

**Análisis Multitemporal Del Espejo De Agua Del Embalse Del Muña Mediante Imágenes  
Satelitales Sentinel.**

Presentado por:

**María Ruiz Chavarro**

Código 7303586

Ensayo de grado para optar al título de:

**Ingeniero Civil**



Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Estudios a Distancia

Ingeniería Civil

Bogotá D.C.

2021

## Resumen

La fotografía a través de los años, ha tomado bastante fuerza, sus grandes cualidades, han encontrado en la fotografía, la evidencia a cualquier acontecimiento vivido, ha sido el centro de la comunicación visual, por ello, la fotografía se ha aplicado en distintas áreas, entre ellas, la ingeniería. En cuanto al área de la ingeniería, las fotografías han sido utilizadas con el fin de recolectar información antes, durante y después de cada obra realizada, todo esto con el propósito de documentar y proveer información sobre posibles cambios en el proceso constructivo. Además de la fotografía convencional, las obras de ingeniería se han apoyado en imágenes aéreas e imágenes satelitales. Las imágenes satelitales se utilizan en la ingeniería para analizar coberturas terrestres, analizar la geología del terreno, realizar análisis hidrológicos, servir de apoyo en diseños de cualquier obra de ingeniería, análisis multitemporales y muchos usos más, todo esto apoyado mediante las herramientas de Sistemas de Información Geográficas (SIG). En este ensayo, se realizó un análisis multitemporal al espejo de agua del embalse del Muña ubicado en el departamento de Cundinamarca, en Colombia. Se adquirió la información con imágenes satelitales Sentinel correspondiente a los años 2015, 2018 y 2021, se eligieron estas imágenes partiendo desde la más reciente (2021) y por periodos de tres años hacia atrás (2018, 2015) eligiéndolas por criterio propio para garantizar imágenes recientes y de buena calidad en la zona del embalse. Posteriormente, se realizó un procesamiento, que incluyó: La combinación de bandas, una clasificación no supervisada, generación de polígonos y como resultado a este proceso, se obtuvo mediante cálculos de áreas los resultados finales. Todo este análisis multitemporal se realizó en el software ArcGIS versión 10.7, licencia para estudiantes suministrada por la Universidad Militar Nueva Granada. En definitiva, los polígonos extraídos de las imágenes satelitales mediante la

herramienta ArcGIS, fluctuaron y no hubo reducción ni aumento constante de su espejo de agua a través de los años en estudio.

**Palabras clave:** Imágenes satelitales Sentinel, análisis multitemporal, embalse del Muña.

## **Introducción**

La fotografía ha tenido un fuerte auge entre los siglos XIX y XXI. Desde sus inicios a mediados de 1839, la fotografía ha servido de documento clave para la historia, un ejemplo, es la famosa fotografía tomada en Julio de 1969 en donde el astronauta Edwin Aldrin posa sobre la superficie de la luna, esta fotografía fue tomada por el astronauta Neil Armstrong, su silueta se puede ver en el reflejo en la visera de Edwin Aldrin. (Flórez, 2016). Así pues, la fotografía es y será un registro real de acontecimientos vividos, algunas veces con más calidad que otras, pero siempre dejando evidencia de aquellos momentos ocurridos a través de los años. Con la llegada de la tecnología digital, la fotografía ha tomado un fuerte impulso, sus características visuales y su carácter documental han ubicado a la fotografía como el centro de la comunicación visual, por ello, la fotografía se ha aplicado en distintas áreas como la publicidad, el arte, el periodismo y muchas otras más áreas incluyendo a la ingeniería (Kreibohm, 2007).

