



ANÁLISIS MULTIESPECTRAL PARA LA ESTIMACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO DAGUA EN LOS AÑOS 1986, 2019 Y 2020.

Diana Angélica Martínez Arévalo
Código 3101566
Ingeniera Ambiental y Sanitaria

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

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
DICIEMBRE DE 2021
BOGOTÁ-COLOMBIA**

ANÁLISIS MULTIESPECTRAL PARA LA ESTIMACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO DAGUA EN LOS AÑOS 1986, 2019 Y 2020.

Diana Angélica Martínez Arévalo
Ingeniera Ambiental y sanitaria.
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
est.dianaa.martinez@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Debido a la afectación ambiental que están sufriendo la mayoría de ríos en Colombia y su difícil monitoreo, la interpretación de imágenes satelitales pueden ser una gran herramienta para determinar zonas donde se viene dando un cambio a través del tiempo, además que permitiendo conocer puntualmente áreas afectadas lo cual serviría para gestionar recursos para su restauración o mitigación de daños, esto gracias a que por medio de los sensores, que al estar en contacto con la superficie puede capturar las diferentes longitudes de ondas. Estas diferencias de longitud de onda es lo que permite evaluar el estado de una cobertura, es por esto que esta técnica se usa para observar cómo ha sido el cambio en la cuenca baja del Rio Dagua, para los años 1986, 2019 y 2020, este ejercicio se realizó midiendo los valores de píxeles a lo largo del río, desde la altura del corregimiento de Zaragoza hasta su desembocadura en la bahía de Buenaventura, básicamente lo que se quería era reconocer el comportamiento de la curva espectral con respecto a la media de los valores de los píxeles en cada imagen. Esto permitió registrar zonas con mayor probabilidad de sedimentación y otros en cada año y su distribución espacial en cada imagen analizada.

Palabras clave: Imágenes satelitales, píxel, firma espectral, río, reflectancia, sensor

ABSTRACT

Due to the environmental impact that most of the rivers in Colombia are suffering and their difficult monitoring, the interpretation of satellite images can be a great tool to determine areas where a change is taking place over time, in addition to allowing us to know punctually the affected areas which would serve to manage resources for their restoration or mitigation of damage, this thanks to the fact that by means of the sensors, which being in contact with the surface can capture the different wavelengths. These

wavelength differences are what allows evaluating the status of a coverage, which is why this technique is used to observe the change in the lower basin of the Dagua River, for the years 1986, 2019 and 2020, this exercise It was carried out by measuring the pixel values along the river, from the height of the town of Zaragoza to its mouth in Buenaventura Bay, basically what was wanted was to recognize the behavior of the spectral curve with respect to the mean of the values of the pixels in each image. This will be recorded in areas with a higher probability of sedimentation or others in each year and its spatial distribution in each image analyzed.

Keywords: Satellite images, pixel, spectral signature, river, reflectance, sensor

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las cuencas hídricas y paisajes de Colombia han sufrido un cambio notorio a consecuencia de las prácticas económicas de cada región del país, un ejemplo de esto es la extracción de oro a cielo abierto, siendo la minería de oro una de las principales actividades de desarrollo económico, en Antioquia, Chocó, Valle del Cauca y Amazonía siendo los departamentos de mayor extracción de oro que proviene en un 18% de filones y en un 82% de oro aluvial (Lozano & Pulido, 1986).

En el río Dagua ubicado en el Valle del Cauca, se empezó a evidenciar sobre su cauce la práctica de la minería de oro y depósitos de gravas aluviales de pequeña y media escala a partir del año 2009, siendo la minería de pequeña escala o artesanal de mayor práctica usando las técnicas de mazamorreo y el barequeo a la altura del corregimiento de Zaragoza, por lo cual se han dedicaron a la extracción del oro a cielo abierto. La utilización de alrededor de 250 retroexcavadoras a lo largo de 27 kilómetros del río Dagua generó cambios en el paisaje, ya que el río pasó de ser una fuente superficial continua para mostrar un recorrido de socavones de más de 50 metros de diámetro. (Parra,2014).

Por lo anterior es importan el uso de nuevas herramientas para poder localizar e identificar cómo este tipo de actividades ha cambiado la pureza de agua a través del tiempo, el análisis de imágenes satelitales representa un buen instrumento, ya que es una herramienta que permite ver las variaciones en las diferentes coberturas de la tierra permitiendo calcular la magnitud del cambio. Al realizar un análisis multitemporal

mediante imágenes satelitales y la comparación de cambio del píxel en el río es posible hacer un análisis del estado de la cuenca hídrica.

