



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS ESPEJOS DE AGUA DE LA CIÉNAGA PAREDES AÑO 2013 a 2020, MEDIANTE LA PLATAFORMA DE GOOGLE EARTH ENGINE EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES Y SABANA DE TORRES- SANTANDER

**MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE WATER MIRRORS
OF LA CIÉNAGA PAREDES YEAR 2013 TO 2020, THROUGH
THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM IN THE
MUNICIPALITY OF PUERTO WILCHES AND SABANA DE
TORRES-SANTANDER**

Marcela Beatriz Bernal Luque
310548
Ingeniera Forestal

Director trabajo de grado:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
DICIEMBRE DE 2021**

BOGOTÁ-COLOMBIA

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS ESPEJOS
DE AGUA DE LA CIÉNAGA PAREDES ENTRE
LOS AÑOS 2013 A 2020, MEDIANTE LA
PLATAFORMA DE GOOGLE EART ENGINE EN
EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES Y
SABANA DE TORRES-SANTANDER**

**MULTI-TEMPORARY ANALYSIS OF THE WATER MIRRORS
IN LA CIÉNAGA PAREDES BETWEEN 2013 TO 2020,
THROUGH THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM IN
THE MUNICIPALITY OF PUERTO WILCHES AND SABANA
DE TORRES-SANTANDER**

Marcela Beatriz Bernal Luque
Ingeniera Forestal
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia
marcelab.bernal@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La presente investigación trata de mostrar la velocidad en la descarga y procesamiento de imágenes, a través de la plataforma de Google Earth Engine y la utilización de esta herramienta para el análisis información geoespacial. La plataforma Earth Engine proporciona un acceso sencillo basado en la web a un extenso catálogo de imágenes satelitales y otros datos geoespaciales en un formato listo para el análisis. A través de Scripts generados con la API de JavaScript.

Este documento presenta paso a paso la generación de la información para la delimitación del borde del espejo de agua, entre los años 2013 y 2020, a través de la plataforma y un el filtro aplicado de Índice de extracción de agua automatizada (AWEIsh), a las imágenes descargadas. Para después en ERDAS generar una clasificación no supervisada y posteriormente la transformación del ráster a polígono para la delimitación de la ciénaga a través de los años.

Palabras Clave: Índice Automatizado de Extracción de Agua (AWEI), Ciénaga, Espejo de agua, Análisis Multitemporal.

ABSTRACT

The present investigation tries to show the speed in the downloading and processing of images, through the Google Earth Engine platform and the use of this tool for the analysis of geospatial information. The Earth Engine platform provides easy web-based access to an extensive catalog of satellite imagery and other geospatial data in an analysis-ready format. Through Scripts generated with the JavaScript API.

This document presents step by step the generation of information for the delimitation of the water surface edge, between the years 2013 and 2020, through the platform and an applied filter of the Automated Water Extraction Index (AWEIsh), to downloaded images. For later, in ERDAS, generate an unsupervised classification and later the transformation of the raster to a polygon for the delimitation of the swamp over the years.

Keywords: Automated Water Extraction Index (AWEI), Swamp, Water mirror,

Multitemporal Analysis.

INTRODUCCIÓN

Las ciénagas son ecosistemas lenticos asociados a los ríos y a su planicie de inundación, pueden ser de agua dulce o salada y constituyen el hábitat para insectos, anfibios, mamíferos de pequeño tamaño y aves marinas. (Gardey, s.f.) son fundamentales como sitios de alimentación, refugio y crecimiento de poblaciones de fauna en especial peces (EcuRed, 2021), en Colombia las ciénagas sirven de hábitat para especies como garzas, iguanas, caimanes, monos, manatíes, patos, tortuga hicotea y gran variedad de peces. Las ciénagas son fundamentales en el abastecimiento de recursos para las comunidades, pue en ellas se realizan actividades productivas como pesca artesanal, caza y agricultura.

Los ciclos anuales de inundación y estiaje de los ríos tienen influencia directa sobre las ciénagas, lo cual determina su morfología cambiante: en época de lluvias reciben una gran cantidad de nutrientes y sedimentos, que aumenta su volumen, turbidez y fertilización de sus aguas, lo que genera un reciclaje de nutrientes. Cuando el cauce de los ríos es bajo, liberan el agua almacenada y se sedimenta el material flotante, lo que, al aumentar la transparencia, permite mayor radiación solar y facilita la fotosíntesis y producción de fitoplancton. (Planeta Azul Banco del Occidente, 2018)

El departamento de Santander cuenta con un gran número de ciénagas, localizadas hacia la zona occidental del territorio, de norte a sur, en lo que se denomina magdalena medio, dónde se encuentra el río magdalena. Los municipios de Santander que cuentan con ciénagas son Barrancabermeja, Puerto Wilches, Sabana de Torres, puerto parra y cimitarra, todas ubicadas a una altura promedio de 200 msnm. Las más

importantes son; san silvestre, opón, el tigre, y el llanito y Chucurí en Barrancabermeja, la de Paredes, la Torcoroma, Yairirí y la doncella en Puerto Wilches.

