

Procesamiento de imágenes satelitales

Processing of satellite images

Leidy Tatiana León Fernández;
Laura Natalia Garavito Rincón

Facultad Ingeniería Civil
Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia
Correo-e: Leidy.leon@usantoto.edu.co
Laura.garavito@usantoto.edu.co

Resumen

La teledetección es una técnica que permite observar y obtener información digital, geográfica de objetos a distancia, este sistema posee elementos como sensor, centro de recepción y canal de distribución que permiten realizar labores de medición y percepción a partir de sensores o radares haciéndose indispensable el uso de imágenes satelitales cuyo fin es obtener información requerida de las diferentes coberturas en la superficie terrestre. Landsat cuenta con una serie de ocho satélites principalmente caracterizados por la observación de imágenes en alta resolución de la superficie terrestre, existe la teledetección pasiva y activa, un sistema de teledetección pasiva recoge energía electromagnética reflejada por un objeto observado y procedente de la superficie terrestre, a través de este sistema el presente artículo expone la metodología de procesamiento de imágenes satelitales Landsat mediante los softwares Erdas Imagine y ArcGIS con el fin de emplear el uso de las diferentes herramientas para determinar coberturas, así mismo comparar visores y software de imágenes satelitales que permitan obtener mejores resultados en las imágenes.

Palabras Claves: Cobertura, imagen satelital, procesamiento de imagen, teledetección, visor.

Abstrac

Remote sensing is a technique that allows to observe and obtain digital, geographical information of objects at a distance, this system has elements such as sensor, reception center and distribution channel that allow to measure and make a perception work from sensors or radars, making it essential for using with satellite images whose purpose is to obtain information of different earth surface coverage. Landsat has a series of eight satellites mainly characterized by the observation of high-resolution images of the earth's surface, there is passive and active remote sensing, a passive remote sensing system collects electromagnetic energy reflected by an observed object and coming from the earth's surface, Through this system the present article exposes the Landsat satellite image processing methodology through Erdas Imagine and ArcGIS software in order to use different tools to determine coverage, as well as compare satellite images and software that allow obtain better results in the images.

Key words: Coverage, satellite image, image processing, remote sensing, viewer.

Para citar este artículo: León-Fernández, L.T & Garavito-Rincón, L.N. "Procesamiento de Imágenes Satelitales" In L'Esprit Ingenieux. Vol. 11-1, p.p 33-49.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las técnicas de observación a distancia para medición de objetos lejanos o delicados es la teledetección (Guariguata & Kattan, 2002.) el cual, mediante satélites o radares permite extracción de datos en tiempo real (Aguilar, Mora, & Vargas, 2015). Esta es una tecnología que abarca múltiples disciplinas para diferentes fines, ya sea astrología, geología, cartografía (Viedma & Chuviebo, 2005), astronomía, obras de arte o condiciones meteorológicas, (Perez, 1998) entre otras.

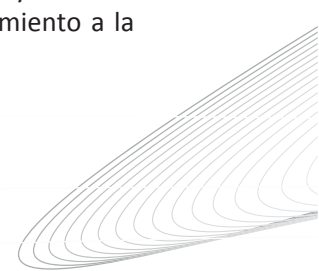
En 1960 con su primer satélite de observación TIROS -1 la NASA enviaba imágenes de la tierra cada seis horas, el cual revolucionó el campo de la investigación. Dentro de los sistemas de teledetección se encuentran tele detectores activos los cuales difunden la energía necesaria para posteriormente convertir en archivos digitales los objetos de estudio (Di Bella, 2008) y tele detectores pasivos, localizan la energía propagada que emite el objeto estudio (Sánchez, 2018). El primer satélite Landsat se lanzó en 1972 con el nombre de ERTS (Martín et al., 2010) enfocado en el estudio de recursos naturales del programa Landsat (Ruiz & Granados, 2005).

Actualmente se encuentran en órbita 4921 satélites en el mundo, así mismo, aproximadamente 2600 satélites no funcionan, pero siguen en órbita. Todo sistema de teledetección posee análogos, elementos capaces de realizar labores de percepción y medición como lo es el sensor (Sacristán, 2017), centro de recepción, y canal de distribución (Ceupe, 2019).

El desconocimiento de las superficies boscosas, áreas forestales (Collado, 2001), ecosistemas marinos (Barbieri B et al., 2009), cobertura arbórea (Lazalde, Guillen y De los Santos Posadas, 2006), áreas susceptibles a deslizamientos (Roa, 2006), cartografía (Segura & Trincado, 2003), anomalías morfo estructurales de drenajes de río (Peri & Rossello, 2010), clima y radiación solar (Aguilar, Domínguez, Raposo, & Guevara, 2003), identificación de estado climático (Ravelo & Pascale, 1997) topografía (Teledetección, 2011), cultivos (García, & Joel, 2010) entre otros; dificulta la formulación de los diferentes planes de ordenamiento territorial y ambiental. Por lo que el uso de imágenes Landsat para el diagnóstico espaciotemporal de estos tópicos, permite una mejor formulación de acciones de prevención de riesgo, recuperación de terrenos y conservación de ecosistemas estratégicos.

Cada satélite opera diferente, estos ejecutan distintas funciones (Corbelle, Docampo, González, & Rego, 2006) como comunicación, observación, navegación, posicionamiento, meteorología (Socorras, Gómez, & Obregón, 2015), reconocimiento, estudio y espacio para la ciencia, es decir, biosatélites, entre otros.

En la actualidad existen diferentes tipos de imágenes como IKONOS, LANDSAT, IRS, RADARSAT/ERS/JERS. Por un lado, las imágenes IKONOS son muy útiles para mapeo base (Valecia & Anaya, 2009), visualización y aplicaciones GPS, información detallada de superficie terrestre (Ochoa & Parrot, 2007) es decir, se caracterizan por ser imágenes de alta resolución (Corbelle, Docampo, González, & Rego, 2006). Las imágenes de satélites Landsat contienen información de carácter completo y continuó en una superficie (García, Pérez, & De la Riva, 2006) y son útiles para investigaciones ambientales (Berlanga & Ruiz, 2007), coberturas de suelos; incluye bandas espectrales, las cuales permiten clasificar las coberturas mediante un procesamiento a la imagen satelital (Zorogastúa, Quiroz, & Garatuza, 2010).



