

# ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CUERPO DE AGUA DEL EMBALSE DEL SISGA, A PARTIR DE IMÁGENES SENTINEL 1

**AUTOR**

**NANCY RAMÍREZ BARRAGÁN**

Ingeniera Topográfica  
[nancyramirez@gmail.com](mailto:nancyramirez@gmail.com)

**Curso de facilitación**

**Percepción Remota y Procesamiento Digital de Imágenes**



La U  
**acreditada**  
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DICIEMBRE DE 2018**

## TABLA DE CONTENIDO

1. CONTEXTO .....	3
2. PROBLEMA.....	4
3. DESARROLLO .....	5
3.1 Materiales.....	5
3.2 Área de Estudio (Localización y Caracterización) .....	5
3.3 Método o Procedimiento .....	6
3.4 Resultados .....	11
4. OBJETIVOS .....	12
4.1 Objetivo General.....	12
4.2 Objetivos Específicos .....	12
5. REFERENCIAS .....	13

## 1. CONTEXTO

La represa del Sisga se localiza a unos 55 km de la ciudad de Bogotá, saliendo por la Autopista Norte, en el Municipio de Chocontá; aguas arriba y por efecto de la represa, se localiza el embalse del Sisga. La economía del sector está basada en el turismo, ya que durante todo el año se llevan a cabo actividades deportivas, práctica de buceo, facilitado por la profundidad del lago; así mismo, se pueden observar extensas superficies de praderas destinadas al pastoreo de ganado, mezclado con zonas de bosques nativos y plantados.

De acuerdo al diseño inicial, la capacidad del embalse cuando la cota máxima del agua o cota máxima de operación, se encontraba por los 2704 m.s.n.m. era de 101.2 Mm<sup>3</sup>, pero según estudios batimétricos realizados por la CAR para el año 2004, esta presenta una variación del 11%, es decir que su capacidad actual es de 94,3 Mm<sup>3</sup>, debido principalmente a la colmatación natural.

Pero en estos años de funcionamiento de la represa (desde 1951), no solo ha variado la capacidad del embalse, si no que su superficie también se ha visto modificada, pues pasó de tener 653 ha del diseño inicial, a 637, según datos de la CAR, diferencia que puede deberse a la precisión en los métodos de medición, ya que actualmente son más precisos.

En otro ángulo, se encuentran los sensores remotos, que ofrecen la facilidad para realizar estudios de la superficie terrestre con bastante precisión; los hay de tipo pasivos y activos; los primeros corresponden a aquellos sensores que reconocen la radiación electromagnética producida por los elementos de la superficie terrestre; mientras que los activos cuentan con su propia fuente de energía generando su propia radiación; en este último grupo, se encuentran los sensores de tecnología Radar (Radio Detection and Ranging), al que pertenece el satélite Sentinel-1 de la Agencia Espacial Europea -ESA.

Ahora bien, considerando las premisas anteriormente mencionadas, se realiza un ejercicio académico con el que se busca determinar la variación sufrida por el cuerpo de agua del Embalse del Sisga, mediante el uso de sensores remotos de tecnologías Radar, como lo es el satélite Sentinel-1 de la constelación Copernicus, en un intervalo de tiempo de dos años.

## **2. PROBLEMA**

No solo el Embalse del Sisga, si no todos los cuerpos de agua se ven afectados por la disminución de sus espejos de agua y/o caudales, como consecuencia de variados factores tanto naturales como antrópicos; el cambio climático y sus fenómenos asociados como el del Niño, elevan las temperaturas incrementando los niveles de evotranspiración; a nivel local, propio de la represa es la colmatación natural, aunque no es visible a simple vista y solo se puede comprobar mediante estudios batimétricos; así como la acción del hombre y el incremento de zonas de pradera aptas para la ganadería, van afectando la estabilidad, forma y tamaño del cuerpo de agua.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1 Materiales

Como insumo base para el ejercicio, se emplearon dos imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) que captan la información en longitudes de ondas en el rango del microondas, del satélite Sentinel 1 (A y B), de la constelación Copernicus, perteneciente a la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés); con tomas realizadas en el 2016 y 2018 respectivamente; y como software de procesamiento digital de imágenes se utilizó Geomatica\_2018 de la casa PCI Geomatics. Las características de las imágenes se relacionan en la tabla No.1.