Para esto se aplicará en cada imagen de diferente temporalidad, el método de clasificación supervisada con el fin de delimitar cada cobertura y de esta manera agrupar los píxeles. Para posteriormente asignar una categoría a cada píxel de la imagen analizada. Y de esta manera se podrá identificar y delimitar áreas donde el píxel cambia y determinar puntos donde haya posible sedimentación.

En el desarrollo de este método se utilizaron imágenes Landsat 5 y 8, para los años 1986, 2019 e imágenes Sentinel – 2 para el año 2020, con el fin de identificar visiblemente como es la dispersión de sedimentos en el río Dagua, Se realizará en 3 fases, en la primera se hará un análisis del cambio de la cobertura vegetal alrededor del río Dagua debido a la actividad minera, II. Delimitación de la cuenca hídrica y III. identificación de las posibles alteraciones por sedimentos a lo largo del río.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta que la cuenca del río Dagua es de morfología triangular de origen estructural la cual desarrolla como un sistema hidrológico de respuesta rápida y de características torrenciales que propician un alto potencial de erosión. Tiene presencia en los municipios de Dagua, Buenaventura, La Cumbre, Restrepo, Vijes, Yotoco, y Calima Darién. Cuenta con siete subcuencas, dentro de la que se encuentra la Zona baja Río Dagua, dentro del municipio de Buenaventura, donde desemboca, el río Dagua, al Océano Pacífico y en la cual confluyen corrientes menores, sabiendo lo anterior se realizó la delimitación a través de la herramienta Arc Hydro de ArcMap.

Para identificar las direcciones de los flujos de agua y la acumulación de recurso hídrico superficial definiendo así la delimitación de la cuenca a través de la altitud de terreno reportada en los modelos de elevación de las imágenes de satélite.

Para la selección de las imágenes, se revisaron los productos Sentinel-2 disponibles en Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) y en el

USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Los criterios de selección fueron: (i) la menor interferencia en la cuenca del río Dagua, es decir, baja nubosidad y (ii) que las imágenes seleccionadas no reportan ningún daño en el lector de reflectancias, por lo que se seleccionaron las imágenes de los años 1986,2019 y 2020.

Para el procesamiento de las imágenes se usó el programa ERDAS y ArcMap, para diferenciar las coberturas naturales y antrópicas según lo establecido en la Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Luego de obtener la esta clasificación de las coberturas se procedió a revisar como está dada la distribución de los valores de los píxeles en el río Dagua y así identificar las zonas donde los píxeles variaron con respecto al promedio de los datos.

Se implementó la herramienta de ERDAS, *Signature Editor*, para construir la firma espectral. Esto permitió la comparación de las firmas espectrales teóricas del agua clara y el agua turbia con las obtenidas en cada imagen analizada de los años 1986, 2019 y 2020.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1. Reconocimiento y delimitación del área de estudio.

Para determinar el área de estudio, se tomó en cuenta la información brindada por la Gobernación del Departamento del Valle del Cauca, donde se indica que la cuenca hidrográfica se divide en dos partes, alta y baja con una extensión de alrededor de 142.200,18 ha, siendo la cuenca baja la más afectada debido a que alrededor de esta se llevan a cabo actividades de corte de madera y la extracción minera tendiendo eran las la desembocadura del río Dagua, en el océano Pacífico obteniendo la siguiente delimitación con resultado del proceso en ArcHidro de ArcGIS imagen 1.

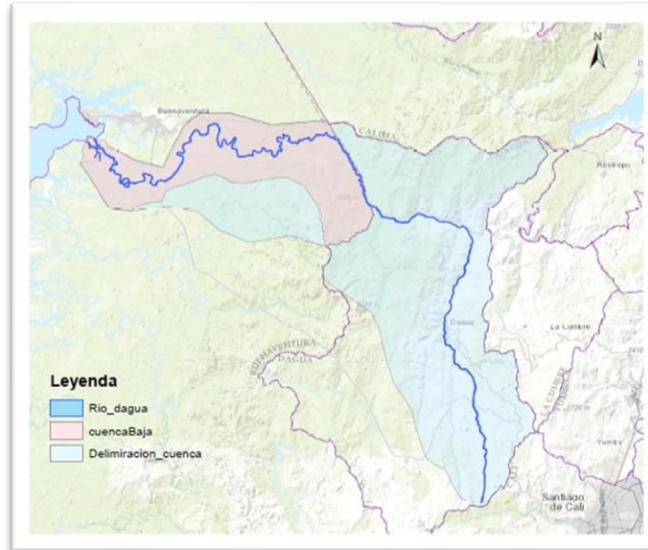


Imagen 1. Delimitación de la cuenca del Río Dagua.

