

## METODOLOGIAS SOSTENIBLES PARA EL CONTROL DE SUELOS SUSCEPTIBLES A EROSIÓN EN LA MICROCUENCA ARROYO GRANDE, SAN CARLOS - CÓRDOBA

Tapias Contreras, Hernán José<sup>1</sup>; Caraballo Hernández, Viviana Paola<sup>2</sup>

### PALABRAS CLAVE

Cuenca,  
Degradación,  
Erosión,  
Metodologías,  
Suelos

### RESUMEN

El comportamiento del hombre con relación al mal uso de los recursos que proporciona el suelo, tiene resultados negativos con respecto a este, provocando su pérdida de fertilidad y generando procesos de degradación y desertificación en estos, lo cual repercute directamente en la disminución y el deterioro de los recursos hídricos, además de la concentración del fenómeno de la erosión.

Esta investigación se enfocó en la búsqueda de metodologías sostenibles y eficaces para el control de los suelos susceptibles a erosión hídrica en la microcuenca Arroyo Grande, con ayuda de los sistemas de información geográfica para la estimación de la erosión que afecta esta zona.

### KEYWORDS

Basin,  
Degradation,  
Erosion,  
Methodologies,  
Soils

### ABSTRACT

Man behavior in relationship to the misuse of the resources provided by the soil, has negative results with respect to it, causing its loss of fertility and generating degradation and desertification processes in these, which has a direct impact on the decrease and deterioration of water resources, in addition to the concentration of the erosion phenomenon.

This research focused on the search for sustainable and effective methodologies for the control of soils susceptible to water erosion in the Arroyo Grande micro-basin, with the help of geographic information systems for estimating the erosion that affects this area.

<sup>1</sup> Geógrafo, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, hernan.tapia@upb.co

<sup>2</sup> Estudiante Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia,  
Correspondencia: viviana.caraballo@upb.edu.co

## INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos hace referencia a la alteración negativa en las ofertas de bienes, servicios o funciones ecosistémicas y ambientales de los suelos, ocasionadas por factores y procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden generar la pérdida de ese componente ambiental (Colombia, 2004). Dentro de los principales procesos de degradación de los suelos se encuentra la erosión, la cual hace referencia a la remoción y transporte de los materiales y componentes del suelo en la superficie (Pacheco, 2020).

En 2017, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), presentó un estudio nacional de la degradación de los suelos por erosión, el cual arrojó que el 40% de los suelos del área continental e insular de Colombia, correspondiente a 45'379.057 hectáreas, están afectadas por algún grado de erosión. Entre los departamentos que presentan mayor porcentaje de degradación de suelos, se encuentra Córdoba, con una afectación del 80.9% de su área (IDEAM, 2017). Esto es producto principalmente de la deforestación, ya que, según el IDEAM para el año 2016 en Córdoba se deforestaron un total de 2.387 hectáreas de bosques.

Esta investigación se enfoca en el municipio de San Carlos-Córdoba, en donde a pesar que el espacio urbano sigue teniendo aproximadamente el mismo tamaño, se evidencian grandes tendencias a la erosión, basados en la visualización y análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales del lugar, de un antes y un

después; esto se debe principalmente a la tumba, quema y tala indiscriminada de los bosques, lo cual deja desprovisto a los suelos de una de las principales herramientas de lucha contra la erosión, la vegetación (Hernández, 2017).

De la misma manera, el municipio de San Carlos cuenta con gran variedad y riqueza de fuentes hídricas, como los son: los arroyos, cienagas y caños; los cuales, también se están viendo afectados por la erosión, debido a que los habitantes han deteriorado las zonas de vegetación a orillas de estos, sumándole además, la explotación indiscriminada de los materiales de arrastre, como la arena y la piedra, lo que incrementa la degradación de los suelos y fuentes hídricas del municipio (Carlos, 2005 - 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación es: platear metodologías o técnicas que sean sostenibles y eficaces para el control de la erosión hídrica presente en el área de estudio, para combatir un este problema que repercute económica, ambiental y socialmente en las comunidades aledañas.

Para dar solución a este objetivo de interés se redujo el área de estudio al arroyo de mayor importancia en el Municipio de San Carlos, como es la microcuenca Arroyo Grande, debido a su extensión, aporte de recursos hídricos, suelos dedicados a la agricultura y materiales de arrastre, en la cual se determinó la susceptibilidad a la erosión, por medio de los factores implicados es este proceso.