Las imágenes RADARSAT/ERS/JERS, funcionan bajo condiciones de nubosidad o de oscuridad (Yan, 1993), ideales para características geológicas y de agua abierta, pueden ser usadas para imágenes donde el sistema óptico no sea tan óptimo (A et al., 1998).

Por otro lado, la teledetección satelital implementa satélites meteorológicos que efectivamente permite observar objetos independientemente su altura y lejanía (Denore, 1999) el presente artículo se trabajó con el sistema de teledetección pasiva, el cual provee radiación que emite los objetos de estudio con el fin de recoger datos (Peña, 2010) un ejemplo de ello el procesamiento de imágenes satelitales, el cual está compuesta por diferentes composiciones espectrales que permiten monitorear cobertura glaciar, cobertura vegetal (Jiménez et al., 2015), caso urbano, nubosidad, ríos, cuerpos de agua, entre muchos otros (Pérez, 2013).

Una imagen satelital Landsat se origina de una agrupación de satélites, por sus siglas LAND = tierra y SAT= satélite, de alta resolución para identificación y observación de superficies terrestres construidos y puestos en órbita por Estados Unidos; estas imágenes comprenden 7 u 8 bandas espectrales (Saavedra & Gonzalo, 2008), el último de la serie es Landsat 8 permite amplias posibilidades por sus 11 bandas generando nuevas imágenes, (Rodríguez, 2013). Para el proceso de descarga de una imagen satelital Landsat existen varias opciones de las que principalmente se destacan: Visores LandsatLook, Sentinel2Look, Landsat Viewer, Libra, USGS Earth Explorer (Servicio geológico de los estados unidos), semi-Automatic Classification Plugin, y Global Land Cover Facility (GLCF).

A priori, existen múltiples softwares para el manejo de sistemas de teledetección, entre los más destacados: E-foto, GRASS GIS, gvSIG, Opticks OSSIM: procesamiento de imágenes avanzado, Erdas imagine, Sentinel toolbox, Sopi: procesamiento de imágenes, SAGA GIS, Whitebox GAT entre muchos otros.

Las imágenes Landsat proporcionan información muy útil, para monitorear o saber datos e información de cualquier tipo de cobertura (López, 2012) sobre la superficie terrestre (Sanches, & Formaggio, 2005). Como paso inicial es necesario tener en cuenta la descarga de imágenes satelitales Landsat a través de las interfaces mencionadas anteriormente, del mismo modo, se realiza el debido procesamiento en el software Erdas imagine (Profile, 2001) como combinación de bandas espectrales, corrección radiométrica y calibración atmosférica, mosaico, clasificación no supervisada, así mismo, en el programa Arcgis se procede a la corrección de errores a través de píxeles, para posteriormente poder clasificar los datos extraídos de las imágenes y poder realizar un análisis multitemporal.

En el presente artículo tiene como objeto describir la metodología para el procesamiento de una imagen satelital Landsat utilizando los softwares Erdas Imagine y Arcgis, con la finalidad que esta sea replicada en diferentes estudios e investigaciones que con lleven a un mejoramiento en la conservación y manejo del territorio.

2. METODOLOGÍA

2.1 Análisis de cobertura a través de imágenes Landsat

El resultado del procesamiento de una imagen satelital es la obtención e identificación de los diferentes tipos de cobertura, inicialmente se requiere de la descarga de la imagen mediante una interfaz o visor, existen múltiples visores, USGS Earth Explorer, esta es una interfaz de herramienta de búsqueda desarrollada por el servicio geológico de los estados unidos (USGS), los usuarios pueden identificar áreas de búsqueda, conjuntos de datos como imágenes aéreas, elevación digital, mapas digitales, cobertura terrestre, monitoreo de vegetación, Sentinel, radar y más opciones que ofrece la interfaz. Es un visor disponible para cualquier gobierno o institución privada. La interfaz actualiza su base de datos de manera automatizada, el

usuario únicamente se registra para iniciar sesión con el fin de poder ordenar o descargar imágenes (USGS,2019.)

Para el proceso de descarga de imágenes satelitales es importante tener en cuenta criterios básicos pedidos por cada interfaz como: dirección del lugar, fecha que se desea buscar, porcentaje de nubosidad y de sombra, sensores, y resultados (Gordillo, et al., 2014), posteriormente se procede a la descarga de las imágenes; estos criterios varían según la elección de visor. Por otro lado, la interfaz Global Land Cover Facility (GLCF), correspondiente al centro de estudios de la Universidad de Maryland, permite la descarga de manera gratuita a imágenes satelitales, Incluye a satélites/sensores: Landsat MSS, TM y ETM+, ASTER, MODIS, GLASS, NOAA-AVHRR y DEMs (SRTM). Un aspecto que lo hace diferente a las demás interfaces es que los productos como, cambios de uso de tierra, mapas de cobertura vegetal desastres específicos entre otros, derivados de estas imágenes se llevan a cabo por investigadores del departamento de geografía de la universidad de Maryland (Maryland,2019). GLCF ofrece más posibilidades en cuanto a información si se compara con la interfaz Earth Explorer, ya que se centra en determinar la cobertura de la tierra y el cambio en la cobertura de la tierra a nivel mundial, además del fácil acceso a campos de ciencias, política ambiental, gestión de recursos, gestión de desastres e informática (GLCF, 2019).

El visor Landsat look es una herramienta desarrollada que permite la visualización en línea y acceso a imágenes Landsat USGS, esta interfaz permite explorar archivos Landsat con completa resolución el cual se puede hacer desde un navegador común, comparando características de imágenes y permitiendo ver los cambios a través del tiempo, descarga imágenes de banda completa y acceso fácil a sus metadatos. Su sistema de referencia mundial WRS es una notación global utilizada en la catalogación de datos Landsat (Landsat 1, Landsat 2 y Landsat 3) (Sernanp, 2015).

El visor sentinel2look fue desarrollado para permitir rápida visualización y acceso a imágenes USGS Sentinel 2, posee características análogas con el visor Landsat look, por esta razón, sentinel2look tiene ventajas frente a el visor Landsat look ofreciendo resolución completa desde cualquier navegador web, generando y descargando animaciones de videos de las imágenes más antiguas a las más recientes que se muestran en el visor, las búsquedas son más específicas, crea imágenes personalizadas permitiéndolas exportar con simples archivos gráficos, las imágenes que ofrece el visor sentinel2look son compuestas por color natural a partir de bandas seleccionadas (Sentinel2look, 2015).

