden determinar cambio en las imágenes.

1.1.1 Requisitos Para La Selección De Imágenes

Los requerimientos que deben cumplir las imágenes son los siguientes:

Fecha de toma. Para este tipo de análisis resulta más conveniente, emplear tomas de imágenes capturadas en la misma época del año, preferiblemente en tiempo seco, para garantizar la correspondencia de los datos. inclusión de las 6 bandas del espectro electromagnético (Azul, rojo verde, dos del infrarrojo cercano y una banda del medio). la presencia de imágenes no debe superar el 20% del cubrimiento de la imagen.

Disponibilidad de los metadatos de cada imagen.

las imágenes fueron seleccionadas de la página de internet <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>, las cuales se adquieren de forma gratuita. A continuación se muestran dos imágenes de la zona de estudio que pueden también ser usadas para el análisis pero estas no fueron tenidas en cuenta, pues presentan muchas nubes.

1.1.2 Análisis Multiespectral

Este tipo de procedimientos metodológicos tienen como objetivo fundamental la captura de datos tipo numérico y geográfico, para crear una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura del territorio, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales, el territorio es demarcado por el polígono del parque natural

Para la realización de este estudio se utilizaron básicamente imágenes Landsat EMT de los años 2009, descargadas de la página WEB mencionada anteriormente), Georeferenciadas al sistema MAGNA SIRGAS.

Uno de los aportes más destacados de la teledetección espacial al estudio de cobertura vegetal es su capacidad para seguir procesos que involucran cambios ya sean debidos al ciclo estacional de las cubiertas, a catástrofes naturales o a alteraciones de tipo humano. Gracias al hecho de tratarse de información adquirida por un sensor situado en una órbita estable y repetitiva.

En este tipo de estudio se evalúan los cambios que sufren las coberturas vegetales y en este caso ganancia o pérdida de área de la ciénaga como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico.

La mayor parte de los casos, la detección de cambios se realiza comparando, píxel a píxel, los niveles digitales de las distintas imágenes. Lo que involucra que ambas imágenes deben llenar requisitos de ajustes tales como (georreferenciación, orto-rectificación, etc.), lo que permiten realizar el estudio y facilita una comparación objetiva.

Este tipo de análisis en los cambios en los usos del suelo, aportan información importante para la planificación, gestión territorial entre otros y la evaluación del impacto ambiental en determinadas zonas.

1.2 Descripción de las Imágenes

la imagen corresponde a los periodos 2009, la cual cuenta con raster independientes definidos como bandas espectrales, cada imagen está compuesta por 6 bandas, las imágenes se procesaron con PCI Geomatics (El nivel de procesamiento)

Nivel De Procesamiento digital de cada una de las bandas es LG1, el cual hace es uno de los más usados, gracias a su calidad generada por los proveedores, empelando datos de tipo computarizados en el momento de la captura de la imagen.

Características De Los Productos

- ID. Identificador único para cada insumo de acuerdo con el metadato.
- Path/Row. Está compuesto por dos números,
- la ubicación de la imagen satelital.
- Fecha de captura.
- Sensor. Identificación del sensor usado para generar la imagen.
- Datum, proyección. Sistema de referencia para las imágenes.
- formato de Almacenamiento.

Imagen año 2009

- WRS-PATH: 010, WRS-ROW: 055
- Latitud Central de la Imagen"
- Longitud Central de la imagen:
- Datum de Referencia: "WGS84"
- Elipsoide de Referencia "WGS84"
- Origen: "Central"
- Resolución especial: 30.000
- Proyección "UTM", Zona: 18
- Azimuth:
- Elevacion:
- Tamaño de la matriz Referencia: 7775 * 7276
- Formato de salida: "LTG"

1.3 Componentes De Las Imágenes

Las imágenes seleccionadas tiene las mismas bandas espectrales, en general son dos los detalles que resaltan diferencias, para la resolución espacial de la banda seis (Infrarrojo Térmico), se reduce de 60 a 120 metros, para landsat 5 y 7, la segunda edición se aprecia en la banda 8 (Pancromático), para Landsat 7, que brinda una mejor resolución espacial, 15 metros.

La imagen fue seleccionada de la página Global Land Cover Facility -GLCF de Earth Science Data Interface –ESDI1, de las cuales se tuvo en cuenta que fueran de la Zona Path 010 y Row 055, sin nubes y sin bandeamiento.

La imagen correspondiente al periodo de 2009 cuenta con las siguientes bandas:

7 bandas que van de la 1 a la 7, tres en el visible (1,2,3), 3 en el infrarrojo (4,5,7), y una en el térmico (6).

2. DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Geográfica

Área de estudio

La laguna de Tota se encuentra ubicada en el departamento de Boyacá entre las coordenadas: Latitud 5.54 ° N longitud 72.92 ° W . Altura: de 3015 msnm, Clima: frío , tipo de área se extiende desde las regiones montano alto, paramo y paramo: ver imagen 2

La laguna de Tota tiene una longitud aproximada a los 53 km² y es considerado uno de los centros mas representativos de la region . su temperatura promedio es de 13 °C, cuenta con mas de 60 metros de profundidad y presenta poca variación a través del año (Azobonal, 1997). La precipitación presenta una media anual de 1.200 mm³ y un régimen de lluvias entre mayo a noviembre y caudal mínimo entre diciembre y abril; se observa un pequeño nivel, bajo en junio, lo que repercute en cambios temporales del nivel del agua del río y en su influencia sobre el plano de inundación



IMAGEN 1 Fuente: CORPOBOYACA

Según la PAG web de la WWF el lago de TOTA Hace instancia de parte de los municipios de Aquitania, Cuitiva y Tota (EOT Aquitania 2001); y SE Encuentra UBICADO un 3.015 m, la Superficie de la cuenca es de 201 Km² de los Cuales approximately 55 Km² cubren el espejo de agua (Hidroestudios 1978) con 145 hectáreas de vegetación palustre (Macana 2007). Ver imagen 3

La vegetación perenne en la zona establece Etapas de sucesión secundaria (Rangel y Aguirre, 1986), pequeños relictos de bosque nativo en Las Orillas del lago, con Especies Típicas Como Aliso (*Alnus jorullensis*), Arrayán (*Myrcianthes rhopaloides*), Raque (*Valea stipularis*), Chilco (*Baccharis latifolia*). Un heno orilla la Plantaciones de Eucaliptos, Pinos, acacias Y Zonas Cultivadas (Varty et al., 1986), Principalmente con monocultivo de cebolla en la instancia de parte plana Cerca al espejo de agua, Aspecto Que ha ido deteriorando y restringiendo el acceso acceso al lago (EOT Aquitania 2001). La vegetación Acuática extensas Comprende áreas de juncuales, eneales y vegetación emergente.



