



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL IMPACTO AMBIENTAL OCASIONADO POR LA DEFORESTACIÓN GENERADA POR LA MINERÍA ILEGAL EN EL NORDESTE ANTIOQUEÑO, SOBRE EL RIO NECHÍ Y SUS AFLUENTES

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT CAUSED BY THE DEFORESTATION GENERATED BY ILLEGAL MINING IN THE NORTHEAST ANTIOQUEÑO, ON THE NECHÍ RIVER AND ITS AFLUENCES

Oswaldo Antonio Arenas Ocampo
Estudiante de Especialización Geomatica, de la facultad de Ingeniería,
Administrador de Seguridad y Salud Ocupacional.
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
est.oswaldo.arenas@unimilitar.edu.co

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

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

RESUMEN

La explotación ilícita de minerales es una de las principales causas de la deforestación en Colombia, a través de esta actividad se han transformado ecosistemas generando un daño irreversible en cauces de agua y bosques naturales, la explotación de oro de aluvión como método de extracción utiliza maquinaria pesada en tierra y en agua y ocasiona gran pérdida de coberturas vegetales.

El impacto ambiental generado por esta actividad sin importar que sea lícita o ilícita no solo lo representa la afectación de la cobertura vegetal nativa si no también la contaminación del aire, la contaminación de las aguas superficiales, el impacto en la flora y la fauna y la generación de conflictos sociales en las zonas de injerencia.

La percepción remota ofrece la tecnología y los métodos para observar, cuantificar y analizar a través de imágenes de satélite, el impacto ambiental de la intervención del hombre sobre la corteza terrestre.

Palabras Clave: Impacto ambiental, percepción remota, explotación de oro por aluvión

ABSTRACT

The illicit exploitation of minerals is one of the main causes of deforestation in Colombia, through this activity ecosystems have been transformed generating irreversible damage to watercourses and natural forests, the exploitation of alluvial gold as a method of extraction uses heavy machinery on land and water and causes great loss of vegetation cover.

The environmental impact generated by this activity regardless of whether it is a tender or illegal is not only represented by the affectation of the native vegetation cover but also by air pollution, surface water pollution, the impact on flora and fauna and the generation of social conflicts in the areas of interference.

Remote sensing offers the technology and methods to observe, quantify and analyze through satellite imagery, the environmental impact of human intervention on the Earth's crust.

Keywords: Environmental impact, remote sensing, alluvial gold mining

INTRODUCCIÓN

Colombia por su posición geográfica es uno de los países más biodiversos y en consecuencia uno de los más ricos en recursos naturales, sin embargo en el campo de los recursos mineros se ha generado un flagelo vinculado con la extracción ilegal de estos recursos, específicamente de oro de aluvión, actividad que ha fomentado las economías ilícitas y ha representado un desafío importante toda vez que se realiza con bajos estándares ambientales y técnicos, lo que trae consecuencias nefastas e irreversibles para el medio ambiente.

En específico esta actividad ilícita deja una huella de deforestación, contaminación y destrucción en las coberturas vegetales concretamente en las zonas boscosas y cuerpos de agua donde se realiza. Es por esto que monitorear este flagelo se ha convertido en una prioridad para las instituciones del estado y es aquí donde las herramientas tecnológicas facilitan el levantamiento de la información técnica apropiada y necesaria para enfrentarlo.

Relacionando la actividad desmedida frente al impacto ambiental y las herramientas y métodos que podrían controlar en buena medida esta perjudicial práctica, se vislumbra la percepción remota o teledetección, como la ciencia que permite realizar un seguimiento y control del uso y explotación de los recursos naturales sobre la superficie de la tierra a través de herramientas como imágenes satelitales y sistemas de información geográfica, que a través de métodos y algoritmos permiten detectar, analizar, medir, cuantificar y visualizar la afectación y los cambios en las coberturas objeto de estudio.

Se pretende con esta investigación realizar un levantamiento de información raster y vectorial en una diferencia de tiempo de 6 años, utilizando imágenes satelitales landsat del año 2014 y 2020, que permitirá establecer inicialmente la huella y la evolución de la actividad minera de oro de aluvión en una determinada zona de estudio, donde se han afectado notoriamente las condiciones ambientales de las coberturas de la tierra.