El complemento de clasificación semiautomática (Semi-Automatic Classification Plugin o SCP) QGIS permite clasificación supervisada de imágenes de teledetección, facilitando varias herramientas de pre-procesamiento de imágenes como conversión automática de Landsat para reflectancia superficial, recorte de diferentes ráster y dividiendo los ráster de distintas bandas espectrales, y el post procesamiento de las clasificaciones como evaluación de precisión, variación en la cubierta de la tierra, informes de clasificación, clasificación de los vectores, y la reclasificación de ráster valores. SCP implementa una herramienta para buscar y descargar imágenes del Landsat. Es una interfaz completa, comparada con las demás ofrece mejores opciones a los usuarios independientemente de lo que se desee buscar (Viewer, 2015).

2.2 Combinación de bandas

Se genera a partir de un proceso de compilación de bandas de tal manera que se pueda trabajar toda la escena del satélite en un solo archivo, una vez importadas las bandas en el formato de Erdas (img.) se carga y se añade cada banda, el anterior proceso se repite con el fin de componer la escena de satélite a partir de datos multiespectral. Esta es una operación que permite una mejor visualización de la imagen.(Arango, Branch, & Botero, 2005)



Las siguientes tablas indican el número de bandas utilizadas para la realización del proceso de combinación de bandas espectrales, teniendo en cuenta el tipo de satélite a utilizar:

Tabla 1. Bandas espectrales Landsat 5 y 7

Bandas	Nombre
1	Coastal
2	Blue
3	Green
4	Red
5	NIR
6	SWIR1
7	SWIR2

Fuente: Autor

Según la anterior tabla, las bandas se describen de la siguiente manera:

Tabla 2. Visualización de bandas espectrales

Número	Nombre	Permite ver
1	Coastal	Agua poco profunda
2	Blue	Agua profunda, atmósfera
3	Green	Vegetación
4	Red	Objetos fabricados por el hombre, suelo, vegetación
5	NEAR	Costas, vegetación
6	SWIR 1	Representación térmica, humedad estimada de suelo
7	SWIR 2	Representación térmica mejorada, humedad estimada de suelo
8	Pancromática	Banda de alta resolución para obtener una imagen a color de nitidez
9	cirrus	Detección de nubes

Fuente: Autor

Tabla 3. Composición de bandas espectrales

Composición De Bandas Espectrales	
Composición	Tipo De Suelo
357	Erosión de suelos
354	Erosión de suelos
345	Estudios ambientales
157	Clasificación de cobertura

Composición De Bandas Espectrales	
Composición	Tipo De Suelo
257	Clasificación de cobertura
245	Clasificación de cobertura
752	Geología
754	Clasificación de suelos
321	Color natural
432	Vegetación - Zona urbana
432	Nubes-Bosques naturales
432	Vegetación menos densa o en temprano crecimiento
432	Bosques plantados- vegetación arbustiva en función de densidad
432	Ríos, canales, embalses, represas
453	Límites de agua- Vegetación-Humedad de suelo
453	Cultivos- Suelos desnudos
453	Vegetación Paramo
742	Zonas urbanas - pastos- suelos desnudos- vegetación arbolada
742	Áreas forestales- concentración de humedad- Vegetación paramo
341	Vegetación vigorosa- suelos desnudos

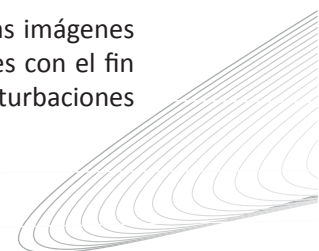
Fuente: Autor

Las bandas espectrales cumplen una función importante el cual permite identificar la cobertura de la imagen (Pineda y Suarez, 2019), la presencia de agua en las imágenes es causante de absorción y dispersión de luz, los lagos, cuerpos de agua tienden a verse oscuros además de carecer de detalles, (véase tabla 2) la banda espectral costal permite observar mejor el color de agua, mostrándolas en tonalidades azules y violetas el cual se obtiene como resultado cambios de intensidad de color donde indica la mezcla de agua e identificación de esta (Millan et al., 2016).

Las bandas espectrales individuales como BLUE permiten identificación de agua, establecer relación entre suelo y vegetación, bosques y usos agrícolas; Bandas Green determinan identificación de vegetación sana; RED permite determinar diferentes de especies vegetales, establecer límites geológicos y de suelos (Morales et al., 2006); las bandas infrarrojas NIR (Near infrared) da significado a infrarrojo cercano y SWIR1 y SWIR2 se utilizan para la identificación de cobertura vegetal y estimación de humedad en el suelo (Pérez & García, 2013).

2.3 Corrección Radiométrica y Calibración Atmosférica

Existen múltiples maneras en la que la atmósfera perjudique la naturaleza de las imágenes de sensores remotos, este es un proceso que se aplica a las imágenes satelitales con el fin de eliminar efectos de aerosoles y radiancia intrínseca, es decir, suprimir las perturbaciones



atmosféricas, el cual se introducen al sensor y se reflejan en la imagen, el objetivo es obtener una reflectancia de la superficie caracterizada. (Papparelli, 2012)

Técnicas de la corrección atmosférica como sustracción de objetos oscuros, transferencia radiactiva y modelización atmosférica son importantes para corregir las perturbaciones atmosféricas logrando mejorar la calidad visual de la imagen. Por otro lado, la corrección radiométrica implica restauración de líneas o píxeles perdidos, reducción de elementos indeseados debidos a efectos de la atmósfera (Lencinas & Mohr-bell, 2007).

En la corrección radiométrica y calibración atmosférica es importante tener en cuenta los metadatos de la imagen, es decir, son un conjunto de archivos el cual poseen un conjunto de datos que contienen información sobre el mismo archivo, en otras palabras, es una información que describe datos.