IMAGEN 2: Fuente : *corpoboyaca*



Imagen3 Fuente: <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

Con respecto a la fauna Asociada al Lago de Tota, se Tienen registros de ictiofauna, herpetofauna y mastofauna (Calvachi y Moncaleano 2005).

Entre El año 2003 y 2006, según el geofauna.com se Reporta total de 16 Especies Migratorias Residentes. Entre las Residentes eiste la Presencia de tres Especies endémicas, subespecies endémicas, 4 Registradas Por segunda vez pára alrededores y 1 estan reportadas en Alguna categoría de Amenaza mundial y nacional (Zuluaga-Bonilla y Macana en Valuación). ,

2.2 Cronológica

El periodo de tiempo que se quiere analizar data del año 2009 con nuna comprobacion de campo de este año (2015) en el analisis ,se podrá mostrar Cuál ha sido la cambio de la área alrededor de la zona escogida, centrandonos en el cambio de uso del suelo y la degrdacion que ha sufrido para este estudio de caso, se tendrá en cuenta una de la zonas protegidas de Tota Ver imagen 4.

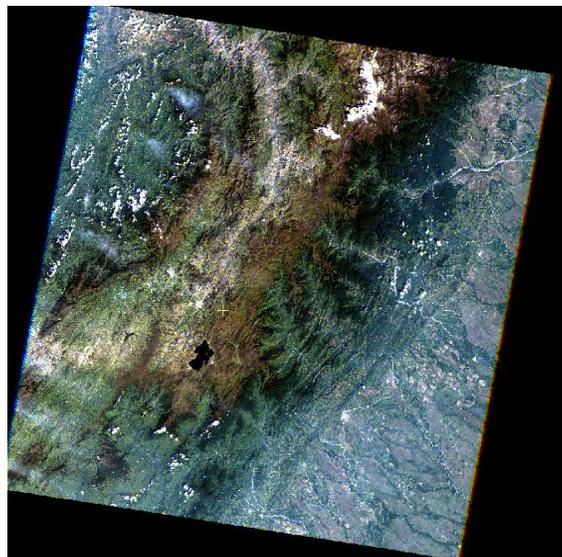


Imagen 4: imagen base : Fuente: Earth Science Data Interface

2.3 Hidrografía

La cuenca del lago de Tota cuenta con alrededor de 12 micro cuencas importantes que abastecen las tres cuencas hidrográficas importantes: río Upía, río Cusiana estos dos importantes del sistemas hídricos de la Orinoquía y el lago de Tota, los cuales carecen de planes de ordenamiento para lograr un manejo adecuado buscando su sostenibilidad regional.

La característica del territorio de la cuenca es la producción del recurso hídrico permitiendo el abastecimiento de las poblaciones cercanas y regionales como en el caso de la ciudad de Sogamoso. Pero a la vez se carece de programas para la preservación y manejo adecuado de las zonas de recarga de acuíferos, nacimientos y de bosques de ribera. (Fuente: Mojica, Romero y Trujillo, 2011).

2.4 Suelos

Los suelos de esta zona son suelos que han evolucionado a partir de materiales rocosos y de gran antigüedad de texturas limosas a arenosas, con densidades medias a altas de alta susceptibilidad al deterioro, bajos niveles de fertilidad, fuerte acidez, temperatura edáfica baja, pedregosidad muy alta con problemas de retención de humedad de evolución muy lenta con un relieve muy quebrado a escarpado en amplios sectores, procesos erosivos permanentes y consecuentes, temperaturas edáficas inferiores a 10°C, heladas frecuentes, indicando que la mayor parte de las tierras de la región tienen poca vocación agropecuaria Sin embargo se ha llavado proceso de manejo con suelos jóvenes, superficiales muy fértiles esto a ocasionado que los problemas de drenaje sean menores y evite inundaciones periódicas. Por otro lado están los usos del suelo como lo son los ocupados en recreación compatible con zonas de parques ecológicos y los usos condicionados, entre los que se destacan los centros habitados por el hombre.

2.5 Vegetación

Según el último inventario del Parque Nacionales Realizado en el 2012 se encontró que en la laguna de Tota se encuentran pequeños relictos de bosque alto andino dominados por mortiño (*Hesperomeles* sp.) y chite (*Hypericum* sp.). Se encuentran adicionalmente algunos sectores plantados con aliso (*Alnus* sp.), pino (*Pinus patula*) eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y acacia (*Acacia* sp.).

La Laguna de Tota como se dijo anteriormente corresponde al ecosistema de bosque alto andino pero es relevante aclarar que todo el sector ha sido sometido a fuertes procesos de transformación motivo por el cual no se encuentran coberturas vegetales naturales

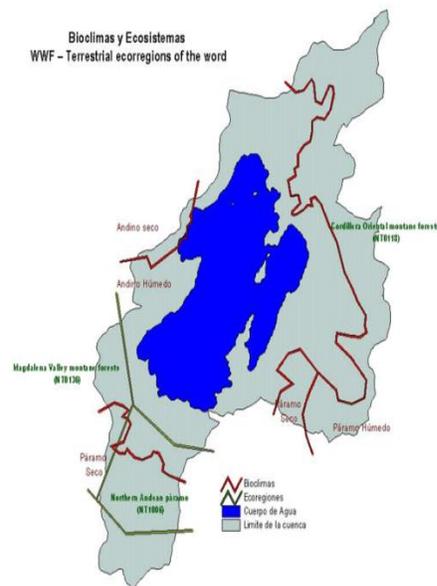


Imagen 5: Ecosistemas Lag Tota : Fuente : WWF 2008

típicas de este ecosistema, salvo algunos relictos muy reducidos con presencia de especies de poco porte como mortiño (*Hesperomeles* sp.) y chite (*Hypericum* sp.). Se debe destacar adicionalmente, la cuenca del Lago de Tota se encuentra dentro de una ronda de protección .

En algunas zonas de los alrededores de la laguna es posible encontrar pequeños residuos de Herbazales pantanosos con *Polygonum acuminatum* y *Thalia Geniculata*.

3. RESULTADO Y ANALISIS

3.1 PROCESAMIENTO DIGITAL

Una de las características sobresalientes en el proceso de este trabajo y en la calidad de los resultados se debe al buen procesamiento de imágenes , es proceso se define como técnicas orientadas a la manipulación, análisis cualitativo y cuantitativo de imágenes digitales, su corrección, transformación y clasificación temática con el fin de generar nueva información sobre áreas.

Con respecto a las correcciones se tienen en cuenta los procesos de eliminación de anomalías ya sean de localización o por niveles digitales de los píxeles que forman la imagen, en las cuales se encuentran las correcciones radiométricas y geométricas. Para los realces y mejoras de las imágenes, están los ajustes de contraste, el Pseudo-color, las composiciones en color, la transformación de HSI, Transformación de tono, saturación e Intensidad, así como los cambios de escala.