1. MATERIALES Y METODOS

1.1 DELIMITACION GEOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprende el área de extracción minera de oro de aluvión en el nordeste del departamento de Antioquia, esta demarcada por 2313 km cuadrados que abarcan gran parte del área total de los municipios de Caucasia, Nechi, El Bagre y Zaragoza, cuyo cuadrante lo delimita las siguientes coordenadas geográficas 1- N 08°06'53" W 74°57'32", 2- N 08°06'43" W 74°44'9", 3- N 07°23'21" W 74°39'26", 4- N 07°23'00" W 74°57'20", en las laderas del río Nechi y sus principales afluentes quebrada San Pedro, río Cacerí, río Amarecí, río Tiguí, quebrada Coco Hondo y río Porce.

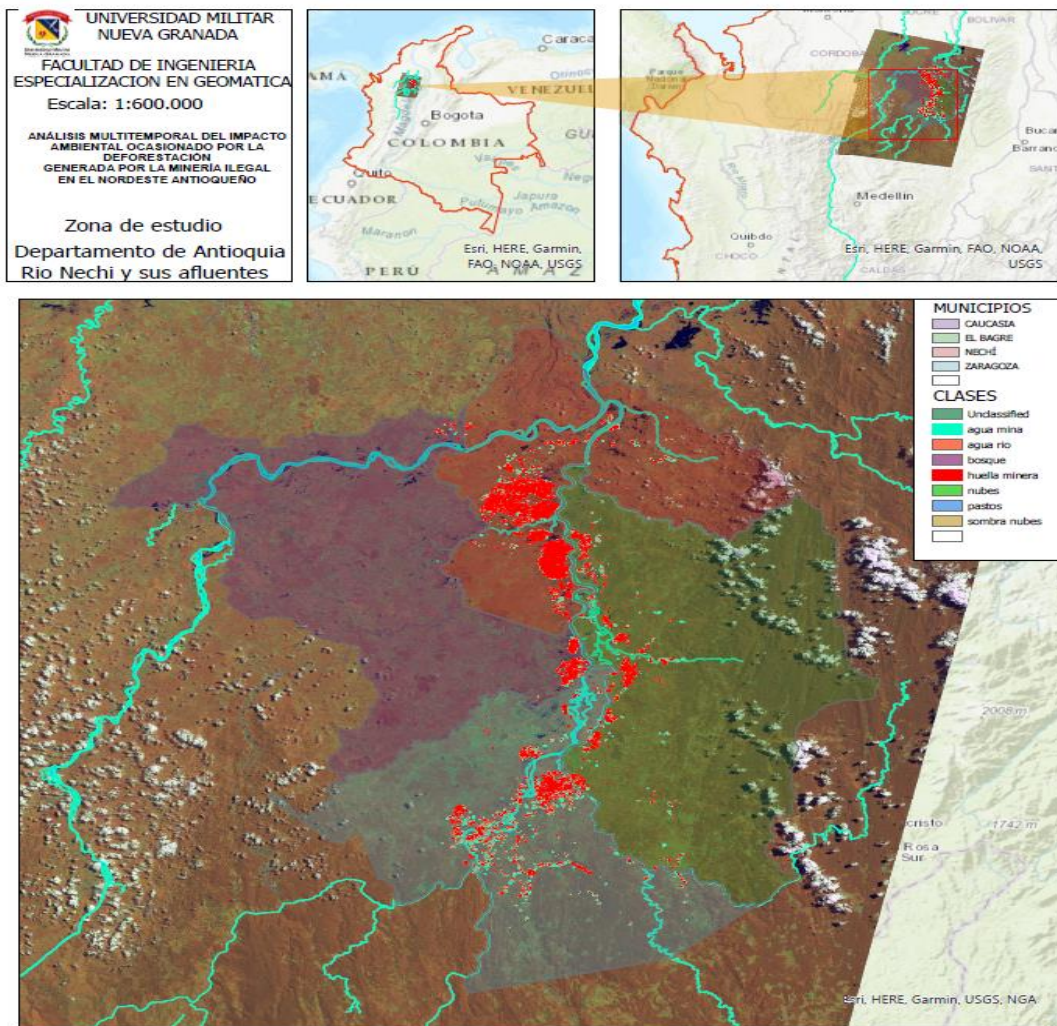


Figura 1. Delimitación geográfica de la zona de estudio, nordeste antioqueño

Con el objeto de obtener los insumos para realizar el análisis multitemporal, se utilizó la plataforma de recursos abiertos earthexplorer en el siguiente enlace, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, la cual provee imágenes satelitales de diferentes sensores; para el caso que se ocupa se utilizaron cuatro imágenes landsat, dos del año 2014 y dos del año 2020, con resolución espacial de 30 metros y nueve bandas espectrales, como se relacionan en la tabla 1; de igual manera se utilizaron recursos de información vectorial de uso libre en formato .shp (shapefile) correspondiente a capas de municipios, cuerpos de agua y delimitaciones que se extrajeron de los recursos libres que ofrece el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

Para la metodología de clasificación y análisis se utilizaron los programas Erdas versión 2014 y Arcgis pro, debidamente licenciados por la Universidad Militar Nueva Granada.