A nivel de ingeniería las fotografías han sido empleadas para documentar y proveer información sobre fallas estructurales en edificaciones, deslizamientos de tierra y además han sido parte clave para la ubicación de proyectos de gran envergadura a partir del uso de fotografías aéreas. Este tipo de fotografías son imágenes del terreno tomadas desde un avión o cualquier nave (dron) equipada con una cámara fotográfica, permitiendo conocer de manera detallada los elementos que conforman la geografía del terreno. En el año de 1859, el francés Laussedat propuso

la utilización de fotografías aéreas para el levantamiento o dibujo de mapas. Para la época, se dificultaba poder realizar tomas fotográficas de forma secuencial, siendo este un requisito fundamental para el correcto trazado de mapas topográficos y para poder evidenciar la tercera dimensión. Aunque vale la pena resaltar que este método dio como resultados mapas para el reconocimiento del terreno, la toma de fotografías de forma secuencial se vino a dar a finales del siglo XIX, para lo cual fue necesario la fabricación de los primeros artefactos que empleaban el principio de la doble imagen para la observación del terreno en tres dimensiones. Estos artefactos consistieron en cámaras especiales para la toma de imágenes aéreas en serie. Además de las fotografías aéreas, existen otro tipo de percepción remota (obtención de información de un objeto sin tener contacto directo con el) como lo son las imágenes satelitales (IGAC, 1990).

Las imágenes satelitales son la representación visual de la captura de información remota desde el sensor montado en un satélite. Estos sensores recolectan la información de la superficie terrestre para posteriormente procesar esta información. Estos procesos mejoran la interpretación visual de la imagen sin cambiar su información inicial (UCH, 2018). La vinculación de las imágenes satelitales a los sistemas de información geográfica (SIG) han sido gran material de apoyo para obtener capas de información espacial cuando las superficies a estudiar son amplias y no existe gran información cartográfica, cabe resaltar que la cartografía es el ejercicio de elaborar mapas.

Un ejemplo en la elaboración de mapas, es la implementación de los sistemas de información geográfica para el análisis del uso de las coberturas terrestres, por medio de la elaboración de mapas a partir de imágenes satelitales u ortofotos. Estas imágenes mediante la herramienta SIG se pueden vectorizar (crear líneas, puntos o polígonos) para posteriormente crear la cartografía o mapa digital. Vale la pena mencionar que las ortofotos se diferencia de las

imágenes satelitales en que son el producto de la toma de fotografías aéreas, las cuales han sido corregidos los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara o sensor y también corregir la curvatura de la superficie del terreno (IDECA, 2019). En cuanto a las imágenes satelitales Sentinel, estas son imágenes que cuentan con una resolución de diez metros en el espectro visible, esto sirve para realizar la clasificación a una escala que permita ver los cuerpos de agua sin pixelar la imagen y trece bandas espectrales que permiten combinarse entre sí, para poder identificar de manera más detallada los cuerpos de agua. Teniendo en cuenta que las herramientas SIG han sido empleadas para dar solución a problemas relacionados con el uso que se da a los recursos naturales. Por lo tanto, se busca que, por medio del uso de estas herramientas, se analice el cambio en su área a través de los años, en el embalse del Muña.

En el año 1931 inició la construcción del embalse del Muña ubicado en el municipio de Sibaté en el departamento de Cundinamarca (Colombia). Dentro de las características de este embalse se obtuvo un cuerpo de agua de 711 hectáreas y 11 metros de profundidad. Su propósito fue el de almacenar y regular los caudales del río Muña y de la quebrada Aguas Claras para generar y abastecer con energía parte de la ciudad de Bogotá. Una vez concluidas las obras del embalse, los ciudadanos y habitantes del sector, visitaban este lugar para disfrutar del paisaje, practicar deportes náuticos y pescar, convirtiéndose en un sitio de gran acogida turística. En el año 1967 comenzaron unos fuertes cambios que afectaron de forma negativa al embalse, las aguas contaminadas del río Bogotá fueron bombeadas al embalse mediante la estación de bombeo del Muña siendo responsable la empresa de Energía de Bogotá con autorización de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). El alto grado de contaminación del río Bogotá invadió el embalse de plagas, roedores, zancudos, buchón de agua (planta parásita) y olores fétidos. El embalse se convirtió en un espejo de agua en reposo, oscuro, nauseabundo y cubierto de plantas.

