

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA
NORMALIZADA PARA ARCGIS Y PCI GEOMÁTICA EN UNA IMAGEN
SATELITAL LANDSAT-7**



Ingeniero Topográfico

Heibert Julián Aguilera Poveda

Universidad Militar Nueva Granada

Especialización en Geomática

Bogotá D.C.

2018

RESUMEN

El presente trabajo pretende mostrar el análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los software ARCGIS y PCI GEOMÁTICA aplicándolos a un índice de vegetación, específicamente Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), el cual actualmente es el principal índice usado en trabajos de agricultura de precisión, empleando como insumo una imagen satelital Landsat-7 que se encuentra en la parte Noroccidental del país Departamentos de Sucre, Atlántico, Bolívar, Cesar y Magdalena.

La aplicación del NDVI a los programas permite determinar cuál es el más fácil de implementar en trabajos de agricultura de precisión de acuerdo a las necesidades que cada investigador requiera para su proyecto.

ABSTRACT

The present work pretends to show the comparative analysis between the results obtained in the software ARCGIS and PCI GEOMÁTICA applying them to a vegetation index, specifically Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is currently the main index used in precision agriculture works, using as input a satellite image Landsat-7 that is in the northwestern part of the country Departments of Sucre, Atlántico, Bolívar, Cesar and Magdalena.

The application of the NDVI to the programs allows determining which is the easiest to implement in precision agriculture jobs according to the needs that each researcher requires for their project.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA PARA ARCGIS Y PCI GEOMÁTICA EN UNA IMAGEN SATELITAL LANDSAT-7

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX FOR ARCGIS AND PCI GEOMATICS IN A SATELLITE IMAGE LANDSAT-7

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen numerosas aplicaciones de la Geomática que permite visualizar el estado de la biodiversidad mundial, donde la ubicación espacial con coordenadas geográficas es fundamental (Castro), una aplicación que ha tomado fuerza en los últimos años es la agricultura de precisión a nivel mundial. En Colombia la agricultura forma una base importante en la economía del país, además de estar en capacidad de aumentar día tras día con la tecnología, quien evoluciona a pasos agigantados implementando técnicas de producción, para obtener excelentes resultados a la hora de sembrar y cosechar, es allí donde los sensores remotos pueden obtener y garantizar de manera constante información actualizada y monitoreo de cultivos.

Este documento contiene un análisis comparativo entre los resultados de dos software aplicados al desarrollo de índices de vegetación de diferencia normalizada, con el objetivo de

recomendar el software más apto para calcular el índice NDVI, para aquellos que se van a iniciar en el manejo de índices de vegetación o investigadores profesionales con ambiciones de enriquecer su conocimiento.

La metodología manejada para el cálculo del índice espectral de vegetación NDVI, está basada en técnicas de teledetección, las cuales consisten en el procesamiento de imágenes satelitales, seguido de un análisis estadístico descriptivo (frecuencia, media, desviación típica) (Aguilar, 2016); dicho insumo es obtenidos del sensor Landsat-7 código (LE70090532003066EDC00.pix) tomado como la zona de estudio ubicada en la parte Noroccidental del país Departamentos de Sucre, Atlántico, Bolívar, Cesar y Magdalena, Después de tener la imagen satelital procesada, libre de bruma se procede al cálculo del índice de vegetación NDVI para cada software y así

poder concluir con la comparación entre las imágenes resultantes de cada programa.

ÁREA DEL PROYECTO

El Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta como zona norte de la imagen Landsat-7, está conformado por gran variedad de vegetación tal como, los sedimentos acumulados progresivamente provenientes del río Magdalena, por bosques de manglar, ciénagas, ríos, caños y áreas pantanosas.

Toda esta vegetación permitirá un análisis complejo del índice de vegetación NDVI usado en ambos programas, al igual que la imagen en su totalidad permitirá determinar y comparar información resultante del procesamiento y aplicación del índice NDVI a los departamentos de Sucre, Atlántico, Bolívar, Cesar y Magdalena. (Ver imagen 1)



Imagen 1. Imagen satelital Landsat-7 con su ubicación espacial dentro del territorio Colombiano.