Tabla 1. Imágenes landsat 8 seleccionadas de la zona de interés

escena	fecha de toma	numero bandas	proyección	datum	zona
LC80090542014200LGN01	19 jun 2014	11	UTM	WGS84	18
LC80090552014200LGN01	19 jun 2014	11	UTM	WGS84	18
LC80090542020041LGN00	24 feb 2020	11	UTM	WGS84	18
LC80090552020041LGN00	24 feb 2020	11	UTM	WGS84	18

El tipo de explotación de minería de oro de aluvión está considerado como la segunda actividad de este tipo después de la extracción por veta tipo subterráneo, a su vez la minería de aluvión se ejerce en dos modalidades, la primera por medios manuales artesanales y la segunda con el uso de maquinaria pesada tanto en tierra como en agua, esta segunda modalidad impacta directamente el medio ambiente toda vez que remueve totalmente la cobertura vegetal generando cambios drásticos en los ecosistemas, alterando los cuerpos de agua, generando deforestación y por ende degradando la biodiversidad en el entorno en que se desarrolla.

De igual manera la extracción de oro de aluvión en agua, utiliza como método de remoción las dragas y las balsas que intervienen directamente cuerpos de agua generando evidencias notorias en el entorno.

Estas evidencias físicas del impacto en los ecosistemas, se pueden evidenciar, detectar y medir a través de la percepción remota, ciencia por la cual se puede observar la superficie terrestre desde el espacio exterior.

En el caso de estudio se utilizaron productos de imágenes generados por el sensor landsat 8, el cual genera escenas con información de radiación electromagnética emitida o reflejada por los objetos de la superficie de la tierra, cada objeto de la superficie emite una firma espectral acorde con sus propiedades.

Para analizar el impacto ambiental se extrajeron dos coberturas específicas llamadas también clases, enfocadas en la huella minera y las aguas contaminadas por esta actividad, para ello se tuvo en cuenta el perfil espectral de estos dos objetos, como se evidencia en las figuras 2 y 3

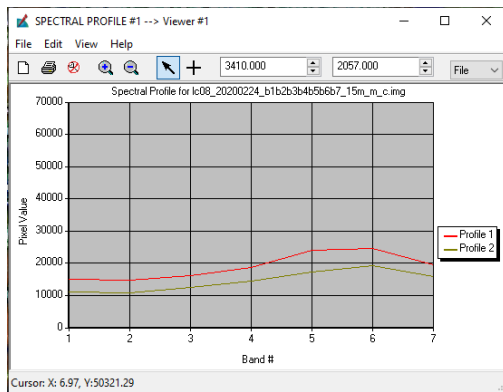


Figura 2. Perfil espectral de huella minera

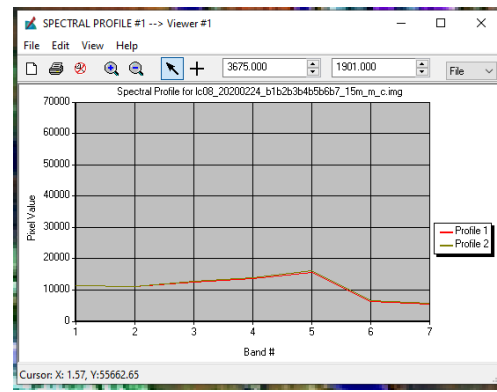


Figura 3. Perfil espectral de agua contaminada

Las imágenes satelitales Landsat 8 fueron procesadas inicialmente con el software erdas 2014, uniendo las bandas en el rango visible e infrarrojo, de igual manera se realizó un mejoramiento de la resolución espacial, re muestreando las bandas de 30 a 15 metros de resolución y definiendo el sistema de proyección WGS84 requerido para la extracción de información a través de los procesos de clasificación supervisada y no supervisada, en búsqueda de óptimos resultados.