2.2. Interpretación de las imágenes de satélite

se revisaron alrededor de 100 escenas Landsat de la zona, y 80 escenas Sentinel-2 de las cuales se seleccionaron 3 imágenes para el análisis de los años 1986, 2019 de Landsat y 2020 de Sentinel-2, ya que tenían poca nubosidad sobre el área de estudio, esta área se empezó a evaluar desde el corregimiento de Zaragoza ya que en este sitio es donde se ha incrementado la actividad minera hasta la parte de desembocadura en la Bahía de Buenaventura. Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Sector de la cuenca baja del Río Dagua en cada año de análisis en composición de falso color.

Imágenes	Año
	2020
	2019
	1986

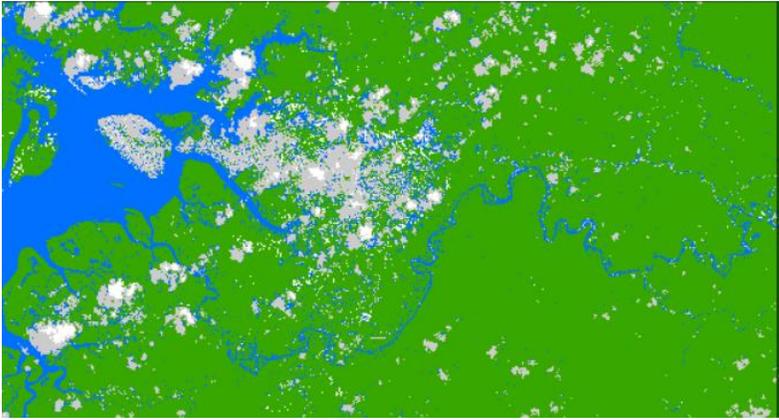
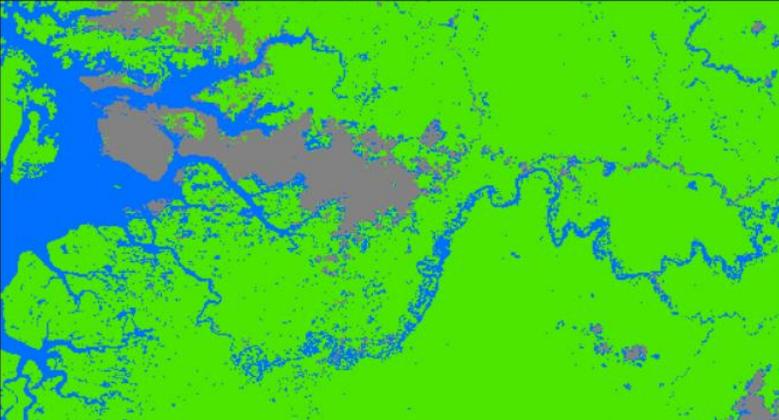
En el cuadro 1 se visualiza combinación de falso color la cual se aproxima a los colores reales. Es ideal para realzar información del agua: turbidez, corrientes y sedimentos en suspensión (INEGI, 2010). Las bandas visibles dan respuesta a la luz que ha penetrado más profundamente, y por tanto sirven para discriminar el agua poco