Posteriormente está el procesamiento de la imagen, que no son más que operaciones dirigidas a crear bandas artificiales a partir de combinaciones entre bandas originales; es decir dirigidas hacia la clasificación temática, ya sea visual o digital.

El Software de procesamiento usado en este caso fue PCI Geomatics 2012 y ArcGis para correspondiente la salida gráfica.

3.2 Generacion de la clasificacion multiespectral en composiciones

Las imágenes reportan el mismo sistema de referencia

- WGS84 : Año2001 Sistemas De Referencia
- Datum : Magna
- Se tuvo que realizar mediante un historigrama o un conteo de los picos mínimos y máximos de las firmas espectrales para clasificar cada cobertura de la zona de estudio El área fue analizada tomando las 6 bandas , del espectro y analizándolas por aparte.
- Las firmas espectrales se forman gracias a la cantidad de luz reflejada y absorbida por los diferentes cuerpos con las que chocan, estos rayos de luz dejan de percibirse por el sensor al devolverse produciendo una marca, claro que las marcas se enmarcan para este caso en 255 tonos de gris y su variabilidad es limitada.

Realizando un analisis de las firmas espectrales obtenidas

COBERTURA	B1		B2		B3		B4		B5		B7	
	Min	Max										
Bosques	50	52	33	37	26	32	52	72	44	58	21	27
Tierras Descubiertas	76	86	63	77	66	82	47	51	92	100	70	80
Cuerpos de agua	54	57	40	43	32	37	12	14	13	16	11	14
Paramo	57	62	47	51	45	52	43	47	73	85	47	53
Nieve	254	255	254	255	255	255	172	213	22	28	17	24
Vegetacion Herbacea	59	63	45	52	32	36	97	113	76	93	33	44
Nubes	255	255	253	255	254	255	193	228	174	255	104	255
Sombras	51	56	30	34	21	26	18	22	13	18	10	14

Tabla 1 listado de limites para cada una de las bandas (tabla sin ajustar)

Fue posible identificar en la imagen correspondiente en 8 diferentes tipos de cobertura entre las que se encontraron: bosques, paramos, suelos desnudos, nieve, vegetacion hervacea, cuerpos de agua, nubes y sombras.

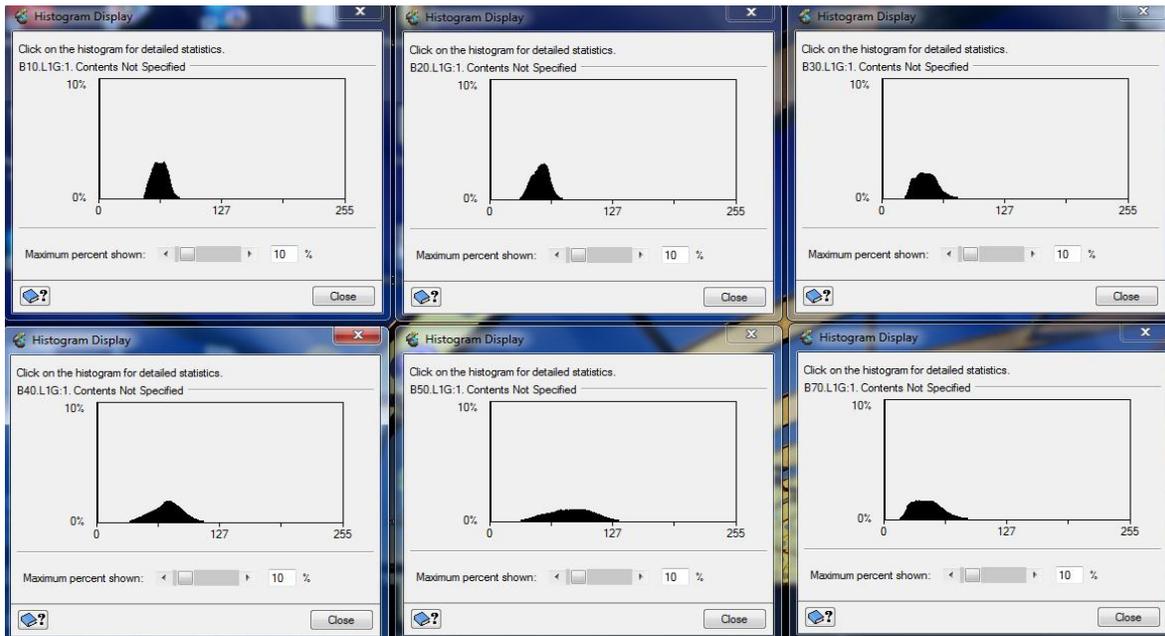


Imagen 6: histogramas por bandas espectrales

Para cada una de las coberturas tomamos los los limites de las bandas (tabla 1) ,comparandolas entre si y con sus histogramas (imagen 1) pudimos analizar que:

- Teniendo los límites de las bandas por cobertura y comparando entre histogramas las bandas con mayor superposición son las bandas 2 con la 3 bandas del visible y también las bandas 4 visible con la 5 , la banda 7 aunque tiene cierta similitud difieren en los valores por coberturas. Lo que nos hace más difícil diferenciar el tipo de usos en esta banda
- Entre las bandas evaluadas para la imagen, los canales que menos tiene superposición son la banda 1 la banda 4 y la banda 7 ya que son las banda más lejanas entre sí y por consiguiente no tienen mucha relación por sus propósitos de identificación dejándonos una amplia gama de matices que permiten diferenciar los tipos del suelo resultantes del trabajo de sinergismo posterior
- Muchos de estos rastros aunque diferentes pueden parecerse mucho entre sí dependiendo de los elementos con los que choquen, por ejemplo las firmas que puede dejar una nube puede ser muy parecida con la que deja la nieve (niveles siempre superiores a 220 a 255 tonos) o las sombras con los cuerpos de agua o incluso las zonas de gran desarrollo arboreo (niveles bajos de gris de 1 a 50 en casi todos los casos), otras situaciones en donde es posible sobreponer bandas , es entre bandas ya que cuando el espectro electromagnético se encuentra entre los límites de una y comienzo de la otra (ejemplo histogramas de las bandas 2 y 3 los visibles (imagen 1)) los valores pueden llegar a ser muy parecidos y sus firmas percibir casi de la misma forma.

3.3. Clasificación e identificación de área en conflicto

Cuando las imágenes de la misma zona se obtienen en diferentes canales se comparan con el fin de hacer un seguimiento o cambio que permite encontrar una alta correlación entre las bandas se tratan partes de la escena que muestren una ausencia de correlación, pues están representando zonas de cambio.