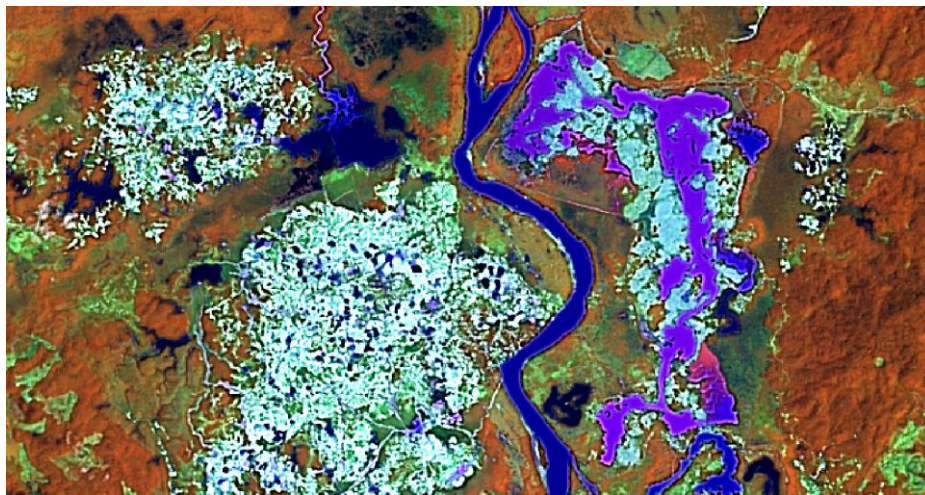


Figura 4. Imagen landsat 8 combinación 5-6-4, del 24 de febrero de 2020, resolución 15 m, define claramente la huella minera, el agua de río y el agua contaminada por efectos de la minería de aluvión

Cabe anotar que los métodos de clasificación de las coberturas objeto de estudio, tienen como principal función el reconocimiento de patrones espectrales de manera autónoma e interactiva, sin depender de un conocimiento estricto de la zona interés, lo que facilita que el desempeño del recurso humano se enfoque más en la interpretación que en la consecución de los resultados (Chuvienco 2002 en Silva et al. 2011).

Una vez obtenidos los productos raster con los resultados de la clasificación supervisada, son sometidos al proceso de evaluación temática, a la generación de datos de área y porcentuales que darán paso al análisis final de dichos productos.

Las coberturas objeto de estudio, huella minera y agua contaminada, se exportan de formato raster a vector, se incluye en esta tapa del estudio el software arcgis pro, para realizar el análisis multitemporal de la información vectorial derivada.

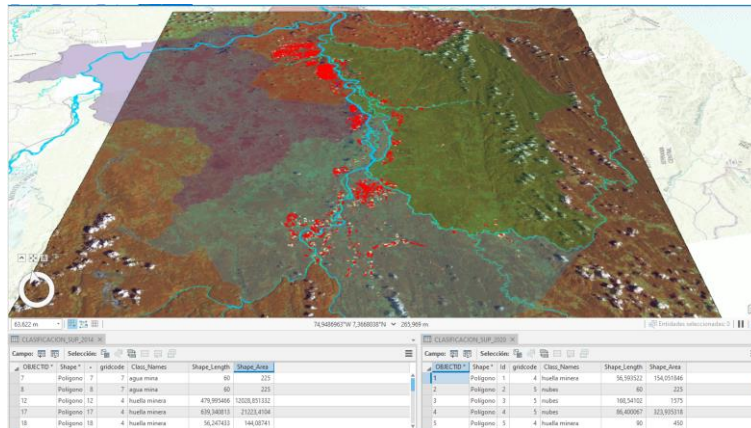


Figura 5. Archivos shapefile con la clasificación supervisada de los años 2014 y 2020, en arcgis pro

Con el objeto de detectar los cambios en las coberturas de estudio, se obtienen dos productos vectoriales en formato shapefile, con diferencia temporal de 6 años, una capa obtenida de la imagen satelital landsat del 19 de junio de 2014 y la segunda capa obtenida de la imagen satelital landsat del 24 de febrero de 2020, ambas tablas con la misma estructura de datos.

Obtenidas las variables y los datos depurados, se procede a publicar un mapa en la web arcgis online, que permite crear un tablero de control interactivo para que el usuario analice la evolución de la degradación de las coberturas vegetales en la zona de estudio, y observe de manera gráfica y estadística los cambios en diferentes escalas.