Fuente: Elaboración propia.2018

METODOLOGÍA

La metodología utilizada se dividió en cuatro fases principales para hacer de esta una mejor explicación y se desarrolló de la siguiente manera, (Ver imagen 2).

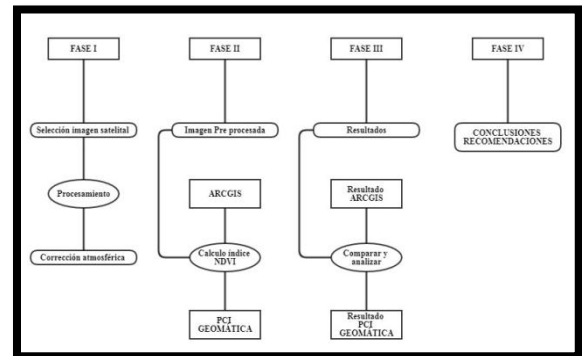


Imagen 2. Metodología de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.2018

Para el desarrollo de la metodología y procesos se utilizó un equipo Dell Precision T3600 Workstation - Intel Xeon CPU Quad-Core E5-1650 3.2Gz processor - NVIDIA Quadro 4000 - 16GB RAM

Fase I

La preparación de la imagen satelital se realizó por medio de la página del explorador de la tierra del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) utilizando el sitio web <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Para ello, se consultó y se desarrolló una búsqueda en el explorador con base en los parámetros de resolución necesarios para realizar este estudio y donde no existiera nubosidad no mayor al 10%.

Las bandas importantes de esta imagen son: La banda del Rojo y la banda NIR que serán utilizadas en el transcurso del tratamiento del índice de vegetación NDVI a los programas ArcGis y PCI.

En la imagen 3 se pueden observar las características de la Landsat-7 adquiridas de los metadatos.



Item	Name	Value
1	Acquisition_DateTime	2003-03-07T15:06:04.418528Z
2	AngleOfSolarElevation	55.45832835
3	CORNER_UL_LAT_PRODUCT	9.18843
4	CORNER_LL_LON_PRODUCT	-79.87533
5	CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT	404400.000
6	CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT	1015800.000
7	CORNER_UL_LAT_PRODUCT	9.18728
8	CORNER_LL_LON_PRODUCT	-79.74028
9	CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT	638400.000
10	CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT	1015800.000
11	CORNER_UL_LAT_PRODUCT	11.08795
12	CORNER_LL_LON_PRODUCT	-79.87533
13	CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT	404400.000
14	CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT	1025800.000
15	CORNER_UL_LAT_PRODUCT	11.08618
16	CORNER_LL_LON_PRODUCT	-79.72384
17	CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT	638400.000
18	CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT	1025800.000
19	CIF_NAME	L1CFY20030701_20030331.D8
20	ColumnCount	7801
21	DATA_CATEGORY	MODIS/MODIS
22	DATUM	WGS84
23	DefaultBlue	1
24	DefaultGreen	2
25	DefaultRed	3
26	ELEVATION_SOURCE	SLS2000
27	ELLIPSOID	WGS84
28	EPHEMERIS_TYPE	ORBITAL
29	FILE_DATE	2014-03-17T06:14:17Z
30	FormatName	GeoTIFF
69	SensorType	Optical
70	SolarAzimuth	115.04679613
71	SourceID	LE75060532903000000000
72	SpatialResolutionX	30
73	SpatialResolutionY	30
74	THERMAL_LINES	7901
75	THERMAL_SAMPLES	7901
76	UTM_ZONE	18
77	WRS_PATH	009
78	WRS_ROW	053

Imagen 3. Collage Metadatos imagen original.

La imagen debe ser procesada para eliminar cualquier tipo de bruma existente, esta corrección se realizó en el programa ERDAS Imagine. La corrección atmosférica busca recuperar la radiancia intrínseca del objeto de estudio y para esto la radiancia se transforma a valores de reflectividad en el techo de la atmósfera “Top of Atmosphere” (TOA), la cual se

ejecutó en la imagen para continuar con el trabajo de índice de vegetación NDVI (Heileen Aguilar Arias, julio-diciembre 2014), se deseaba cortar la zona del Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta para tener un análisis detallado de resultados de ambos programas pero debido a la resolución de la imagen Landsat-7 de 30 metros se descartó.