En el caso de las aplicaciones multispectrales , se usa esta técnica en particular, a partir de las 6 bandas de estudio con estas se generan los respectivos análisis de componentes principales, en este caso los primeros componentes no son los más importantes, estos recogen información común en las dos fechas y estos datos no sufren cambios permanecen estables en el tiempo.

Realizando la clasificación de cada una de las bandas en Pseudocolor pudimos , luego tener los límites de cada firma espectral por banda y por cobertura así fue posible atribuirles colores a cada una de las coberturas y así poder apreciar más la diferencia de cada una por cada banda y realizar el análisis según su tono ya ajustado.

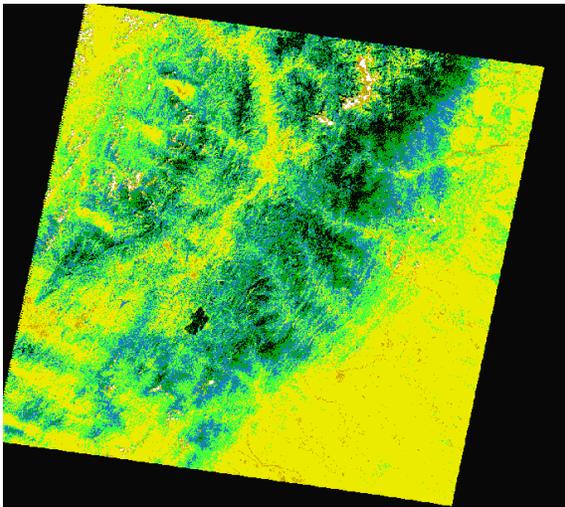
Los colores usados para cada banda fueron:

1. Bosques (verde oscuro)..... 
2. Cuerpo de agua (azul oscuro)..... 
3. Nieve (blanco)..... 
4. Nubes (gris claro)..... 

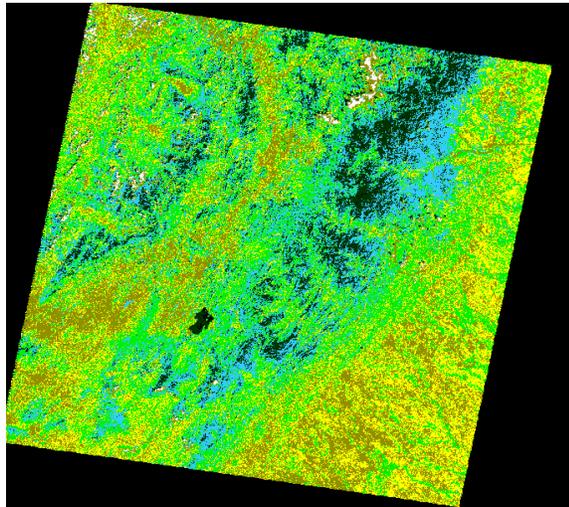
- 5. Paramo (amarillo)..... 
- 6. Sombras (negro)..... 
- 7. Tierras descubiertas (naranja)..... 
- 8. Vegetacion Herbacea (verde claro)..... 

Luego de discriminar los colores por cobertura e identificar las coberturas se dieron los colores por bandas y el resultado fue:

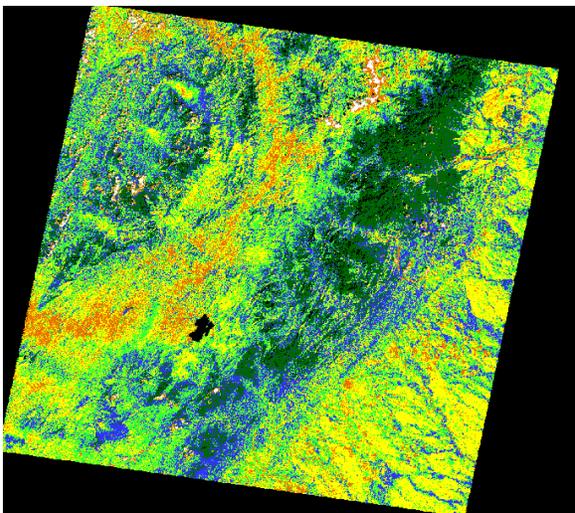
Fuente de las bandas (1- 7): Realizada por el Autor



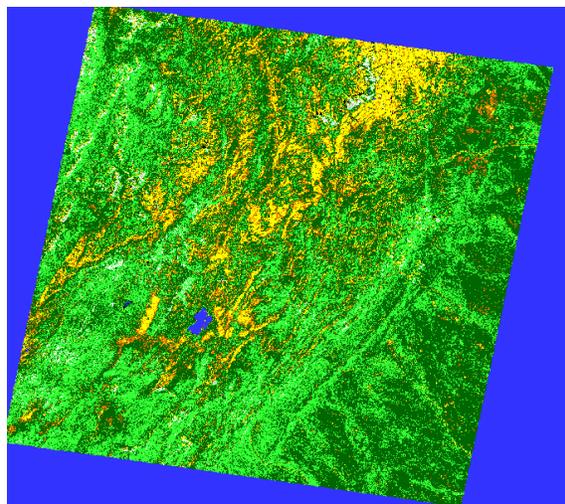
Banda 1



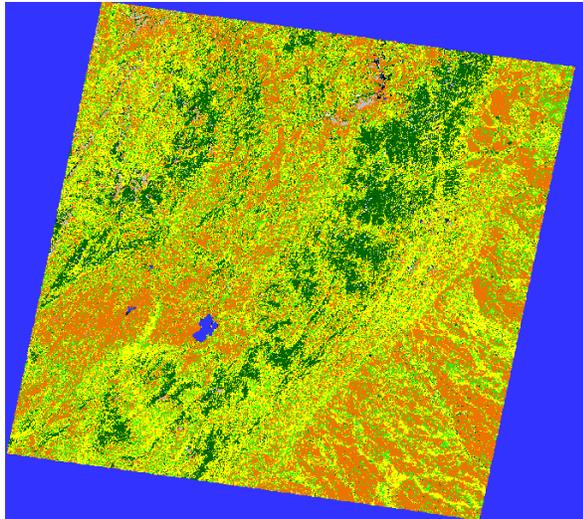
Banda 2



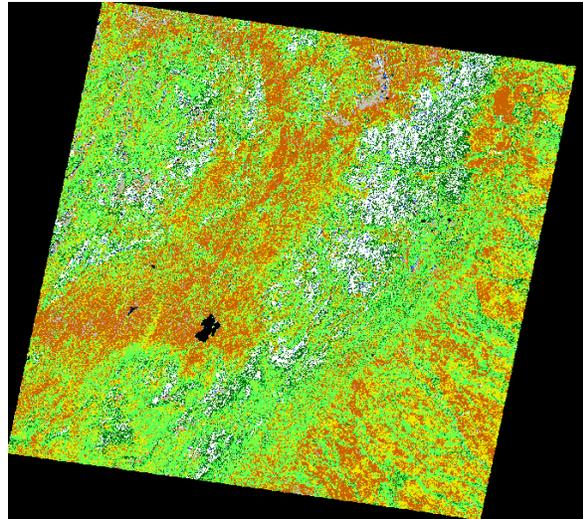
Banda 3



Banda 4



Banda 5



Banda 7

Con las bandas procesadas fue posible realizar los siguientes analisis :

