Elaboró: Edward Andrés Diaza Rojas
Universidad De Cundinamarca
Diplomado en Sistemas de Información Geográfica

1. TÍTULO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA RONDA HÍDRICA DEL RIO COELLO DESDE EL PUENTE LAS MANAS HASTA EL BALNEARIO LIMONAR

2. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico constituye uno de los pilares económicos en toda sociedad, a partir de este se pueden realizar diferentes procesos productivos como lo son la producción de energía, acuicultura y prestación del servicio de agua potable y riego para las actividades agrícolas que promueven el desarrollo e impulsan la economía a nivel sectorial y regional. Mediante las actividades que implican la utilización de ese recurso se pueden generar estrategias de conservación orientadas a la restauración y preservación de los ecosistemas considerados clave para la regulación de la oferta hídrica (MAVDT, 2010).

Para la gestión sostenible del Rio Coello se necesitan contemplar diferentes factores que influyen en su disponibilidad, es por esto que se realizó un diagnostico seleccionando un tramo de 1,2 km del Rio Coello para identificar y georreferenciar las problemáticas en el área de estudio determinando su regularidad y la intensidad con la que se presentan, mediante los geoprocesos que brinda el programa se pretende afianzar el manejo de herramientas utilizando datos espaciales acompañado de visitas de campo para establecer las afectaciones que se ejercen sobre la finca Mateguadua.

Con la inspección de la ronda hídrica del área de estudio se reflejó la condición actual del cuerpo de agua y como el ecotono sirve de barrera frente a contaminantes producidos por las actividades a las que son sometidas el suelo, convirtiéndose en zona de amortiguamiento de los

impactos sobre el cauce fluvial (Lee S. Altier, 2002), y cómo la vegetación de la ribera brinda mayor estabilidad a las márgenes por el efecto de la zona radicular, actúa como reguladora de las condiciones microclimáticas, en especial de la temperatura de las aguas por efecto de la sombra, lo cual tiene especial relevancia en periodos de aguas bajas al permitir una mayor concentración de oxígeno disuelto en el agua y un descenso en la disponibilidad de nutrientes, procesos clave para el logro de un equilibrio adecuado del ecosistema fluvial… (Lowrance R, 1985), a su ofrece abundantes y diversos recursos alimenticios para consumidores acuáticos y terrestres, que para el caso de los ecosistemas acuáticos la mayor fuente de alimenticia viene de la zona de la rivera. (Stanley V. Gregory, 1991).

Los satélites son objetos que se encuentran suspendidos en el espacio y se encuentran orbitando alrededor de un objeto más grande, este tipo de satélites pueden estar presentes de forma natural, así como la luna, o artificial, los cuales se encuentran conformados por diferentes sensores dependiendo de la función que vayan a desarrollar, como el caso de los satélites SENTINEL 2, ubicados en la misma orbita, separados por 180 grados, logran una cobertura y una descarga de datos óptimos (ESA, 2020). Gracias a estos, se ha logrado la descarga de imágenes satelitales y aplicanto criterios de ingenieria se facilita la fotointerpretación y determinación de forma mas pertinente los diferentes usos de suelo y cambios de cobertura que han variado con el paso del tiempo, siendo una herramienta util para realizar analisis ambientales.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es motor de desarrollo y su aprovechamiento eficiente y sostenible depende de la información y el conocimiento que tengamos de los ecosistemas hídricos, así como de sus regímenes y respuestas frente a la variabilidad y el cambio climático. (IDEAM, 2019). El

crecimiento poblacional, las dinamicas sociales y actividades antrópicas han generado presiones sobre el recurso modificando el regimen del caudal, alteraciones de la morfología fluvial y cambios en la comunidad de los seres vivos.

Partiendo de lo establecido en el artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974, que define la ronda hidráulica como: (…). d. Una franja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho." Los bienes de dominio público referidos en el artículo 83 del mismo, no pueden ser objeto de adjudicación de un baldío. (Decreto 2245, 2017). Resulta indispensable el acotamiento ya que permite disminuir la vulnerabilidad de los cuerpos de agua, a su vez, minimizar los riesgos ante emergencias por inundaciones, deslizamientos e impactos negativos socioeconómicos que se puedan presentar por avenidas torrenciales.

Las problemáticas que actualmente se presentan en el rio Coello no se limitan solo a la disminución de su caudal ecológico producto de actividades antrópicas, sino también a procesos de erosión, transporte y sedimentación de material pétreo correspondientes a la génesis de los depósitos de material de arrastre. (Ortiz, 2017). Por lo tanto, resulta necesario georreferenciar el conjunto de problemáticas, que de manera integral generan impactos negativos sobre los cuerpos de agua; incumpliendo normativas vigentes como es el caso del Art. 24 del Decreto 3930 de 2010, sobre las prohibiciones de los vertimientos que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos determinados en el artículo 9° del citado decreto (MAVDT, 2010), haciendo referencia a un bañadero local que se abarca dentro del área de interés del presente proyecto.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

- Diagnosticar el estado ambiental de la ronda hídrica del tramo de estudio del rio Coello entre el puente las Manas en coordenadas y el balneario Limonar.

Objetivos Específicos

- Adquirir destrezas en el manejo de herramientas de los Sistemas de Información Geográfica para procesar y modelar datos cartográficos.
- Determinar el conjunto de problemáticas presentes en el tramo de la ronda hídrica del rio Coello que afecten a la finca Mateguadua.
- Formular estrategias para la minimización de riesgos en los linderos de la finca Mateguadua

5. MARCO NORMATIVO (Si aplica).

Las principales normas que regulan la gestión de los recursos hídricos en Colombia son las siguientes: Constitución Política de 1991 que mediante la Ley 99 de 1993 (por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones), Decreto - Ley 2811 de 1974 (Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.), Ley 09 de 1979 (Código Sanitario Nacional por la cual se Dictan las Medidas Sanitarias con respecto a los usos del agua), Decreto 1541 de 1978 (Por el cual se reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados, Concesiones de agua), Decreto 1594

de 1984 (Usos del agua y el manejo de los residuos líquidos), Decreto 1753 de 1994 (Sobre Licencias ambientales).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el cumplimiento de los objetivos se implementará el desarrollo de la siguiente forma.

1. Para la obtención de las imágenes se procedió a consultar en diferentes geoportales que manejaran información espacial de acceso público, para lo cual se optó por el software de Google Earth en el cual se marcaron los cuatro puntos de referencia para georreferenciar la imagen dentro del programa Qgis. Para este proceso se tomaron las coordenadas de los cuatro puntos en un Excel, posterior al cargue de la imagen en Qgis se marcan nuevamente punto por punto con su coordenada respectiva, el programa se encarga de corregir el margen de error del marcado conforme a la coordenada ingresada, se guarda el archivo raster y la imagen queda con las coordenadas descritas en el sistema de referencia Magna Sirgas (3116). las imágenes raster procesadas para el cálculo del índice de vegetación NDVI fueron adquiridas mediante satélites SENTINEL 2 en el geoportal USGS science for a changing world, A partir de este, se obtuvieron las bandas multiespectrales que mediante la implementación de herramientas y geoprocesos permitieron el manejo de información y la delimitación de los componentes del área de estudio. Con la Calculadora Raster incorporada en el programa Qgis se realizó la combinación de las bandas multiespectrales B4 y B5 para el cálculo del índice de vegetación NDVI, se procedió a la reclasificación de Pseudocolor monobanda en la simbología de la capa raster para asignar los colores representativos de la vegetación y realizar el cálculo del índice de vegetación, posteriormente en la pestaña Raster se realizó la extracción de las curvas de nivel asignando un intervalo de 0.05 conforme a la

clasificación del raster manejado, se signaron las respectivas etiquetas con respecto al campo NDVI y se obtuvieron los índices de vegetación de cada curva de nivel, para la clasificación de los valores NDVI se realizó conforme a la siguiente Tabla:

México: Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométricos e índice de vegetación

Tabla 1.

Clasificación	Valor
Nubes y agua (NA)	< 0.01
Suelo sin vegetación (SV)	0.01 - 0.1
Vegetación ligera (VL)	0.1 - 0.2
Vegetación mediana (VM)	0.2 - 0.4
Vegetación alta (VA)	> 0.4

Nota: Clasificación NDVI de Tecnología y Ciencias del Agua, Vol. VI, núm. 1, 2015.

En las visitas de campo realizadas se utilizó la herramienta de Mobile Topographer para georreferenciar las especies forestales de la ribera del rio más representativas que colindan con los límites del predio, los residuos sólidos identificados en el tramo del rio Coello sujeto de estudio y los puntos de descarga de Agua Residual que sean vertidos al rio; las coordenadas georreferenciadas por la herramienta Mobile Topographer en sistema de referencia Magna Sirgas Colombia Bogota se ingresaron en tablas de Excel y se guardaron los documentos como extensión .CSV delimitado por comas, posterior a este proceso insertaron en el programa Qgis como Capas Delimitadas por Comas y se asignaron las columnas X para Este y Y para Norte separándolas por punto y coma. Para cada capa de archivo raster y shape file, se procedió a exportarlas para cambiar a un

mismo Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) seleccionando Magna Sirgas Colombia Bogota (3116), esto para no presentar conflictos a la hora de realizar las combinaciones de las capas y geoprocesos entre ellas y así obtener combinaciones con mayor precisión. Una vez realizado este proceso se extrae el DEM con respecto al área de interés mediante la pestaña raster y clic en cortar raster por capa de mascara, en su defecto cortar el raster por extensión. Para el cálculo de las pendientes se cortó el Modelo de Elevación Digital con respecto al shape con el polígono del área de interés para reducir la información a procesar, una vez se tuvo el recorte del DEM se abre la pestaña raster, análisis y por ultimo pendiente, se guarda el archivo de salida en la carpeta de destino, el archivo de salida se reclasifica en simbología como pseudocolor monobanda de color marrón y posteriormente se reclasifica por tabla, donde se define la reclasificación de los valores de clasificación de la capa raster en 5 filas de la tabla fija, desde el valor mínimo hasta al máximo, se procede a reclasificar como pseudocolor monobanda con interpolación exacta. Para poligonizar el raster de salida, es decir que se convertirá el archivo Raster a Vector, se abre la pestaña del Raster Conversion y luego poligonizar, se abre la tabla de atributos del vector y se calcula el área de la pendiente para cada valor. Se guarda la información del vector en un archivo Excel y se realiza una tabla dinámica para los rangos de las pendientes, el área de cada rango y el porcentaje que ocupa con respecto a todo el archivo vectorial.

- para el cálculo del índice de vegetación NDVI se ingresaron las bandas en la calculadora raster teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

Ecuación 1.

NDVI: (Banda 5 – Banda 4) / (Banda 5 + Banda 4)

2. Para la identificación de las problemáticas puntuales en el área de estudio se realizaron visitas de campo por la ribera del rio aguas arriba margen izquierda georreferenciando cada punto mediante la aplicación de Android Mobile Topographer en coordenadas Magna Sirgas Colombia Bogotá (3116). En este proceso se tuvo en cuenta las especies pioneras de gran tamaño sobre la ribera del rio y aquellas que sirvieran como referencia para conocer la calidad del agua que transita por el cauce y sobre el entorno del rio para estimar la biodiversidad de especies de vegetales que habiten con regularidad el sector y estimar la abundancia sobre la ronda hídrica. Acto seguido se realizaron inspecciones a los predios aledaños a la zona de estudio para identificar las actividades agrícolas que se desarrollan en la actualizad y que repercuten sobre la franja de la ronda hídrica del rio coello. Una vez recopilada toda la información se procede a cargar los datos de coordenadas para las problemáticas, especies vegetales para tener una capa de puntos para las especies forestales más abundantes y delimitación del predio que se cruce con la delimitación de la ronda hídrica. Para el cálculo del caudal asociado a la problemática de las Aguas Residuales que transitan sobre la servidumbre predial, se realizó una metodología de aforo o medición de caudal por el método de flotadores dividiendo la sección del canal en 3 partes iguales y realizando la medición de la sección transversal del canal para determinar el ancho de la lámina de agua, acto seguido se midió la profundidad de la lámina superficial de agua con respecto a la base del canal anotando los respectivos valores para calcular el área de la sección la cual se obtiene multiplicando la profundidad por la longitud de la sección transversal del canal. Para el cálculo de la velocidad del flujo del agua se tomó un punto de referencia con una longitud previamente

determinada con respecto al punto de la medición de las secciones de los canales, se procedió a calcular la velocidad con un objeto flotante suspendido desde el punto de referencia hasta el punto de medición, con la ayuda de un cronómetro se contabilizó el tiempo que transcurre el objeto flotante desde el punto de referencia hasta el sitio de medición de la sección; la medición de la velocidad del flujo de agua de calculó 3 veces para cada sección del canal para obtener un valor promediado representativo con el fin de disminuir el margen de error. Una vez se tienen los cálculos del área de la sección y la velocidad de flujo de cada sección se procede a calcular el caudal y promediar entre sí mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2.

$$Q = V\ (m/s) * A\ (m2)$$

3. Para el análisis y manejo de la información recolectada se priorizará el perímetro de área de estudio que colinde con los límites del predio Mateguadua partiendo de las actividades antrópicas y problemas de contaminación que requieran intervención, mediante las inspecciones visuales de campo se determinó las zonas que requerían procesos de conservación y restauración para recuperar las características naturales de la ribera del rio y la morfología de la franja de la ronda hídrica que minimiza los impactos generados por la pérdida de cobertura vegetal y el ecotono atenuando los impactos generados por las actividades antrópicas que se desarrollan sobre los predios.

   Con la recolección de estos datos se plasmó esta información en salidas graficas que permitieran los procesos de fotointerpretación de las imágenes, esto se realizó analizando la variación en las tonalidades de la imagen facilitando la identificación de las

problemáticas que se evidenciaron con el análisis de las imágenes satelitales y se complementaron con las inspecciones de campo. Para formular las actividades y procesos de reducción de los impactos ambientales y minimización de riesgos a la población se identificó las problemáticas de mayor incidencia sobre el área de estudio y proceder a la descripción de las estrategias formuladas teniendo como referencia estudios bibliográficos previos relacionados con la estabilización de laderas y pendientes. Mediante las inspecciones y procesos de fotointerpretación se verificaron las actividades agrícolas y agropecuarias que invaden la franja de protección ya que las personas de la finca Mateguadua y predios vecinos aquejan la perdida de árboles frutales producto del desprendimiento de material rocoso generando taludes de 4m de alto y perdida de la estabilidad del suelo producida por la erosión que causa el rio Coello, el cual contribuye a desestabilizar el talud. Para lo cual, el manejo adecuado de la información permitió plasmar el conjunto de problemáticas halladas en el área de estudio y previamente georreferenciadas en modelos cartográficos para su interpretación con lo que se obtuvo la morfología del terreno y los puntos críticos con respecto a las pendientes del terreno en toda el área de estudio. Las especies forestales de la ribera del rio indicaron las dinámicas fluviales del cuerpo de agua y los cambios en los niveles del rio cuando se presenten precipitaciones y eleven el nivel del rio erosionando las partes elevadas de la ribera donde no llega el nivel del agua con regularidad.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El cruce de bandas espectrales visibles e infrarrojas permitió la identificación de los diferentes usos de suelo y los cambios de vegetación que hubo entre los años 2014 y 2017 donde se logró

evidenciar la ausencia de cobertura vegetal en la ronda hídrica del rio Coello para el año 2014, conforme a la densidad de arborización se logró identificar las zonas de cultivo en el predio Mateguadua y fincas colindantes dedicadas a las actividades de siembra de frutales, a su vez, con el análisis de las imágenes satelitales se logró la interpretación de zonas de coloración marrón y ámbar como indicadores de zonas erosionadas que causaran afectaciones al bosque de la ribera, siendo este de gran importancia para la conservación de la zona de transición entre el ecosistema acuático y terrestre. Como especie vegetal de mayor abundancia del inventario forestal realizado se tiene la *Pithecellobium dulce*, usualmente encontrada en zonas ecológicas de trópicos húmedos y suelos arenosos así como también sobre las riberas de los cuerpos de agua, sumado a su capacidad de reproducción asexual y excelente capacidad de rebrotar la hace una especie malezoide invasora dentro de su rango natural de distribución (CONABIO, 1844).

Gracias al manejo de los datos cartográficos y su procesado en las diferentes herramientas de cálculo del programa Qgis, se logró establecer un área para la finca Mateguadua de 1.2 hectáreas, un área de influencia de 4,4 hectáreas, un área de 13 Hectáreas para la ronda hídrica del área de estudio y, la intersección entre las capas donde no se respeta un área de 0,41 hectáreas para la protección de esta zona de importancia ecológica para la conservación de la dinámica fluvial incumpliendo el literal d) del artículo 83 del Decreto 2811 de 1974 Conforme al Código Nacional de Recursos Naturales el cual establece “Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos hasta de treinta metros de ancho.” (Decreto 2811, 1974).

Implementar las herramientas del software libre Qgis permitió el cálculo del Índice de Vegetación NDVI que mediante los geoprocesos realizados se logró determinar que sobre la ribera del rio predominan los suelos de vegetación ligera (VL) y en el margen de treinta metros

de la ronda hídrica se presenta una vegetación mediana (VM), eso se atribuye a las actividades de extracción de material de arrastre que se desarrollan al margen izquierdo aguas abajo del rio Coello las cuales se realizan para permitir el paso de maquinaria amarilla y a su vez el apilamiento de material rocoso que impide el crecimiento de capas vegetales, estas áreas deforestadas para el paso de maquinaria amarilla y la cercanía al corregimiento de Chicoral contribuyen a que los valores oscile entre cero y cero dos (0 – 0.2) esto indica la poca densidad arbórea presente sobre los asentamientos urbanos y el frente de extracción de material pétreo de la cantera, factores determinantes para la conservación del cauce normal del rio y sus dinámicas fluviales. Las áreas externas a la ronda hídrica influyen en la degradación de la estructura del suelo generando procesos erosivos por falta de vegetación que conserve la humedad del sustrato y por consiguiente el desprendimiento de areniscas, gravas y material rocoso. Los NDVI de vegetación mediana(VM) y vegetación (VA) tienen una relación inversa en el proceso de degradación, así que los valores menores tienen mayor impacto sobre la degradación específica y así tienen mayor prioridad (López, 2015). Se debe contemplar todo tipo de vegetación que se presente en el talud, así como también las que se encuentren en el área superior al mismo puesto que ellas cumplen funciones importantes, en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces; como controlador de infiltraciones tiene efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir… en ocasiones, la vegetación produce un efecto de mantener la humedad por debajo del límite de saturación, mejorando la estabilidad de las laderas (Suárez, 2012). Es importante tener los diferentes tipos de raíz que presentan las plantas, ya que por su grosor pueden contribuir a la formación de grietas en las laderas y pendientes, favoreciendo el desprendimiento de materiales rocosos compactados.

Actualmente se presentan laderas de 3,5 – 4 m y se encuentran sobre el margen derecho aguas abajo del tramo del rio Coello con una longitud aproximada de veinte (20) metros sobre los límites del predio Mateguadua, esto ha generado inconvenientes por los propietarios del predio cuestión y vecinos porque los procesos de erosión que se presentan sobre las laderas han generado el desprendimiento del suelo junto con los árboles frutales de mango que se siembran en el sector, esto se presenta cuando el caudal del rio Coello aumenta producto de las precipitaciones y descargas de agua masivas que se generen sobre este cuerpo de agua aumentando la incertidumbre de los agricultores por la pérdida de individuos forestales de los cuales depende su sustento y que son de alta demanda para el mercado local. La erosión y desprendimiento de material rocoso ha generado que la vegetación del ecotono disminuya en gran medida debido a que se sobrepone sobre la tierra de la ribera material rocoso que impide la germinación de semillas y vegetación pionera que brinde estabilidad a la zona de transición entre el cuerpo de agua y el ecosistema terrestre.

Las problemáticas de mayor incidencia sobre el cauce del rio obedecen a las actividades antropogénicas y se reflejan por el uso del suelo en la ronda hídrica donde se llevan a cabo siembras de frutales, para lo anterior se obtuvo un resultado de 0,41 hectáreas de tierra que hacen parte de la ronda hídrica según el Decreto 2811 de 1974 y que se encuentran intervenidas con la siembra de frutales, en estas se debe garantizar su sostenimiento con la finalidad de mantener el caudal ecológico del rio y preservar la zona de transición que permita minimizar los impactos negativos generados por las actividades antrópicas desarrolladas sobre las áreas paralelas a la franja de protección del rio. Con las inspecciones técnicas visuales se logró determinar que el tramo del rio sujeto de estudio presentaba características de ríos entrelazados, caracterizándose por la presencia de diversos canales que se separan aguas arriba y vuelven a unirse aguas abajo formando islas

transitorias por el aumento de sedimentos que se acumulan en el fondo por las crecientes de los ríos y cuando el nivel del agua vuelve a su estado original o habitual limita el transporte de estos sedimentos y por consiguiente la formación de estas islas transitorias. Otra característica identificada es la sinuosidad del cuerpo de agua, es decir la curvatura que se presenta desde el puente las Manas hasta el balneario Limonar obteniendo un resultado de 1,5 de la ecuación del cálculo de sinuosidad, esto nos indica una clasificación morfológica moderada para el tramo del rio Coello objeto del estudio, esto perjudica a la finca Mateguadua puesto que al presentarse esta curvatura en el cauce va a repercutir en la erosión del punto de inflexión que se encuentra ubicado en los límites de la finca Mateguadua. Además de la problemática de taludes y desprendimiento de material rocoso, se logró identificar un vertimiento de aguas residuales que se realizan directamente al rio Coello, estas atraviesan el predio Mateguadua y transitan por dos predios más hasta desembocar en el rio Coello en coordenadas 900996.236 E 957700.940 N, según las pruebas de aforos realizadas sobre esta acequia de aguas residuales se estimó que aporta un Caudal de 456,4 L/s de aguas grises y negras al cuerpo receptor que en este caso es el rio Coello, teniendo en cuenta las afectaciones por olores e infiltraciones que se presentan cuando el nivel del agua se eleva y por consiguiente aumenta el perímetro de mojada de estas aguas residuales.

8. CONCLUSIONES

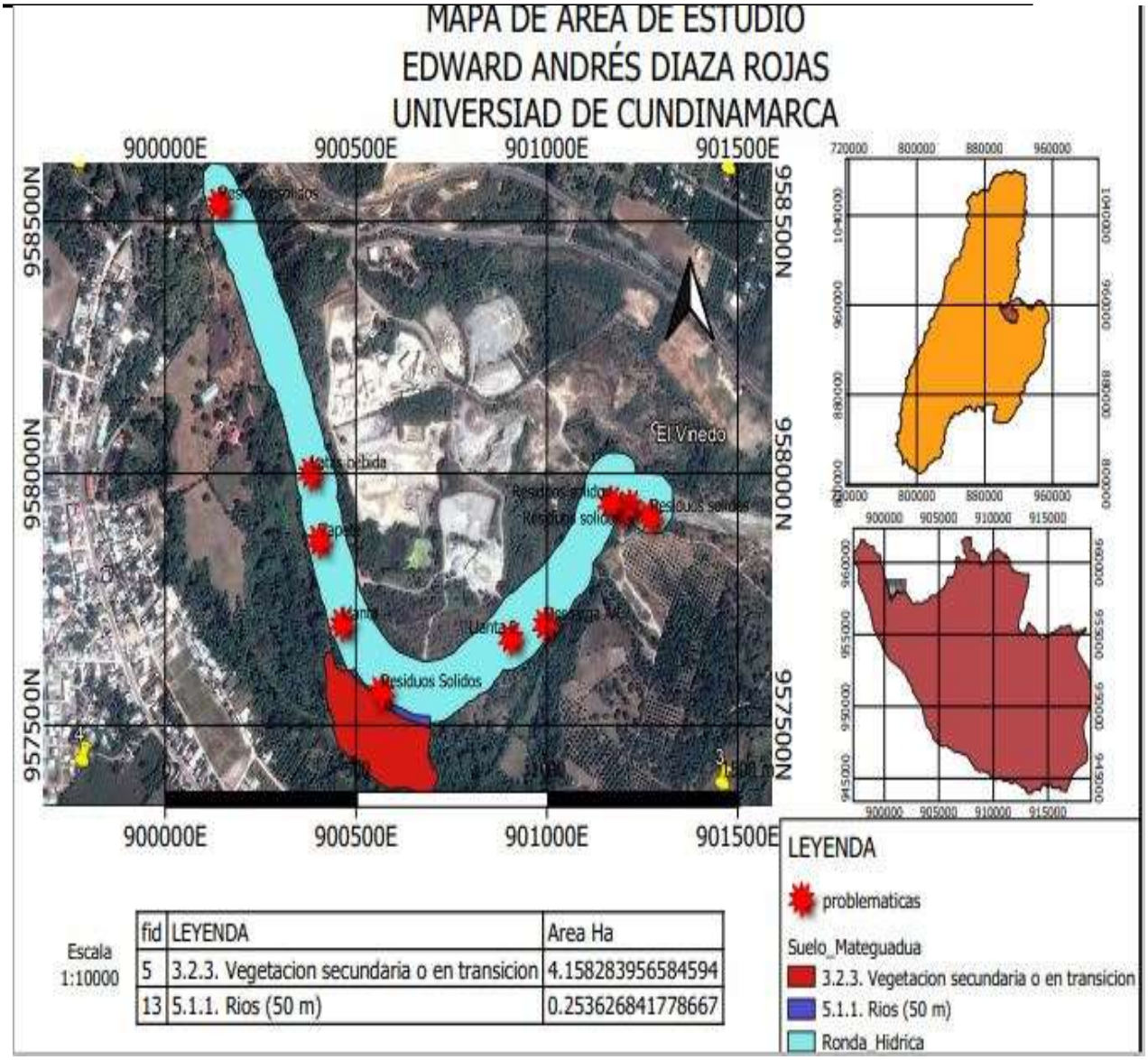
El conjunto de problemáticas identificadas en la ronda hídrica del rio se deben a las diferentes actividades agrícolas y agropecuarias de las fincas aledañas, estas han removido la capa vegetal para el pastoreo del ganado conllevando a la perdida de la estructura del suelo y desprendimiento de material rocoso siendo esta la mayor problemática que afronta la finca Mateguadua por la pérdida de árboles frutales ubicados sobre los taludes en los linderos de la finca que colindan con la ribera del rio, estos pueden presentar riesgos para los habitantes del sector que por el

deslizamiento de estos materiales rocosos atenten contra la vida e integridad de las personas que realizan actividades de recreación y pesca en el sector.

Las estrategias que se proponen para minimizar los riesgos por deslizamientos son las actividades de estabilización de laderas implementando especies vegetales con sistema radicular tipo radial ya que son las más propicias por su extensión sobre los horizontes del suelo y dada las características arenosas del suelo, se ha encontrado que la longitud de las raíces es mayor cuando el árbol se encuentra en un suelo bien drenado granular, que cuando se encuentra en un suelo arcilloso. Aparentemente, este efecto se debe a la necesidad de que el árbol tiene de buscar agua en el caso de que el drenaje sea bueno (Suárez, 2012). Otro factor a considerar es la densidad de raíces por volumen de suelo., (Leventhal, 1987) indica que las raíces de diámetro menor a 20 milímetros, son las más importantes para la estabilidad de un talud. Para lo anterior se debe considerar plantas con raíces de extensión radial, las cuales cumplen con estos requisitos a su vez de que propenden a extenderse en forma de arco a medida que profundizan en el suelo, tanto vertical como horizontalmente. Las plantas Monocotiledóneas tienen la característica de poseer un sistema radicular fibroso, formando redes de raíces ramificadas aumentando la densidad o número de raíces por volumen de tierra, por lo que cumplen la principal característica para la estabilización de taludes implementando especies vegetales.

Otra técnica eficiente para la estabilización de taludes es la construcción de cordones mediante el sistema Couturier (1880) en donde se prepara una terraza cerca al pie de la ladera donde se realizará una excavación horizontal mínimo de 50 centímetros, en la cual se depositarán estacas y ramas de coníferas muertas, en donde se realizará la siembra profunda de la especie vegetal seleccionada en lo posible con ramificaciones enterradas para que estas desarrollen sistema radicular en las ramas sepultadas. La arena producto de la excavación será dispuesta al

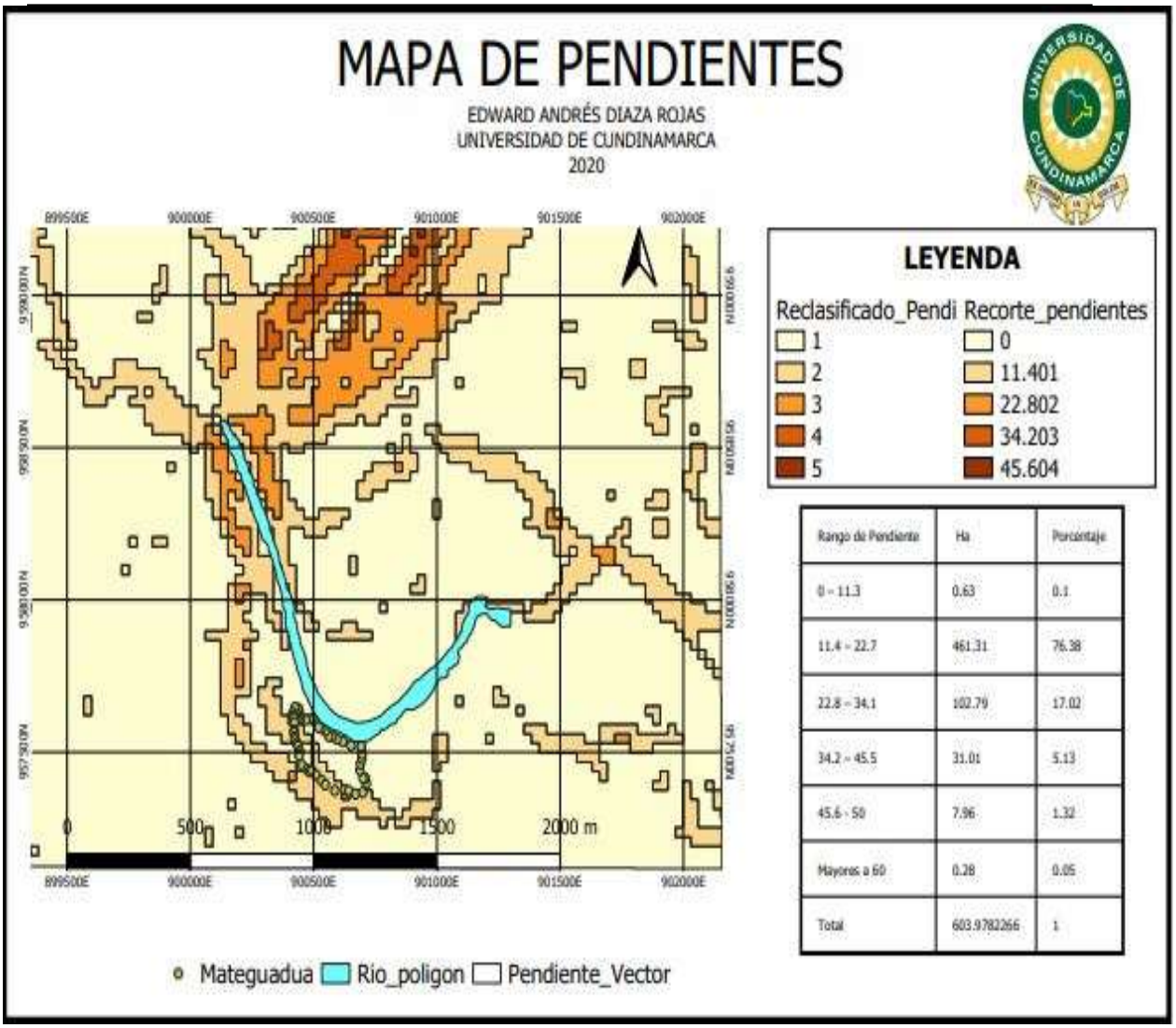
pie de la ladera. Este proceso debe repetirse en la parte superior con la diferencia de que la excavación no debe ser tan profunda para no alterar la estabilidad del talud. Desarrollando estos procesos de estabilización de laderas permitirá a los propietarios de las fincas disminuir la probabilidad de perder árboles frutales por el desprendimiento de material rocoso de los taludes, a su vez que brinda una alternativa al trasplante de estas especies debido a que ya tienen diámetros a la altura del pecho considerables, a su vez que ya se encuentran produciendo frutos para la cosecha lo que acarrearía perdidas económicas producto de la disminución de la venta de estos frutos.



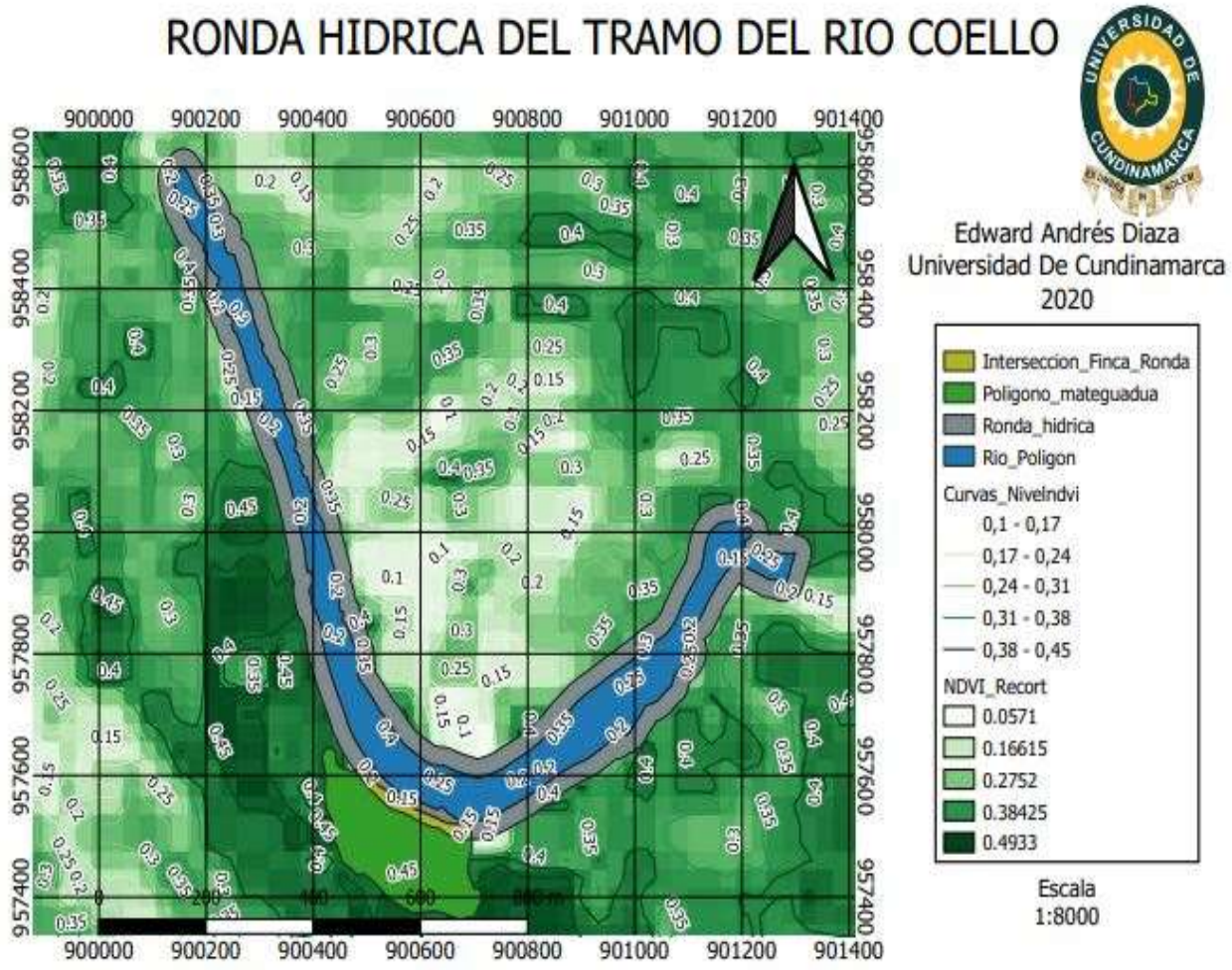
En el mapa 1 se hace la representación del área de estudio donde se identifica la ubicación del área con respecto al departamento del Tolima y el municipio de El Espinal, en él se identifican los puntos de contaminación y residuos sólidos georreferenciados con las escalas respectivas de cada 500m, el predio de la finca Mateguadua y como se intersecta con la ronda hídrica del rio Coello, donde 0.41 Ha del predio están dentro de la ronda hídrica del rio Coello por lo que requiere prestar atención en esta zona por el desprendimiento de material del talud.



En el mapa 2 se presentan las curvas de nivel del área de estudio y el índice de vegetación NDVI para cada una de ellas donde identifica mediante valores la densidad boscosa de cada área que parten desde 0 hasta 1, donde el 0 representa zonas áridas y el 1 como valor de entero máximo representa zona completa de bosque. Lo anterior representa que para la finca Mateguadua existe una cobertura moderadamente boscosa, como la interpretación del cálculo del índice de vegetación no discrimina el tipo de vegetación, este se atribuye a los cultivos de frutales que se desarrollan en los predios de la zona.



En el mapa 3 se logra evidenciar que el área de estudio se encuentra dentro de un valle con pendientes que describen la morfología del rio y una de las problemáticas más predominantes de la finca Mateguadua, que se encuentra dentro de zonas de amenaza por desprendimiento de taludes. Con las representaciones gráficas se pretende establecer las areas de vulnerabilidad del predio Mateguadua y como las actividades agrícolas influyen en la dinámica del rio Coello.



En el mapa 4. Se hace la representación gráfica de la ronda hídrica del rio Coello y el área de intersección que comparte con el predio Mateguadia el cual nos arroja un valor de 0,41 hectáreas. A su vez se realiza la representación del NDVI en las zonas aledañas al predio con lo que se permite analizar las actividades de uso de suelo que se presentan en el sector y determinas que zonas presentan baja densidad arbórea teniendo en cuenta la clasificación NDVI.

9. REFERENCIAS

- Altier Lee., Lowrance Richard., Williams Randall., Inamdar Sheeram, P., Bosch David, D., Sheridan Hubbard Robert, K. y Thomas Daniel L. (2002). *Riparian Ecosystem Management Model.* United States Department of Agriculture.
- Bentham, G. (1844). *Pithecellobium dulce.* London Journal of Botany 3: 199. 1844.
- Decreto No. 2811. Código Nacional de Recursos Naturales renovables y de Protección al Medio ambiente. Presidencia de la Republica de Colombia. 18 de diciembre de 1974.
- Decreto No. 2245. *Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible.* República de Colombia. 29 de diciembre de 2017.
- Decreto No. 3930. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 25 de octubre de 2010.
- ESA (2015). *SENTINEL 2*. The European Space Agency.
- Gregory Stanley, V., Swanson Frederick, J., McKee Arthur., Kenneth W. (1991). An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. University of California of the American Institute of Biological Sciences.
- IDEAM. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Ideam: 452 pp.
- López Pérez A., Martínez Menes M., Fernández Reynoso D. (2015). *Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación.*
- Lowrance Richard., Leonard Ralph. Y Sheridan Joseph. (1985). *Gestión de Ecosistemas Ribereños para Controlar la Contaminación Difusa.* Journal Of Soil And Water Conservation.
- Levental, A., Mostyn G., (1987). *Técnicas de Estabilización de Taludes y su Aplicación.* Soil Slope Instability and Stabilisation. Pp. 183 – 230, Rotterdam

- Martínez Ortiz José, A. (2017). *Revisión Bibliográfica para el Análisis de los Impactos Ambientales Generaos por la Extracción de Material de Arrastre en Cuerpos de Agua – Caso de Estudio: Rio Purnio*. Universidad Católica de Manizales.
- Suárez Díaz, J. (2012). *Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de Remediación. Cap. 8: Conformación de la Superficie del talud.* Geotecnología S.A.S
- Suárez Diaz, J. (2012). *Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de remediación. Cap. 9: La vegetación y los deslizamientos.* Geotenología S.A.S
- Viceministro de Ambiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Dirección de Ecosistemas.