Fase II

Para el cálculo del índice de vegetación en cada programa se utilizó la siguiente expresión.

$$NDVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R)}$$

Donde IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo (Geomatics, 2017), (ESRI, 2016).

En el caso de ArcGis se utilizó la aplicación donde se realizan la mayoría de trabajos SIG, en una de sus múltiples funciones y extensiones ArcMap, nos proporciona de manera fácil y sencilla el proceso de aplicar el índice de vegetación NDVI a la imagen satelital que estemos trabajando, por defecto el software nos ofrece la herramienta IMAGE ANALYSIS, la cual la encontramos en la

barra de herramientas principal en Windows como se observa en la imagen 4.

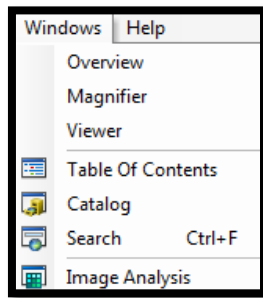



Imagen 4. Icono Image Analysis en ArcGIS.

En la ventana de Image Analysis encontramos cuatro ítems principales con los cuales se pueden realizar considerables procesamientos a imágenes satelitales, en el primer ítem para calcular el índice NDVI simplemente se cargan las bandas del Rojo y del Infrarrojo cercano o seleccionar la imagen corregida multiespectral a trabajar.

En su segundo ítem enseña efectos, a modo de ejemplo modificar el brillo, contraste para mejorar la visualización de la imagen en pantalla, mas no en los niveles digitales.

En su tercer ítem más importante se encuentra el procesamiento que se desea realizar, para este proyecto se utilizó el icono  el cual representa el cálculo del índice de vegetación NDVI.

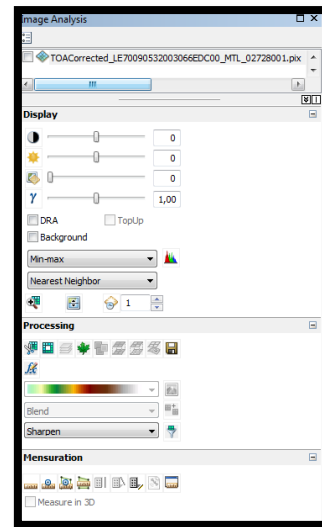


Imagen 5. Herramienta NDVI en el software ArcGIS.

En la imagen 5 se observa la imagen que se utilizó para el cálculo del índice, la imagen original se mejoró en Erdas 2011, realizándole una corrección por TOA, el resultado generó esta nueva imagen (TOACorrected_LE70090532003066EDC00_MTL_02728001.pix) la cual se utilizó en ArcMap para obtener una nueva imagen basada en el cálculo de las bandas roja e infrarroja cercana.

El programa genera una nueva imagen luego de haber calculado el índice a la imagen seleccionada, pero esta imagen nueva no se almacena en el disco, por tal motivo, se requiere que se exporte a la carpeta de resultados.

Luego de concluir con la extracción de la imagen en ArcGIS se procedió a generar el mismo índice en el software PCI Geomatics.

El procedimiento para la elaboración de la imagen con el valor calculado del índice es muy diferente al de ArcGis puesto que no hay un icono que genere automáticamente el índice, en este software se debe acudir a la calculadora del programa, esta se encuentra en Tools, Raster Calculator de las herramientas generales de PCI.

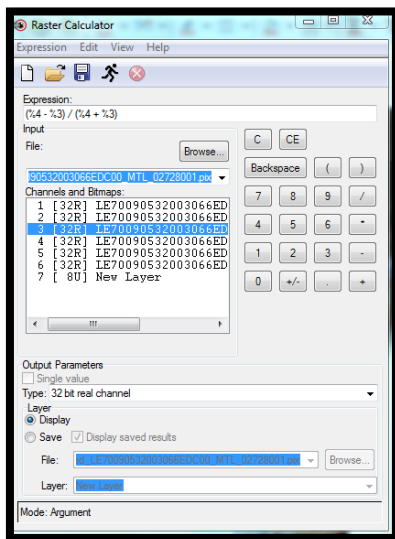


Imagen 6. Calculadora raster de PCI Geomatics.