La ciénaga de paredes está ubicada entre Sabana de Torres y Puerto Wilches, alberga gran cantidad de flora y fauna donde una de las especies más importantes en el manatí antillano, que actualmente se encuentra en vía de extinción. (Revista el Crisol, 2014) tiene un área aproximada de 1431 has y se considera una ciénaga tipo 3, se alimenta por la quebrada la Gómez y la salida es el Caño Peruétano, el cual vierte al río Lebrija y este a su vez vierte sus aguas al río Magdalena.

Dada la importancia de este ecosistema estratégico (Bayona, 2016), el presente artículo tiene como propósito realizar un análisis multitemporal del espejo de agua y su cambio de área de la ciénaga de Paredes con imágenes satelitales disponibles en la plataforma de Google Earth Engine.

El artículo está orientado a analizar los cambios en el espejo de agua mediante el análisis y procesamiento de las imágenes obtenidas en la plataforma, que permiten observar los cambios sufridos por fenómenos antrópicos o de origen natural, con el fin de delimitar e identificar de forma correcta el cuerpo de agua y su área de inundación.

La plataforma de Google Earth Engine se basa en la nube que permite a los usuarios visualizar y analizar imágenes de satélite de nuestro planeta. (Google, s.f.), gracias al proyecto timelapse demuestra la potencia de Earth Engine, ya que crea una vista interactiva sin nubes que muestra los cambios que ha sufrido la cubierta terrestre a nivel mundial a lo largo de 32 años.

Con esta plataforma y filtros especiales se pretende determinar el espejo de agua y definir el borde de la ciénaga entre los años 2013 a 2020 a través de las imágenes de satélite que la plataforma ofrece, además de caracterizar el estado actual de lámina de agua de la ciénaga Paredes e identificar las zonas de inundación de la ciénaga para definir las amenazas por inundación de la zona.

Google Earth Engine ofrece imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 y con procesos como mejorar las imágenes o eliminar nubes, se pueden descargar una serie de imágenes por año. Además, se incluirá un índice denominado AWEIsh (Índice de extracción de agua automatizada), con lo que se determinará el espejo de agua de las ciénagas.

El Índice Automatizado de Extracción de Agua (AWEI) se utiliza para identificar las características del agua, que tiene dos condiciones: AWEIsh está diseñado principalmente para eliminar píxeles de sombra, mientras que AWEInsh está diseñado para áreas con un fondo urbano.

AWEIsh es el índice de AWEI para imágenes con áreas de sombra (shadow area), cuya fórmula se especifica a continuación: (Nicolas Baghdadi, 2020)

$$AWEI_s = B + 2.5 \times G - 1.5 \times (NIR + MIR1) - 0.25 \times MIR2$$

Donde B, corresponde al canal del dominio azul (B2 de Landsat 8), V al canal del dominio verde (B3), NIR canal del dominio infrarrojo cercano (B5) y MIR1 y MIR2 a los dos canales del infrarrojo medio (B6 y B7).

Este artículo pretende identificar los cambios en la dinámica de las ciénagas de distintos años a partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales Landsat, a través del cálculo del denominado AWEIsh, este análisis es en función del comportamiento de las masas de agua en estado líquido, las cuales tienden a absorber energía existiendo una menor absorción en la banda visible y una absorción ligeramente mayor en las bandas del infrarrojo de onda corta o SWIR (Matellanes Ferreas, 2019).

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de Estudio

La ciénaga de paredes se encuentra ubicado en el departamento de Santander entre los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches y hace parte del complejo cenagoso del caño Peuretano y alberga una gran riqueza en flora y fauna.

En la actualidad, la ciénaga está siendo intervenida por acciones humanas en forma negativa debido a que hay tala indiscriminada de los bosques aledaños, los cuales son remplazados por Palma de aceite, que se constituye en una de las principales amenazas para este espejo de agua especialmente el hábitat del manatí. De igual forma las aguas que desembocan en la ciénaga llegan contaminadas y con lodos de las empresas palmeras que están alrededor.