Todo esto causó un impacto ambiental y económico a los habitantes del municipio de Sibaté ya que el turismo desapareció por completo (Semana, 2017). Los derechos de los habitantes de Sibaté y sus alrededores fueron vulnerados, el derecho a la libre circulación, a la salud, a la recreación, a la vivienda, al goce de un ambiente sano, a la conservación de las especies animales y vegetales, entre otros (CAR, 2016). En la actualidad entre la Alcaldía, Emgesa (Empresa española que tomó el control de la generación de energía en la zona) y con la vigilancia y acompañamiento de la Procuraduría se realizan limpiezas periódicas del embalse, retiro de las plantas buchón, se fumiga eliminando las larvas de zancudos y se monitorea periódicamente la calidad del agua (RCN, 2020). Ahora bien, es interesante estudiar este caso y por medio de la herramienta ArcGIS, elaborar un análisis multitemporal del espejo de agua y así poder determinar que tanto ha aumentado o disminuido en área, posiblemente cuando entren en funcionamiento las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) sirva de material de apoyo el cálculo de estas áreas para futuros estudios si se llegara a presentar el caso. Vale la pena mencionar, que este documento no hace parte de un proyecto de investigación.

Por lo tanto, el objetivo general de este ensayo es: por medio del cálculo de áreas mediante un análisis multitemporal con imágenes satelitales Sentinel, evidenciar en cuanto ha cambiado el espejo de agua del embalse del Muña para los años 2015, 2018 y 2021 mediante clasificación no supervisada. Esta clasificación no supervisada busca firmas espectrales en una imagen multibanda por defecto del software. En otras palabras, la clasificación no supervisada depende puramente de la tecnología para identificar las firmas espectrales. Todo esto se puede realizar en la herramienta ArcGIS. Así mismo, como objetivos específicos se pretende: emplear los sistemas de información geográfica por medio de la herramienta ArcGIS para analizar problemáticas ambientales, también ahondar en el manejo de las herramientas SIG por medio del análisis de las coberturas terrestres,

en este caso, los cuerpos de agua, y, por último, profundizar en el proceso de redacción de documentos.

De acuerdo con el objetivo general de este estudio, para la elaboración del análisis multitemporal del embalse del Muña se adquiere la información con base en imágenes satelitales descargadas desde la página del servicio geológico de Estados Unidos (USGS), para este caso se descargarán imágenes Sentinel de los años 2015, 2018 y 2021, eligiendo entre varios filtros las mejores imágenes con un porcentaje de nubes inferior al 30%. También se debe obtener información secundaria utilizando la herramienta Google Earth para la localización geográfica del lugar. Posterior a la descarga se debe hacer un procesamiento a estas imágenes en el software ArcGIS versión 10.7 (licencia para estudiante) y después de hacer la combinación de las bandas para poder visualizar mejor los cuerpos de agua se procede a vectorizar el espejo de agua obteniendo mediante cálculos de áreas los resultados finales y así llegar a las conclusiones de este ensayo.

En vista de ello, este ensayo pretende mediante un problema real, hacer uso de la herramienta ArcGIS y junto con las imágenes satelitales, siendo estas el insumo principal, elaborar el análisis multitemporal.

### **Antecedentes**

Las imágenes satelitales y la herramienta ArcGIS han sido también los insumos necesarios para la elaboración de otros trabajos similares. Según Rojas (2017), en su análisis multitemporal por medio de teledetección (adquisición de información de manera remota) utilizando imágenes Landsat, evidenció el cambio del espejo de agua en la cuenca de la laguna de Tota, situado en jurisdicción de los municipios de Cuítiva, Tota y Aquitania, en el departamento de Boyacá. Como resultado de este análisis, es posible concluir que esta laguna se ha visto afectada en su

conservación como ecosistema estratégico, generando grandes problemas ambientales como son la disminución del área del espejo de agua, el incremento de la erosión por el mal uso de productos agroquímicos, el aumento desmedido y sin ningún tipo de vigilancia de áreas destinadas a cultivos de cebolla y las excesivas prácticas de pesca y turismo. Trayendo como consecuencia el deterioro de la laguna.