Al seleccionar zonas específicas los datos se ajustan automáticamente según el área de interés creada por el usuario.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados más representativos son los siguientes:

La clasificación supervisada arrojó un área de 6809,9 hectáreas de zona de explotación de oro de aluvión en el estudio realizado con base en la imagen landsat del 19 de junio de 2014

La clasificación supervisada arrojó un área de 7629,2 hectáreas de zona de explotación de oro de aluvión en el estudio realizado con base en la imagen landsat del 24 de febrero de 2020

Lo anterior infiere un incremento de 819,4 hectáreas en el periodo de tiempo de 6 años, objeto multitemporal de estudio

Las clases huella minera y agua contaminada fueron extraídas con base en la firma espectral característica, apoyados con imágenes de alta resolución de la plataforma googleearth, figura 6

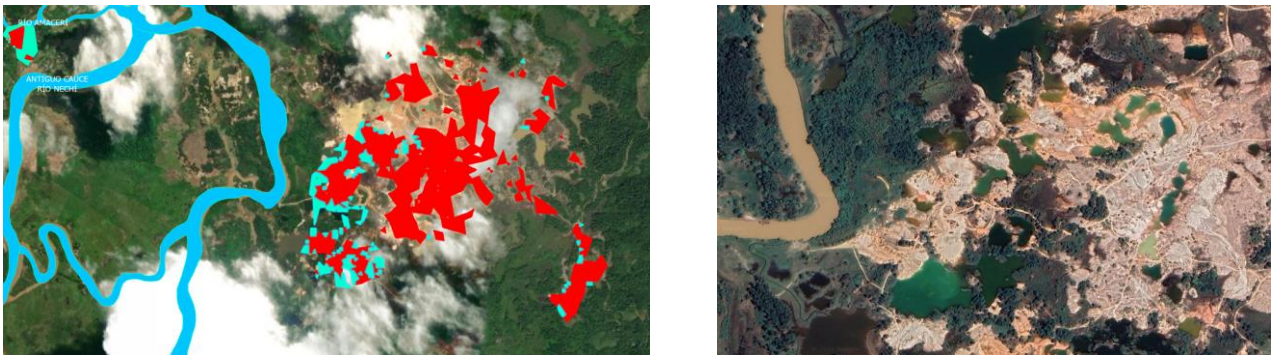


Figura 6. Percepción visual de las clases huella minera y agua contaminada

En la clasificación supervisada en la imagen 2014 se obtuvieron 10889 polígonos, distribuidos espacialmente como aparecen en la figura No. 7

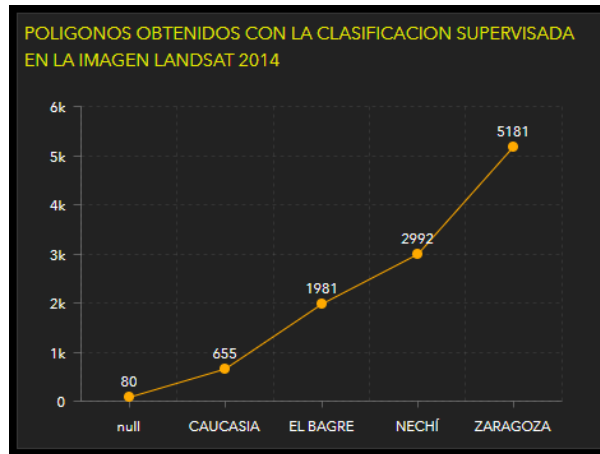


Figura 7. Polígonos obtenidos con la clasificación supervisada en la imagen 2014

En la clasificación supervisada en la imagen 2020 se obtuvieron 13031 polígonos, distribuidos espacialmente como aparecen en la figura No. 8

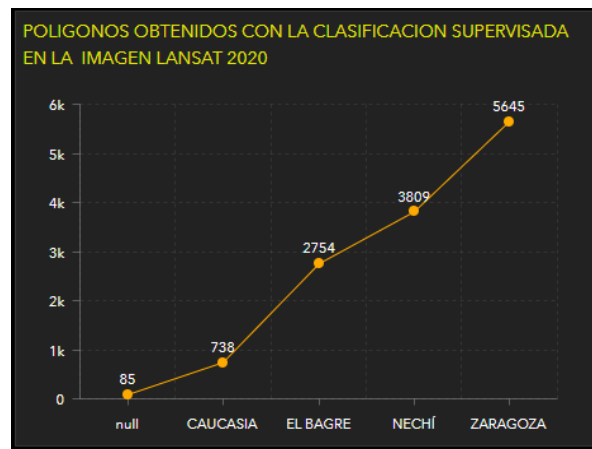


Figura 8. Polígonos obtenidos con la clasificación supervisada en la imagen 2020

Del total de las 6809,9 hectáreas extraídas de la imagen 2014, 662,54 hectáreas corresponden al área superficial de los cuerpos de agua estancados y contaminados por los efectos de la minería, lo que equivale a un 9,7 % del área total de estudio