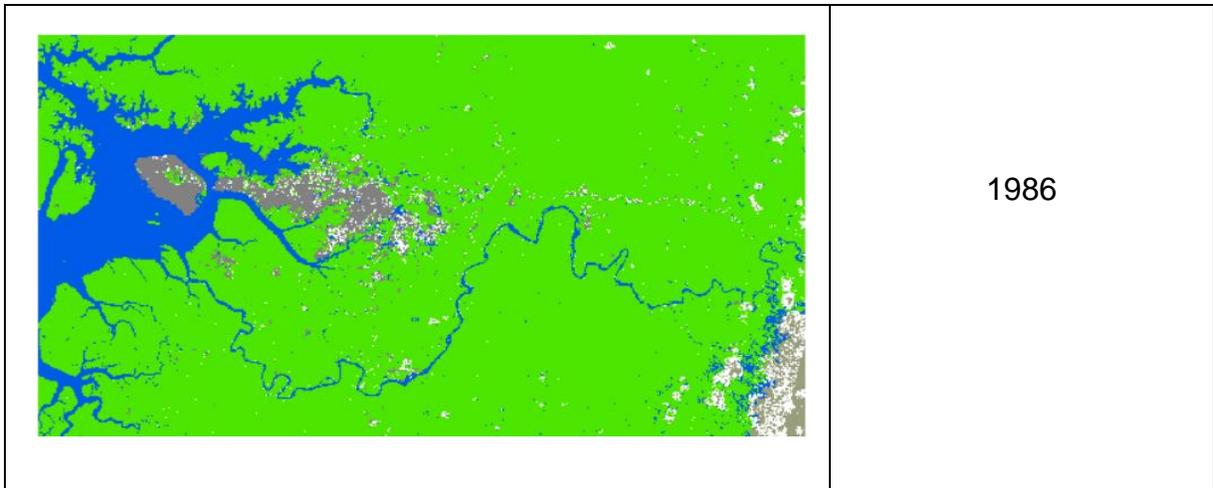
profunda y sirven para distinguir aguas turbias, corrientes, batimetría y zonas con sedimentos (Fernández-Coppel & Herrero Llorente, 2001).

2.3 Clasificación de las imágenes

Para determinar las coberturas con respecto a los valores del píxel se realizaron clasificaciones supervisadas para las tres imágenes. En el cuadro 2, se presenta en las clasificaciones teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover.

cuadro 2. Clasificación supervisada de las imágenes satelitales para los años de estudio generada a través de la herramienta ArcMap.

Clasificación supervisada.	Años
	2020
	2019



2.3.1 Clasificación supervisada de Landsat 5 1986 y Landsat 8 2019.

La clasificación de las imágenes Landsat se realizó con la herramienta de Multivariante de ArcMap para definir los datos de la muestra de entrada y la imagen a clasificar. Para la clasificación se utilizó la combinación RGB 4,3,2 para Landsat 5 y combinación RGB 5,4,3 para Landsat 8, el resultado de la clasificación de las imágenes de 1986 y 2019 se observa en la tabla 2, donde el azul es el agua, la verde vegetación, gris tejido urbano y el blanco nubes.

2.3.2. Clasificación supervisada de Sentinel 2

Para realizar la clasificación de esta imagen, se procedió a cargar las bandas necesarias de la imagen, luego se procedió hacer la combinación de las bandas 8, 4, 3. Después de ello se siguió el procedimiento específico de una clasificación supervisada, para esta imagen también se utilizó la herramienta Multivariante.

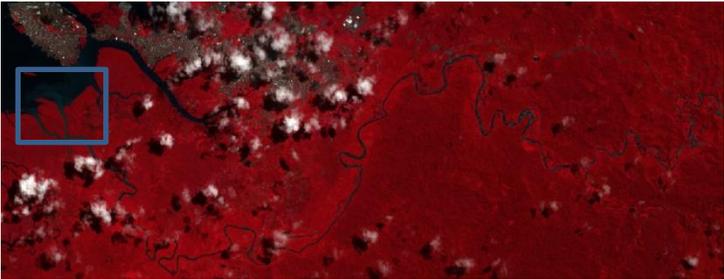
2.4. Composición RGB de la imagen.