Con la ayuda de la calculadora seleccionamos las bandas 3 y 4 las cuales corresponden a rojo e infrarrojo respectivamente para desarrollar la fórmula del índice NDVI, en los parámetros de salida que ofrece la calculadora se seleccionó en 32 Bits Real Channel el cual es el tipo de dato que traía cada Banda.

En la parte inferior de la ventana Raster Calculator debemos almacenar la dirección en la cual se va almacenar la nueva imagen.

Para la comparación de los programas trabajados se generó una lista de parámetros los cuales son:

PARÁMETROS	ARCGIS	PCI GEOMÁTICA
TAMAÑO SOFTWARE		
FACILIDAD DE EJECUCIÓN ÍNDICE NDVI		
ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO DE LA IMAGEN NDVI		
TIEMPO DE EJECUCIÓN		
PESO FINAL IMAGEN		
MARGEN ERROR		
CALIDAD IMAGEN		

Imagen 7. Parámetros / Elaboración propia.

Tamaño del software: Se verifica la cantidad de memoria que ocupa cada software en el computador.

Facilidad de ejecución índice NDVI: Se evalúa a criterio propio, depende de la experiencia agilidad y conocimientos de quien realice el ejercicio.

Almacenamiento automático de la imagen NDVI: Se califica a favor si posee un icono para ejecutar el índice de vegetación.

Tiempo de ejecución: Se cronometró el tiempo desde el inicio del programa hasta obtener la imagen calculada con el índice NDVI.

Tamaño final imagen: Se verifica el tamaño final de la imagen NDVI en la carpeta de resultados.

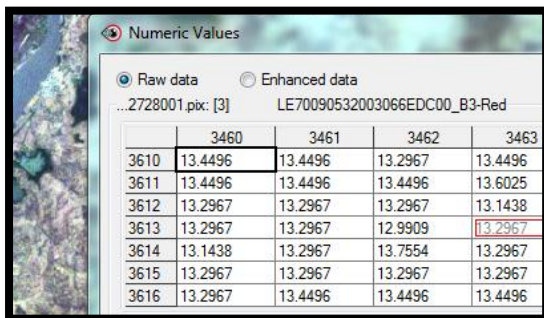
Margen de error: Se evalúa a criterio del investigador.

Calidad imagen: Se aprecia visualmente a criterio del investigador.

La calificación de cada parámetro será de 1 a 5, siendo 5 la calificación más alta, y 1 la más baja.

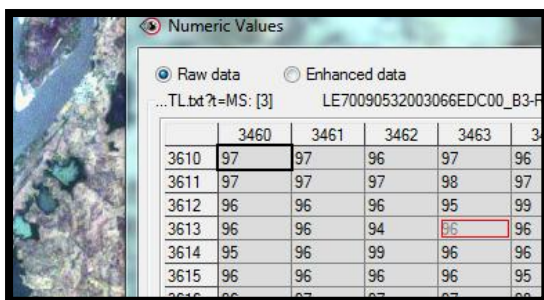
RESULTADOS

En primera instancia la imagen se corrigió en el software Erdas Imagine 2011 el cual es un software especializado en el tratamiento de imágenes satelitales, se ejecutó la corrección por TOA y el resultado más que visual se observa en sus niveles digitales. (Ver imagen 8 y 9)



	3460	3461	3462	3463
3610	13.4496	13.4496	13.2967	13.4496
3611	13.4496	13.4496	13.4496	13.6025
3612	13.2967	13.2967	13.2967	13.1438
3613	13.2967	13.2967	12.9909	13.2967
3614	13.1438	13.2967	13.7554	13.2967
3615	13.2967	13.2967	13.2967	13.2967
3616	13.2967	13.4496	13.4496	13.4496

Imagen 8. TOA CORRECTED



	3460	3461	3462	3463
3610	97	97	96	97
3611	97	97	97	98
3612	96	96	96	95
3613	96	96	94	95
3614	95	96	99	96
3615	96	96	96	95
3616	96	97	97	98

Imagen 9. IMAGEN ORIGINAL

Luego de obtener la imagen corregida con los ND se procesará en cada software para calcular el índice de vegetación NDVI.

Para el programa ArcGis existen dos formas de realizar este índice, la primera se efectúa con la calculadora que ofrece el dicho programa, sin embargo, se definió resolverlo por la forma más simple el cual consiste en emplear la herramienta Imagen

Analysis para luego usar el icono NDVI, los resultados obtenidos fueron los siguientes. (Ver imagen 10).

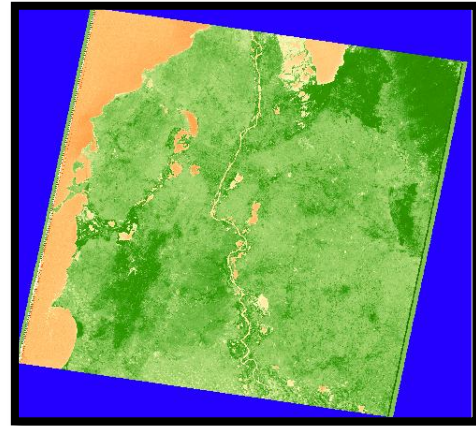


Imagen 10. NDVI calculado sobre la imagen corregida.

Esta herramienta NDVI permite determinar de manera instantánea el cálculo del índice de vegetación a cualquier imagen satelital.

La imagen 10 corresponde al resultado obtenido de generar el NDVI a la imagen corregida en Erdas Imagine, mientras la imagen 11 se efectuó sobre las bandas originales de la imagen Landsat-7, se cargaron las bandas 3 y 4 para seleccionarlas y así calcular el índice.

El índice NDVI que ArcGIS arroja en la imagen 10, muestra valores entre -1 a 255, por tal motivo para obtener un mejor resultado se debe clasificar en intervalos menores de valores iguales, mientras la imagen 11 arroja valores entre -1 a 1 que

es la manera indicada y optima para analizar el indice NDVI.

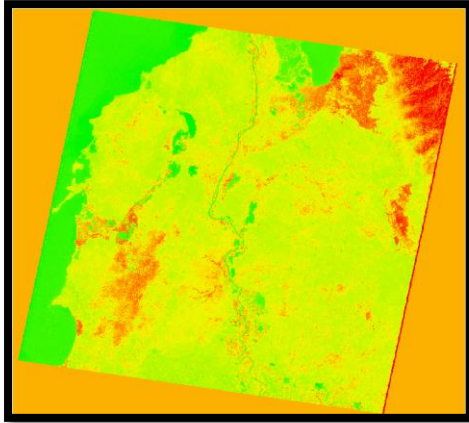


Imagen 11. NDVI calculado sobre las bandas 3 y 4 de la imagen original Landsat-7.

Para el programa PCI Geomatics el resultado fue el siguiente. (Ver Imagen 12).

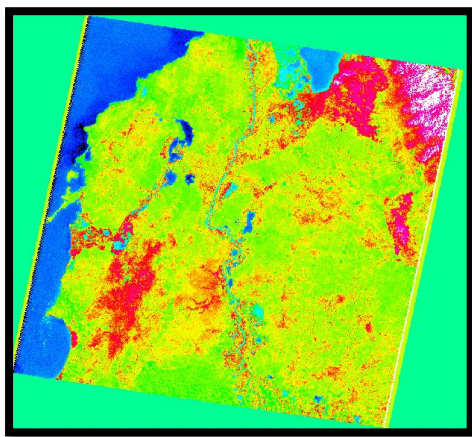


Imagen 12. NDVI calculado en PCI a la imagen corregida por TOA.

La imagen resultante arroja valores entre -1 a 1 lo cual es acertado para el índice de vegetación. La imagen debe ser re clasificada en un menor número de rangos de valores para obtener un resultado general de discriminación de vegetación.

Los resultados obtenidos se parametrizaron y se evaluaron en la imagen 13, el primer parámetro evaluado fue el tamaño del software que ocupa en el disco duro del computador, aunque la diferencia es poca, ArcGIS ocupa más Gigas que PCI, pero la ventaja es que ofrece demasiadas herramientas aplicadas al SIG.

El segundo parámetro se evaluó la facilidad de acceso a la ejecución del índice NDVI, por tal motivo ArcGIS se lleva los cinco puntos debido a que existe un icono con este índice NDVI.

El almacenamiento automático de la imagen final generada con el índice NDVI ArcGIS se queda corto, debido a que genera un archivo visual en la default del software, por lo que se requiere exportarlo y así guardarlo en la carpeta de resultados.

Algo favorable para PCI es que solicita la ubicación del archivo a guardar, al momento de utilizar la calculadora para que lo almacene automáticamente, esta razón le permite llevarse los cinco puntos a PCI Geomatics.

El tiempo de ejecución se estableció desde el inicio del programa hasta la obtención de la imagen NDVI en ambos programas, donde se realizó el cargue de la imagen

PARÁMETROS	ARCGIS	PCI GEOMÁTICA
TAMAÑO SOFTWARE	2 GB	1,86 GB
FACILIDAD DE EJECUCIÓN ÍNDICE NDVI	5	4
ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO DE LA IMAGEN NDVI	4	3
TIEMPO DE EJECUCIÓN	1 MIN 26 SEG	1MIN 53 SEG
TAMAÑO FINAL IMAGEN NDVI	107.441 KB	287.395 KB
MARGEN ERROR	3	4
CALIDAD IMAGEN	4	5

Imagen 13. Resultados clasificación de variables a comparar.

con las bandas 3 y 4, para Arcgis se convierte mas sencillo debido a que cuenta con el icono, mientras en PCI se debe establecer la formula en la calculadora lo que nos quita algo de tiempo de igual forma es un proceso sencillo.

El tamaño final de la imagen con su índice NDVI lo gana ArcGis al obtener una imagen menos pesada como se diria coloquialmente, esta se disminuye en mas de un 50 % de la imagen de PCI.

Margen de error se evaluo a criterio propio, el cual se considera el que menos porcentaje posee para un buen analisis del indice de vegetacion, la imagen de PCI sera la ganadora,por tal motivo se dara una calificacion positiva de 4 puntos.

Y por último y la mas significativa es la calidad de imagen que nos ofrecen ambos programas para realizar el analisis de vigorosidad.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El programa ArcGIS es una muy buena herramienta para obtener el índice de vegetación de toda la imagen satelital, pero si utilizamos el icono de NDVI el resultado final de la imagen se diferenciara por estar en un rango de 0 a 255 siempre y cuando lo trabajemos con una imagen corregida, mientras que al realizarlo con las bandas 3 y 4 se obtendrá el resultado deseado, el cual es obtener valores entre -1 y 1, al igual que la calculadora del ArcMap arroja valores de -1 a 1 lo cual estamos buscando para identificar de manera correcta el estado de vegetación de la zona.

En la imagen 10 obtenida de ArcGIS que fue de la resultante de haber calculado el índice de vegetación normalizada a la imagen corregida por TOA se observan tan solo 2 tipos de colores (Verde y Naranja).

Se observan claramente las superficies de agua en un tono Naranja tales como el

océano, ríos, el embalse de Guájaro y algunas ciénagas, el color verde se debe al reflejo de la clorofila de las plantas, las zonas con mayor densidad de vegetación se encuentra en la parte Norte de la imagen con alta población de bosque ubicada alrededor de la Sierra Nevada de Santa Marta. Las zonas con verde claro probablemente sean áreas de ganadería o suelos con pasto bajo. La primera dificultad que se observa en esta imagen es la no visualización de las zonas urbanas como caseríos, pueblos o hasta la misma ciudad de Barranquilla que se encuentra en la zona norte de la imagen, es muy complicado la identificación de estas zonas pues se confunden con la vegetación pobre de algunas zonas de la imagen.

La imagen 11 es un mapa que representa la cantidad y el vigor de la vegetación, a partir de la combinación de dos bandas en el programa ArcGIS, donde la tonalidad Roja se encuentran los valores más bajos significando alta población de bosque con un estado de salud bajo, las zonas acuíferas se representan en un tono verde fluorescente, la zona de manglares se observa de tono naranja y amarillo debido a su formación sobre el agua.

También se observa que en su mayoría de extensión las áreas se encuentran en aceptable estado de salud, pero con escasas

de vigorosidad al tener un color verde suave.

La última imagen resultado de calcular el índice NDVI en el programa PCI y clasificándola a un número menor de rangos para obtener un nivel menos detallado de cada zona, se observan los cuerpos de agua de manera sencilla, y se obtiene una real identificación de las zonas que poseen buena salud, vigorosos de zonas con poca actividad fotosintética como lo son las zonas boscosas, especialmente aquella que rodea la sierra nevada de Santa Marta. Se obtienen áreas no tan homogéneas como las anteriores, en verde se aprecian las zonas con mayor actividad de fotosíntesis tales como áreas de pastoreo. (Ver imagen 12)

CONCLUSIONES

En conclusión, la imagen 10 no es de gran valor puesto que no ayuda a identificar de manera exacta el vigor de la vegetación existente puede producir errores en la interpretación de estadísticas.

La imagen 11 es un nivel intermedio donde ayuda de manera oportuna para conseguir estadísticas de las áreas con buen o mal estado de salud de la vegetación, también es útil para identificar de manera fácil los cuerpos de agua, así

como las zonas de mayor abundancia en vegetación como los Bosques.

La última imagen a criterio personal es la mejor para la correcta identificación del índice NDVI, es muy fácil de identificar las áreas donde los cultivos han crecido sanos y vigorosos de áreas con poca actividad fotosintética y así tener un dato preciso en las estadísticas de la zona a trabajar.

ArcGis es un programa fácil de utilizar, pero lamentablemente su función principal son los SIG, mientras que PCI es un programa especializado para el manejo de imágenes satelitales con mejores resultados en la elaboración de índices de vegetación, también podemos cortar de manera sencilla alguna área específica de la imagen si se desea, o bien trabajar con imágenes de mejor resolución como las Sentinel, al igual, si se requiere un trabajo semidetallado se puede conseguir una imagen RapidEye para estudios de cultivos e ir verificando el crecimiento adecuado de este.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. (2016). Análisis comparativo de índices de vegetación para la identificación de la variación espectral de las coberturas naturales a partir de imágenes Landsat-8.
- Castro, L. (s.f.). *El Dr. Eliseo Cantellano de Rosas y la Geomática: instantáneas satelitales de nuestro planeta [Versión electrónica]*. Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de Ciencia Compartida: <http://www.cienciacompartida.mx/assets/instantaneas-planeta-r-3.pdf>
- ESRI. (2016). Recuperado el Abril de 2018, de Función NDVI: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- Geomatics, P. (2017). *PCI Geomatics, 2017*. Recuperado el Abril de 2018, de http://www.pcigeomatics.com/geomatica-help/references/pciFunction_r/python/P_ndvi.html
- Heileen Aguilar Arias, R. M. (julio-diciembre 2014). METODOLOGÍA PARA LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA DE IMÁGENES ASTER, RAPIDEYE, SPOT 2 Y LANDSAT 8 CON EL MÓDULO FLAASH DEL SOFTWARE ENVI. *Revista Geográfica de América Central*. N° 53 ISSN 1011-48X, pp. 39-59.

TABLA IMAGENES

Imagen 1. Imagen satelital Landsat-7 con su ubicación espacial dentro del territorio Colombiano.	2
Imagen 2. Metodología de trabajo.	2
Imagen 3. Collage Metadatos imagen original.	3
Imagen 4. Icono Image Analysis en ArcGIS.	4
Imagen 5. Herramienta NDVI en el software ArcGIS.	4
Imagen 6. Calculadora raster de PCI Geomatics.	5
Imagen 7. Parámetros / Elaboración propia.	5
Imagen 8. TOA CORRECTED.	6
Imagen 9. IMAGEN ORIGINAL.	6
Imagen 10. NDVI calculado sobre la imagen corregida.	6
Imagen 11. NDVI calculado sobre las bandas 3 y 4 de la imagen original Landsat-7.	7
Imagen 12. NDVI calculado en PCI a la imagen corregida por TOA.	7
Imagen 13. Resultados clasificación de variables a comparar.	8