Las siguientes ecuaciones dan a conocer un factor de calibración, se requiere multiplicar por el factor 0,1 para convertir las unidades de medida utilizadas en Landsat,

$$C1 = 0,1 * REFLECTANCE MULT \text{ Ecuación 1}$$

$$C0 = 0,1 * REFLECTANCE ADD \text{ Ecuación 2}$$

Para la calibración de las imágenes se inicia con la obtención de datos a través del archivo metadata de la imagen en el grupo Radiometric Rescaling el cual contiene datos de las bandas espectrales, para posteriormente multiplicarlo por el factor 0,1. A priori para cada banda deben ingresarse a través de una tabla valores de radiancia en un archivo de calibración como C0 y C1.

El presente proceso requiere de datos específicos para su realización los cuales provienen de la metadata de los archivos, un criterio importante es hallar el ángulo cenital solar (Cano, Navarro, & Garcia-Ferrer, 2003) para ello, es necesario calcular datos precisos como hora, día, mes, año de adquisición de la imagen (Chuvienco, 1998). Para el cálculo de latitud y longitud se extraen datos de la metadata de cada imagen y se procede a hacer la media aritmética ya que no es solo un dato de longitud y latitud sino varios. Con el cálculo final de la media aritmética, el programa arroja datos correctos de cenit solar y azimut solar (Camacho et al., 2015), el cual posteriormente se procede a verificar estos datos en el archivo metadata de la imagen dado que, los dos datos calculados deben dar igual a los datos provenientes del archivo metadata de la imagen.

Tabla 3. Parámetro atmosférico de visibilidad

Parámetro Atmosférico de visibilidad	Dato Numérico (Km)
Atmósfera clara	40 a 100
Niebla moderada visible	20 a 30
Niebla densa	15 o <

Fuente: Autor

A priori, en el proceso de corrección atmosférica es sustancial calcular parámetros atmosféricos como la visibilidad el cual se da en kilómetros (Km), el programa establece un dato numérico estimado (véase tabla 4), de la misma forma, estos datos el programa los estima por defecto o se escogen a criterio propio, acorde con la siguiente tabla:

Tabla 4. Modelos para la región solar

Modelos para la Región Solar
Rural Seco
Otoño Primavera
Verano
Invierno
Invierno- Verano
Rural - Tropical
Rural - Estándar

Fuente: Autor

Así mismo, para culminar el proceso de corrección atmosférica el software ofrece múltiples opciones relacionadas con modelos para la región solar (véase tabla 5), el cual define el escenario climático o estación según la región en la que se ubique el área de estudio, estos parámetros son los siguientes:

Posteriormente se procede a correr la corrección atmosférica de las brumas de la imagen analizada (Morh y Lencinas, 2011).

2.4 Mosaico

En dado caso de que se esté trabajando y analizando con varias imágenes satelitales, la técnica de mosaico es importante ya que esta fusiona o une las imágenes, convirtiéndolas en un solo archivo (Herrera, 2001), como se estima en la siguiente imagen:

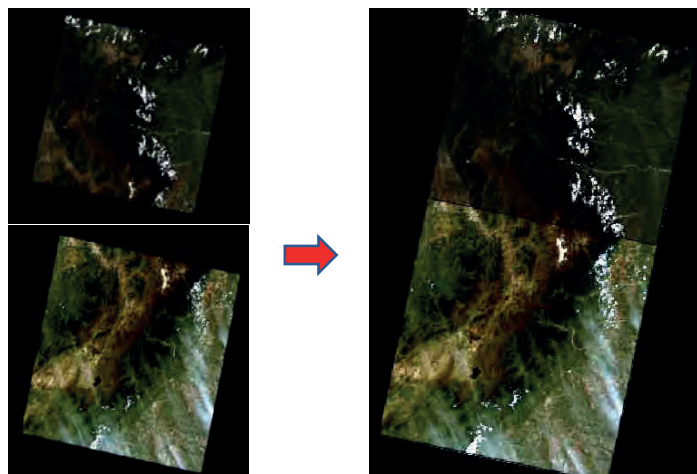


Imagen 1. Método mosaico, unión de imágenes satelitales

Fuente: autor

El método de mosaico pretende mejorar una imagen multiespectral con el fin de dar una interpretación visual. El programa Erdas imagine ofrece esta herramienta mediante el visor Mosaic Pro, posteriormente se añaden las imágenes las cuales se quieren combinar o fusionar; el programa proporciona una serie de opciones, es decir, corregir imágenes que presentan rasgos defectuosos, dibuja líneas y polígonos alrededor de la forma, para posteriormente correr la imagen mosaico (véase imagen 1).

2.5 Clasificación no supervisada

Se caracteriza por ser un modelo eficaz, el objetivo es categorizar grupos o firmas de diferentes coberturas (G. Herrera & Ruiz, 2009) mediante la clasificación para poder obtener zonas específicas. (Arango, Bedoya, & Botero, 2005), de tal manera que las clases sean lo más homogéneas posibles (Navone, 1998).

La clasificación no supervisada se realizó en 36 clúster, utilizando el método ISODATA en el software Erdas imagine, este método tiene en cuenta características de píxeles en todas las bandas, lo que permite identificar las coberturas (Zeballos, Soruco, Cusicanqui, Joffré, & Rabatel, 2014).

2.6 Cálculo De Índice De Cobertura Glaciar

ArcGIS desktop es una plataforma líder a nivel mundial el cual crea y utiliza sistemas de información geográfica SIG (Ponvert & Lau, 2013), como sistema permite recopilar, analizar, distribuir, administrar información geográfica, elabora mapas y pone información geográfica ArcGIS corrige coberturas de imágenes satelitales, como primera medida mediante la creación de un nuevo shape (véase imagen 2), la cual se señala la proyección de sistemas de coordenadas y coordenadas geográficas según la región en la que se encuentre el área de análisis de estudio, en algunos casos se puede limitar la zona de estudio del mapa mediante la herramienta editor, el cual permite empezar y detener la edición de la imagen seleccionada.



Imagen 2. Creación de shape, limitación de área de estudio

Fuente: Autor

Las herramientas de análisis espacial permiten definir áreas del shape editado, mediante un ráster de entrada ya creado, el cual es una selección de bandas a partir de un ráster multibanda, y un formato de salida el cual es un ráster de Geodatabase, por otro lado, el ráster de salida

contiene los valores de celdas que son extraídos por el ráster de entrada el cual da como resultado extracción de máscara de la imagen seleccionada (véase imagen 3).