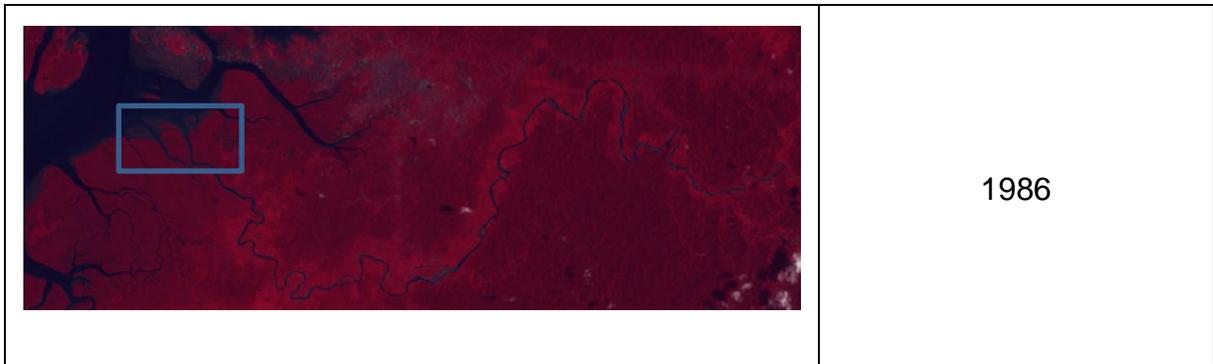
Debido a que la finalidad es determinar cómo está siendo el comportamiento de los sedimentos en el Rio Dagua, se usó la combinación de bandas 5,4,3 ya que en la banda del infrarrojo cercano es útil para identificar los límites entre el suelo y el agua, también es sensible a la clorofila, permitiendo que se observen variaciones de la vegetación, que aparecen en tonos rojo (INEGI, 2010). Para hacer esta composición

fue importan hacer una corrección de reflectancia en las imágenes para que los valores tengan una intensidad homogénea y así corregir imperfecciones que puedan encontrarse en los píxeles.

Según la literatura los cuerpos de agua con sedimentos en suspensión aparecen en tonos azul claro y los que poseen pocos sedimentos en suspensión en azul oscuro, sin embargo, para el caso de Rio Dagua, se podría decir que la reflectancia está siendo afectada por algún otro agente el cual podría ser el mercurio, debido a que si bien el agua no se observa de color azul claro, ni azul oscuros en todas sus área se ve de un de un color gris verdoso y al evaluar las firmas de este para el años 2019 y 2020 no tiene un comportamiento de agua pura. En cuanto la cobertura vegetal imágenes se puede evidenciar fácilmente un cambio en la tonalidad de color rojo para la vegetación alrededor de la cuenca baja del rio, lo cual podría ser a la desforestación y dragado a las orillas del rio para realizar la actividad de minería a cielo abierto.

cuadro 3. *Imágenes satelitales con la combinación adecuada para identificar la calidad del agua para generar las firmas espectrales usando ERDAS.*

Composición RGB	Años
	2020
	2019



2.5. Identificación de las posibles alteraciones por sedimentos a lo largo del río

La firma espectral del agua se caracteriza porque la reflectancia es baja en el visible y desaparece en los infrarrojos, en excepción de los casos donde hay presencia de materiales, objetos o cambios en las condiciones fisicoquímicas del estado natural del agua que afecten la reflectividad de un cuerpo hídrico (Córdoba, Puentes, & Otero, 2006). Por lo cual fue necesario construir la firma espectral a lo largo del río Dagua, y así hacer la comparación de estas, y analizarlos con respecto al registro de teórico del agua en diferentes condiciones (agua clara y agua turbia).