Del total de las 7629,2 hectáreas extraídas de la imagen 2014, 880,78 hectáreas corresponden al área superficial de los cuerpos de agua estancados y contaminados por los efectos de la minería, lo que equivale a un 11.54 % del área total de estudio

En la zona de estudio predomina la actividad minera en el municipio de Nechí, donde para el año 2014 se realizaba esta actividad en un área de 3400 hectáreas, ya para el año 2020 se incrementó en 3700 hectáreas. Figura 9

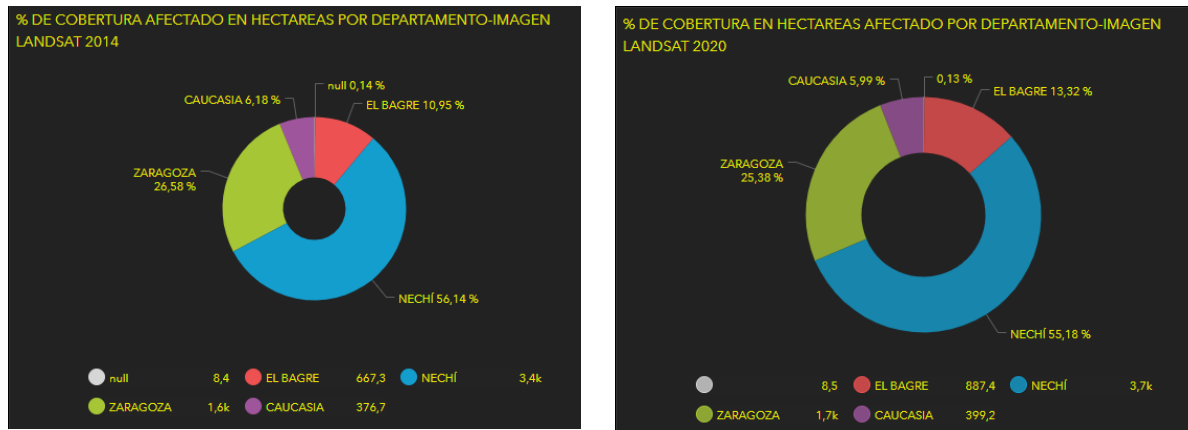


Figura 9. Porcentaje de cobertura afectado en hectáreas por departamento en los años 2014 y 2020

Como resultado final se publica un tablero de control interactivo, en el cual se pueden realizar acciones de análisis por cobertura, por temporalidad, por zona general y específica de estudio, al cual se puede ingresar a través del siguiente link: Figura 10

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/4ff891bb01ef4c65ad7d9ab1e980aaa9>