Nombre de la Imagen	S1A_IW_GRDH_1SDV_20160326T231348_20160326T231413_010547_00FACE_B082	S1B_IW_GRDH_1SDV_20180602T231314_20180602T231339_011201_0148E8
Satélite	Sentinel 1A	Sentinel 1B
Modo de Toma	IW (Interferometric Wide Swath)	IW (Interferometric Wide Swath)
Nivel de Procesamiento	GRD (Ground Range Detected)	GRD (Ground Range Detected)
Polarización	Dual Polarization (VV,VH)	Dual Polarization (VV,VH)
Fecha de Toma	2016-03-26	2018-06-24
Banda	C (Penetración = 5cm)	C (Penetración = 5cm)

Tabla No.1. Propiedades de las Imágenes Radar SAR

#### 3.2 Área de Estudio (Localización y Caracterización)

El área de estudio corresponde al sector donde se localiza la represa y embalse del Sisga, en jurisdicción del municipio de Chocontá Cundinamarca; a 55 km en la vía que de Bogotá conduce a ese municipio y comprende una superficie aproximada de 5650 Has, con coberturas de pastos naturales y mejorados; así como bosques nativos y plantados.



Figura 1. Delimitación del área de estudio  
(Fuente: Google Earth)

### 3.3 Método o Procedimiento

En la etapa de **pre-procesamiento**, la calibración radiométrica se realizó por retrodispersión en el rango terrestre (Sigma nought), dado el formato de la imagen (GroundRangeDetectedGeo-referenced - RGD); y la Orto-rectificación, con puntos de control terrestre, apoyados en una Imagen óptica Landsat 8 y un modelo digital de elevación de la zona, previamente orto-rectificada y corregido; es de tener en cuenta que para garantizar la calidad del proceso, el error medio residual (RMS) en la toma de puntos de control, no debe ser superior a 2.

Una vez se tienen corregidas y orto-rectificadas las dos imágenes Sentinel-1, se determinó un área de interés a fin de agilizar los procesos, dado que entre mayor sea el tamaño de la matriz, el proceso tarda un poco más en ejecutarse. Así las cosas se delimitó un área de aproximadamente 5650 Has, que cubre el total de la laguna, e incluye otro tipo de coberturas como prados y bosques.

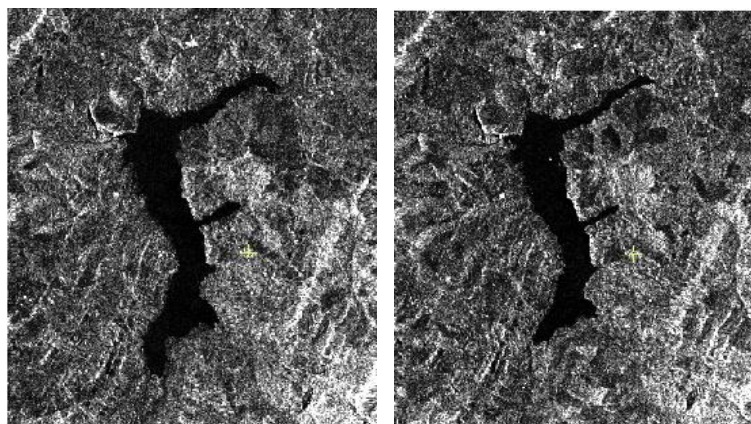


Fig. 2. Detalle de la delimitación del área de estudio en las imágenes Sentinel-1 (Clipping)  
Izq. Sentinel 1A (2016) – Der. Sentinel 1B (2018)

Una vez ejecutada la etapa del Pre-procesamiento, se procede con el **geoprocesamiento**, es decir, se procede a realizar *la Clasificación Orientada a Objetos*, teniendo en cuenta el valor de la Retrodispersión y la textura de las coberturas. Como primer paso de la clasificación, se realiza la *Segmentación* del polígono del área de interés ya delimitada anteriormente (para algunos autores, este es el secreto de una buena clasificación), usando el filtro paso Alto Enhanced Lee para resaltar bordes y atenuar el efecto pimienta, con un kernel de 9x9. Como resultado del proceso se obtiene un archivo tipo vector, que servirá de materia prima para los procesos siguientes; pues sobre él, se realiza el Cálculo de Atributos (Attribute Calculation) para cada una de las capas vectoriales de la segmentación (S-1A y S-1B); es decir, que en este paso no se genera un nuevo

archivo, si no que se modifica la tabla de atributos de la capa vectorial ya existente, pues crea un campo por cada uno de los atributos definidos como parámetros, para cada una de las polarizaciones de la imagen (es recomendable no olvidar la importancia de las texturas al definir los parámetros, pues esto nos servirá bastante al momento la clasificación). Como se puede evidenciar en la Fig. 3, los segmentos están definidos por los pixeles con características espectrales similares.

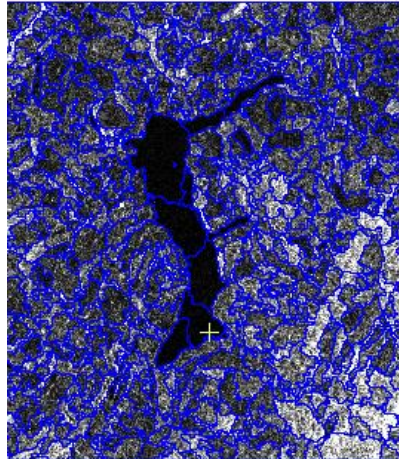


Fig. 3. Segmentación del área de interés en S-1B (2018)

Con la segmentación generada, se crean y se asignan las clases (coberturas) en la tabla de atributos, apoyados en las imágenes ópticas, y/o elementos conocidos realizando combinaciones en

RGB o falso color que permitan identificar con mayor facilidad las coberturas. Esta etapa es conocida como **Etapas de entrenamiento**. Para el caso del ejercicio se crearon las clases; agua, pastos naturales, bosques y pastos secos.

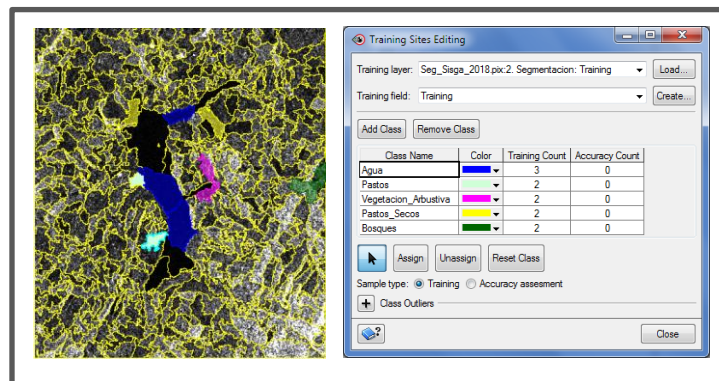


Fig. 4. Segmentación del área de interés en S-1B (2018)

Una vez ejecutada la etapa de asignación de clase a las muestras, se ejecuta el proceso de **Clasificación**; que puede ser Supervisada, No Supervisada o Clasificación Basada en Reglas. En esta etapa, el programa asigna una clase a todos los segmentos de la capa vectorial, de acuerdo a la similitud radiométrica que tenga con las muestras tomadas previamente. Para efectos del ejercicio, se empleó la clasificación basada en reglas para la imagen S-1A (2016), empleando la textura como parámetro principal en la definición de las reglas; mientras que para la S-1B (2018) se empleó el método de la Clasificación Supervisada.

Para corroborar la precisión en la clasificación, se calcula el coeficiente de exactitud temática Kappa, con base en los píxeles bien identificados y los píxeles de la muestra en términos de porcentaje; es decir que se calcula la relación existente entre los dos factores (No. Píxeles bien identificados / No. de Píxeles Muestra)\*100, tanto de forma global e individual (por cada una de las clases identificadas).

Para el caso de este ejercicio se obtuvo un coeficiente global Kappa, que aunque no está del todo bien tampoco es malo, del 77 tal como se evidencia en la figura No.5. Sin embargo, la clase correspondiente al agua (cobertura a analizar) presenta una exactitud del 100%, por lo que no fue necesario repetir el proceso.

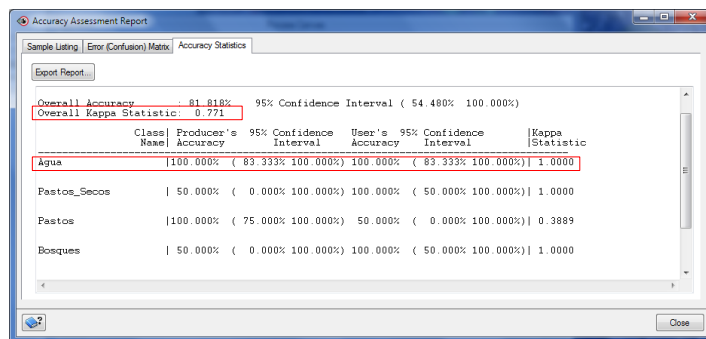


Fig. 5. Reporte de Exactitud Temática

En el caso de que haya algún error de clase al final de la etapa de clasificación, puede corregirse en la de Post-Clasificación; en esta etapa se pueden corregir los polígonos de la capa vectorial y se reasignan clases. Para el ejercicio se corrigieron en ésta etapa dos polígonos de la capa agua, que es la de interés.



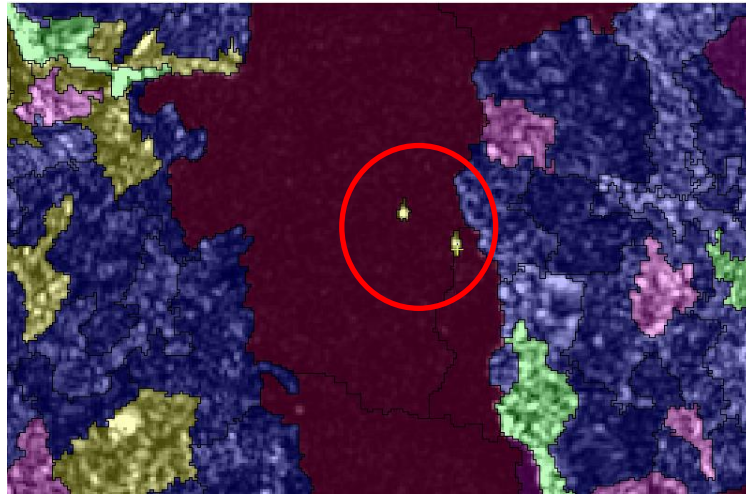


Fig. 6. Polígonos a corregir en la etapa de Post-Clasificación en S-1B (2018)

Para facilitar el proceso de Detección de Cambios, se puede emplear la opción Dissolve del menú Analysis, para disolver los polígonos de la segmentación ya clasificados. Este comando agrupa los polígonos pertenecientes a la misma clase; para el caso de la imagen S-1A (2016) generó dos grandes polígonos (agua y SinClasificar), y en el caso de la S-1B (2018), una por cada cobertura que se identificó en el área.

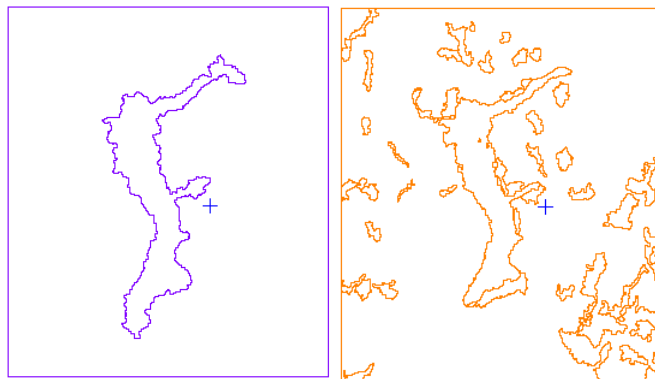


Fig. 7. Función Dissolve  
Izq. S-1A (2016) – Der. S-1B (2018)

En la librería de Algoritmos, se encuentra la opción POLY2RAS, que permite convertir el archivo vector obtenido en el proceso anterior (dissolve) en un archivo tipo raster, tomando como referencia la matriz raster inicial (imagen de radar) de la cual el nuevo archivo heredará las propiedades de filas, columnas y tamaño de píxel.

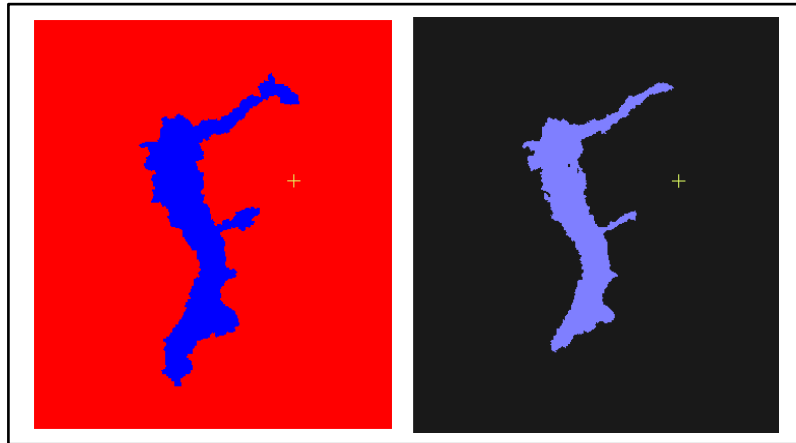


Fig. 8. Clasificación de coberturas en formato Raster  
Der. Sentinel 1A (2016) – Izq. Sentinel 1B (2018)

Como cada una de los procesos, desde el pre-procesamiento hasta la obtención del archivo raster mediante el algoritmo POLY2RAS, se ha ejecutado para las dos imágenes (S-1A y S-1B), finalmente se tienen dos archivos para realizar así, la Detección de Cambios que ha sufrido el cuerpo de agua del embalse El Sisga, el cual se constituye en nuestro el proceso final. Este se ejecuta desde el comando que lleva el mismo nombre.

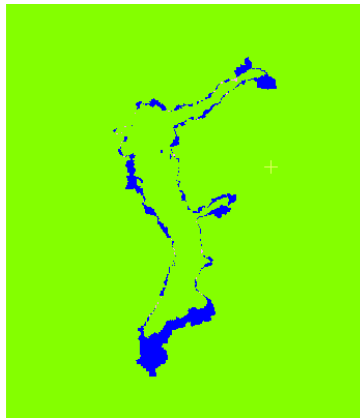


Fig.9. Mapa Temático resultante de aplicar la función Change Detection.

En color azul, se identifican las zonas de disminución del cuerpo de agua (más extensas), mientras que en rosa (Minoría) se encuentran las zonas de aparente incremento del mismo.

Finalmente y para cuantificar el incremento y la disminución del cuerpo de agua, se exportó el archivo raster a vector, mediante el algoritmo de la librería EXPOLRAS.

### 3.4 Resultados

- Como se evidencia en la tabla No.2, en un periodo de dos (2) años aproximadamente, la laguna del Sisga ha disminuido su área en 129,59 Has, mientras que las áreas donde ha extendido su dominio tan solo suman 2,4 Has distribuidas en 45 polígonos; esto último puede obedecer al alto nivel freático de la zona que bordea la laguna, pues la presencia de agua puede alterar la señal de retorno, ofreciendo una señal especular muy diferente a las que pueden presentar los terrenos de pastos secos alrededor del cuerpo de agua.

<b>Cobertura</b>	<b>Ganancia (Ha)</b>	<b>Pérdida (Ha)</b>
Agua	2,4	129,59

Tabla No.2. la pérdida de área del cuerpo de agua es 50 veces mayor al área donde aparentemente la laguna se ha extendido.

- De igual forma, se puede inferir que la disminución del área ocupada por el cuerpo de agua puede ser producto de la estación climática y la fecha de toma de las fotografías, lo cual no es del todo errado, dado que el portal web <https://es.weatherspark.com>, muestra que históricamente la fecha de mayores precipitaciones en la zona es 31 días centrados alrededor del 29 de abril, es decir entre el 14 de abril al 15 de Mayo y teniendo en cuenta que la imagen SAR Sentinel 1A, presenta fecha de toma del 26 de marzo de 2016, deja sin piso dicha teoría, pues queda demostrado que no era temporada tradicionalmente invernal. Sin embargo, al revisar los reportes sobre el clima para el 2016, entre los meses de marzo y junio de ese año, el país sufrió uno de los fenómenos atmosféricos más comunes de los últimos tiempos, el FENOMENO DE LA NIÑA, que como es de conocimiento presenta precipitaciones excesivas en temporadas anómalas.

De acuerdo con lo anterior, se recomienda repetir el ejercicio con imágenes que presenten condiciones de toma (fecha y temporada climática), similar.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Determinar la variación del cuerpo de agua del embalse del Sisga, éntre los años 2016 y 2018, a partir de imágenes de Radar.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar técnicas de clasificación de coberturas para determinar las existentes en el área de estudio, incluyendo la de agua, empleando el programa de procesamiento de imágenes Geomática2018.
- Ejecutar los algoritmos de la librería, que permitan identificar los cambios ocurridos en el área de estudio en el periodo ya definido.
- Identificar las áreas de cambio más representativas.

## 5. REFERENCIAS

- Guzmán Paz José Raúl (2014). Análisis Multitemporal de Zonas Forestales en las Zona de INTAG – Ecuador, Periodo 2010-2013, Tesis de Maestría, Universidad de Salzburg. Quito – Ecuador.
- Cogollo Briceño Julián Andrés (2005). Desarrollo de una Base Conceptual y Aplicaciones de Radars Hidro-Climáticos en Colombia, Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá- Colombia.
- Plata Arango Iván Rodrigo (2015). Detección de Anomalías Geobotánicas Asociadas a Microfugas de Hidrocarburos, Utilizando Productos de Sensores Remotos, en el Campo Apiay, Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá- Colombia.
- Chuvieco Emilio (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial, Ediciones RIALP, S.A. Madrid
- Peguero, Carlos (2012). Geodesia y Gestión de Recursos Naturales y Patrimonio Natural. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/23743025/SENSORES\\_REMOTOS\\_Y\\_APLICACIONES\\_EN\\_TELEDETECCI%C3%93N\\_GEODESIA\\_Y\\_GESTI%C3%93N\\_DE\\_RECURSOS\\_NATURALES\\_Y\\_PATRIMONIO\\_NATURAL](https://www.academia.edu/23743025/SENSORES_REMOTOS_Y_APLICACIONES_EN_TELEDETECCI%C3%93N_GEODESIA_Y_GESTI%C3%93N_DE_RECURSOS_NATURALES_Y_PATRIMONIO_NATURAL).Consulta: 13-12-2018.