Así mismo, en otro estudio, en cual empleó un análisis multitemporal a partir de imágenes satelitales Landsat y Sentinel, se pudo evidenciar los cambios en el espejo de agua, las afectaciones del cambio climático y los efectos antrópicos sobre las variaciones en el nivel de la superficie de la laguna de Tota (Ordúz, 2018) .

Conviene resaltar que las imágenes satelitales Landsat son imágenes compuestas por siete u ocho bandas del espectro, especialmente elegidas para el monitoreo de recursos naturales y geología del terreno, estas imágenes se pueden combinar para resaltar considerablemente sus características visuales (Ramos, 2017). Por tal motivo Castillo & Rodriguez (2017) en su estudio, emplearon este tipo de imágenes satelitales Landsat para analizar de forma multitemporal los cambios provocados en la laguna de Fúquene. Este análisis consiste en la cuantificación del área del espejo de agua de esta laguna, la cual se encuentra ubicada entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En su trabajo comentan sobre la pérdida y degradación del medio ambiente, así como la disminución del recurso hídrico de esta laguna. La presión antrópica sobre este tipo de ambiente, debida a sectores como el agrícola e industrial, ha ocasionado diversos inconvenientes de tipo ambiental, entre los cuales están los de procesos de contaminación a distintas escalas, pérdida de flora y fauna y afectación de los servicios ofrecidos.

Salamanca (2018) en su análisis multitemporal con imágenes satelitales Landsat, empleó mediante una clasificación supervisada (adicional al software es controlado por un observador) el



cálculo de áreas para determinar el comportamiento en el espejo de agua en el humedal laguna la Herrera ubicado en el municipio de Mosquera en el departamento de Cundinamarca, en el cual su espejo de agua ha ido disminuyendo considerablemente debido a la cantidad de materia orgánica que llega al humedal, esta materia orgánica hace que el cuerpo de agua tienda a la eutrofización (el agua se sobrecarga de nutrientes).

Todos estos estudios fueron realizados utilizando los sistemas de información geográfica (SIG), siendo estas herramientas necesarias para obtener los resultados de cualquier tipo de estudio, utilizando información espacial.

## **Marco de Referencia**

En tal sentido, los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas geográficas cuyo propósito es mostrar, analizar y calcular información espacial, todo esto se basa de manera fundamental con los mapas. Estos mapas representan atributos lógicos de información geográfica organizado por capas. Un mapa SIG diseña y organiza la información geográfica mediante capas temáticas, permitiendo de esta manera visualizar, analizar, comparar e interpretar los resultados analíticos. Los mapas se interpretan para transmitir gran cantidad de información organizada, también se utilizan para descubrir e investigar patrones, como pueden ser los cambios significativos de alguna población o los fenómenos que se pueden producir a lo largo del tiempo (Esri, 2019).

Por ello, los SIG están siendo utilizados como herramientas para complementar los análisis sobre el medio ambiente, especialmente para detectar los impactos ambientales, asociados a problemas de usos de suelo, deforestación, entre otros. Este tipo de análisis en los sistemas de información geográfica se pueden realizar mediante un estudio o análisis multitemporal (G. Flórez

et al., 2017).