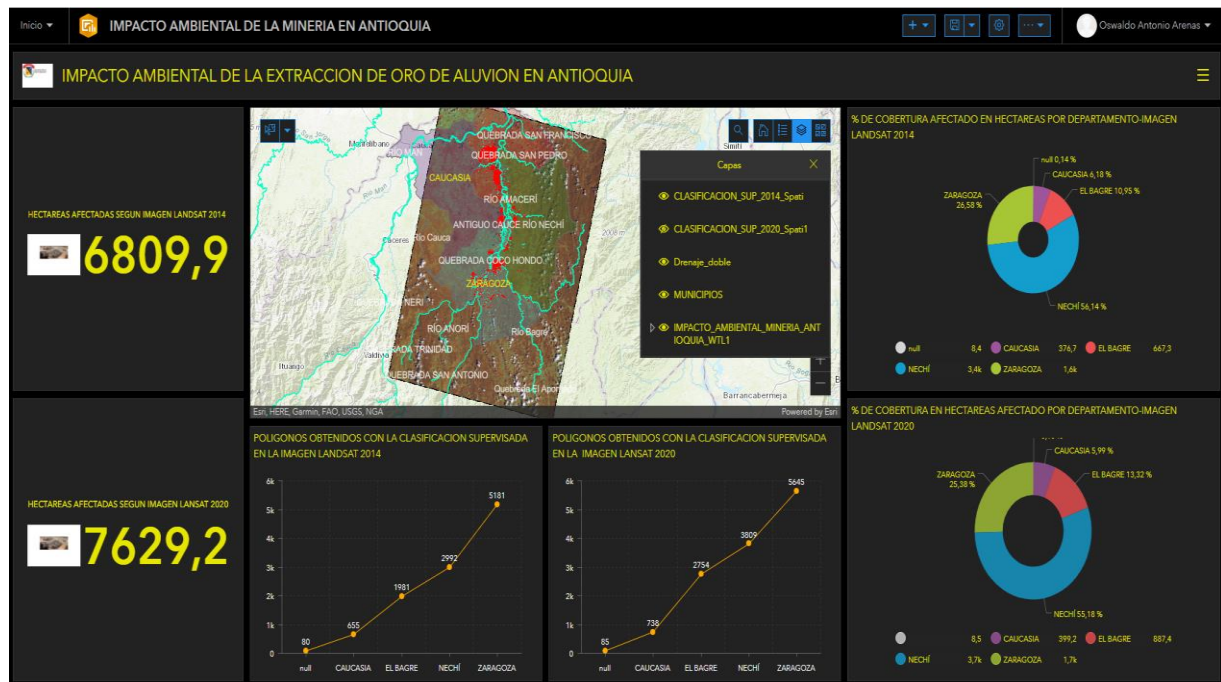


Figura 9. Tablero de control interactivo

CONCLUSIONES

El impacto ambiental por la extracción de oro de aluvión es fácilmente detectable a través de la percepción remota, esto teniendo en cuenta las firmas espectrales generadas por las zonas afectadas las cuales están representadas por suelo desnudo de características específicas y las aguas estancadas contaminadas con colores de sedimentos particulares.

En Colombia, las descargas de mercurio residual a los cuerpos de agua, procedentes de la minería de aluvión, se ven reflejadas en la acumulación de compuestos y sedimentos causando afectación a la red trófica de los ecosistemas, generando un color específico a dichos cuerpos de agua, reflejado en una firma espectral característica para lo atinente a la percepción remota y causando un impacto ambiental extremadamente negativo en las vertientes hídricas.

El conflicto armado en el territorio nacional ha perpetuado las actividades de afectación de las coberturas vegetales de la superficie de la tierra, esto teniendo en cuenta que la minería ilegal de oro de aluvión fomenta directamente este flagelo y las organizaciones al margen de la ley evitan la intervención de las instituciones para ejercer control.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Mendoza, F. (2010). Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los territorios indígenas de Mayangna-Sauni As, MayangnaSauni Bas, Sikilta, Matung Bak/Sauni Arungka, SIPBAA, Layasiksa y el área afectada por el Huracán Félix en 2007 para el período de tiempo 2005–2007/08 en los Departamentos de Jinotega y la RAAN, Nicaragua. *Managua, Nicaragua*.

Ramírez Zapata, A., & others. (2015a). *Análisis multitemporal mediante sensores remotos de cobertura de la tierra para el periodo de tiempo 1999-2011 en el municipio de San Jacinto, Bolívar* (B.S. thesis). Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado a partir de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6318>

Torres, A., Rocha, J., Melo, D., & Peña, R. (2015). *El Carbón de Colombia: ¿Quién Gana? ¿Quién Pierde? Minería, Comercio global y Cambio climático*. Bogotá: Centro de estudios para la Justicia Social Tierra Digna.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2014). *Indicadores de la minería en Colombia*. Bogotá: UPME.

Anaya Valenzuela, L., & Díaz Rojas, A. (2016). *Análisis de la fragmentación de coberturas naturales producida por la minería a cielo abierto en el municipio La Jagua de Ibrico, Cesar*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Fallas, J. (2002). Normas y Estándares para datos geoespaciales. Laboratorios de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Escuela de Ciencias Ambientales y Programas Regional en Manejo de Vida Silvestre.

Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. Disponible en <http://www.una.ac.cr/ambi/telesig>.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Alcaldía de Nechí Antioquia. "Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Nechí". [En línea]. Disponible en https://nechiantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/nechiantioquia/content/files/000002/68_eot.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra - Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia - Escala 1:100.000*. Bogotá, 2010.