En la Figura 1 se puede observar la ubicación de ciénaga paredes dentro del departamento de Santander

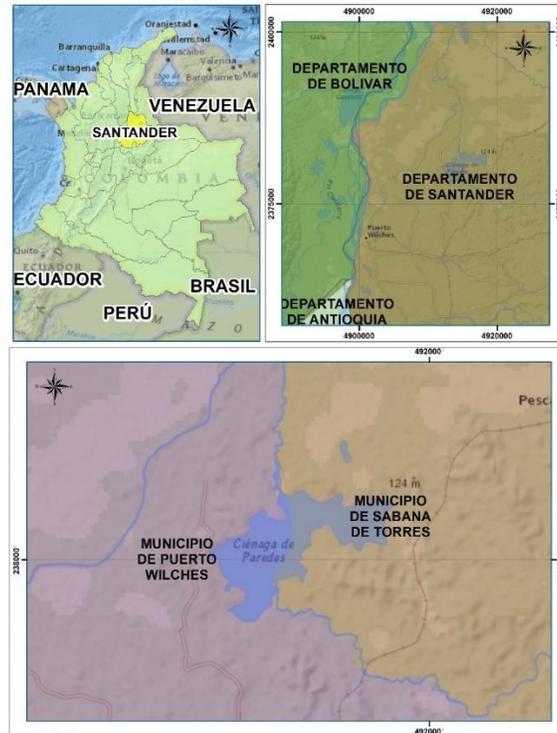


Figura 1. Localización General

1.2 Descarga y procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8

Para la identificación y posterior descarga de imágenes se realizó a través de la plataforma de Google earth engine por medio de script en Python y Java, con la herramienta editor de código basado en la web para un desarrollo de algoritmos rápido e interactivo con acceso instantáneo a petabytes de datos. (Google, s.f.)

El editor de código de Earth Engine (EE) en code.earthengine.google.com es un IDE basado en la web para la API de JavaScript de Earth Engine. Las funciones del editor de código están diseñadas para hacer que el desarrollo de flujos de trabajo geoespaciales complejos sea rápido y fácil. El Editor de código tiene los siguientes elementos (Figura 2): (Google, s.f.)

- Editor de código JavaScript
- Visualización de mapas para visualizar conjuntos de datos geoespaciales
- Documentación de referencia de API (pestaña Documentos)
- Gestor de scripts basado en Git (pestaña Scripts)
- Salida de consola (pestaña Consola)

- Administrador de tareas (pestaña Tareas) para manejar consultas de larga duración
- Consulta de mapa interactivo (pestaña Inspector)
- Búsqueda del archivo de datos o scripts guardados
- Herramientas de dibujo de geometría

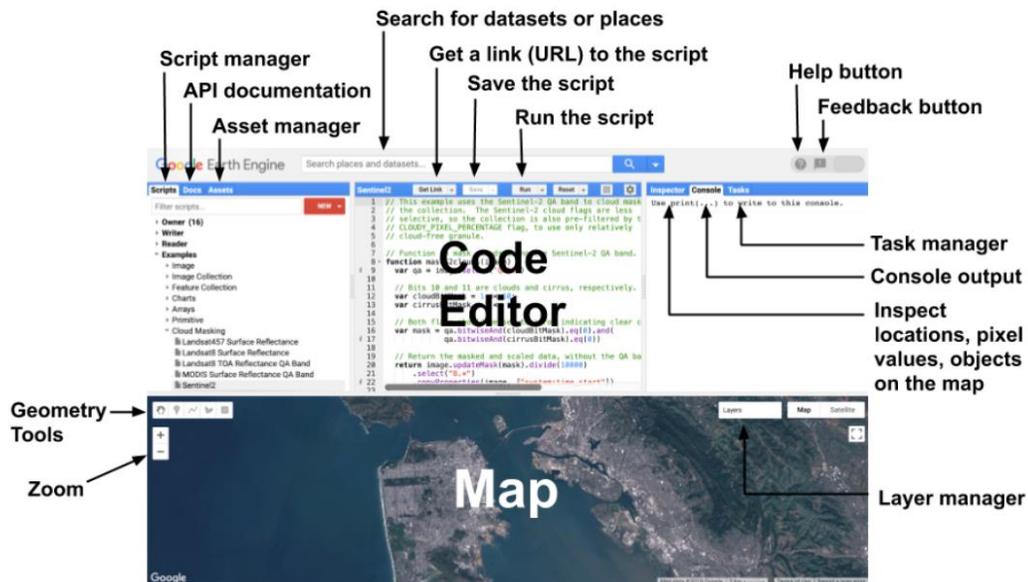


Figura 2 Diagrama de componentes del editor de código de Earth Engine en code.earthengine.google.com (Fuente: Google earth Engine)

Gracias al editor de códigos se puede tener una variedad de funciones y es así que combinando varios scripts que a continuación se describen, se realizó la consulta de imágenes disponibles para los años entre 2013 a 2020, después se genera un recorte de las imágenes para el área específica de la ciénaga paredes utilizando otro script, cada una de las imágenes encontradas, luego se genera otra consulta para el procesamiento y mejoramiento de la imagen y finalmente se corre un script con un índice robusto y practico denominado AWEI.