## DESARROLLO DEL TEMA

**Degradación de los suelos:** La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mas conocida como FAO, lo define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO, 2016). Una de las consecuencias se da en el rendimiento de los cultivos, que va disminuyendo a medida que avanza la degradación. Con el tiempo, cambia también el uso que se da a esa tierra, de ser cultivable se convierte en área de pastoreo; luego, se cubre de maleza y, finalmente, se torna árida (Ibarra, 2000).

Se puede clasificar en degradación física, en la cual se destaca la erosión, compactación, desertificación, entre otros; la degradación química que incluye la pérdida de nutrientes, desbalance del suelo y contaminación; y la Degradación biológica, que involucra la disminución de la materia orgánica de los suelos, por procesos naturales, por acción humana, entre otros (MinAmbiente, 2016).

**Erosión:** puede considerarse como el conjunto de procesos de naturaleza física y química que desgastan y destruyen continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre, produciendo, entre otras cosas, la reducción de la capacidad productiva de los mismos (Morcote, 2012).

En general, existen dos tipos de erosión, la erosión hídrica que es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares) y la erosión eólica, que es causada por el viento

que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo (Colombia, 2004).

Para el desarrollo de esta investigación nos enfocamos solamente en la erosión hídrica, por cuestiones de mayor influencia en la zona de estudio.

**Erosión hídrica:** Proceso de pérdida de la capa superficial del suelo por disgregación y transporte de las partículas debido a la acción del agua (gotas de lluvia y escurrimiento superficial) en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen del suelo (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015).

Se identifican cinco principales tipos de erosión hídrica los cuales pueden estar presentes en el area de estudio, estos son, erosión por gotas de lluvia, Erosión laminar, erosión en surcos, erosión en cárcavas, erosión en masa y movimientos en masa (Mendoza, 2011).

**Metodología para la estimación de la erosión hídrica:** Para el diseño de esta investigación, es necesario determinar un límite de pérdidas de suelo permisible, el cual es causado por los procesos de degradación de suelos, en este caso, la erosión hídrica.

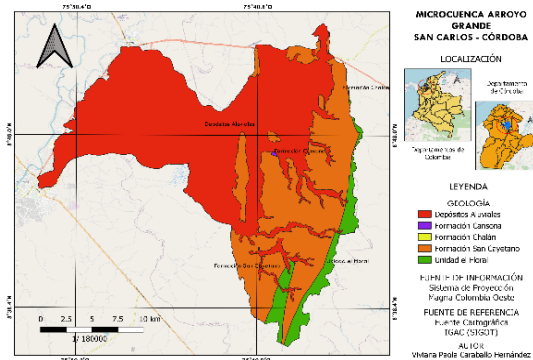
Ya que el cálculo de la pérdida de suelo por erosión hídrica es considerablemente complejo, debido a la cantidad de variables y factores que se interrelacionan, en esta investigación se evaluó la erosión hídrica utilizando los sistemas de información geográfica, basándose en pequeños componentes del proceso de erosión como, la erosión por el impacto de lluvia (erosividad), la medida en que el suelo está cubierto de vegetación (índice de protección) y el tipo de suelo trabajado (GALLARDO, 2001).

De la morfometría de cuenca realizada al área de estudio se recopiló la información necesaria para realizar esta estimación de pérdida de suelo, así como del análisis dado a los mapas de información.

### Características generales de la microcuenca Arroyo Grande

#### Geología

**Figura 1. Geología de la microcuenca**



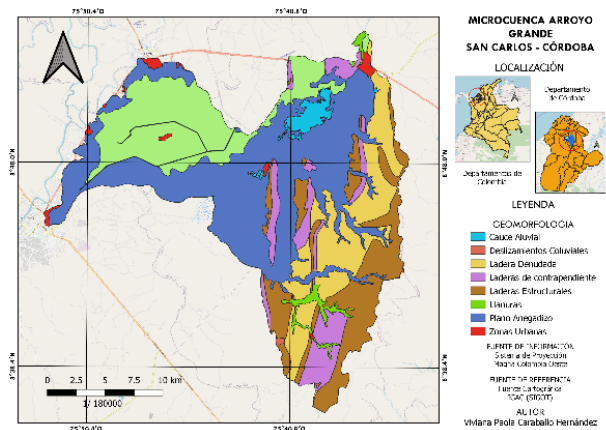
**Fuente:** Autores con base en cartografía IGAC

En términos generales esta microcuenca presenta alturas entre los 25 y 325 msnm,

con pendientes que abarcan desde 0 hasta 50° de inclinación. Su geología, según el mapa presentado, se compone principalmente de depósitos aluviales del cuaternario (materiales heterogéneos, arena, arcilla, grava y limos), en su parte media y alta, en la parte media de la microcuenca predomina la formación San Cayetano (areniscas intercaladas con niveles arcillosos y conglomerados) y hace presencia también la formación Cansona (rocas volcánicas basálticas y peridotitas), mientras que en su parte sur-baja hace presencia la unidad el floral (areniscas calcáreas).