- Las areas cambian de acuerdo al tipo de banda que estemos usando , no es lo mismo usar la banda 1 del visible a la banda 5 del infrarojo medio la repuesta de las coberturas en su absorcion es diferente
- Las ondas de las diferentes bandas dejan un rastro que depende de su cadencia, continuidad y concentracion, su reflecion es distinta y su absorcion es distinta, esos cambios entre bandas nos dan la posibilidad de analizar mas o menos en la misma superficie los cambios graduales entre suelos

Por ejemplo para las bandas del visible azul , verde y rojo sus ondas son distintas y responde distinto en la banda 1 (azul) podemos ver mas claras y diferenciar los cuerpos de agua que absorben casi todo el az de luz para el caso de la banda 2 (Verde) destaca la vegetacion ya que absorbe el color facilmente y las mejores evidencias de grupos arboreos y vegetacion baja y cultivos son la banda 3 (rojo) que resalta este tipo de coberturas.

Y de acuerdo con las firmas espectrales fue cocible discriminar que:

- Las imágenes utilizadas son del sistema LANDSAT y este fue el responsable de la toma de la imagen que estamos usando y esta cumple con las condiciones dadas para su trabajo especifico, para este caso la banda 6 (infrarojo termal) no pudo ser procesada ni analizada ya que no estaba en la escala que las otras sin embargo es importante aclarar que esta banda generalmente es usada en el estudio de mapas de temperatura , varianzas termicas hidricas y presencia de humedad situacion que es apreciada mas no el odjeto de este proyecto.

- Esta imagen fue expuesta a la división de sus bandas y procesada para ser analizada banda por banda, su obtención fue en estado crudo (BSQ) y no presenta problemas de Gaps (barridos oscuros en la imagen) y fue seleccionada especialmente para que no encontrara un Porcentaje superior a la 30 % de nubosidad distribuida en la imagen, su uso digital fue el adecuado.
- Las composiciones a color generalmente varían dependiendo de las características que queramos mostrar de la cobertura en especial, las mejores composiciones casi siempre deben involucrar una banda del visible que elija y dos del infrarrojo para acentuar las características que quiero ver con la banda del visible, por ejemplo. (siguiente pregunta)

3.3 sinergismo

El sinergismo es la integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de éstos, es decir, cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente crean un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los elementos.

La fusión de imágenes es un proceso que permite combinar datos de distintos satélites o de diferentes sensores. Su objetivo principal es integrar imágenes de distintas resoluciones espaciales y espectrales en una sola que reúna las mejores características de ambas obteniendo un producto híbrido de mayor calidad útil para el fin elegido.

Este es un tratamiento digital utilizado ampliamente ya sea para la determinación de magnitudes físicas o para la obtención de cartografía pues permite incorporar el color a imágenes de alta resolución.

Para este tipo de análisis se toma las dos imágenes recortadas (merge) y se ejecutan desde la herramienta PCI Geomatics 2012 (para este caso)

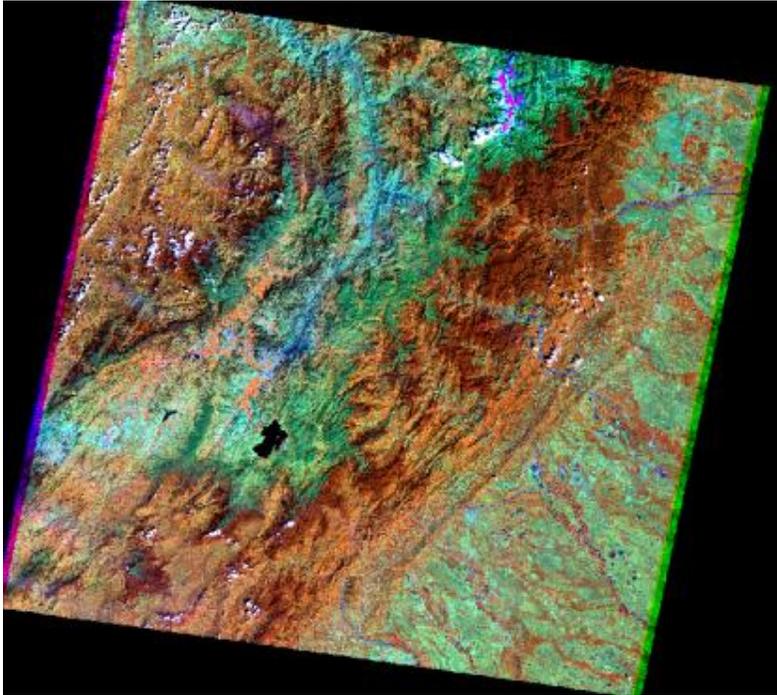
Las bandas apropiadas según lo aprendido para visualizar las diferentes características de las superficies son:



Fuente: Realizada por el Autor

Composicion 3 2 1 (color Real):

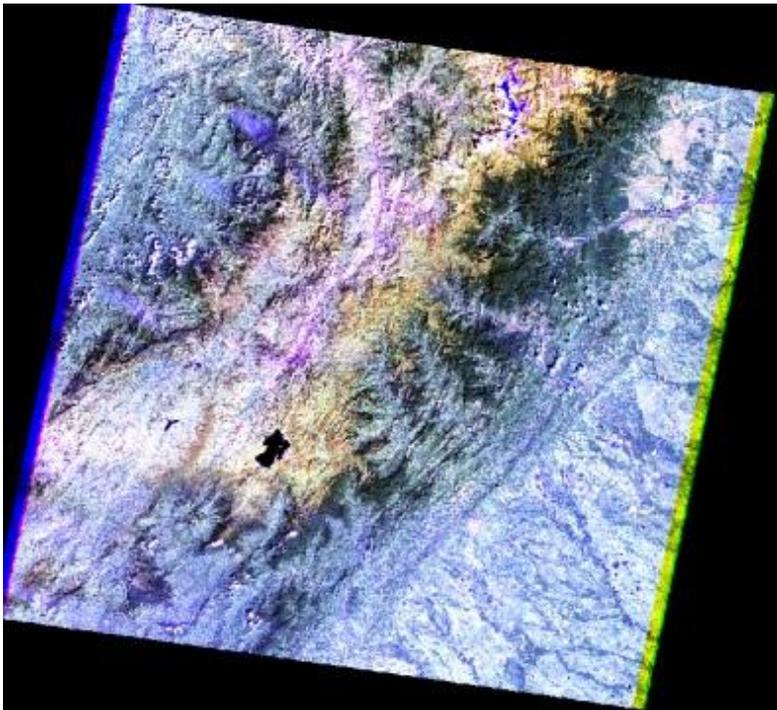
Esta composición combina los canales del visible y me permite visualizar la imagen en color original, dándome la posibilidad de ver las coberturas con su color normal y así identificar visualmente diferentes estructuras, texturas y geometrías.