El AWEI es un índice empírico basado en las bandas azul, verde, infrarrojo cercano e infrarrojo medio, tiene la ventaja de facilitar la discriminación entre superficies de agua y superficies terrestres, donde los pixeles de agua aparecen con un valor positivo y los terrestres con un valor negativo. (Nicolas Baghdadi, 2020)

Este índice tiene dos variantes: la primera se utiliza en imágenes sin áreas de sombra y en la segunda con sombras para este artículo se utiliza la segunda variante ya que las imágenes descargadas vienen con algunas nubes a pesar de que también se le pasara un filtro para menos nubes.

1.3 Script utilizados para el procesamiento de imágenes

- Para cargar la colección dependiendo si es landsat 8 o Sentinel 2 en la edición de comando se pueden encontrar el script de la colección con la que se requiere trabajar, cambiando las fechas por las utilizadas en este artículo, años 2013 a 2020. (engine, s.f.)

```
// Load a Landsat 8 collection2013.
//var year = 2021;
//var start= ee.Date.fromYMD(year, 1, 1);
//var end= ee.Date.fromYMD(year, 12, 31);
var collection = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
// Filter by date and location.
.filterBounds(AE)
.filterDate( '2013-01-01' , '2013-12-31' ) –Se reemplaza la fecha que se desee--
.map(maskL8sr);
```

- Para eliminar nubes, el editor tiene este script que reemplaza el píxel con nubes de las imágenes encontradas durante el año buscado. (Google, s.f.)

```
var menosnubes = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR')
// Filter by date and location.
filterBounds(AE)
filterDate( '2013-01-01' , '2013-12-31' )
// Sort by increasing cloudiness.
sort('CLOUD_COVER');
// Compute the median of each pixel for each band of the 5 least cloudy scenes.
//var median = collection.limit(14).reduce(ee.Reducer.median());
var median = collection.reduce(ee.Reducer.median());
print(collection);
//var first = collection.first();
```

```
//print(first);  
var firstmenosnubes = menosnubes.first();  
  
print(firstmenosnubes);
```

- Parametrizamos y representamos el relleno, grosor, color y transparencia (Google, s.f.)

```
var RellenoAOI = ee.Image().byte();  
//var LimiteAOI = RellenoAOI.paint({featureCollection: Paredes, width: 3,});  
//var AE = RellenoAOI.paint({featureCollection: AE, width: 3,});  
var AE1 = RellenoAOI.paint({featureCollection: AE, width: 3,});
```

- Calcular el valor de AWEIsh usando la expresión (Google, s.f.)

```
var AWEIsh = median.expression(  
  '((BLUE+2.5 * GREEN-1.5*(NIR+SWIR1)-0.25*SWIR2))', {  
  'BLUE': median.select('B2_median'),  
  'GREEN': median.select('B3_median'),  
  'NIR': median.select('B5_median'),  
  'SWIR1': median.select('B6_median'),  
  'SWIR2': median.select('B7_median'),});
```

- Código para definir las bandas de la imagen que se quieren visualizar (Google, s.f.)

```
// Define visualization parameters in an object literal.  
var vizParams = {bands: ['B5_median', 'B6_median', 'B4_median'], min: 0,  
max: 3000, gamma: 1.4};  
var vizParams2 = {bands: ['B5', 'B6', 'B4'], min: 0, max: 3000, gamma: 1.4};  
// Center the map on the image and display.  
Map.centerObject(AE, 11);
```

- Script para mejorar la imagen con el filtro de AWEIsh,

```
//Map.addLayer ( AWEIsh . clip A ) , ndviParams_mNDWI , 'Landsat 8 AWEIsh CP' );
```

```
Map.addLayer(AWEIsh.clip(AE),ndviParams_mNDWI,'Landsat 8 AWEIsh CP');
```

```
Map.addLayer(median.clip(AE), vizParams, 'Landsat 8 compuesto de medianas CP');
```

```
//Map.addLayer(first.clip(AE), vizParams2, 'Landsat 8 false color menos nubes máscara');
```

```
Map.addLayer(firstmenosnubes.clip(AE), vizParams2, 'Landsat 8 false color menos nubes CP');
```

```
Map.addLayer(mNDWI.clip(AE), ndviParams_mNDWI, 'mNDWI image CP');
```

```
//Map.addLayer(LimiteAOI, {palette: 'black', opacity: 0.5}, 'Paredes');
```

```
Map.addLayer(AE, {palette: 'red', opacity: 0.5}, 'AE');
```

- Script para exportar la imagen (Google, s.f.)

```
// Export the median image, specifying scale and region.
```

```
Export.image.toDrive({
```

```
image: AWEIsh,
```

```
description: 'AWEIsh',
```

```
scale: 30,
```

```
region: AE
```

```
});
```

1.4 Correr el script en la aplicación

Luego de generarse los scripts para cada año con el filtro deseado, se guarda este script y se corre con la herramienta Run, el programa procesa las imágenes, las recorta y aplica los filtros en tiempo récord.