#### Geomorfología

**Figura 2. Geomorfología de la microcuenca**



**Fuente:** Autores con base en cartografía IGAC

La caracterización geomorfológica de la microcuenca Arroyo Grande permitió conocer que partes de la zona de estudio están sujetas a las diferentes amenazas o son vulnerables a ellas, en este caso, a la erosión hídrica. Esto arrojó que la zona está conformada por geofomas aluviales como llanuras aluviales, también por

geoformas denudativas que son superficies de aplanamiento y geoformas colinadas estructurales denudativas compuesto por lomas, colinas o sistema monoclinal.

Conociendo la geomorfología de la microcuenca, dada en la figura 2, se pudo notar que en su mayoría el fenómeno que más afecta o amenaza a gran parte de la zona es la erosión, tanto laminar como hídrica.

### Cobertura del suelo

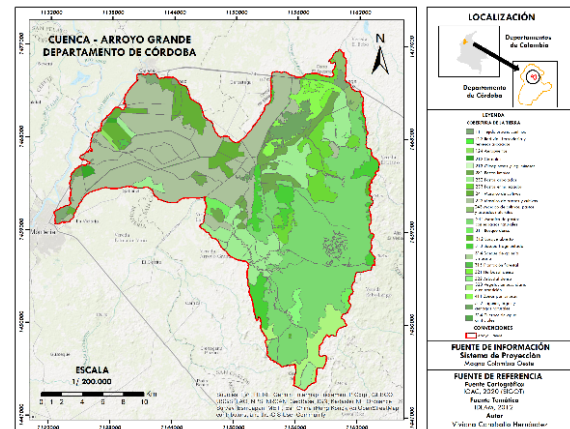
Conocer los usos del suelo en la microcuenca permitió entender la problemática a fondo con respecto al porque San Carlos, es uno de los municipios más afectados por el fenómeno de erosión y de los demás eventos que amenazan la productividad y deterioran el suelo.

En el mapa de la figura 3, se observa que la parte alta y media de la cuenca tiene características agrológicas, las cuales son aptas para la explotación agropecuaria. Según el plan de ordenamiento territorial (POT) de San Carlos (Carlos, 2005 - 2019), esta zona ha sido sometida a una fuerte potrerización, que se manifiesta en la gran transformación de su cobertura natural para la incorporación de sus tierras a las actividades agrícolas y pecuarias en diversos grados de tecnificación. Esto es, porque las fincas tienen grandes extensiones de terreno sin ninguna tecnología pecuaria, lo que representa conflictos por el mal uso de la tierra, que lógicamente deterioran el suelo.

El deterioro del suelo afecta en forma acelerada la microcuenca, presentando un

alto grado de erosión y compactación de la capa superficial (CVC, 2005). Otra práctica que intensifica aún más la situación es la tala indiscriminada de los bosques y la explotación de materiales para construcción como (arena y piedras).

**Figura 3.** Usos del suelo en la microcuenca



**Fuente:** Autores con base en cartografía IGAC

### Morfometría de la Microcuenca Arroyo Grande

El área de la microcuenca, según la morfometría realizada a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es de 456.434 Km<sup>2</sup>, clasificándose como una cuenca grande, la cual tiene una longitud de 19.838.055 m, con un perímetro de 142.768 Km y un ancho de 23.008 Km (Gonzalo, 2012).

### Parámetros de forma

El factor forma (F) de la microcuenca es de 1.15 arrojando esto que se trata de una cuenca alargada y el coeficiente de compacidad (K<sub>c</sub>) es de 1.87 indicando esto

que la cuenca tiene una forma oval-alargada a alargada.

### Parámetros relativos al relieve

La pendiente de la microcuenca hidrográfica es de 0.02 m/m, mientras que la pendiente del cauce principal es de 0–2% es decir, plano o casi a nivel.

### Parámetros relativos al drenaje

La densidad del drenaje es de 2.45  $Km/Km^2$ , este valor representa que hay suelos con poca cobertura vegetal en la microcuenca, es decir, fácilmente erosionables. Entre los límites de sur y norte, según el POT municipal, San Carlos tiene precipitaciones de una magnitud aproximada de 1600 a 1400 mm descendiendo hasta los 1300 mm en su recorrido norte.

## METODOLOGIA

### Localización de la zona de estudio

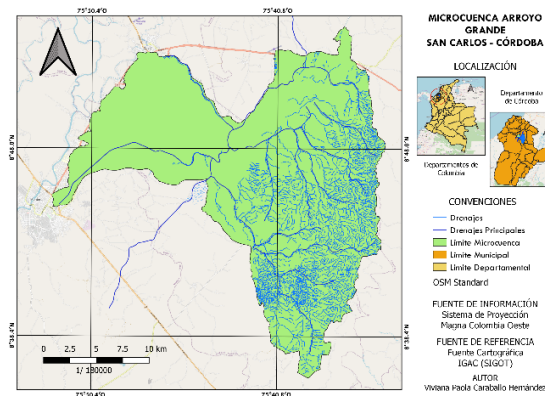
El principal arroyo de San Carlos, es la microcuenca Arroyo grande, la cual, según el POT municipal, tiene una extensión aproximada a las 15.596 hectáreas, que corresponden al 31.08% de la superficie municipal, iniciando su recorrido en la parte sur, en el sitio denominado El Mosquito y un curso hacia el norte, en donde vierte sus aguas al sistema de drenaje número uno que conduce a la ciénaga Charco Grande.

Según la delimitación que se le dio a la microcuenca para este estudio, el área de análisis es de 45.643 hectáreas, limitando

al norte con Ciénaga de Oro y Cereté, ocupando estos dos municipios, al oeste con Montería y el resto de la zona de estudio ocupada por San Carlos.

La microcuenca posee diez afluentes principales como son los arroyos de: Santa Elena, El Piñal, Raizal, El Mamón, Membrillal, El Encanto, La Mina, La Vaca, San Miguel y Arroyo Negro.

**Figura 4.** Localización de la microcuenca.



**Fuente:** Autores con base en cartografía IGAC

### Eta 1. Recolección de información

Las fuentes primarias de información para la realización de esta investigación fueron:

- Servicio Geológico Colombiano (SGC)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

Las fuentes de información secundarias base, de los datos recopilados respecto a la zona de estudio fueron:

- El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de San Carlos.

- Los Planes de Ordenación y Manejo de las cuencas hidrográficas (POMCA) del río Sinú y Alto San Jorge.

La fuente satelital tomado de: El portal UGSC de la NASA

Los Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizados para la elaboración de los formatos de salida (mapas) y posterior análisis de estos, fueron: el software de libre acceso QGIS y el software ArcGIS.

Se trabajó con el método heurístico y deductivo. Heurístico porque se recopiló información de varias investigaciones y profesiones y deductivo de acuerdo a la condición de la pendiente de la microcuenca.

## Eta 2. Procesamiento de la información

### Análisis fotográfico del área de estudio

Se hizo un seguimiento del cambio en los suelos de la microcuenca por medio de imágenes satelitales y fotografías áreas para ver el impacto que ha tenido la erosión hídrica en esta zona.

### Imagen 1. Fotografía aérea municipio de San Carlos, año 2000



Fuente: IGAC

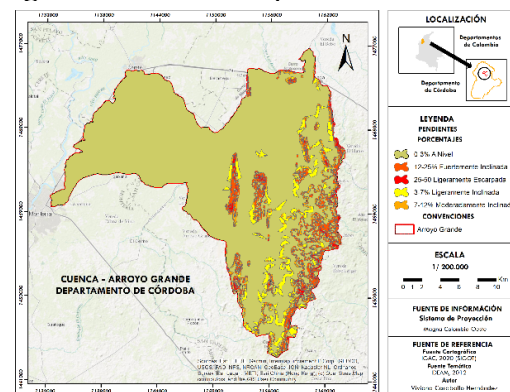
### Imagen 2. Imagen satelital municipio de San Carlos, año 2020



Fuente: Google Earth.

## Análisis de pendiente

### Figura 5. Análisis de pendientes



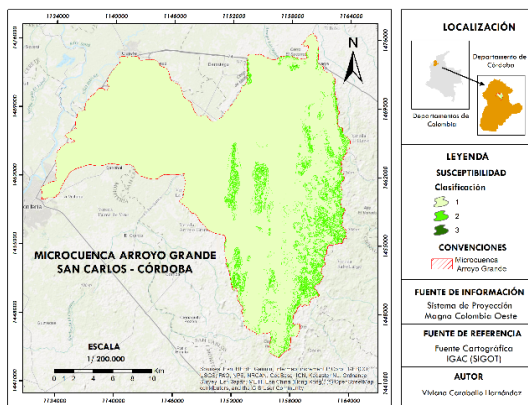
Fuente: Autores con base en cartografía IGAC

De la información arrojada por el mapa de pendientes se tiene que predominan en la mayor parte de la microcuenca suelos con pendientes de 0% a 3% de inclinación o a nivel y en la parte media de esta, se encuentran pendientes ligeramente inclinadas de 3% a 7%, mientras que en la parte Este-baja de la zona de estudio hay pendientes desde 7% hasta 50% de inclinación, que van de moderadamente inclinadas, fuertemente inclinadas hasta ligeramente escarpadas, siendo estas últimas, las zonas donde mayor se

presentan los procesos de erosión o remoción en masa, debido a la presencia de grandes cantidades de agua que bajan trayendo consigo materiales de arrastre provocando los fenómenos ya mencionados.

### Análisis de susceptibilidad por pendiente

**Figura 6. Susceptibilidad por pendiente**



**Fuente:** Autores con base en cartografía IGAC

La evaluación de la susceptibilidad es un parámetro indispensable para el cálculo de la medida de erosión en la microcuenca, este indica la energía y dirección de flujo de socavamiento (Sissa, 2016).

**Tabla 1. Susceptibilidad por pendiente, área**

Pendiente (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Susceptibilidad
0 – 3	2.481,73	Baja
3 – 7	2.380,16	Media
7 - 12	1.257,57	Alta
12 – 25	4.107,03	Alta
25 - 50	774,49	Alta

La susceptibilidad viene dada por la clasificación del terreno y la inclinación que este tenga, en terrenos de pendientes altas se presentan deslizamientos o movimientos de tierras o piedras por caída libre o por la fuerza del agua que arrasa con todo en esa altitud, así mismo, en las planicies la susceptibilidad a erosión o fenómenos de remoción en masa es baja por la inclinación que estos tienen. En la microcuenca la susceptibilidad que califica es 1, 2 y 3.

Conociendo la gravedad o exposición de los suelos al proceso de erosión hídrica, y el poco o nulo tratamiento que se le hace a este proceso, se determinan las metodologías óptimas que contribuirán al control y/o erradicación de este fenómeno.

### Etapa 3. Resultados de los procesos

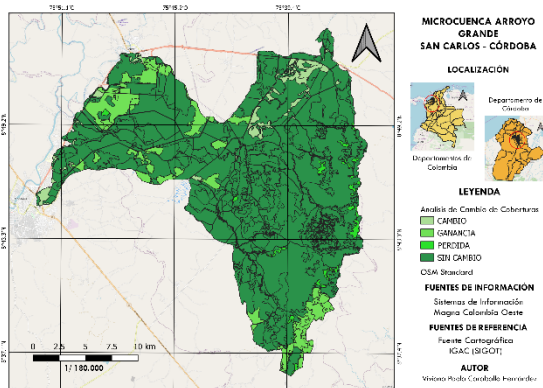
Se realizó un análisis de cambio de cobertura en un periodo de veinte años, basándose en los tiempos de presentación de las fotografías aérea y satelital.

En la figura 7, se presenta la descripción de los cambios que ha tenido la cobertura de la tierra en la microcuenca en un periodo de veinte años, esto arroja que el área de cambio de suelo ha sido de 16.501.523 Km<sup>2</sup> y el área de pérdida ha sido de 6.092.232 Km<sup>2</sup> mientras que, el área de ganancia de suelo ha sido de 42.739.267 Km<sup>2</sup>, quedando así el resto del terreno de la microcuenca con el mismo tipo de cobertura de suelo, por tanto, esto indica que aunque ha habido una mayor área de terreno ganada, los cambios en el uso de los suelos en la mayor parte del terreno siguen siendo los mismos, lo que significa que las prácticas que



provocan o influyen en la degradación de los suelos no han cambiado a pesar del amplio periodo de tiempo estudiado.

**Figura 7. Análisis de Cambio de cobertura**



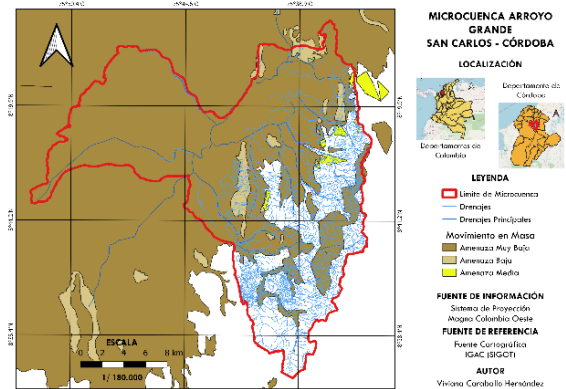
**Fuente:** Autores con base en cartografía IGAC

Finalmente, se realizó un estudio de la susceptibilidad a los movimientos en masa y remoción en masa en la microcuenca, evidenciando que los factores condicionantes están representados en las temáticas de geología, geomorfología, cobertura de la tierra y uso del suelo, ya que estos configuran la predisposición del terreno a la ocurrencia de movimientos en masa, esto porque se consideran intrínsecos o inherentes al área de estudio dado que prácticamente no varían en el tiempo (SGC, 2017).

En la figura 8, se pueden observar los puntos críticos o más susceptibles a movimientos en masa, siendo estos las zonas de mayor pendiente o elevación, ya que en estos puntos se depositan cantidades de agua las cuales se acumulan, así, cuando llegan los tiempos de mayor precipitación en la microcuenca, se producen los movimientos de arrastre,

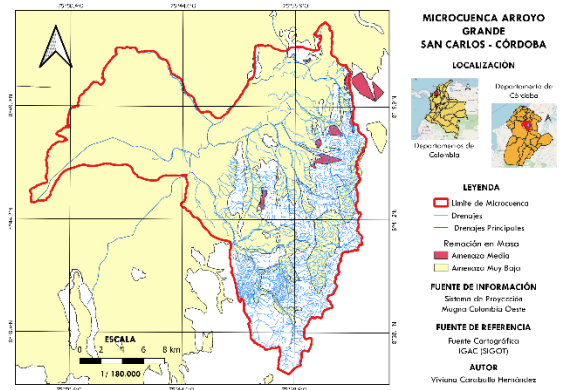
entre los que se encuentran los deslizamientos y caídas del suelo y rocas hacia las planicies del terreno, lo que constituye un factor importante de control, por las causas o efectos posteriores que ocasiona en la zona. San Carlos tiene 429.891 hectáreas en amenaza media por movimientos en masa, 1.895.494 hectáreas en amenaza baja y 1.0301.92 hectáreas en amenaza muy baja.

**Figura 8. Movimientos en masa**



**Fuente:** POMCA, 2004

**Figura 9. Remoción en masa**



**Fuente:** POMCA, 2004

En el análisis de remoción en masa de la microcuenca se encontró que los puntos críticos susceptibles a sufrir movimientos como caídas, volcamientos,

deslizamientos y flujos, son las zonas de mayor inclinación o pendientes altas, lo que concuerda con el análisis de susceptibilidad por pendientes, zonas en donde se presenta el mayor grado de riesgo (Linares, 2017).

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

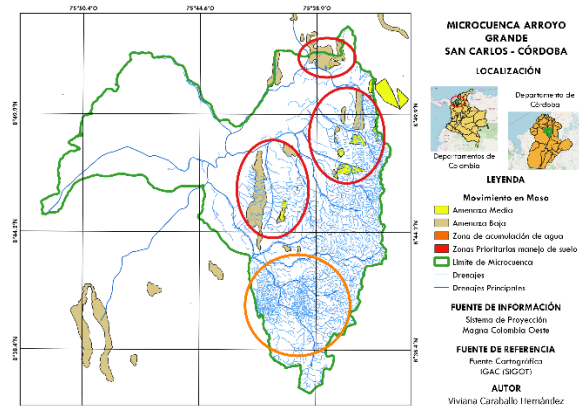
Dentro de las condiciones actuales se realizó un mapa para resaltar los puntos críticos en la microcuenca Arroyo Grande, ya que es fundamental conocerlos para saber cuál es el apropiado tratamiento que se le debe dar a estas zonas.

En el mapa de puntos críticos (figura 10) las áreas en color rojo son las zonas de mayor prioridad para el manejo de los suelos, se tomaron estas debido al impacto en el cambio del suelo que hay en estas zonas y por la cercanía que tiene con las áreas urbanas. Mientras que el área en color naranja pertenece a la zona de mayor importancia de acumulación de agua, ya que allí es donde se encuentra la acumulación y alimentación del recurso hídrico de la zona; siendo esta zona de mayor importancia y cuidado para preservar el equilibrio de las fuentes hídricas y que las coberturas del suelo se mantengan de manera sostenible.

Después del análisis dado a cada uno de los componentes de la microcuenca y detectar que efectivamente las zonas de mayor susceptibilidad a erosión hídrica, son las de mayor elevación, ya sea por la cantidad de agua que allí se precipita, lo que genera el arrastre de los sedimentos hacia las planicies, situación que se debe principalmente a la tala, tumba y quema de los bosques y zonas de vegetación por las

actividades ganaderas de la zona, de donde surge la necesidad de implementar metodologías para el control o la mitigación de los procesos erosivos que sufre la microcuenca Arroyo Grande.

**Figura 10. Puntos críticos**



**Fuentes:** Autores con base en cartografía IGAC

La ausencia de un adecuado manejo de los suelos en el municipio de San Carlos, problemática en cuestión, promueve la búsqueda del tratamiento que se le debe dar a este tipo de procesos, y una posible solución para combatir la erosión hídrica, esta es, la implementación de metodologías con fines a erradicar o mitigar estos efectos negativos en los suelos, dentro de las que se encuentran:

**Pastoreo controlado o rotativo:** Es un sistema que implica el uso de al menos dos potreros para permitir rotar el ganado entre ellos, lo que permite tener un periodo de pastoreo, seguido de uno de descanso (Ganadero, 2013).

Esto permite que el productor pueda manejar variables como: el periodo de pastoreo, periodo de descanso, nivel óptimo de cosecha por los animales,

fertilización, recuperación y renovación del pasto, entre otras.

Algunos de los principales beneficios del pastoreo controlado o rotativo son que previene el sobrepastoreo, mejora la cobertura del suelo y evita su compactación y posterior degradación por erosión (Pacheco, 2020).

**Zanjas de infiltración o banquetas:** Son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objeto captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo. Estas obras de recuperación de suelos, pueden ser construidas de forma manual o mecanizada y se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores. (Roberto Pizarro, 2004)

**Barreras vivas:** Son hileras tupidas de plantas de larga duración, de crecimiento denso, de porte entre 30 y 50 cm, sembradas a través de la pendiente del terreno. Estas disminuyen la velocidad y la energía que adquiere el agua que escurre por los suelos y que recorre la ladera durante las precipitaciones, lo que reduce significativamente las pérdidas de suelo. Las barreras permiten retener en el lote el suelo que se desprende debido a la erosión causada por la escorrentía (Aristizábal, 1990).

**Cubiertas orgánicas convencionales y no convencionales:** Se usan para proteger a las semillas y el suelo de las fuerzas erosivas y acelerar la fijación de la vegetación. Los beneficios de estas incluyen, ayudar en la estabilización del

suelo, reduciendo inmediatamente la erosión producida por el viento y el agua, retener la humedad del almácigo con la finalidad de obtener una rápida germinación de las semillas y crecimiento de las plantas y transformar estas cubiertas en materia orgánica valiosa que se incorpora al suelo para otorgar humedad a largo plazo y brindar, al mismo tiempo, buena retención de nutrientes a la planta (Mendoza, 2011).

## CONCLUSIONES

El área de suelos estudiados de la microcuenca se clasificó con un nivel de susceptibilidad a erosión hídrica en los rangos: baja, media y alta, a partir de esto se concluye la necesidad de llevar a cabo obras de mitigación y conservación de los suelos para así contrarrestar los procesos de erosión hídrica.

La susceptibilidad de los suelos de la microcuenca a la erosión hídrica está altamente influenciada por el impacto de la lluvia (erosividad), la medida en que el suelo está cubierto de vegetación (índice de protección) y el tipo de suelo trabajado (inclinación), por la cobertura de la tierra, en cuestión, de la protección que se le da al suelo por medio de la vegetación. Así, los suelos con mayor pendiente y poca o nula cobertura vegetal son los más propensos a erosionarse.

Las actividades que aumentan la susceptibilidad de los suelos a la erosión son: la ganadería por las técnicas inadecuadas que se utilizan; la tala, tumba

y quema de los bosques; la explotación de los recursos como arena y piedras, y la potrerización de las tierras para alimentar al ganado.

## REFERENCIAS

Mendoza, C. D. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*, 11.

GALLARDO, S. J. (14 de Febrero de 2001). Modelo Para Evaluar La Erosion Hidrica En Colombia Utilizando. Obtenido De Ingeominas: [http://recordcenter.sgc.gov.co/B2/11003002523355/documento/nativos/apoyo/AneXos/Zonificacion\\_INGEOMINAS/Articulos\\_Internet/Modeloerosion.pdf](http://recordcenter.sgc.gov.co/B2/11003002523355/documento/nativos/apoyo/AneXos/Zonificacion_INGEOMINAS/Articulos_Internet/Modeloerosion.pdf)

Carlos, M. d. (2005 - 2019). POT San Carlos. En V. y. Ministerio de Ambiente, Esquema de Ordenamiento territorial (pág. 220). San Carlos.

CVC. (2005). Plan de Manejo integral para la cuenca hidrográfica de Arroyo Grande, Municipio de San Carlos. En C. A. Jorge. Montería.

Gonzalo, A. F. (2012). Caracterización Morfométrica De La Cuenca Hidrográfica. Tingo María.

Sissa, J. L. (28 de Octubre de 2016). Evaluación y cuantificación del avance de la amenaza por erosión para los sistemas

de carcavas en el sur este de la ciudad de Tunja. Obtenido de Repositorio.uptc.edu.co : <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1883/1/TGT-450.pdf>

SGC, S. G. (2017). Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

Linares, P. A. (2017). Desarrollo y Analisis de Zonificación de Amenaza por Fenomenos de remoción en masa. Obtenido de Sites: [https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files\\_ciaf/Sarmiento-Linares-Paula-Alejandra.pdf](https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Sarmiento-Linares-Paula-Alejandra.pdf)

Ganadero, C. (23 de Octubre de 2013). Pastoreo Rotacional. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/blog/conozca-un-poco-mas-sobre-el-pastoreo-rotacional#:~:text=El%20pastoreo%20rotativo%20es%20un,variado%20desde%20%20hasta%2060>.

FAO. (1996). Producción y Conservación de suelos en areas ganadera . Obtenido de <http://www.fao.org/3/ar805s/ar805s.pdf>

Pacheco, V. E. (2020). Determinación de la susceptibilidad de los suelos a la erosión potencial en la zona centro-sur de la microcuenca Arroyo Grande, San Carlos - Córdoba, mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica . Montería.

Roberto Pizarro, J. P. (Diciembre, Chile de 2004). ZANJAS DE INFILTRACIÓN. Obtenido de <http://ctha.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/Zanjas.pdf>

Aristizábal, A. G. (1990). Las Barreras Vivas Conservan los Suelos con cultivos de Café. Cenicafé, 129.

IDEAM. (20 de abril de 2017). Obtenido de [http://ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset\\_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/el-40-por-ciento-del-territorio-colombiano-tiene-algun-grado-de-erosion](http://ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/el-40-por-ciento-del-territorio-colombiano-tiene-algun-grado-de-erosion)

Deforestación, I. (2016). Estrategia integral para el control de la Deforestación.

Hernández, A. P. (2017). Repositorio Universidad de Córdoba. Obtenido de [Análisis De La Susceptibilidad Del Suelo A La Erosión Hídrica: https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba](https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba)

FAO. (2016). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/#:~:text=Degradaci%C3%B3n%20del%20Suelo,prestar%20servicios%20para%20sus%20beneficiarios>.

Ibarra, A. E. (2000). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. Población y Desarrollo, 6.

Morcote, J. R. (2012). Metodologías sostenibles para el control de erosión en laderas y taludes. L'esprit Ingénieux, 3.

Colombia, M. d. (2004). SIAC - IDEAM. Obtenido de SIAC - IDEAM: <http://www.siac.gov.co/erosion>

MINAMBIENTE. (2016). Política para la gestión sostenible del suelo. Obtenido de [http://www.andi.com.co/Uploads/8.%20Pol%C3%ADtica\\_para\\_la\\_gesti%C3%B3n\\_sostenible\\_del\\_suelo\\_FINAL.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/8.%20Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf)

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, I. (2015). Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de los suelos por erosión. En IDEAM. Bogotá D.C. Colombia. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023647/Protocolo-erosion.pdf>

Rojas. (2015). Web del profesor - Ingeniería. Obtenido de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap5y6.pdf>

Ambientales, A. N. (Noviembre de 2019). Reporte de Alertas Subzonas Hidrográficas Río Sinú y Alto San Jorge . Obtenido de Sites: [http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/biblioteca\\_web\\_anla\\_pdf/reporte\\_de\\_alertas2.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/biblioteca_web_anla_pdf/reporte_de_alertas2.pdf)