Además, los estudios o análisis multitemporales son un tipo de análisis espacial, que se realiza mediante la comparación de las coberturas obtenidas en imágenes satelitales, ortofotos o mapas de una misma zona a través de distintos periodos de tiempo (Veloza, 2017)

## **Metodología**

El análisis multitemporal del espejo de agua del embalse del Muña se realizó mediante la adquisición de imágenes satelitales Sentinel para los años 2015, 2018 y 2021, dicho anteriormente, se eligieron estas imágenes partiendo desde la más reciente (2021) y por periodos de tres años hacia atrás (2018, 2015) eligiéndolas por criterio propio para garantizar imágenes recientes y de buena calidad en la zona del embalse, siendo así, las imágenes del 2015 y 2021 provenientes del satélite Sentinel 2A y la imagen del 2018 proveniente del satélite Sentinel 2B. Las imágenes fueron procesadas con el apoyo de la herramienta ArcGIS versión 10.7, como se nombró anteriormente, corresponde a una licencia para estudiante suministrada por la Universidad Militar Nueva Granada. A continuación se realiza una descripción detallada de los elementos empleados en esta investigación para determinar los cambios en el espejo de agua del embalse del Muña.

Para combinar las bandas de las imágenes, por medio del software ArcGIS, desde la herramienta Composite Band, se procedió a resaltar los cuerpos de agua en falso color mediante la combinación RGB (Red- 8A, Green-11, Blue-4). Este tipo de combinación (8A-11-4), es apropiada para visualizar e interpretar de mejor manera los cuerpos de agua tal como se puede apreciar en la figura 1, la cual muestra en color negro el espejo de agua que abarca el embalse del Muña para los años en estudio.

### Imágenes satelitales Sentinel correspondiente al embalse del Muña.

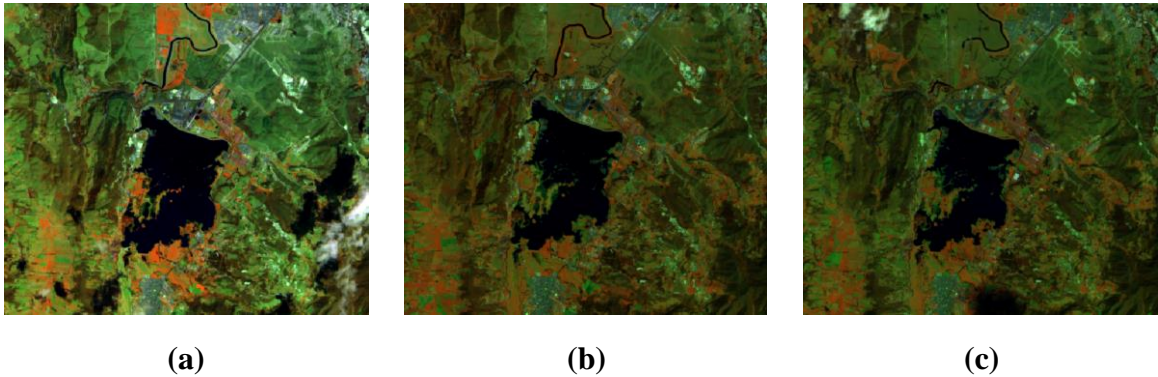


Figura 1. Imágenes Sentinel del embalse del Muña para los dd/mm/aaaa, (a) 22/12/2015, (b) 24/01/2018 y (c) 13/01/2021

Como se mencionó anteriormente la clasificación no supervisada busca firmas espectrales en una imagen multibanda por defecto del software. Es decir, el observador no se involucra directamente en el proceso de clasificación, es determinación del software por medio del color del pixel, distinguir las distintas coberturas y clasificarlas por colores, tal como se muestra en la figura 2.