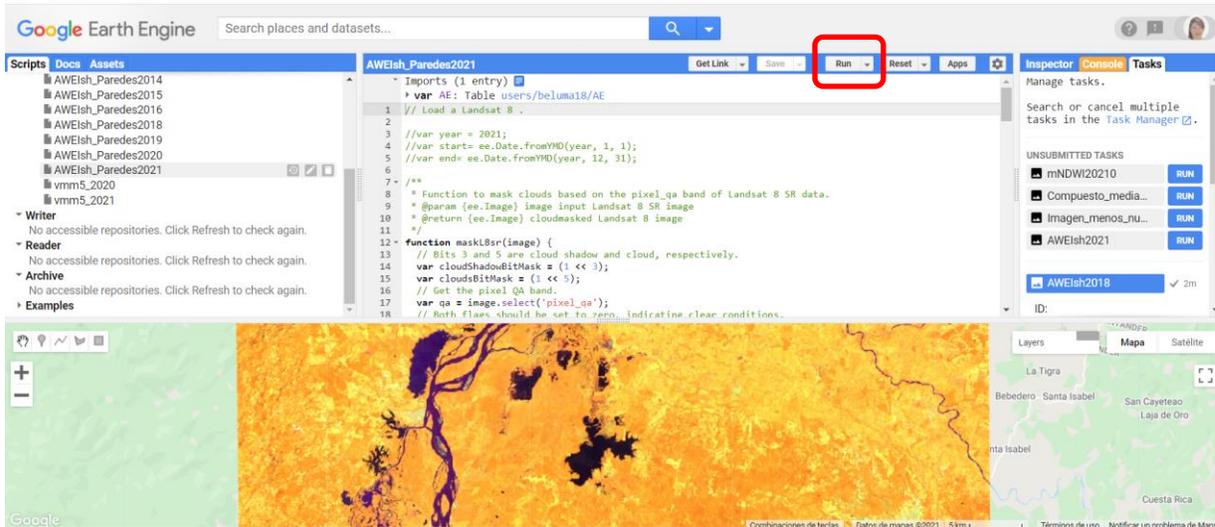


Figura 3 Resultado del Proceso Para el Año 2021

Cuando ha terminado de correr y generar las imágenes se selecciona cada uno de los task generados desde el tablero de tareas

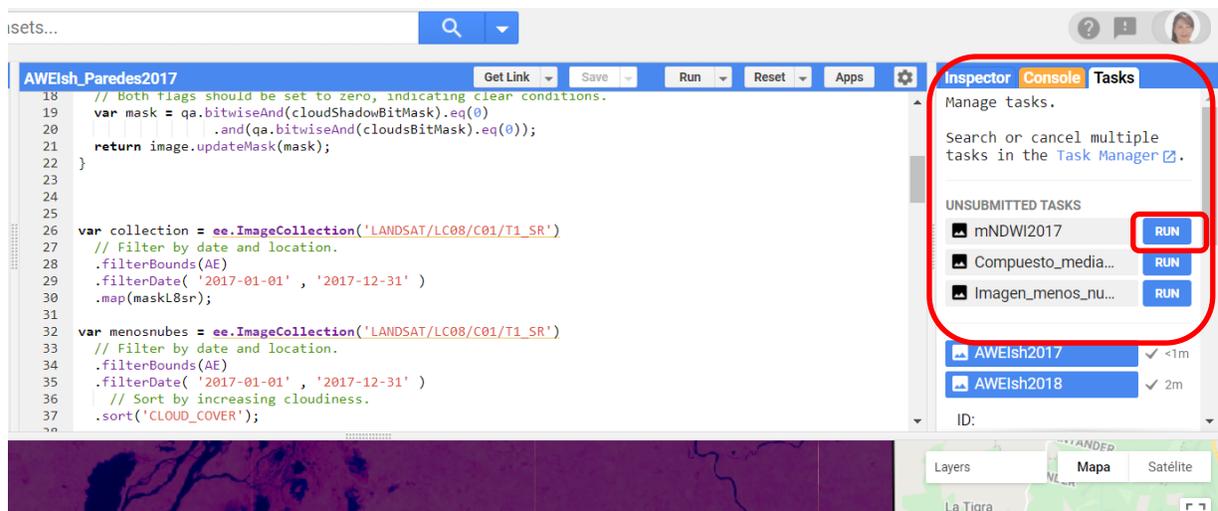


Figura 4 Descarga de las imágenes

Las imágenes son guardadas en el drive personal y desde allí son descargadas para su análisis en cualquier programa de análisis de imágenes (ENVI, ERDAS, **PxD**, ArcGis, GlobalMapper, Qgis)

1.5 Clasificación no supervisada en Erdas Imagine

Luego de generar los ráster de las imágenes con el filtro de AWEIsh, se genera un proceso de clasificación no supervisada para sacar la clase de interés, en este caso, se generaron dos clases, Clase 1: Agua y Clase 2 el resto. Ya que el interés es el borde del espejo de agua de la ciénaga Paredes, en los años de 2013 a 2020.