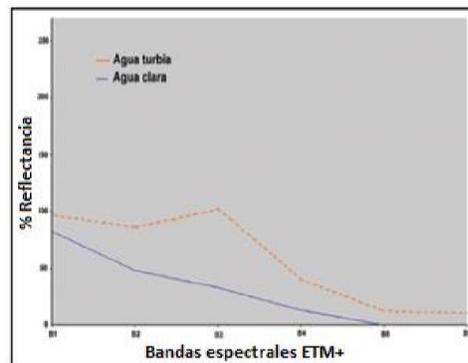


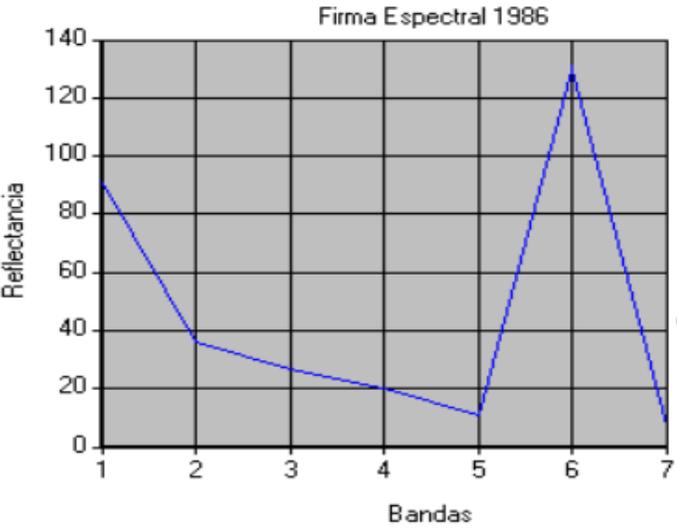
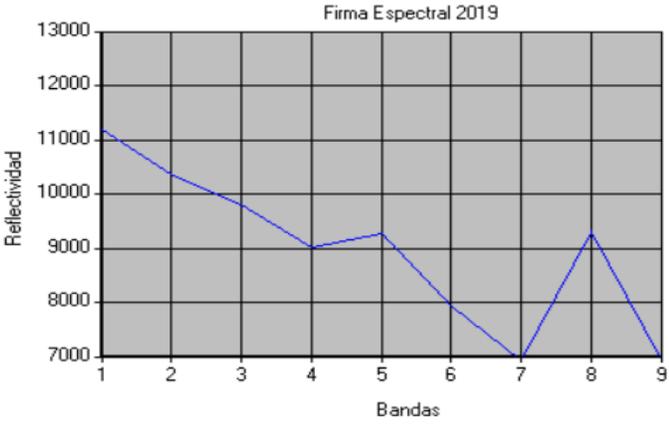
Imagen 2. Firmas espectrales teóricas de agua clara y turbia.

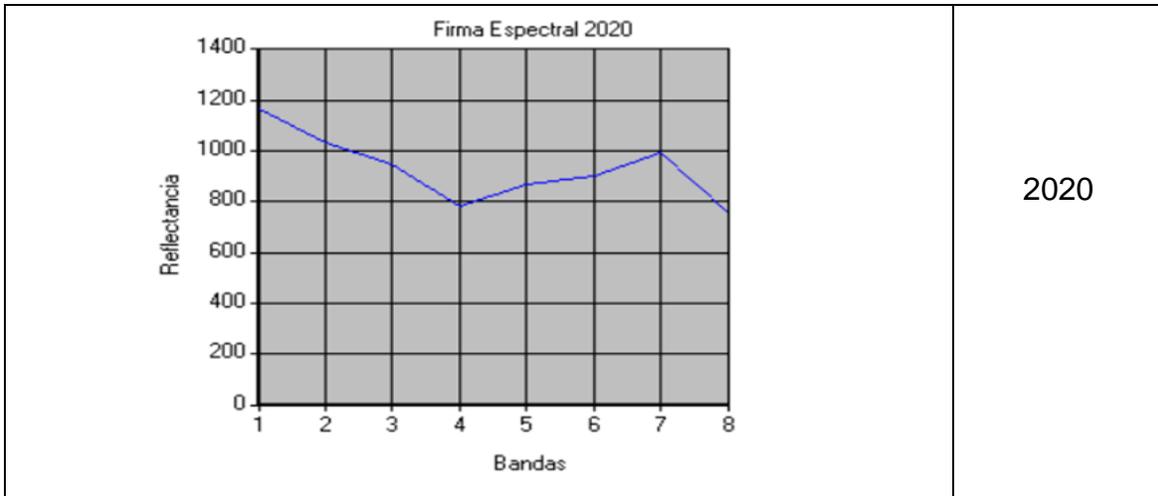
Fuente: Análisis de imágenes Landsat-7 ETM+ para determinar la cobertura del suelo de la zona costera de la bahía de Tumaco por Córdoba, Puentes y Otero, 2006, Popayán.

En la tabla 4 se observa las firmas espectrales construidas para cada año, donde en el eje 'x' se identifica el número de bandas y en el eje 'y' el valor de Reflectancia de la imagen, cabe mencionar que el agua clara transmite la radiación en el espectro visible

(bandas 1, 2 y 3) y la absorbe en el infrarrojo, es decir, que su reflectividad es más alta en las primeras tres bandas y se va reduciendo a mayor longitud de onda (Sarría, 2006) como se muestra en las imágenes del cuadro 3. Por otro lado, la respuesta espectral del agua turbia cambia dependiendo del tipo de turbidez.

cuadro 4 Firmas espectrales en los años de estudio.

Firma espectral del agua	Años																				
 <table border="1"> <caption>Data for Firma Espectral 1986</caption> <thead> <tr> <th>Banda</th> <th>Reflectancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>90</td></tr> <tr><td>2</td><td>35</td></tr> <tr><td>3</td><td>25</td></tr> <tr><td>4</td><td>20</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>130</td></tr> <tr><td>7</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	Banda	Reflectancia	1	90	2	35	3	25	4	20	5	10	6	130	7	5	1986				
Banda	Reflectancia																				
1	90																				
2	35																				
3	25																				
4	20																				
5	10																				
6	130																				
7	5																				
 <table border="1"> <caption>Data for Firma Espectral 2019</caption> <thead> <tr> <th>Banda</th> <th>Reflectividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>11000</td></tr> <tr><td>2</td><td>10200</td></tr> <tr><td>3</td><td>9800</td></tr> <tr><td>4</td><td>9000</td></tr> <tr><td>5</td><td>9200</td></tr> <tr><td>6</td><td>8000</td></tr> <tr><td>7</td><td>7000</td></tr> <tr><td>8</td><td>9200</td></tr> <tr><td>9</td><td>7000</td></tr> </tbody> </table>	Banda	Reflectividad	1	11000	2	10200	3	9800	4	9000	5	9200	6	8000	7	7000	8	9200	9	7000	2019
Banda	Reflectividad																				
1	11000																				
2	10200																				
3	9800																				
4	9000																				
5	9200																				
6	8000																				
7	7000																				
8	9200																				
9	7000																				



Para la firma espectral del año 1986 (ver cuadro 4), la gráfica muestra el comportamiento similar a la firma espectral para agua clara; en la segunda fila se presenta la firma espectral para el año 2019, esta presenta picos en las bandas 4,5 y 8, por lo que se presume la interferencia de algún material que afecta su reflectividad; en la firma espectral para el agua en el año 2020, la reflectividad aumentó en comparación de los años anteriores, por consiguiente, hay un aumento de la reflectividad en las bandas de los infrarrojos (bandas 4, 5 y 7) donde se presenta porque la turbidez del agua contribuye al aumento de la reflectividad y otra razón de dicho aumento es la eutrofización del agua.

3. CONCLUSIONES

- Se evidencia una relación clara entre la variación del estado del agua del Rio Dagua con la dinámica de cambio de cobertura vegetal alrededor de este.
- Se identificó que el área donde más ha aumentado en nivel de sedimentos es en la desembocadura del río Dagua a la Bahía de Buenaventura.
- Teniendo en cuenta las distribuciones espaciales de los valores de los píxeles del Rio Dagua, sería importante efectuar un muestreo in situ especialmente en aquellas zonas donde se presentan mayor dispersión de valores de píxeles y

construir la firma espectral respectiva para la sustancia u objeto que interfiere en la reflectividad.

- Las firmas espectrales permitieron hacer una evaluación del estado de la cuenca baja del Rio Dagua para los años seleccionados. El año 1986 presenta condiciones de agua casi clara, sin embargo, hay sedimentos en baja concentración debido a que los ríos son sistemas dinámicos y esto genera algún tipo de partículas en suspensión en el agua, pero en general se evidencia un buen estado en el río, mientras que para el año 2019 se observa un comportamiento espectral similar al del agua turbia indicando que, en este año, además del aumento de actividades de minería ilegal el agua presentaba materiales que afectaban su comportamiento normal. Para el año 2020, las condiciones del agua empeoraron ya que hay un aumento de la reflectividad en las bandas de los infrarrojos lo que indica turbidez del agua, sin embargo, si bien se detecta esta alteración no se puede determinar cuál es la sustancia o partícula que genera este fenómeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fernández-Coppel, I., & Herrero Llorente, E. (2001). El satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.

Franzosi, C. (2010). Aplicaciones del sensor Landsat. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

INEGI. (2010). Aspectos técnicos de las imágenes. México: INEGI.

Chuvieco, E. (1995). En *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid, España: RIALP, S.A.

Córdoba, E., Puentes, M., & Otero, L. (2006). *Análisis de imágenes Landsat-7 ETM+ para determinar la cobertura del suelo de la zona costera de la bahía de Tumaco*. Popayán: Universidad del Cauca.

Lozano Q., H. y Pulido U., O.H. 1986. Situación actual del oro y la plata en Colombia: geología, génesis, aspectos mineros, reservas y producción. *Boletín Geológico*. 27, 3 (oct. 1986), 1-56.