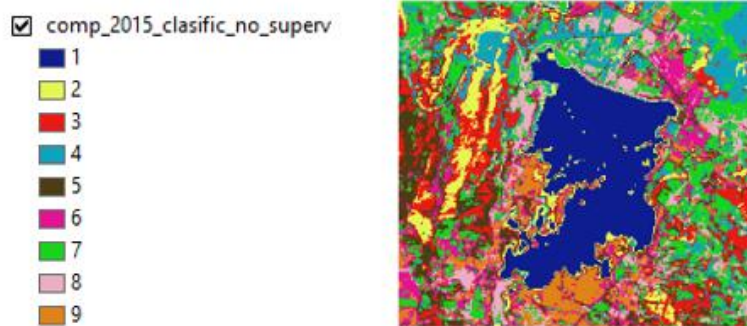


Figura 2. En el Software ArcGIS mediante la herramienta Iso Cluster Unsupervised Classification, clasificó las coberturas terrestres de la imagen satelital en nueve colores. El número uno en color azul identifica los cuerpos de agua tal como se muestra en esta figura, se puede apreciar el cuerpo de agua del embalse del Muña.

En el paso anterior, al procesar la clasificación no supervisada, el software ArcGIS genera un archivo ráster o de imagen, pero para poder calcular el área del embalse, se necesita convertir la imagen a vector mediante un polígono, si el polígono del embalse sale muy cuadrulado o muy brusco en su forma, se debe suavizar hasta conseguir que el polígono sea lo más semejante a la forma del embalse. Antes de suavizar, se debe exportar solo el polígono del embalse ya que es el área de interés, ya suavizado el polígono (color cian) como se muestra en la figura 3, se procede al cálculo del área del embalse. Este procedimiento se debe hacer para cada imagen.

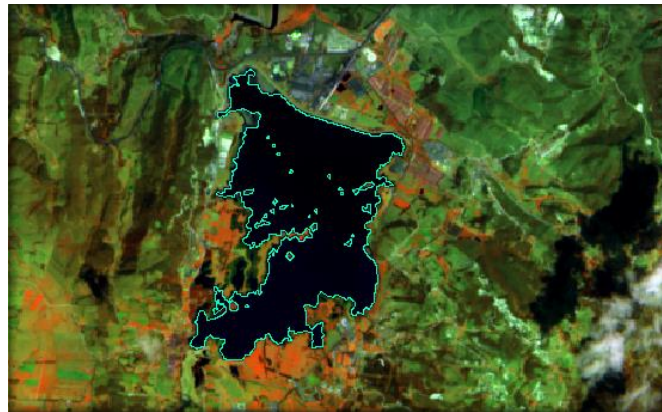


Figura 3. Se aprecia el polígono del embalse del Muña suavizado, es decir, similar a la forma del espejo de agua. Este polígono se obtuvo desde el Software ArcGIS mediante la herramienta Raster to Polygon.

Finalmente, después de obtener el polígono definitivo, se procedió a calcular el área, esta área es calculada por defecto del Software en metros cuadrados. Al ser una superficie grande, se recalculó en el mismo software ArcGIS, pero en Hectáreas. Se repitió el proceso para cada una de las imágenes. Como se mencionó anteriormente, cada imagen corresponde a los años 2015, 2018 y 2021.

## **Resultados.**

Como resultado de los procesos realizados en el software ArcGIS, en la figura 4 y la tabla 1, se aprecian las áreas y los porcentajes de aumento o pérdida de su espejo de agua con respecto

a la imagen inicial (2015), de la siguiente manera: Para la imagen del año 2015 el área del espejo de agua fue de 553.71 hectáreas, para la imagen del año 2018 su espejo de agua disminuyó con respecto a la imagen del año 2015 en un 4.74%, su área fue de 527.46 hectáreas, y para la imagen del año 2021 su área aumentó con respecto a la imagen del año 2015 en un 3.57%, con un valor de 573.47 hectáreas.