Figura 5 Clasificación no Supervisada

1.6 Generación de los polígonos a partir de la clasificación no supervisada

Una vez generada la clasificación no supervisada, se pasan filtros de mejorar el pixel, se pasa de ráster a polígono y finalmente se generan los polígonos del borde de agua de la ciénaga.

1.7 Diagrama de Flujo de la generación de polígonos para la identificación de los espejos de agua de la Ciénega Paredes

A continuación, se observa el diagrama de Flujo generado para todos los procesos realizados para la obtención de los polígonos de la ciénaga durante los años 2013 a 2020.

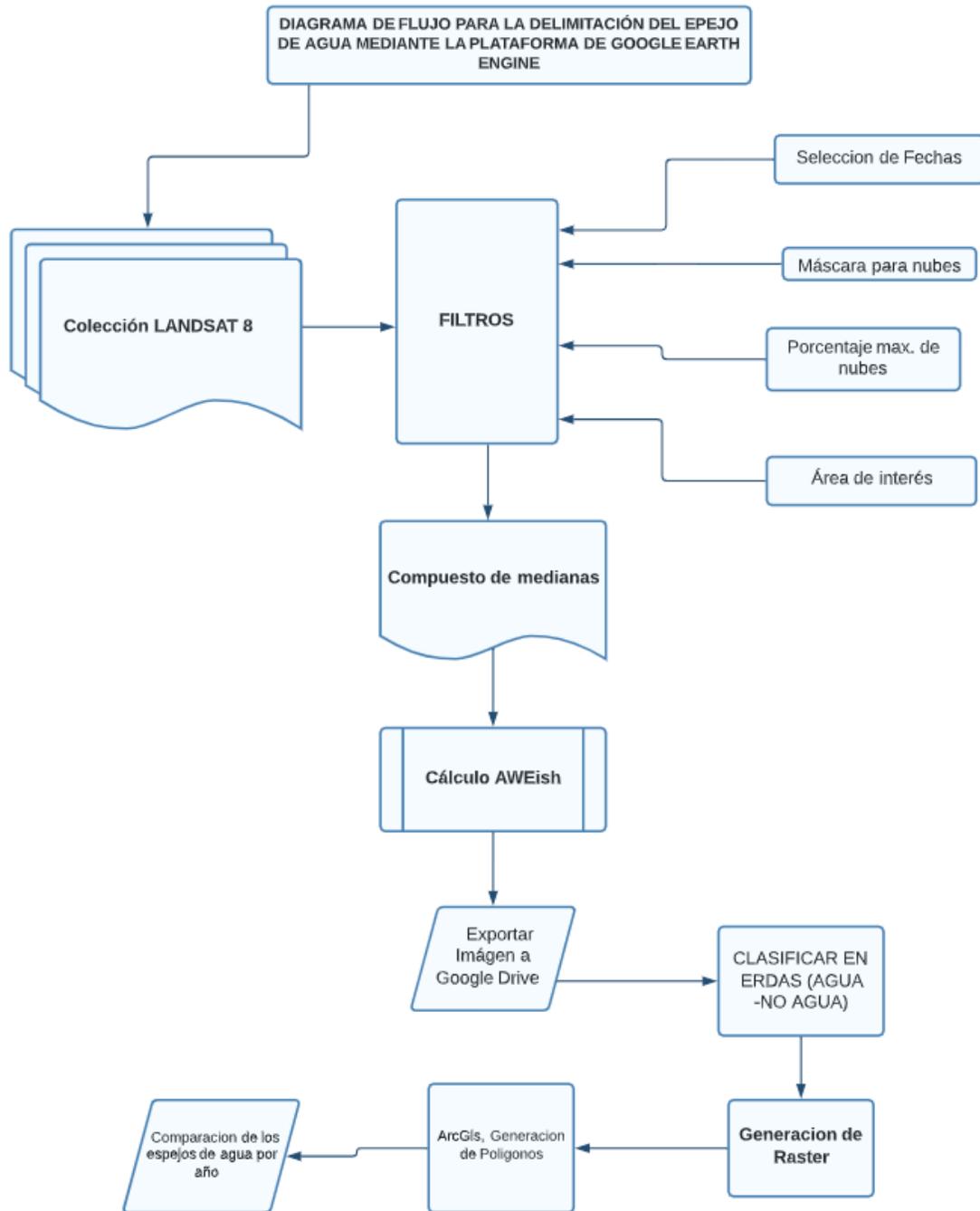


Figura 6 Diagrama de Flujo de cálculo en Google Earth Engine

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1 Resultado de los filtros de AWEIsh generados desde Google Earth Engine

El análisis multitemporal de borde del espejo de agua a partir de los procesos generados en Google Earth Engine, con el filtro de AWEIsh para cada uno de los años se observan cambios en los bordes del espejo de agua. Los cambios más drásticos se dan al norte de la ciénaga relacionado principalmente con la entrada de agua desde el Caño Peruetano