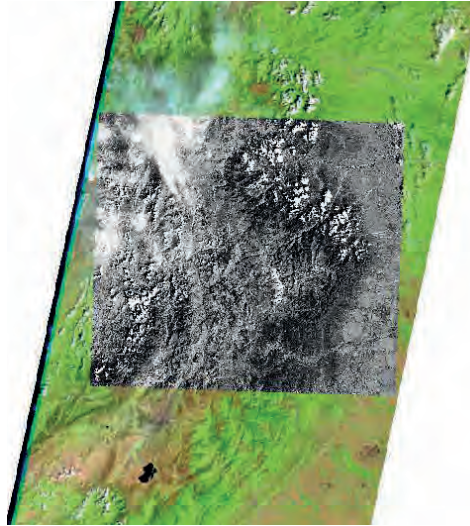


Imagen 3. Extracción de máscara software ArcGIS
Fuente: Autor

3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

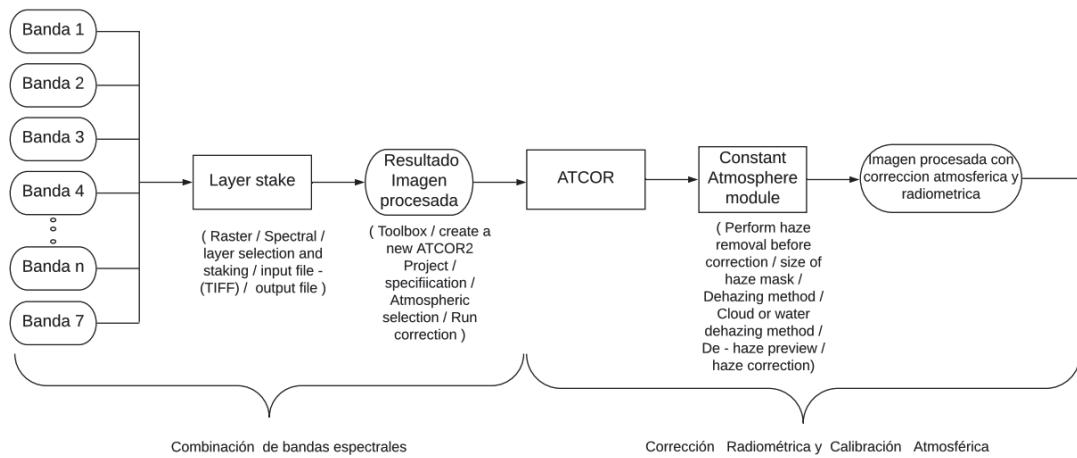
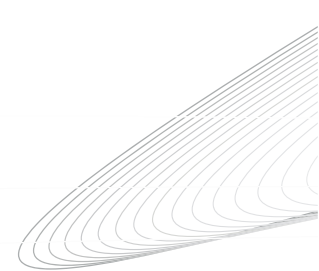


Imagen 4. Combinación de bandas espectrales y Corrección radiométrica y calibración atmosférica
Fuente: Autor



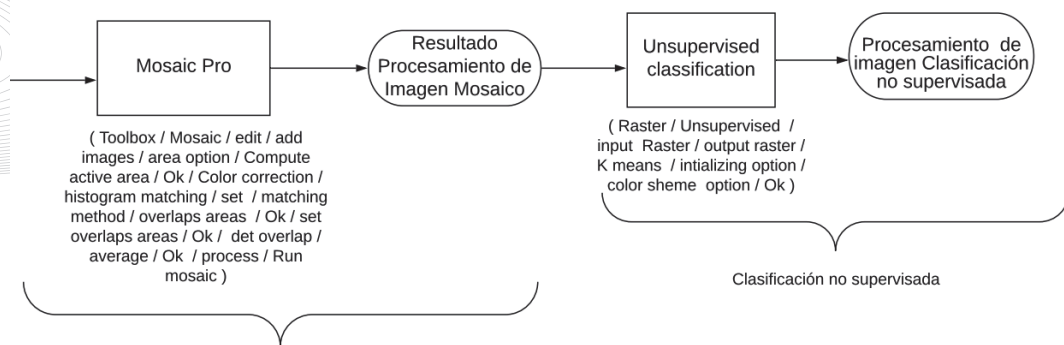


Imagen 5. Procedimiento mosaico y clasificación no supervisada

Fuente: Autor

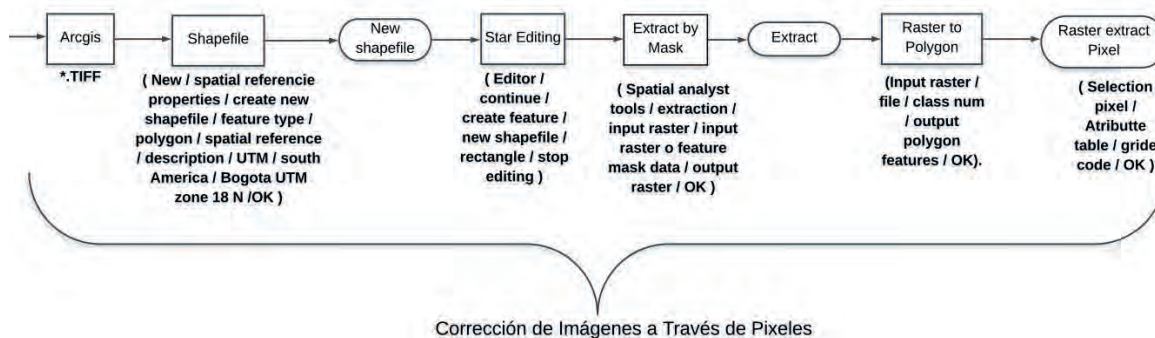


Imagen 6. Procedimiento corrección de píxeles en ArcGIS

Fuente: autor

4. APLICACIÓN

Para el procesamiento de imágenes satelitales existen múltiples interfaces y software que faciliten el análisis de coberturas de la zona de estudio seleccionada, es importante seguir con una metodología de manera sistemática, es decir, desde la descarga de las imágenes requeridas hasta la identificación y análisis multitemporal de cobertura de la imagen. Cabe resaltar que los programas tienden a tener algún margen de error, por lo tanto, para el preprocesamiento de las imágenes satelitales en el Software Erdas Imagine se generó la necesidad de corregir las imágenes mediante píxeles en el programa ArcGIS para determinar correctamente la cobertura de la zona.