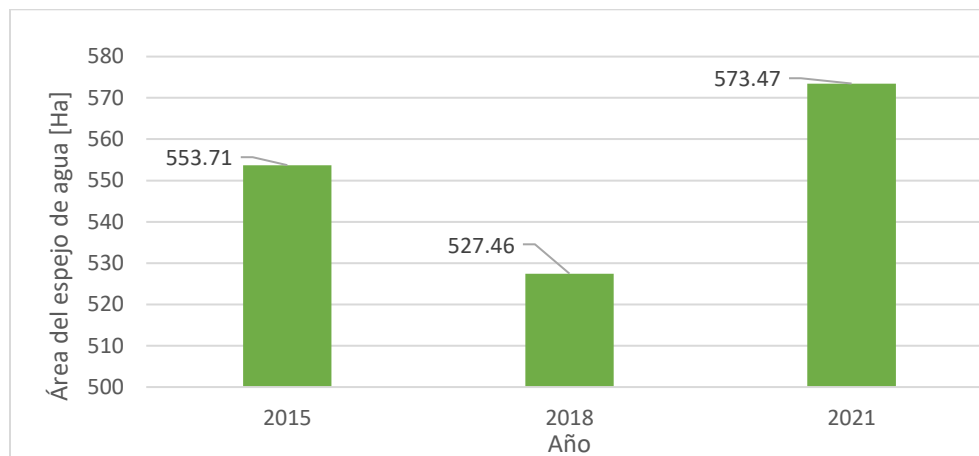


Figura 4. Histograma de áreas del espejo de agua para los años 2015, 2018 y 2021.

Tabla 1- Resultados obtenidos en área y porcentaje de aumento y/o pérdida del espejo de agua, de acuerdo al análisis multitemporal del embalse del Muña- fuente propia.

Año	Área (Ha)	Área de diferencia respecto al año 2015 (Ha)	Porcentaje en área de aumento (+) o pérdida (-) del espejo de agua con respecto al año 2015
2015	553.71	-	-
2018	527.46	-26.25	-4.74%
2021	573.47	19.76	3.57%

En la figura 5 se muestra los polígonos correspondientes a las imágenes de los años 2015 en color Cian, 2018 en color magenta y 2021 en color rojo.

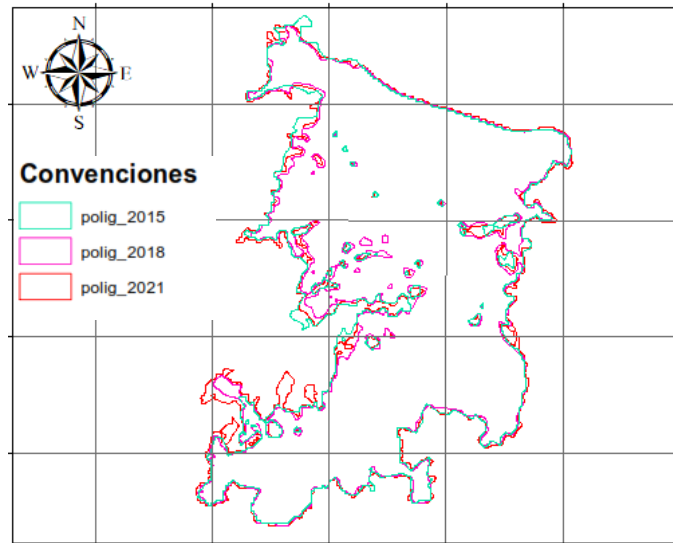


Figura 5- Superposición de polígonos de acuerdo al análisis multitemporal del embalse del Muña, se puede observar gráficamente el cambio en su espejo de agua.

## Conclusiones

A partir de la primera imagen del año 2015 se tiene un área de 553.71 Ha, en el año 2018, el área disminuye en 26.25 Ha, esto quiere decir que su espejo de agua se redujo en un 4.74%, esto posiblemente se debió a procesos de dragado, limpieza y, retiro de planta buchón y lodos que se realizó por esa época, ya que, según datos consultados en el IDEAM, las precipitaciones para los meses y años en estudio fueron similares, aproximadamente de 60mm. Para el año 2021, el área aumento con respecto al año inicial de estudio (2015) en un 3.57% es decir en 19.76 Ha.