Composicion 4 5 3 (vegetacion):

Esta composicion combina los canales visibles e infrarojo cercano y medio , con las caracteriticas del rojo en la visible (banda3) y los infrarojos apaciguan los colores de las otras coberturas , asi esta composicion resalta la vegetacion en tods sus gamas basandose en gradientes de rojo, de rojo intenso (bosque maduro) a diferentes tonos de naranja (vegetacion herbacea y cultivos)

Fuente: Realizada por el Autor



Composicion 7 5 2 (suelos y construcciones):

Al igual que la anterior, esta composicion combina los canales visibles e infrarojo cercano y medio , con las caracteriticas del verde en la visible (banda2) y los infrarojos apaciguan los colores de las otras coberturas para este caso la banda resalta el uso de suelos desnudos y construcciones reflejando mas en cada una de ellas.

Fuente: Realizada por el Autor

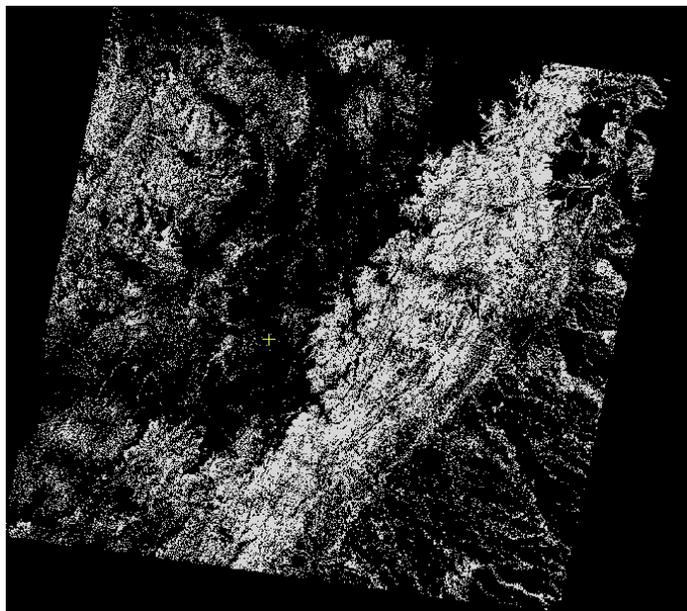
Cuando dos imágenes de la misma zona se obtiene con diferentes procesos y los canales se comparan con el fin de hacer un seguimiento estacional, habrá una alta correlación entre las dos imágenes, se tratan partes de la escena que muestren una ausencia de correlación, pues están representando zonas de cambio. Los componentes inferiores ofrecen información no común, el cambio que es objeto de estudio en este tipo de proyectos

En el caso de las aplicaciones multiespectrales, se usa esta técnica en particular, a partir de dos imágenes de estudio, con estas se generan los respectivos análisis de componentes principales, en este caso los primeros componentes no son los más importantes, estos recogen información común en las dos imágenes y estos datos no sufren cambios permanentes estables en el tiempo.. (Chuvieco, 1996)

Usando el método anteriormente descrito (Sinergismo) en el índice de verdor o de vegetación para este proyecto el resultado obtenido fue el siguiente

Indice de vegetacion

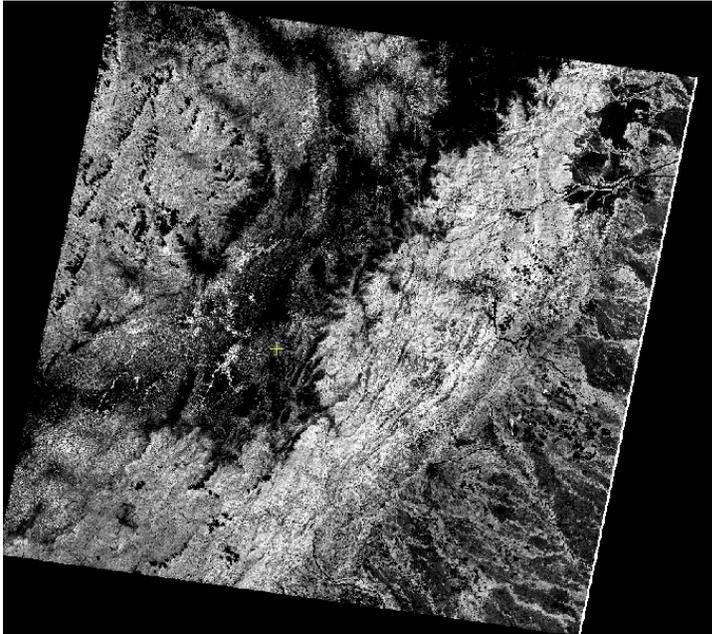
Mediante la plataforma de procesamiento digital PCIgeomatics (focus) y su herramienta de Merge & Fusion se pudo combinar las bandas de dos maneras para identificar la vegetación y sus características que llamamos índice de vegetación simple (*sin sinergismo*) y detallado (*realizando Sinergismo con la banda en escala de grises*):



INDICE DE VEGETACION SIMPLE

Para esta composición las bandas usadas fueron la banda del visible y la del infrarrojo cercano, Usando la siguiente expresión: $4/3$

Fuente: Realizada por el Autor



INDICE DE VEGETACION DETALLADO

Para esta composición las bandas usadas fueron la banda del visible y la del infrarrojo cercano, Usando la siguiente expresión en la combinación de las mismas: $(4-3/4+3)*125$ mas la fusión de la imagen Procesada en Escala de grises (pancromático) recortada con anticipación, realizada a partir de la imagen original.

Fuente: Realizada por el Autor

Si comparamos las dos imágenes podemos notar que están resaltando las mismas áreas en el pancromático, áreas que corresponden a superficies con vegetación, sin embargo la característica más relevante entre las dos es la posibilidad que tiene la segunda imagen de notar gradientes de gris que difieren entre las zonas claras y oscuras en diferentes matices con mayor nitidez mostrándose, no solo la presencia de vegetación en la zona sino también dándonos idea de su estado de calidad de suelo basado en su crecimiento herbáceo y zonas degradadas con mayor confiabilidad.

La posibilidad de poder notar estas características en la imagen me permiten tener mayor minuciosidad y precisión a la hora de realizar la interpretación.

3.5 Resultados biológicos y físicos de la Clasificación

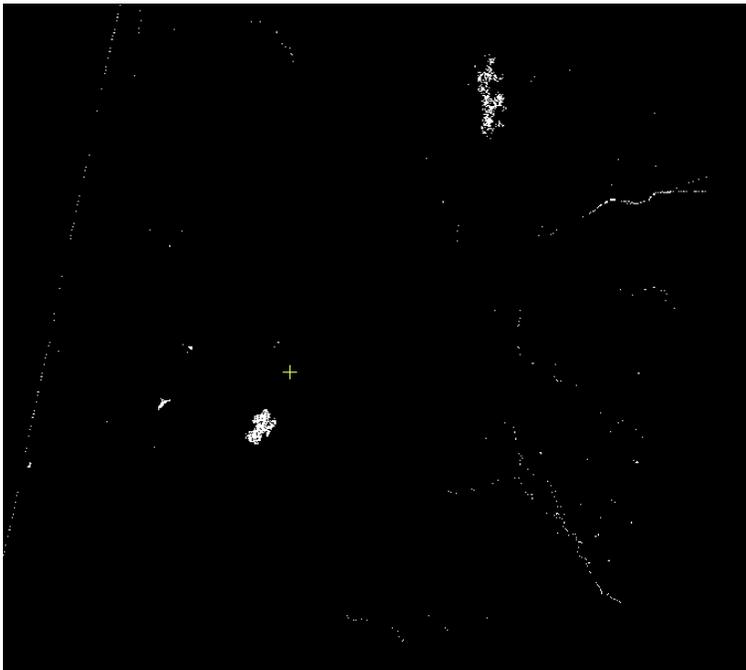
Se evalúa el sinergismo realizado con una clasificación supervisada y utilizando los usos y coberturas evaluados por banda del primer nivel del sistema de clasificación del CIAF: Cultivos, Vegetación Natural, Bosques, Cuerpos de Agua y nubes anteriormente descritos

La clasificación responde a la idea de que pueden establecerse límites precisos entre las respuestas espectrales de unos píxeles y otros, siendo estos límites los que definen las clases. Se genera la sección importando la imagen *.img, se exporta a la extensión nativa del software para poder realizar el proceso de clasificación Supervisada.

1. Cultivos
2. Vegetación Natural Herbácea (VHD)
3. Paramo
4. Bosques
5. Cuerpos de agua
6. Sombras y Nubes.

Seleccionando las áreas de muestreo de cada clase, se procede a revisar las estadísticas la cuales da una idea preliminar que tan bien escogidas y bien localizadas están las muestras identificando la Existencia de características del suelo se identifica una oferta importante de suelos con altas capacidades productivas, utilizadas en cultivos intensivos, presuntamente cebolla, papa con cebolla y papa pasturas, son identificables grandes zonas de pastizales, rastrojos abandonados, plantaciones forestales y pequeños relictos de vegetación natural, a pesar de esto, de alguna manera se intenta mantener la ruralidad de la zona al integrar la producción con la conservación, ya que se identifica la presencia de elementos naturales como es el espejo de agua del lago de Tota, aspecto natural importante; sin embargo, tal uso a lo largo de la periferia del lago proporciona la incompatibilidad ambiental en los predios utilizados para la agricultura, equipamientos y actividades que estimularían de alguna forma los procesos a la urbanización. Por otro lado, se encuentran los equipamientos representados por una fuerte oferta del sector turístico en hoteles, restaurantes de color parecido a las áreas desnudas y urbanizadas es evidenciado un desarrollo pesquero y servicio náutico; igualmente la tendencia a la concentración, en cercanías a los cascos urbanos y en áreas donde el suelo es utilizado en el desarrollo agrícola.

Para identificar que tan apto se encuentra el suelo para la agricultura presente se realizó un proceso de la imagen usando el índice de humedad (El índice de humedad es la combinación apropiada de las bandas para identificar cuerpos de agua y parecidos en la zona, la combinación adecuada para ello sería: $\frac{3}{4}$) que nos daría un apoyo a las imágenes de vegetación los resultados fueron los siguientes:



Indice de Humedad

Aparentemente es una imagen que no dice mucho, sin embargo nos da la posibilidad de poder ver con total claridad las áreas en donde podemos encontrar cuerpos de agua dentro de la superficie en estudio haciéndonos más fácil la interpretación incluso de otras imágenes y dándonos certeza de la identificación para diferentes propósitos en el área real.

Fuente: Realizada por el Autor

El estado de suelo es relativamente sano y el índice de humedad muestra un alto nivel de lixiviación sin embargo también muestran un comportamiento similar los cuerpos de agua con las sombras y nubes, así como los cultivos con VHD y bosques lo que requiere confirmación de las coberturas y estado del suelo por medio de una visita de campo, por lo cual se realizó un estudio pequeño de campo que dio como resultado después de una revisión de las áreas seleccionadas localizadas están las muestras lo siguiente:

Los procesos de agricultura se encuentran bastante avanzados al límite de bordear el lago (imagen 7) los problemas de contaminación de las zonas aledañas los principales factores de contaminación se traducen en el mal manejo del uso del suelo, en la utilización de fertilizantes en los cultivos aledaños, a la despreocupación y abuso del sector turístico e industrial que incrementan los niveles de contaminación:

Uno de los principales factores contaminantes del lago de Tota son los agroquímicos, aguas negras y criaderos de trucha que aumentan considerablemente el alga 'Microcintas', que puede ser prueba de la alta presencia de fósforo y otras sustancias tóxicas en el lago., gracias a eso la claridad del agua en la composición 7,5,2 y la poca diferenciación en la banda 4 procesada.

Según El biólogo Nelson Javier Aranguren Riaño, coordinador de la Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, universidad Nacional,, muestra que las densidades de esta alga vienen creciendo en el lago. El biólogo señaló que el lago de Tota es muy sensible y vulnerable al cambio climático, debido a su dimensión y a que está ubicado a una altitud en la cual la radiación lo afecta más que a un lago de zonas bajas. "Este lago probablemente va a incrementar su contenido calórico con el tiempo, ya que es más fácil calentar un lago frío que uno caliente", aseguró.

.Otra amenaza para el lago es el incremento de materia orgánica. Según el biólogo Humberto Hurtado (columna Ciencia Direct) "ya se detuvo la práctica de rellenar la orilla del lago con llantas y tierra para sembradíos. Ambientalistas y pescadores se quejan de que las piscifactorías o criaderos de trucha ubicados en las aguas del lago están contaminando el embalse.

otro indicio no lo da el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del lago de Tota (Pomca), que expresa en uno de sus apartes que el principal problema del embalse es el deterioro de los páramos. Agregó que la entrada de agua al lago es grave, pues los tributarios que lo alimentan se están secando por el daño en páramos y porque agricultores les sacan agua para cultivos

por lo cual se realizó e indago sobre la contaminación y con el presente análisis de contaminación en suelo, agua realizado por **Mojica, Romero y Trujillo, 2011**, nos queda mas claro los factores que intervienen en la degradación de la zona y la respuesta de las imágenes procesadas en oficina.