El procesamiento de una imagen satelital tiene como objetivo determinar coberturas de suelo, características geológicas e hidrológicas, áreas urbanas, bosques, dunas de arena, cobertura glaciara etc. que comprenden sistemas ambientales. el cual mediante una metodología se usa para diversos fines.

La teledetección ha dado un progreso significativo en el desarrollo de las (TIG) tecnologías de información geográfica (Cano, Navarro, García, & Sánchez, 2005) an analysis was made of statistical correlation between the 4 IKONOS sensor original bands acquired in 2000, the Normalized Difference Vegetation Index (ndvi, es necesaria en todas las disciplinas ya que a

través de esta, una imagen satelital permite identificar el entorno en el que nos encontramos, brinda información de regiones no visibles, para ello se hace necesario tener en cuenta la metodología del presente artículo, con ella se puede analizar coberturas de vegetación, análisis de nevados, cascos urbanos, hidrografía, parámetros forestales, cartografía y aplicación de muchos campos más.

5. CONCLUSIONES

La diferencia de cada visor varía en las opciones que ofrece y en las que el usuario requiera, las interfaces más recomendadas vienen dadas por la plataforma USGC (servicio geológico de los estados unidos), debido a su facilidad de manejo y resultados requeridos, además, de que maneja múltiples sensores y conjuntos de datos.

Los sensores son herramientas muy útiles y precisas para el seguimiento y análisis de coberturas de imágenes satelitales, la resolución dependerá de escoger el determinado tipo de sensor, por lo tanto, el conocimiento de estas herramientas por parte del usuario es de gran importancia al momento de decidir la aplicabilidad teniendo en cuenta la disponibilidad de múltiples sensores en la actualidad.

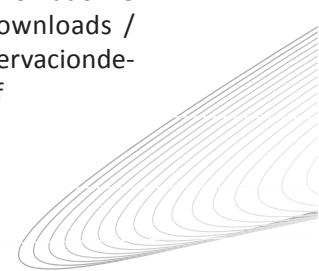
Existen varias opciones de interfaces y software al alcance del usuario, el cual mediante un procesamiento de imágenes obtengan como resultado la identificación de coberturas como, cuerpos de agua, ríos, casco urbano, nubes, cobertura glaciaria, diferentes tipos de vegetación etc., uno de los recomendados es el software Erdas imagine debido a la efectividad de generar procesos en las imágenes satelitales con el fin de determinar la cobertura requerida.

Para identificar cualquier tipo de cobertura se tiene en cuenta la composición espectral, ya que una vez se haya realizado el proceso de combinación de bandas espectrales, se procede a combinar bandas para identificar zonas o áreas en específico.

Los programas por defecto generan algunos errores, la corrección a través de pixeles genera más precisión ya que esta se realiza de manera manual identificando y corrigiendo la zona que no corresponde a la misma, para ellos el software ArcGIS ofrece esta herramienta.

6. REFERENCIAS

- [1] Valdez Lazalde, J., & González Guillén, M., & De Los Santos Posadas, H. (2006). Estimación De Cobertura Arbórea Mediante Imágenes Satelitales Multiespectral De Alta Resolución . *Agrociencia*, 40 (3), 383-394.
- [2] Collado, L. (2001). Los Bosques De Tierra Del Fuego. Análisis De Su Estratificación Mediante Imágenes Satelitales Para El Inventario Forestal De La Provincia. *Multequina*, (10), 1-15.
- [3] Roa, J. (2007). Estimación De Áreas Susceptibles A Deslizamientos Mediante Datos E Imágenes Satelitales: Cuenca Del Río Mocotíes, Estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 48 (2), 183-219.
- [4] Denore, B, & López María. (2000). Los Satelites De Observación De La Tierra En El 2000. *Dialnet*, 81-112. Tomado De File:///C:/Users /User /Downloads / Dialnet-Lossatelitesde observacionde-latierraenel2000-37824.Pdf



- [5] a, A. O., Bessemoulin, P., Bethenod, O., Blamont, D., Blavoux, B., Bonnefond, J. M., ... Moulin, S. (1998). *Spatial Aspects In The Alpilles-Reseda Project*. 93–102.
- [6] Acevedo, J. A., Londoño, R. A., & Hernandez, G. M. (2008). Análisis De Textura En Imágenes De Satélite En El Ámbito De La Biodiversidad Y La Estructura En Un Bosque De Los Andes Colombianos. *Revista Gestión Y Ambiente. Vol. 11 N.3. Universidad De Medellín.*, (3), 137–146.
- [7] Aguilar Arias, H., Mora Zamora, R., & Vargas Bolaños, C. (2015). 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*, 2(53), 39–59. <https://doi.org/10.15359/Rgac.2-53.2>
- [8] Aguilar, R. R., Domínguez, A. R., Raposo, R. M., & Guevara, J. G. (2003). Aplicación De Imágenes\Nsatelitales Para Determinar El\R\Nclima Y La Radiación Solar En El\R\Nestado De Puebla Y La\R\Ngeohidrología De Su Zona Norte. *Ciencia Ergo Sum*, 1(1), 283–394. Retrieved From <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10410306>
- [9] Andrés, J., & López, P. (2012). Belmira Con Imágenes Landsat Remote Sensing Analysis Of Belmira ' S Paramo Vegetation With Landsat Imagery. *Dyna*, 79, 222–231.
- [10] Andrés, S., García, J., & Joel, L. (2010). Método Para Identificación De Cultivos De Arroz (Oryza Sativa L.) Con Base En Imágenes De Satélite Satellite Image Based Method For Rice (Oryza Sativa L.) Crop Identification. 28(2), 281–290.
- [11] Arango Gutiérrez, M., Branch Bedoya, J. W., & Botero Fernández, V. (2005). Clasificación No Supervisada De Coberturas Vegetales Sobre Imágenes Digitales De Sensores Remotos: "Landsat – Etm+." *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín*, 58 (1), 2611–2634. Retrieved From http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000100004&lng=en&nrm=iso
- [12] Barbieri B, M., Bravo R, M., Farías S, M., González C, A., Pizarro A, O., & Yáñez R, E. (2009). Fenómenos Asociados A La Estructura Térmica Superficial Del Mar Observados A Través De Imágenes Satelitales En La Zona Norte De Chile. *Investigaciones Marinas*, 23, 99–122. <https://doi.org/10.4067/S0717-71781995002300007>
- [13] Berlanga-Robles, C. A., & Ruiz-Luna, A. (2007). Analysis Of Change Trends Of The Mangrove Forest In Teacapan-Agua Brava Lagoon System, Mexico. An Approximation Using Landsat Satellite Images. *Universidad Y Ciencias*, 23(1), 29–46.
- [14] Cano, F., Navarro Cerrillo, R. M., García Ferrer, A., & Sánchez De La Orden, M. (2005). Evaluación De La Defoliación Mediante Imágenes Ikonos En Masas De Quercus Suber L. En El Sur De España. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 14(2), 242–252.
- [15] Cano, F., Navarro, R. M., & Garcia-Ferrer, A. (2003). Clasificación De La Vegetación En Un Monte Alcornocal Mediante Imágenes Ikonos. *Revista De Teledetección*, (19), 31–41. Retrieved From <http://www.aet.org.es/revistas/revista19/aet19-04.pdf>
- [16] César, A. C., Fernando, A. V., Arguello-Fuentes, S. F. C. H., & Camacho-Velasco, A. (2015). Aplicaciones Y Retos Del Sensado Remoto Hiperespectral En La Geología Colombiana Applications And Challenges Of Hyperspectral Remote Sensing In The Colombian Geology

- Aplicações E Desafios Do Sensoriamento Remoto Hiperespectral Na Geologia Colombiana. 24(40), 17–29.
- [17] Chuvieco, E. (1998). El Factor Temporal En Teledetección : Evolución Fenomenológica Y Análisis De Cambios. **Revista De Teledetección**, **10**, 1–9. Retrieved From [Http://Telenet.Uva.Es/Promotores/Revista/Revista_10/Aet10_4.Pdf](http://Telenet.Uva.Es/Promotores/Revista/Revista_10/Aet10_4.Pdf)
- [18] Corbelle Rico, E., Gil Docampo, M. L., Armesto González, J., & Rego Sanmartín, T. (2006). La Escala Cartográfica De La Imagen De Satélite. Caso Particular De Las Imágenes Ikonos Y Quickbird. **Revista De Teledetección**, **26**, 18–24.
- [19] Daniel, J., & Mohr-Bell, D. (2007). Estimación De Clases De Edad De Las Plantaciones De La Provincia De Corrientes, Argentina, Con Base En Datos Satelitales Landsat Estimation Of Age Classes In Plantations Of Corrientes Province, Argentina, Using Landsat Satellite Data. 28(2), 106–118.
- [20] Lopez Garcia, M., Denore Bernard. (1999) Los satelites de observacion de la tierra en el 2000.(65-66), 81-102.
- [21] Díaz, G. M., Mohr-Bell, D., Lencinas, J. D., Menger, M., & Del Valle, H. F. (2011). Teledetección Satelital Cuantitativa Para Estimar El Área Basal Del Bosque De *Nothofagus Pumilio* (Nothofagaceae): El Rol Del Índice De Área Foliar Como Información Auxiliar. **Revista Chilena De Historia Natural**, **84**(4), 509–521. <https://doi.org/10.4067/S0716-078x2011000400004>
- [22] En: M.R. Guariguata & G.H. Kattan (Eds.) 2002. Ecología De Bosques Neotropicales. Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica. (2002).
- [23] García-Martín, A., Pérez-Cabello, F., & De La Riva, J. (2006). Evaluación De Los Recursos De Biomasa Residual Forestal Mediante Imágenes Del Satélite Landsat Y Sig. **Geofocus**, **6**, 205–230.
- [24] Gordillo, S. V. M., Flores, M. H., Tijerina, C. L., & Ramón, A. R. (2014). Estimación De La Evapotranspiración Utilizando Un Balance De Energía E Imágenes Satelitales * Estimation Of Evapotranspiration Using Energy Balance And Satellite Images Resumen Introducción. **Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas**, **5**, 143–155.
- [25] Herrera, G., & Ruiz, J. (2009). Retroceso Glaciar En La Sierra Nevada Del Cocuy Boy Glacier Retreat In The Sierra Nevada Del Cocuy,. **Perspectiva Geográfica**, **13**, 27–36. <https://doi.org/10.19053/01233769.1710>
- [26] Herrera, V. (2001). Estudio Del Crecimiento Urbano De La Ciudad De Valdivia (Chile) A Través Del Uso Integrado De Imágenes De Satélite, Sig Y Equipos Gps. **Revista De Teledetección**, **15**, 1–9.
- [27] Jiménez-López, Andrés Fernando; Jiménez-López, Fabián Rolando; Jiménez-López, M. (2015). Multispectral Analysis Of Vegetation For Remote Sensing Applications Análisis Multiespectral De La Vegetación Para Aplicaciones De Sensado Remoto. **Iteckne**, **12**(2), 156–167. Retrieved From [Http://Revistas.Ustabuca.Edu.Co/Index.Php/Iteckne/Article/View/1242/1026](http://Revistas.Ustabuca.Edu.Co/Index.Php/Iteckne/Article/View/1242/1026)
- [28] La, C. D. E., & Coquimbo, R. D. E. (2006). Caracterización Y Zonificación Edáfica Y Characterization And Edafic And Climatic Zonification In The Region Of Coquimbo, Chile. 52–74.
- [29] Lillo-Saavedra, M. F., & Gonzalo, C. (2008). Aplicación De La Metodología De Fusión De Imágenes Multidirección-Multiresolución (Mdmr) A La Estimación De La Turbidez En Lagos

Multidirection-Multiresolution Fusion Images Methology (Mdmr) Applied To Turbidity Lake Estimation. 19(5), 137–146. <https://doi.org/10.1612/Inf.Tecnol.3978it.07>