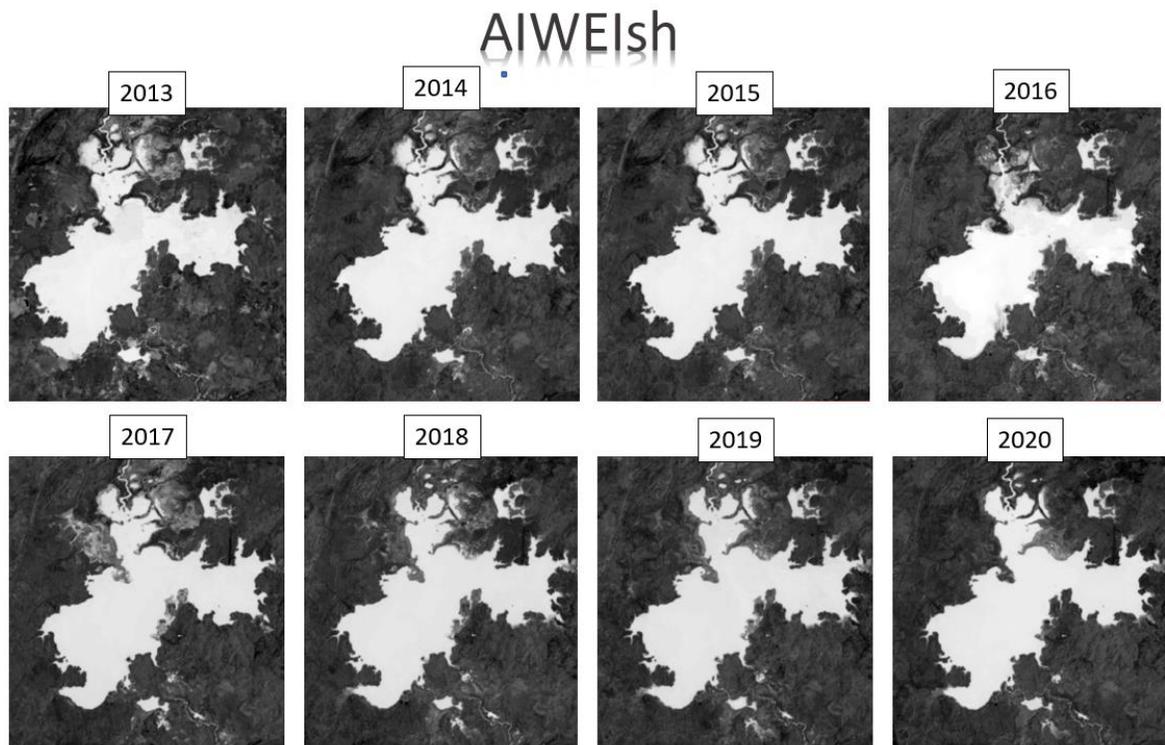


Figura 7 Multitemporal AWEIsh desde Google Earth Engine, años 2013 a 2020

A continuación, observamos los valores máximos y mínimos encontrados en cada año con el filtro de AWEIsh aplicado desde Google Earth Engine.

Tabla 1 Máximos y mínimos del Filtro AWEIsh

IMAGEN	MINIMO	MAXIMO	INTENSIDAD NOAA
2013	-16091	3985.5	
2014	-11822.8	2888.88	Niño Débil
2015	-13905.3	2660.88	Niño Fuerte
2016	-12422	2877.5	
2017	-10711.5	3533.25	Niña Débil
2018	-11204.8	3284.75	Niño Débil
2019	-10966.4	2958.5	
2020	-16378	3246	
Fuente: (Gonzalez, 2021)			

Para los años con el fenómeno del niño (2014, 2015, 2017 y 2018), caracterizado por periodos de temperaturas más altas, se puede observar que para el 2015 se registraron los valores más bajos reflejando, la falta de humedad en el suelo. En contraste con el 2013 que arroja valores más altos, donde se aprecia mayor cantidad de agua en la superficie.

En la Figura 6, podemos observar los bordes de espejo de agua con respecto a los años que fueron descargados y procesados desde Google Earth Engine