ANALISIS DE LA CONTAMINACION DE LA "LAGUNA DE TOTA"

A NIVEL ECONOMICO:

- Desde un punto de vista económico las cuencas hidrográficas entregan grandes beneficios a la sociedad, que se originan en una amplia gama de bienes y servicios.

- En años recientes se ha dado mayor atención a la importancia económica de los beneficios sin valor de mercado. Por ejemplo, se ha enfocado esfuerzos en la investigación sobre la importancia de los bosques tropicales en proveer un hábitat que es valioso por su potencial ecoturístico, su capacidad de mitigar los efectos del calentamiento global y proveer una fuente de especies para la investigación y desarrollo industrial.

A NIVEL SOCIAL:

- Se interrumpe la pesca artesanal y la agricultura tradicional sin el uso masivo de agroquímicos.
- Al reducirse los terrenos aluviales, debe haber un cambio en el uso de la tierra, si no las poblaciones se verán obligadas a cambiarse de sitio.
- se aumentan las enfermedades relacionadas con el agua (p.ej. la malaria, la esquistosomiasis, la oncocerciasis) como los trabajadores de la construcción, los jornaleros temporales para la agricultura y otras actividades inducidas por la represa.
- Las consecuencias son: problemas de la salud, agobiamiento de los servicios públicos, competencia por los recursos, conflictos sociales e impactos ambientales negativos para la cuenca, el reservorio y el valle del río aguas abajo.

A NIVEL AMBIENTAL:

- Los flujos máximos pueden aumentar si las condiciones hidrológicas de los terrenos permiten que aumente la escorrentía superficial a costa de la subterránea. Esto puede provocar impactos locales de importancia, especialmente inundaciones.
- La calidad del agua se ve por lo general afectada negativamente por la escorrentía de agroquímicos.
- La protección de las cuencas hidrográficas es por sí misma un componente del ciclo hidrológico de una región.

Los resultados nos dan como conclusiones con respecto al proceso que el método de clasificación empleada esta directamente relacionado con la distancia, teniendo en cuenta la cantidad de clases, reduciendo considerablemente la totalidad de estas, esto en comparación con la clasificación encontrada en la imagen simple de vegetacion (*Pag 16*).

para poder diferenciar las coberturas en una imagen no tan buena, se requiere que se divida en demasiadas clases, esto soportado en los índices de Average accuracy y Overall accuracy que nos indican cual es la mejor clasificación.

Esta clasificación suministrada por el sinergismo (imagen detallada) por el contrario nos ayuda a reducir la cantidad de divisiones dejando solamente las clases que se requieren para el estudio uniendo las clases de información que no tiene relevancia como nubes, sombras y áreas sin información.

4. CONCLUSIONES

- Fue posible evaluar y utilizar una imagen LANDSAT para conocer e identificar diversas coberturas y sus respectivas firmas espectrales, también fue posible evaluar cuantitativamente y cualitativamente los datos que tiene una imagen satelital , multiespectral y usarla para identificar características de cada cobertura.
- Entre otras características la exactitud de los canales me permiten una mayor discriminación a la hora de evaluar los diferentes fenómenos en el uso y cobertura de la tierra como también identificar y conocer los diferentes insumos y herramientas necesarias para procesar y generar mapas que me permitan la identificación de coberturas a partir de una imagen multiespectral.
- con los sinergismos se realiza un complemento de la información, en áreas donde no existía (nubes, sombras, sin información), Se gana información de imágenes de menor resolución, tomando como base las imágenes de mayor resolución y Se pierden los rangos en las diferentes clases, generando y traslapes entre las clases.
- Después de realizar el análisis multiespectral y de realizar la corrección de la información en campo , se notan unas manchas en la imagen lo cual indica que una imagen con respecto a la otra presentan cambios
- Desde el punto de vista biológico es importante destacar que existe la necesidad de generar concienciación al buen manejo de las cabeceras de las cuencas, al mantener una cobertura forestal nativa ,lo que ayuda regular y controlar la cantidad y estacionalidad del agua y la estructura edáfica tan vulnerable en este tipo de ecosistemas.
- Las cuencas hidrográficas, mediante su cuidado, también protegen a los suelos de ser erosionados y evitan la pérdida de la fertilidad en las tierras agrícolas, especialmente aquellas que están en áreas de ladera.
- Es vital que el manejo de las cuencas hidrográficas como es el caso del lago de Tota se realice de una manera sostenible si se empieza a desarrollar turismo de esta manera se ayuda a proteger y conservar el medio ambiente para generaciones futuras.

En base a los resultados, el proyecto expuesto servirá como base para diferentes estudios más puntuales y específicos que ayuden a determinar las posibles causas de la degradación de y contaminación de los suelos y aguas en la cuenca del lago de Tota y hasta sirva para plantear un plan de ataque al problema.

5. BIBLIOGRAFIA

Chuvieco Emilio, Teledetección Ambiental, La Observación de la Tierra Desde el Espacio., 2000 Ed. Ariel Ciencia. Madrid – España

AZOBIOMAL. Plan Guía de Manejo del Parque Nacional Natural Los Katíos. Bogota. 1988.

Chuvieco Emilio, Fundamentos de Teledetección Espacial Barcelona, 1990.

Salvatierra, Hilda., y Pérez G. Uriel Análisis Multitemporal de la Cobertura y Uso de la tierra con Apoyo de los Sensores Remotos. 1997.

<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/EjecutivoPMPNNKati os2008.pdf> consultado en marzo de 2102

Arango GA.. Algunos aspectos biológico–pesqueros de cuatro especies ícticas en lagos de paramo. Trabajo de grado. Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín (Antioquia), Colombia. 2001

Plan de manejo 2007-2011, Parque Nacionales, Sitios de manejo de protección y fauna natural, Cundinamarca 2009

<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/AnlisisdelimitesPNNK. pdf> consultado en junio de 2102.

GLCF Fuente de datos perteneciente al Global Land Cover Facility, <http://www.landcover.org>

6. Anexos

- Archivos con extensión *.PCDISK y el archivo del proyecto para ser visualizados en el Software PCI 9.3 o superior, como soporte de las conclusiones anteriores, el cual contiene las imágenes originales: *Imagen de 2009*
 - 6 bandas PROCESADAS
 - 1 banda de muestra
 - 2 banda clasificada
 - 3 banda filtradas

- Información vectorial de las imágenes, en el archivo Excel
- Información original de la imagen.
- Dos mapas temáticos.