- [30] Martín Isabel, M. P., García Alonso, M., & Martínez Vega, J. (2010). Avances En Teledetección: Instrumentos Y Aplicaciones. *Ciudad Y Territorio: Estudios Territoriales*, 42(165–166), 551–564.
- [31] Navone, S. M. (1998). El Analisis De Imagenes De Satelite. 13(3).
- [32] Ochoa-Tejeda, V., & Parrot, J. F. (2007). Extracción Automática De Trazas De Deslizamientos Utilizando Un Modelo Digital De Terreno E Imágenes De Satélite De Alta Resolución Ikonos. Ejemplo En La Sierra Norte De Puebla, México. *Revista Mexicana De Ciencias Geologicas*, 24(3), 354–367.
- [33] Papparelli, A. (2012). Director Organizador Ineaa ; Profesor Titular Faud-Unsj ; Profesional Principal Conicet. 16, 1–7.
- [34] Pérez M. E., & García M. P. (2013). Aplicaciones De La Teledetección En Degradación De Suelos. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*.
- [35] Peri, V. G., & Rossello, E. A. (2010). Anomalías Morfoestructurales Del Drenaje Del Río Salado Sobre Las Lomadas De Otumpa (Santiago Del Estero Y Chaco) Detectadas Por Procesamiento Digital. *Revista De La Asociación Geologica Argentina*, 66(4), 634–645.
- [36] Ponvert Delisles, D., & Lau Quan, A. (2013). Uso De Las Imágenes De Satélites Y Los Sig En El Campo De La Ingeniería Agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), 75–80. Retrieved From http://scielo.sld.cu/Scielo.php?Script=Sci_Arttext&Pid=S2071-00542013000400013
- [37] Profile, S. E. E. (2001). Discriminación De Gypsisoles Mediante El Sensor Etm + Del Satélite Lansat-7 Discriminación De Gypsisoles Mediante El Sensor Etm +. (January).
- [38] Ravelo, A. C., & Pascale, A. J. (1997). Identificación De Ocurrencia De Sequías Mediante Imágenes Del Satélite Noaa E Información Terrestre. *Revista De La Facultad De Agronomía*, 17(1), 101–105. Retrieved From <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/1997aveloac.pdf>
- [39] Ruiz, J. S., & Granados Ramírez, R. (2005). Relación Entre Los Índices De Vegetación Obtenidos De Los Sensores Avhrr Del Satélite Noaa Y Tm Del Landsat. *Ciencia Ergo Sum*, 12(2), 167–174. Retrieved From <http://www.redalyc.org/pdf/104/10412209.pdf>
- [40] Sacristán, F. (2017). La Teledetección Satelital Y Los Sistemas De Protección Ambiental. *Civilizar*, 5(9), 1. <https://doi.org/10.22518/16578953.701>
- [41] Sanches, I. D., Epiphanyo, J. C. N., & Formaggio, A. R. (2005). Culturas Agrícolas Em Imagens Multitemporais Do Satélite Landsat. *Agricultura*, 52(1), 83–96.
- [42] Sánchez-Díaz, B. (2018). 13370-Texto Del Artículo-67706-4-10-20181111. 33(3), 243–253.
- [43] Segura M, R., & Trincado, G. (2003). Cartografía Digital De La Reserva Nacional Valdivia A Partir De Imágenes Satelitales Landsat Tm. *Bosque (Valdivia)*, 24(2), 43–52. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002003000200005>
- [44] Socorras Quintero, V. S., Gómez Vargas, E., & Obregón Neira, N. (2015).

- Calibración De Imágenes De Radares Meteorológicos. *Revista Tecnura*, **18**(41), 12. <https://doi.org/10.14483/Udistrital.Jour.Tecnura.2014.3.A01>
- [45] Teledetecci, D. E. (2011). *REVISTA*.
- [46] Universitaria, V., Pampanito, M., & Trujillo, E. (2019). Caracterización Espacio-Temporal De Cobertura Con Empleo De Geoinformación En El Municipio Miranda Spatial-Temporal Characterization Of Coverage With The Use Of Geoinformation In Miranda Municipality. *28*(1), 1–9.
- [47] Valecia, M., & Anaya, A. (2009). The Corine Land Cover Method. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, **90**(15), 39–52.
- [48] Viedma, O., & Chuviebo, E. (2005). Cartografía Y Evaluación De Daños Causados Por Incendios Forestales Mediante Técnicas De Teledetección. El Ejemplo De La Hoya De Buñol, (Valencia). *Universidad De Alcalá De Henares*, (November 2014).
- [49] Visibilidad, B., Guajira, L. A., Millán, S., Bolaños, J. A., García-Valencia, C., & Isabel, D. (2016). Teledetección Aplicada Al Reconocimiento De Praderas De Pastos Marinos En Ambientes De Baja Visibilidad: La Guajira, Colombia. *45*(2), 289–315.
- [50] Yan, G. (1993). On The Use Of Radarsat-1 For Monitoring Malaria Risk In Kenya. (613).
- [51] Zeballos, G., Soruco, Á., Cusicanqui, D., Joffré, R., & Rabatel, A. (2014). Uso De Imágenes Satelitales, Modelos Digitales De Elevación Y Sistemas De Información Geográfica Para Caracterizar La Dinámica Espacial De Glaciares Y Humedales De Alta Montaña En Bolivia. *Ecología En Bolivia*, **49**(3), 14–26.
- [52] Zorogastúa, P., Quiroz, R., & Garatuza, J. (2010). Evaluación De Cambios En La Cobertura Y Uso De La Tierra Con Imágenes De Satélite En Piura -Perú Assessing Land Cover & Land Use Changes With Satellite Imagery In Piura – Peru. *Ecología Aplicada*, **10**(1).



Laura Natalia Garavito Ingeniera Civil - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC. Magister en Ingeniería Ambiental - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC. Ingeniera capaz de participar activamente en las labores con sentido de responsabilidad, ética, seriedad, honestidad, tenacidad, dinamismo y liderazgo natural, en pro del trabajo en equipo. Apta para aplicar creativamente mis conocimientos para dar solución a las necesidades propias del estudio, planeación, óptimo diseño, ejecución de proyectos de infraestructura y obras civiles, proponiendo alternativas conducentes a prevenir, mitigar, controlar y eliminar los problemas ambientales provocados por fenómenos naturales o actividad antrópica, integrando los conceptos y procesos de producción limpia y desarrollo sostenible. Esto ajustado a las políticas del sistema nacional ambiental y la normatividad ambiental vigente Laura. garavito@usantoto.edu.co.