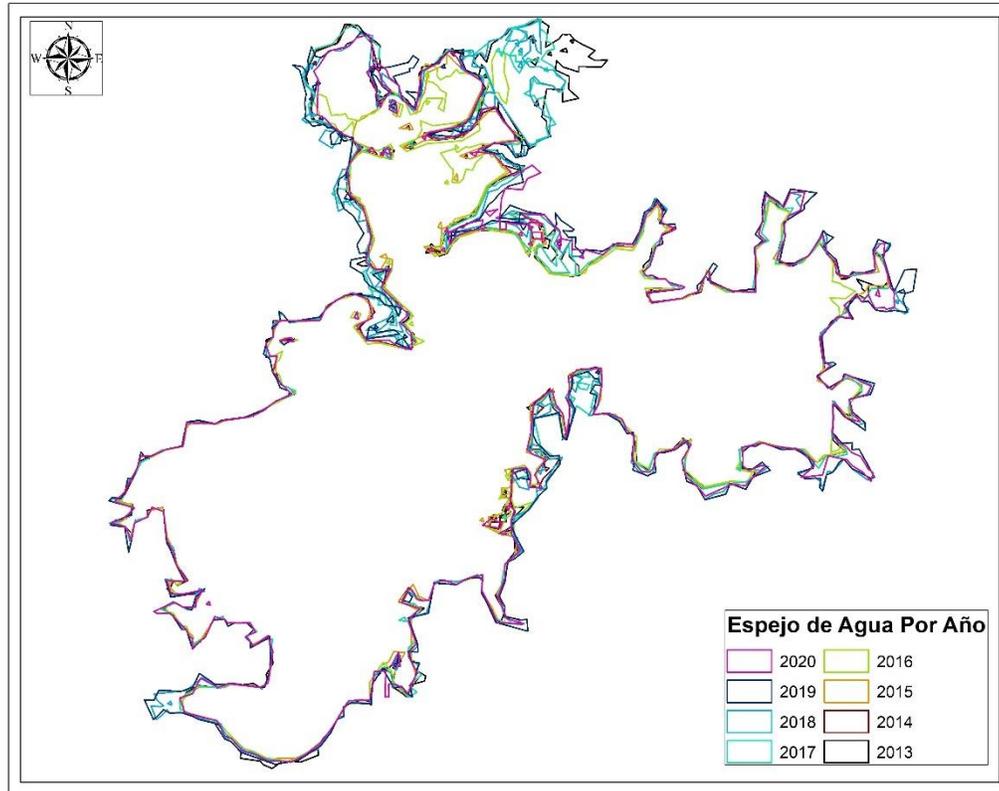


Figura 8 Bordes del Espejo de agua de la Ciénaga Paredes

En los bordes de agua generados a partir del filtro AWEIsh desde Google Earth Engine, se observa que para el 2013 en la parte norte de la ciénaga es la más extensa, mientras que al sur de la ciénaga el borde más amplio se observa para el baño 2019.

3. CONCLUSIONES

Con la plataforma Google Earth Engin y el Índice de (AWEIsh) generados con el script, se observa que el proceso de grandes cantidades de imágenes es realizado en muy poco tiempo, mejorando los niveles de procesamiento comparado con otros programas como ENVI o ERDAS.

Gracias al Índice Automatizado de Extracción de Agua, se identificaron los polígonos de los bordes de la ciénaga Paredes y los cambios generados a través la información de imágenes de ocho años de temporalidad, en el cual se presentan los desbordamientos o pérdida de agua dependiendo los cambios climáticos generados por los fenómenos de niña y niño en Colombia.

Se logró de manera rápida y precisa delimitar la zona de inundación y los posibles sitios de desbordamiento de la ciénaga, generando un área de influencia para delimitar áreas susceptibles a inundación para un programa de gestión de riesgos de la zona.

Las imágenes que fueron procesadas en la plataforma, aunque eran grandes cantidades, no consumieron recursos como lo hace otro tipo de software y al no tener necesidad de descargarlas tampoco ocupan espacio en la memoria del computador.

La generación de índices a través del script de Google Earth Engine, automatiza la generación de filtros a muchas capas de información para la elaboración de estudios en la parte forestal, hídrica, física o en evaluación de riesgos o eventos climáticos.

La generación de información mediante esta plataforma ayuda a mejorar el rendimiento en tiempos de procesamiento y utilización e recurso y al tener tantas imágenes disponibles, la calidad de la información generada es mas precisa y sin ruidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bayona, F. (2016). Análisis multitemporar de los ecosistemas de manglar presentes en la ciénaga de Mallorquin, departamento del Atlantico. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/15799>.
- EcuRed. (2021). https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana. Obtenido de https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana
- engine, G. e. (s.f.). <https://code.earthengine.google.com/>.
- Gardey, j. P. (s.f.). <https://definicion.de/cienaga/>.
- Google. (s.f.). Google Eart Engine. Obtenido de https://www.google.com/intl/es_in/earth/education/tools/google-earth-engine/
- Nicolas Baghdadi, C. M. (2020). QGIS y las Herramientas Genéricas. Reino Unido: ISTE Internacional.
- Planeta Azul Banco del Occidente. (3 de Septiembre de 2018). <https://comunidadplanetaazul.com/las-cienagas/>. Obtenido de <https://www.imeditores.com/banocc/naturiesgo/>
- Revista el Crisol. (2014). En Sabana de Torres: CIÉNAGA DE PAREDES Y MANATÍES EN ESTADO DE COMA. El Crisol, 1.