La descontaminación del embalse del Muña está estrechamente relacionada con la descontaminación del río Bogotá. En corto plazo no es viable económicamente permitir que no se siga llegando al embalse las aguas del río Bogotá. El gran impacto ambiental que generó esta decisión de bombear las aguas de uno de los ríos más contaminados del país, afectó enormemente

la economía del municipio de Sibaté en el departamento de Cundinamarca. La descontaminación del río Bogotá es urgente, la ampliación de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) Salitre y la construcción de la PTAR Canoas que se encuentra en etapa de adjudicación, captarán en un 100% las aguas residuales de la Ciudad de Bogotá y Soacha, entregando al río Bogotá, aguas tratadas y descontaminadas para seguir su curso hacia la desembocadura en el río Magdalena, con esto el embalse del Muña recibirá agua sin agentes contaminantes, libre de olores fétidos y metales pesados, todo esto para poder seguir generando la demanda de energía que este embalse proporciona.

## Bibliografía

- CAR. (2016). *Caso emblemático- OPSOA- Contaminación embalse del Muña*.  
<http://oaica.car.gov.co/vercaso2.php?id=52>
- Castillo, I., & Rodríguez, M. Á. (2017). Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene. *Mutis*, 20–33.
- Esri. (2019). *Introducción a SIG*. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>
- Flórez, G., Rincón, A., Cardona, P., & Alzate, Á. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *Dyna*, 95–101.
- Flórez, J. (2016). *Las fotos icónicas del Apolo 11 la primera misión que llegó a la Luna*.  
[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/mision-apollo-llegada-hombre-luna\\_10547](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/mision-apollo-llegada-hombre-luna_10547)
- IDECA. (2019). *Ortoimagen*. <http://www.ideca.gov.co/recursos/glosario/ortoimagen>
- IGAC. (1990). *Aplicaciones de las fotografías aéreas en geografía*.  
<http://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1-00305.pdf>
- Kreibohm, M. (2007). *La evolución de la fotografía*. <http://www.maestrosdelweb.com/fotointro/#:~:text=Allá por 1839 Joseph Nicéphore,la historia de la fotografía.&text=Las primeras imágenes fueron los,fósforo y sales de plata>.
- Ordúz Ramirez, R. A. (2018). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ESPEJO DE AGUA DEL LAGO DE TOTA UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, PARA LOS AÑOS 1989, 2001 Y 2018*.
- Ramos, D. A. (2017). *6 opciones para descargar imágenes Landsat GRATIS*.  
<https://mappinggis.com/2015/05/como-descargar-imagenes-landsat/#:~:text=Las imágenes Landsat están compuestas,que incrementan notablemente sus aplicaciones>.
- RCN. (2020). *Embalse del Muña: entre el desarrollo, la contaminación y la enfermedad*.  
<https://www.rcnradio.com/recomendado-del-editor/embalse-del-muna-entre-el-desarrollo-la-contaminacion-y-la-enfermedad>
- Rojas Páez, D. (2017). *Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat del cambio de la Cobertura vegetal y su impacto en la desecación del espejo de agua en la laguna de Tota para el periodo de 1991 al 2017*.
- Salamanca Gómez, M. Á. (2018). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL SOBRE LA PÉRDIDA DEL ESPEJO DE AGUA SOBRE EL HUMEDAL LAGUNA LA HERRERA POR EFECTOS ANTRÓPICOS ASOCIADOS A LA MINERÍA*.
- Semana. (2017). *Megaobras mitigarán los olores del Muña*.  
[https://especiales.semana.com/rio\\_bogota/megaobras\\_muna.html](https://especiales.semana.com/rio_bogota/megaobras_muna.html)
- UCH. (2018). *¿Qué son las imágenes satelitales?* <http://blog.uch.edu.pe/ingenieria-electronica-con-mencion-en-telecomunicaciones/que-son-las-imagenes-satelitales/>
- Veloza Torres, J. P. (2017). *Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora “Casa Blanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial municipal*. [https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files\\_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf](https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf)