

# **IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA RESTAURACIÓN EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA MONCOBITA DEL MUNICIPIO DE GACHALÁ, CUNDINAMARCA**



**Trabajo de grado para optar por el título:  
Especialista en Geomática  
Realizado por:  
Jesús Octavio Lanchero Díaz  
Código: 3101382**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACION EN GEOMATICA  
BOGOTA D.C  
2017**

# “IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA RESTAURACIÓN EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA MONCOBITA DEL MUNICIPIO DE GACHALÁ, CUNDINAMARCA”

## “IDENTIFICATION OF PRIORITY AREAS FOR RESTORATION IN THE BASIN OF THE LA MONCOBITA CREEK OF THE MUNICIPALITY OF GACHALÁ, CUNDINAMARCA”

Jesús Octavio Lanchero Díaz  
Ingeniero Agrónomo, Aspirante a especialista en Geomática,  
Estudiante de posgrados de la UMNG  
olanchero@corpoguavio.gov.co

### RESUMEN

La cuenca de la quebrada la Moncobita del municipio de Gachalá a través del tiempo ha sufrido fuertes procesos de degradación, causados principalmente por los cambios en el uso del suelo, dedicados actualmente, en su mayoría a la ganadería extensiva, favoreciendo los procesos erosivos naturales, que se han constituido en una problemática que afecta directamente a los habitantes del área de influencia con el deterioro y empobrecimiento del suelo, sumado a la afectación del recurso hídrico que abastece los predios y al embalse del Guavio donde vierte un gran volumen de sedimentos. Los recursos económicos a invertir en acciones de restauración por parte del Estado y la empresa privada, son limitados, por ello se hace necesario realizar una adecuada selección y priorización de las áreas a intervenir. Existen varios factores que pueden influir en la toma de decisiones; para el presente estudio se utilizaron insumos provenientes de sensores remotos, como las imágenes satelitales de media resolución y los modelos digitales de terreno, junto con el análisis espacial contribuyen a resolver el problema. Usando variables como la cobertura actual del suelo, mapa de pendientes, puntos de captación de acueductos y la distribución de los drenajes al interior de la cuenca y su procesamiento con Software comercial y libre podemos realizar un acercamiento a la determinación de áreas para implementar acciones de restauración.

**Palabras Clave:** Quebrada la Moncobita, Erosión, priorización de áreas, restauración, análisis Espacial.

## SUMMARY

The basin of the La Moncobita creek of the Gachala municipality has suffered strong degradation processes over time, caused mainly by changes in land use, currently dedicated, mostly to extensive livestock, favoring natural erosion processes, that have become a problem that directly affects the inhabitants of the area of influence with the deterioration and impoverishment of the soil, added to the affectation of the water resource that supplies the land and the Guavio reservoir where it pours a large volume of sediments. The economic resources to be invested in restoration actions by the State and the private company are limited, for this reason it is necessary to make an adequate selection and prioritization of the areas to be intervened. There are several factors that can influence decision making; for the present study inputs from remote sensing were used, such as satellite images of medium resolution and digital terrain models, together with spatial analysis contribute to solve the problem. Using variables such as the current land cover, slope map, points of capture of aqueducts and the distribution of the drainages to the interior of the basin and its processing with commercial and free Software we can make an approach to the determination of areas to implement actions of restoration.

**Keywords:** Quebrada La Moncobita, Erosion, prioritization of areas, restoration, spatial analysis.

## INTRODUCCIÓN

La degradación de los recursos naturales evidenciada a través del tiempo, actualmente genera la necesidad de recuperarlos mediante estrategias de restauración ecológica, para ello, inicialmente es necesario identificar las zonas y actividades prioritarias a realizar [1]. Con ayuda de herramientas de información geográfica y teledetección e incorporación de criterios relevantes, se pretende determinar las áreas con requerimientos de intervención en la Cuenca de la Quebrada la Moncobita (CQM) del municipio de Gachalá, Cundinamarca.

Ante las anteriores necesidades y considerando la limitación de los recursos financieros surge la pregunta, ¿Dónde actuar primero? Las acciones debería centrarse en áreas con mayor riesgo de degradación y que produzcan los mayores beneficios ambientales, [1]. A continuación se presentan contextos que pueden ayudar a resolver la inquietud:

La pérdida de suelo por la erosión inducida por el hombre, supera a la erosión natural en varios órdenes de magnitud, por lo que cabe considerarla como un grave problema ambiental que propicia la pérdida de fertilidad, esto es debido a que en los ecosistemas agrarios, se han aplicado manejos que han acelerado las tasas de erosión naturales, [2].

Por otro lado, existen diversos estudios y literatura referida al problema de alteración antrópica de los hábitats e invasiones biológicas, sin embargo, hay pocos estudios desde el punto de vista espacial relacionados con la priorización de intervención, es decir, sobre la selección de territorios, áreas, lugares o sitios. Cuando los recursos

para asistir a los sistemas alterados son limitados y las necesidades de intervención para restauración biológica cubren amplias extensiones de terreno, es fundamental identificar sectores donde localizar y comenzar la intervención, [3].

Las alteraciones en la cobertura del suelo es uno de los componentes más importantes del cambio global que afectan a los ecosistemas terrestres y causan impactos en el clima, en el ciclo del agua y de los nutrientes y en la biodiversidad. [4] Es así como la población asentada en la cuenca a lo largo de los años ha propiciado alteraciones a la cobertura, como la pradización de áreas con fines ganaderos, la tala y desprotección de las fuentes hídricas lo cual ha llevado no solo a la generación de los cambios de cobertura en sí, si no también ha propiciado procesos erosivos o la aceleración de estos, así como la contaminación de las fuentes hídricas y su deterioro en cantidad y calidad del agua.

La Quebrada la Moncobita vierte sus aguas al embalse del Guavio cuya central hidroeléctrica que es una de la principales generadoras eléctricas del sistema interconectado de Colombia, este pequeño afluente si bien no aporta un volumen significativo de agua al embalse es uno de los principales aportantes de sedimentos en cuanto a contenido de material particulado y turbidez ocasionando con ellos pérdida de calidad del agua y disminución del volumen aprovechable del embalse cuya causa es la acumulación de grandes cantidades de suelo y residuos vegetales; esto a su vez, incrementa los costos de operación de la hidroeléctrica teniendo en cuenta que se debe constantemente con maquinaria pesada retirando este material.

Otras afectaciones que se puede evidenciar son, a nivel predial los procesos erosivos de la cuenca causados por socavamiento, remoción en masa, pérdida de cobertura y suelo ocasionando pérdidas económicas en cuanto a reducción de productividad, valor de las parcelas, deterioro ambiental y reducción de la cantidad y calidad del agua para uso doméstico y actividades productivas.

La protección de fuentes de agua (nacimientos, humedales, y cauces de los ríos y quebradas), así como el incremento de la cobertura arbórea y la protección del suelo dentro de los sistemas de reconversión ganadera, pueden contribuir a mejorar la regulación hídrica, incrementar los caudales en épocas secas y disminuir las crecientes en la época de lluvias; también, ayudan a reducir la erosión y el ingreso de sedimentos y nutrientes a los cauces, mejorar el suministro de agua de buena calidad para abastecimiento de los predios y proteger la diversidad de organismos acuáticos.

Entre las tecnologías utilizadas para el control de la erosión se encuentran la bioingeniería, siendo esta caracterizada por la incorporación de especies vegetales de tipo herbáceo, arbustivo y arbóreo de gran desarrollo radicular que retengan el suelo, los sistemas silvopastoriles y/o agroforestales que combinan especies arbóreas con sistemas de productivos que además de contribuir al control de la erosión permiten ingresos económicos y las obras de manejo de aguas de escorrentía, sanjas, sanjas revestidas y filtros; los “trinchos”; los taludes reforzados con geotextiles; los gaviones de piedra entre otros, [5].

En cuanto al mejoramiento de la regulación y calidad del agua los bosques desempeñan un papel fundamental en la preservación de suelos y la regulación hídrica en las cuencas reduciendo pérdida de coberturas de suelo, los corredores ribereños contribuyen a reducir el impacto de la erosión y la contaminación por sedimentos y nutrientes pues filtran la escorrentía y retienen parte de estos elementos, impidiendo que lleguen a las fuentes de agua. Estas zonas tienen una gran importancia sobre las fuentes de agua, con respecto al área que ocupan por su influencia inmediata sobre el transporte de agua, nutrientes y sedimentos. Actúan como un filtro natural reduciendo la cantidad de materia orgánica, sedimentos y nutrientes que llegan a las diferentes fuentes hídricas. Agregado a lo anterior, los árboles a lo largo de quebradas y ríos reducen la temperatura del agua y proveen sombra y otros elementos que facilitan el procesamiento de contaminantes y mejoran su calidad, [6].

El recurso hídrico es ampliamente utilizado con fines de abastecimiento doméstico, riego y silvicultura, uso pecuario, industrial entre otros; es por esto que se hace necesaria su regulación mediante concesión de aguas superficiales, que es el permiso que otorga la autoridad ambiental para obtener el derecho al aprovechamiento y uso del recurso, de igual manera propende por su buen uso y preservación; la misión de Corpoguavio como autoridad ambiental es “Administrar y proteger el patrimonio ecológico y ambiental de su jurisdicción, a fin de asegurar bienes y servicios para el desarrollo sostenible de la región y la nación, conforme al marco normativo nacionales y características propias del territorio, con participación social, talento humano competente y comprometido, fundamentado en los criterios de calidad, adelantando y promoviendo acciones para la conservación y protección”.

Para efectos del presente trabajo, las áreas prioritarias a restaurar son el resultado de representaciones espaciales del territorio, donde confluyen atributos ambientales, físicos y de uso, con el fin de determinar áreas donde la inversión de recursos se realice de manera planificada brindando la posibilidad de optimizar la implementación de acciones en la CQM

Existen distintos tipos de sensores usados como fuente de información para la generación de cartografía entre ellas se encuentran principalmente, Landsat, Sentinel, Aster y Modis, que se destacan por su acceso gratuito a la información, poseen baja resolución, son útiles para mapear las coberturas del suelo, al igual que las fotografías aéreas estos sensores se encuentran con obstrucciones generalmente de tipo atmosférico, las imágenes generadas a partir de estos sensores que puedan ser usadas para la interpretación de coberturas u otro procedimiento están estrechamente ligada a los criterios del observador o interprete, [7].

Uno de los elementos básicos de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Terreno (MDT), estos constituyen la base para un gran número de aplicaciones, ambientales e ingeniería de diversos tipos, se pueden llevar a cabo estudios sobre factores relacionados: mapas de pendientes,

estudios hidrológicos, estudios de iluminación de la superficie, estudios de visibilidad entre otros.

## I. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1. ASPECTOS FÍSICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 1.1.1. Localización:

La cuenca del río Guavio pertenece a la gran cuenca del río Orinoco, se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca con influencia de una parte de los municipios de Guayata y Chivor en el departamento de Boyacá comprendiendo zonas montañosas pertenecientes a la Cordillera Oriental y zonas intramontañosas con franjas onduladas y vales aluviales estrechos. En la jurisdicción de CORPOGUAVIO la cuenca hidrográfica del río Guavio comprende los municipios: Gachalá, Gachetá, Gama, Ubalá A, Ubalá B, Junín y Guasca, que surten de agua el embalse del Guavio que es una de las principales hidroeléctricas de Colombia; aguas arriba del embalse se identifican los drenajes: Muchindote, Salinero, Zaque, Sueva, Farallones, Chorreras, Rucio, El Curo, El Gusano y Murca, y aguas abajo del embalse se encuentran las de Chivor, Negro Ubalá, Rucio Ubalá, Zaguea, Batatas y Trompetas. [8] La quebrada la Moncobita cuenta con dos afluentes principales que son la quebrada El Chuzcal y la quebrada San Cristobal y un gran número de pequeños tributarios que alimentan el drenaje principal, la CQM que se encuentra dentro del área de drenaje del río Murca, con una extensión aproximada de 1100 hectáreas ubicada principalmente en las veredas El Escobal y la Diana del municipio de Gachalá.

La cuenca tiene fuertes procesos erosivos (deslizamientos, derrumbes, y carcavamientos) en el nacimiento, a lo largo de la quebrada y drenajes afluentes causados por la deforestación, el deterioro y falta de mantenimiento del nacimiento de fuentes hídrica y al cambio de uso del suelo destacándose la producción con ganadería extensiva.

#### 1.1.2. Coberturas:

De acuerdo al estudio realizado por [9] cuenta con coberturas como Zonas de extracción minera y escombreras, Cultivos transitorios, Cultivos permanentes, Pastos, Áreas agrícolas heterogéneas, Bosques, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Áreas abiertas sin o con poca vegetación y Aguas continentales, los territorios cubiertos por pastos, destinados a la ganadería extensiva son los más representativos de la zona, considerando que presentan la mayor superficie en comparación a las demás, le siguen las áreas con pastos en mosaico con espacios naturales y áreas naturales como los Bosques riparios y Vegetación secundaria, los Pastos limpios dominan a lo largo de la CQM, mientras las áreas naturales se localizan en las zonas altas y en inmediaciones del cauce de la quebrada y sus afluentes.

### 1.1.3. Geología:

Toda el área se encuentra dispuesta sobre las rocas de la formación Lutitas del Macanal (b2m).la cual es una unidad predominantemente arcillosa con intercalaciones significativas de arenitas y limolitas que aflora entre las formaciones del Cretácico basal y la Formación Las Juntas o Grupo Farallones, [9].

La parte basal de la Formación Lutitas de Macanal está representada por arcillolitas grises en capas medianas a delgadas, con gran cantidad de restos de plantas y bivalvos, y como característica notoria la roca meteorizada toma coloración crema y rojiza que acentúa la laminación. La parte superior de la Formación Lutitas de Macanal corresponde a un intervalo de arcillolitas con intercalaciones frecuentes de arenitas y limolitas especialmente hacia los sectores entre Gachalá y Ubalá, [9].

### 1.1.4. Pendientes:

Dentro de la CQM se observa que las pendientes predominantes están en el rango entre 10% y 50% lo que equivale a pendientes fuertemente inclinadas; rango que en promedio ocupa más del 50% de toda el área de la cuenca de la quebrada la Moncobita.

### 1.1.5. Pluviosidad:

La CQM cuenta con un clima ambiental templado a frio y muy húmedo con un promedio de precipitación anual de 2500mm, con épocas marcadas de lluvia, como resultado se tiene las avenidas torrenciales de la quebrada la Moncobita que asociadas a las pendientes existentes, al tipo de cobertura vegetal, a los conflictos en los usos del suelo y al tipo de material geológico existentes pueden tener una incidencia negativa frente a la estabilidad general del terreno del área, [9].

### 1.1.6. Población

La CQM es habitada por aproximadamente 50 familias que adelantan labores productivas de manera tradicional como ganadería extensiva y algunos cultivos de pan coger, cuentan con abastecimiento de recurso hídrico mediante sistemas de conducción de agua.

## **1.2. ASPECTOS DEL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### 1.2.1. Análisis espacial

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en un recurso fundamental para el análisis espacial; inicialmente las funciones SIG se limitaron a un conjunto de herramientas para la captura, entrada, almacenamiento, manipulación y salida de datos espaciales; recientemente estos sistemas se han expandido más allá de las funciones de elaboración de mapas usados en la resolución de problemas y modelado espacial usados para la toma de decisiones. Estas mejoras permiten a los usuarios aprovechar las capacidades de visualización de SIG y el poder analítico de los modelos. Las capacidades SIG avanzadas, incluidos los cálculos de mapas o imágenes y el procesamiento de expresiones lógicas, [10].

Las técnicas de análisis multicriterio incluyen datos de múltiples variables de la condición de un área determinada, se utiliza para generar mapas de factores que se consideran importantes para evaluar dichas condiciones; se usa con la asignación de peso a cada uno de los factores influyentes. Los mapas de derivativos generados a partir tipo de análisis se pueden construir para revisar más a fondo de los impactos positivos o negativos generado por las variable analizadas, [10].

Actualmente son varios los SIG comerciales disponibles en el mercado un ejemplo de esto es ArcGis que permite el procesamiento manipulación y análisis de información geográfica, paralelo al desarrollo comercial, la comunidad de desarrollo de software libre ha tenido gran participación en el desarrollo de SIG de código abierto. Una de estas herramientas es QGIS (anteriormente Quantum GIS) es un software SIG de código libre, que permite la visualización edición y análisis de datos geográficos. Al igual que los demás software existentes, QGIS permite la creación de mapas con varias capas que pueden ser armadas bajo diferentes formatos, dependiendo de la aplicación.

Además de ser una herramienta de visualización y procesamiento de capas QGIS cuenta con complementos, uno de ellos es el complemento “Semi-Automatic Classification Plugin” (SCP) que permite la clasificación semi-automática de imágenes de sensores remotos como sentinel 2 y landsat. El objetivo principal de SCP es proporcionar un conjunto de herramientas interrelacionadas para el procesamiento ráster con el fin de hacer un flujo de trabajo automático y facilitar la clasificación de la cobertura del suelo, [11]; proporciona adicionalmente otras herramientas como descarga de imágenes satelitales disponibles sin costo, el pre-procesamiento de imágenes y calculadora ráster, entre otras.

Berry [12] menciona que dentro la estructura de procesamiento interactivo, existen operaciones fundamentales de análisis de mapas como lo son:

Reclasificación de mapas: Implica la reasignación de los valores de un mapa existente en función de su valor inicial, posición, tamaño, forma o contigüidad de la configuración espacial asociada a cada mapa categoría.

Superposición de mapas: Resulta en la creación de un nuevo mapa donde el valor asignado a cada ubicación es calculado en función de los valores independientes asociados a esa ubicación en dos o más mapas.

### 1.2.2. Aspectos metodológicos

Para el desarrollo de la priorización de áreas se usó la imagen sentinel 2 del área de estudio, un modelo digital del superficie y cartografía básica escala 1:10.000 del 2008 de la cual se extrae la estructura hídrica de la Cuenca y la georreferenciación de los puntos de captación de acueductos comunitarios o familiares que cuentan con concesión de aguas, información que fue suministrada por la Corporación Autónoma regional del Guavio.

De la información adquirida, se seleccionó una imagen satelital tomada el 11 de marzo de 2016, siendo este el insumo más reciente y de mejor calidad en cuanto ausencia de nubosidad y bruma, generando un mapa de coberturas con cinco



categorías, se le realizó una clasificación supervisada usando la extensión SCP con el software QGIS generando cuatro clases de cobertura para el área de estudio: Bosques, Pastos Enmalezados, Pastos Limpios, Rastrojo Bajo y Suelo Descubierto.

Se generó el mapa de pendientes porcentual de la cuenca partiendo del modelo digital de terreno MDT con resolución espacial de 10 m usando la herramienta "Slope" de la caja de herramientas 3D Analyst de ArcGis, que a partir del MDT retorna una superficie de pendientes; también, con el fin de generalizar un poco el mapa obtenido se usó un filtro de paso alto la clasificación de las pendientes para el área se dio en categorías de: Suave (<10%), Moderada (10 a 50%), Fuerte (50 a 100%), Extremadamente Fuerte(> 100%).

A partir de los cauces principales y los afluentes obtenidos de la capa vectorial de drenajes se construyó un búfer de 100 metros para los cauces principales, 30 para los afluentes secundarios, seguidos de 250, y 1000 metros a partir de los cauces, con el fin de ponderar esta variable en la mayor parte de la cuenca

A los puntos de las captaciones que cuentan con concesión de aguas superficiales dentro del área de la cuenca se les construyeron búfer concéntricos a 100, 250, 500 y 1000 metros, las capas vectoriales obtenidas para los búfer de cauces y puntos de captación se transforman a formato ráster mediante la utilización del módulo Spatial Analyst, en la herramienta "Polygon to raster", donde se convierte una capa temática en formato vectorial a una base de celdas ráster, [3].

Para determinar las áreas prioritarias de restauración es necesario realizar la ponderación de la información contenida en cada uno de los ráster y así obtener un mapa de áreas prioritarias se hizo uso de la herramienta de ArcGis Weighted Overlay de Spatial Analyst que superpone varios rásteres utilizando una escala de medición común y pondera cada uno según la importancia o pesos asignados.

Los búfer construidos a los drenajes como uno de los componentes más sensibles e importantes dado su alto grado de desprotección dentro del área de la cuenca se le asignó el mayor porcentaje de influencia (30%); en cuanto al peso se dio un mayor valor a las áreas más cercanas al cauce, a este primer rango le corresponde el máximo valor dentro de la ponderación siendo este valor 4, estos pesos se comporta inversamente proporcional a la distancia del búfer respecto al cauce, la influencia asignada a la capa de búfer de los puntos de captación es de un 25% y a cada uno de los radios se les dio pesos de la misma forma que par los búfer de los cauces.

La cobertura del suelo como capa a usar le asignó un peso de 25% dado que los bosques clasificados a pesar de su poca extensión se encuentran en un adecuado grado de conservación se restringe su ponderación dentro de la herramienta de análisis espacial, siendo de alta prioridad la restauración de suelos que actualmente se encuentran descubiertos o sin vegetación.

Para el caso de las pendientes se priorizan las zonas con mayores valores, asignando el mayor peso a la mayor inclinación del terreno, los terrenos inclinados

son más susceptibles a sufrir procesos erosivos influenciados por la lluvia, a actividad antrópica y remociones en masa.

Los ráster de entrada se ponderan según su porcentaje de influencia asignado por el evaluador de acuerdo a su criterio y la suma de la influencia porcentual debe ser igual a 100, en la tabla 1 se muestra la influencia porcentual y la ponderación para cada una de las clases encontradas en los ráster objeto de evaluación en el presente estudio.

Tabla 1: Valoración de la influencia de los ráster y su ponderación en la herramienta Weighted Overlay de ArcGis

RASTER	% DE INFLUENCIA	ITEM	PONDERACION
COBERTURA DEL SUELO	25	Bosque	restingido
		Pastos Enmalezados	3
		Pastos Limpios	1
		Rastrojo Bajo	2
		Suelo Descubierta	4
		NODATA	NODATA
PENDIENTES	20	Suave	1
		Moderada	2
		Fuerte	3
		Extremadamente Fuerte	4
		NODATA	NODATA
BÚFER A PARTIR DE DRENAJES EXISTENTES EN LA CQM	30	30 - 100	4
		250	3
		500	2
		1000	1
		NODATA	1
BÚFER A PARTIR DE PUNTOS DE CAPTACION	25	100	4
		250	3
		500	2
		1000	1
		NODATA	1

Posterior a la obtención del resultado se hace necesario aplicar filtro de paso alto para generalizar un poco la información del ráster y obtener una capa vectorial suavizada.

## II. RESULTADOS Y DISCUSION

### 2.1 CLASIFICACION DE IMAGEN Y PROCESAMIENTO DE INSUMOS

De la imagen sentinel 2 se obtuvo el mapa de coberturas de las cuales se destaca la cobertura de pastos limpios, con cerca de un 74% del área de la cuenca con dedicación a la ganadería principalmente extensiva y en su mayoría con bajo nivel de tecnificación, se evidencia la escases de bosque en la CQM cubriendo únicamente un área de cerca de 61 ha con un porcentaje de 5.5% esto indica el alto grado de degradación de la cuenca con un escaso nivel de protección de las rondas de los cuerpos de agua y una marcada potrerización del área como se indica en la

tabla 2 concordante con lo encontrado por el grupo Strycon [9] en el estudio realizado a la quebrada La Moncobita en el año 2014

Tabla 2: Coberturas existentes en la cuenca de la quebrada La Moncobita

<b>COBERTURA</b>	<b>AREA (ha)</b>	<b>% DE AREA</b>
Bosque	61	5,5
Pastos Enmalezados	73	6,7
Pastos Limpios	820	74,5
Rastrojo Bajo	136	12,4
Suelo Descubierta	10	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>1101</b>	<b>100,00</b>

Posterior a la clasificación supervisada realizada a la imagen y su generalización podemos observar en la figura 1 el predominio de áreas con pastos limpios dedicados a la ganadería y áreas de rastrojo bajo que se encuentran enmalezadas con ausencia de cultivos a actividad probablemente debido a las fuertes afectaciones causadas por la erosión, se encuentra suelo descubierto en algunos sectores a lo largo del cauce de la quebrada debido a los procesos de remoción en masa y depósitos de material que ha sido arrastrado por las corrientes de agua.

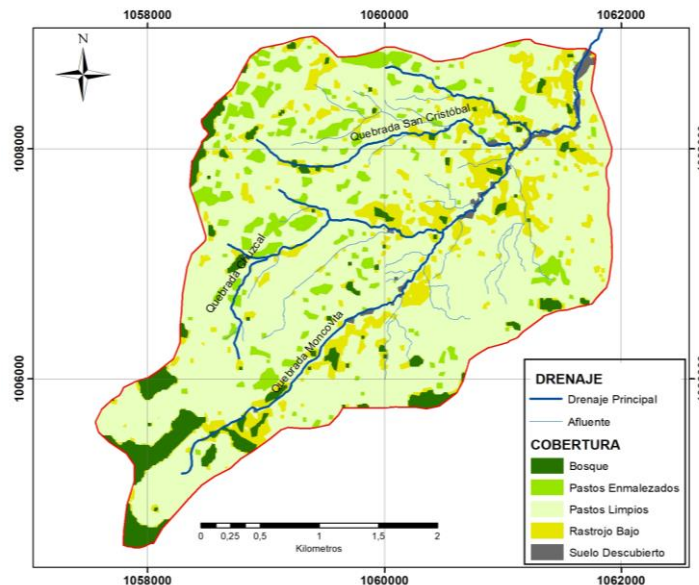


Fig. 1. Mapa de coberturas de la cuenca de la CMQ generado a partir de una imagen sentinel 2

El mapa de pendientes generado a partir del MDT nos indica que la cuenca de la quebrada la Moncobita predominan las pendientes moderadas y fuertes. En la tabla 2 se evidencia la distribución en área y porcentual de los rangos de pendientes determinados para el presente estudio.

Tabla 3 clasificación de las pendientes encontradas en la CMQ

<b>CLASIFICACION</b>	<b>RANGO %</b>	<b>AREA (ha)</b>	<b>% DE AREA</b>
----------------------	----------------	------------------	------------------

Suave	0 a 10	1	0,1
Moderada	10 a 50	626	56,9
Fuerte	50 a 100	366	33,2
Extremadamente Fuerte	> 100	108	9,8
<b>TOTAL</b>		<b>1101</b>	<b>100,0</b>

Las pendientes fuertes y extremadamente fuertes se presentan la mayor pérdida de suelo por acción de la precipitación son prioritarias para desarrollar acciones de restauración, las pendientes extremadamente fuertes son predominantes a lo largo del cauce principal de la quebrada y en las partes altas de la cuenca como se observa en la figura 2. La pendiente moderada predomina en la mayor parte de la cuenca.

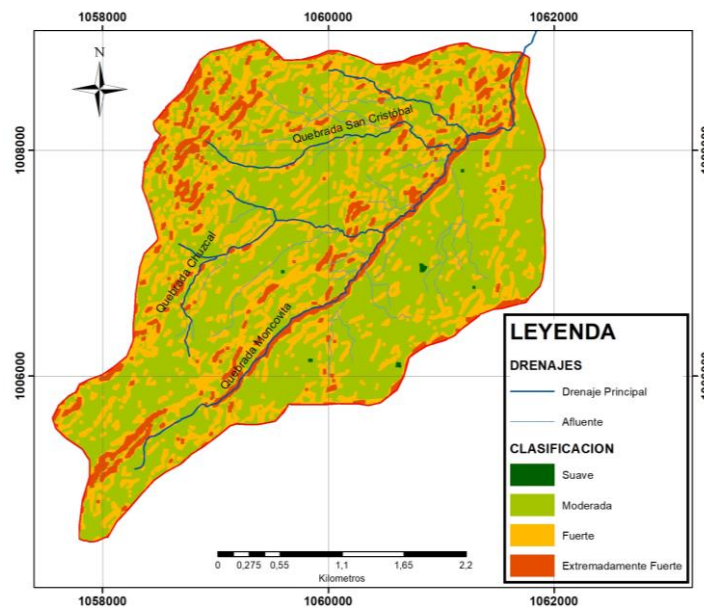


Fig. 2 Mapa de pendientes de la cuenca de la CMQ generado a partir de un MDT

En las figuras 3 y 4 se ilustra la construcción de los búfer a ser tenidos en cuenta dentro de la ponderación para la obtención de las áreas prioritarias de restauración en la CQM.

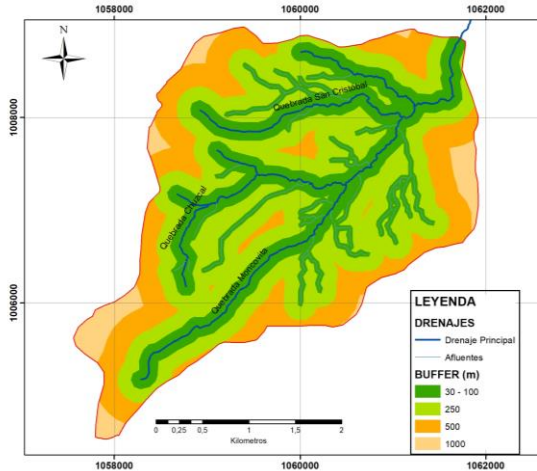


Fig. 3. Búfer obtenido de los drenajes de la CQM

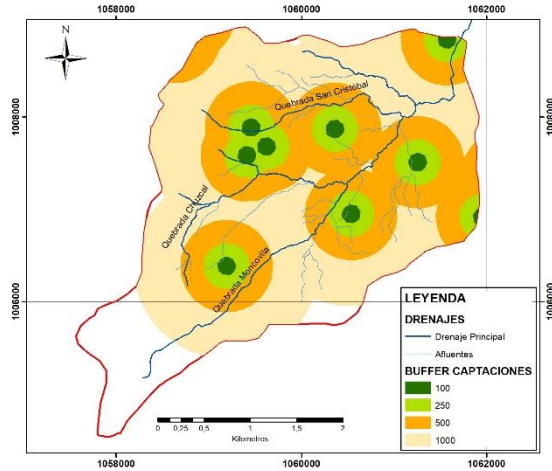


Fig. 4. Búfer obtenido de los puntos de captación CQM

## 2.2 DETERMINACION DE LAS AREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN

Las áreas con muy baja prioridad de restauración son concordantes en con las áreas que se conservan en bosque, de acuerdo con la imagen de clasificada y con la ponderación asignada, representan un muy bajo porcentaje del área de la cuenca indicando así la escasa conservación de este recurso.

Cerca de 241 hectáreas de la cuenca fueron catalogadas con alta y muy alta prioridad para adelantar de acciones de restauración, en estas áreas se hace pertinente realizar inspecciones en campo para así determinar las actividades a desarrollar tales pueden ser: revegetalización con especies nativas, construcción de aislamientos, implementación de obras biomecánicas, implementación de sistema agroforestales y silvopastoriles, en la tabla 4 se indican las hectáreas y el grado de priorización resultante del análisis realizado con la herramienta “Weighted Overlay”.

Tabla 4 clasificación de las pendientes encontradas en la CMQ

PRIORIDAD DE RESTAURACIÓN	AREA (ha)	% DE AREA
Muy Baja	58	5,2
Baja	32	2,9
Media	771	70,0
Alta	237	21,5
Muy Alta	4	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>1101</b>	<b>100,0</b>

La quebrada la Moncobita es el límite natural de las veredas la Diana y el Escobal ubicadas al sur-oriente y nor-occidente respectivamente si bien el área de la cuenca que cubre la vereda el Escobal es mucho más grande también se hace más evidentes los requerimientos de restauración en el área de esta vereda, concentrándose en la zona media y alta del drenaje de la Moncobita y sus afluentes principales.

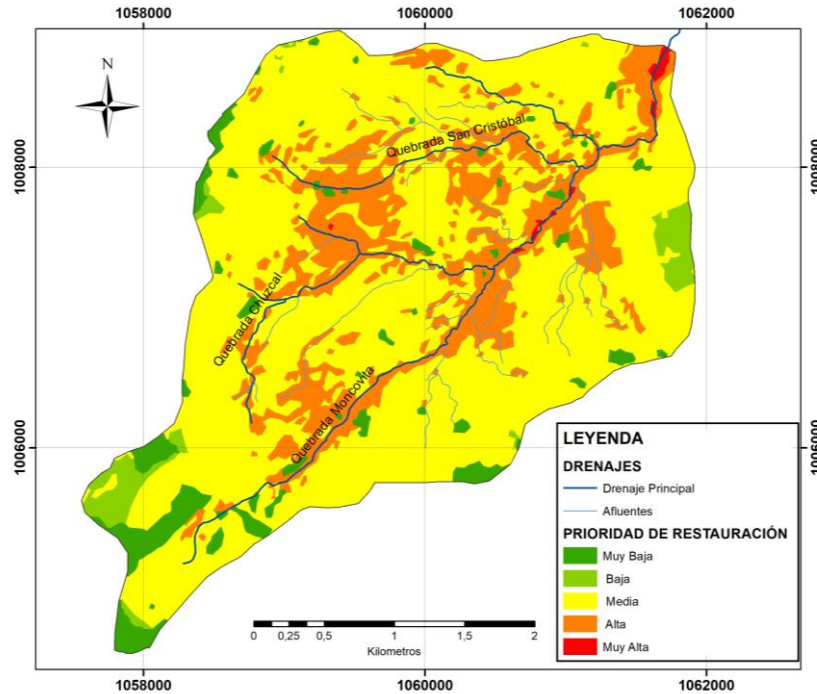


Fig. 5 Mapa de áreas prioritarias de restauración en la cuenca de la CMQ

### III. CONCLUSIONES

A partir de imágenes satelitales de media resolución, adquiridas de manera gratuita y usando software libre, es posible realizar un análisis de coberturas con un detalle y precisión adecuados.

Mediante el empleo de sistemas de información Geográfica es posible determinar áreas prioritarias de restauración, lo cual se constituye como un insumo para instrumentos de planificación de entidades gubernamentales y no gubernamentales, permitiendo identificar zonas donde es más pertinente el desarrollo de actividades y de inversión de recursos económicos.

La cuenca de la quebrada la Moncobita requiere acciones de restauración con alta prioridad en más del 20% de su área con 241 ha que fueron catalogadas con alta y muy alta prioridad, en estas áreas se hace pertinente realizar inspecciones de campo para así determinar las actividades a desarrollar.

El recurso hídrico es prioritario en cuanto a regulación por parte de la Autoridad Ambiental por ello debe ser un componente fundamental en los análisis para priorización de áreas de interés ecosistémico y de restauración.

Usando variables como la cobertura actual del suelo, mapa de pendientes, puntos de captación y drenajes al interior de la cuenca, mediante el uso de los Sistemas de información Geográfica podemos realizar un acercamiento a la priorización de áreas para implementar acciones de restauración.

## REFERENCIAS

- [1] M. L. González, O. Plascencia y T. Martínez, «Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de redefinición en la región Chignahuapan-Zacatlán,» *Madera y Bosques*, vol. 22, pp. 41-52, 2016.
- [2] S. Ormeño y L. Olivares, Estudio de la erosión del suelo mediante imágenes de satélite. aplicación al área de Orgaz-los Yébenes, Madrid.: Escuela técnica superior de ingenieros en topografía, geodesia y cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, 2015.
- [3] M. J. Faúndez, Análisis geográfico de áreas prioritarias para restauración ecológica en la isla Robinson Crusoe, Santiago de Chile: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, 2014.
- [4] W. Fonseca G y H. Chaves, «Cambios en la cobertura del suelo y áreas prioritarias para la restauración forestal en el Caribe de Costa Rica,» *Recursos Naturales y Ambiente*, nº 59-60, pp. 99-107.
- [5] D. M. Claudia, «Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización,» *Ingeniería y Investigación*, vol. 31, nº 3, pp. 80-90, 2011.
- [6] Corporación Autónoma regional del Guavio, «Estudio previo para contratar el suministro de especies forestales nativas como estrategias de conservación y restauración de áreas de interés ecosistémico en la jurisdicción de Corpoguavio,» 2016.
- [7] L. I. Mancera Juan R, «Imágenes de radar y algoritmos de aprendizaje: aliados en producción de cartografía de coberturas terrestres,» *Tesis de grado*, 2016.
- [8] Corporación Autónoma Regional del Guavio, «Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del Río Guavio,» Corpoguavio, Gachala, 2013.
- [9] Grupo Consultor Ingeniería Strycon S.A.S, «Estudio sedimentológico e hidráulico de la cuenca de la quebrada Moncobita, afluente del embalse del Guavio y planteamiento de medidas de manejo paisajístico de la zona de acopio de material,» EMGESA, Bogotá, 2014.
- [10] G. Mendoza, A. Alan y G. George, «Integrating Multi-criteria Analysis and GIS for Land Condition Assessment: Part I – Evaluation and Restoration of Military Training Areas,» *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, vol. 6, nº 1, pp. 1-16, 2002.

- [11] C. Luca, Semi-Automatic Classification Plugin Documentation, Versión 5.3.6.1, 2017.
- [12] J. Berry, Analyzing Geo-Spatial Resource Data, Denver, Colorado: University of Denver, 2005.