

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | | PAGINA: 1 de 8 |

16

FECHA jueves, 3 de diciembre de 2020

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Girardot

UNIDAD REGIONAL Seccional Girardot

TIPO DE DOCUMENTO Trabajo De Grado

FACULTAD Ciencias Agropecuarias

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO Pregrado

PROGRAMA ACADÉMICO Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS | No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Torres Alarcón | Andrea Paola | 1106896469 |
| | | |
| | | |
| | | |

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

| | | |
|---|---|--|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 2 de 8 |

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS |
|----------------------------|--------------------------|
| Forero Ramírez | Deysy Yolanda |
| | |
| | |
| | |

| TÍTULO DEL DOCUMENTO |
|---|
| <p style="text-align: center;">SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS PARA LA PERDIDA DE COBERTURA DEL SUELO EN LA MICROCUENCA LA MELGARA EN EL MUNICIPIO DE MELGAR, TOLIMA.</p> |

| SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje) |
|--|
| |

| TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía INGENIERO AMBIENTAL |
|--|
| |

| AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO | NÚMERO DE PÁGINAS |
|---|--------------------------|
| Haga clic aquí o pulse para escribir una fecha. | 59 |

| DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves) | |
|--|---------------|
| ESPAÑOL | INGLÉS |
| 1. Pérdida del suelo | Soil loss |
| 2. Subutilizado | underutilized |
| 3. Suelo | Soil |

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

| | | |
|---|---|--|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 3 de 8 |

| | |
|----------------------|--------------------|
| 4.Ecuacion Universal | Universal ecuación |
| 5.Vulnerabilidad | Vulnerability |
| 6.Erosión | Erosión |

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En este proyecto se estudia la erosión del suelo de la Microcuenca La Melgara en el municipio de Melgar Tolima, mediante la implementación de la metodología USLE, ecuación universal de la pérdida del suelo empleando el software ArcGis, con la intención de contribuir con un buen desarrollo de prácticas ambientales que permitan implementar medidas que preserven el suelo y mitiguen la degradación del mismo con el objetivo de que los órganos públicos tengan un estudio de base para futura actualización del Plan Básico del Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio.

Además, se determinan las zonas más afectadas por degradación atribuida a la erosión y contaminación en la microcuenca la Melgara causada por las actividades antrópicas, lo que a largo tiempo podría generar una situación de vulnerabilidad tanto para la población como para el ecosistema de no realizarse una implementación de buenas prácticas y concientización.

ABSTRACT

In this project the soil erosion of the La Melgara Micro-basin in the municipality of Melgar Tolima is studied, through the implementation of the USLE methodology, the universal equation of soil loss using the ArcGIS software, with the intention of contributing to a good development of environmental practices that allow the implementation of measures that preserve the soil and mitigate its degradation with the objective that public bodies have a base study for future updating of the Basic Plan of Territorial Organization (PBOT) of the municipality.

Also, the areas most affected by degradation attributed to erosion and contamination in the La Melgara micro-basin caused by anthropic activities are determined, which in the long run could generate a situation of vulnerability for both the population and the ecosystem if implementation is not carried out of good practices and awareness.

| | | |
|---|---|--|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 4 de 8 |

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

| AUTORIZO (AUTORIZAMOS) | SI | NO |
|--|-----------|-----------|
| 1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer. | x | |
| 2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet. | x | |
| 3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | x | |
| 4. La inclusión en el Repositorio Institucional. | x | |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de

| | | |
|---|---|--|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 5 de 8 |

acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de **RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR**, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 6 de 8 |

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** ___ **NO** x__.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

| | | |
|---|--|--|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 7 de 8 |

investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

| | | |
|---|---|--|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 8 de 8 |

| Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf) | Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|--|---|
| 1.Trabajo final Diplomado SIG Torres.pdf | Texto |
| 2.Diplomado trabajo de grado | GDG.rar |
| | |
| | |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA (autógrafo) |
|--|-------------------------------|
| Torres Alarcón Andrea Paola | <i>Andrea Paola Torres A.</i> |
| | |
| | |

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA DE
ANÁLISIS PARA LA PERDIDA DE COBERTURA DEL SUELO EN LA
MICROCUENCA LA MELGARA EN EL MUNICIPIO DE MELGAR, TOLIMA.

ANDREA PAOLA TORRES ALARCÓN

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AMBIENTAL
GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2020

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA DE
ANÁLISIS PARA LA PERDIDA DE COBERTURA DEL SUELO EN LA
MICROCUEENCA LA MELGARA EN EL MUNICIPIO DE MELGAR, TOLIMA.

ANDREA PAOLA TORRES ALARCÓN

ASESOR INTERNO

DEYSY YOLANDA FORERO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AMBIENTAL
GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2020

1. TÍTULO

Sistemas de información geográfica como una herramienta de análisis para la pérdida de cobertura del suelo en la Microcuenca la Melgara en el Municipio de Melgar, Tolima.

2. INTRODUCCIÓN

El proceso de pérdida de cobertura se atribuye a el proceso de degradación, es decir a la disminución en el presente y el futuro de la capacidad del suelo que impide que se puedan brindar los servicios o bienes ecosistémicos, desencadenados por causas naturales o antropogénicas, teniendo en cuenta que la degradación y pérdida de la biodiversidad cuesta anualmente el 10% de Producto Interno Bruto (PIB) a nivel Global, esta pérdida se atribuye principalmente por la rápida e insostenible expansión de tierras de cultivo. (FONNEGRA, 2018)

En Colombia encontramos que los principales procesos de degradación son la contaminación que se genera por los residuos peligrosos, la salinización y la pérdida de materia orgánica, como también la erosión por efecto del agua o del viento, el sellamiento de suelos con vocación agropecuaria influenciado por infraestructuras o construcciones, así mismo la reducción porosa debido a la compactación y por último la desertificación que causa el deterioro del suelo.

Según el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), 22 millones de hectáreas tienen vocación agrícola, 4 millones vocación agroforestal y 15 millones de

hectáreas vocación ganadera, Sin embargo, se reporta que 15% de los suelos están siendo sobreutilizados y un 13% subutilizados, esto se debe a que solo 5 millones de hectáreas se utiliza para agricultura y más de 34 millones de hectáreas se utilizan para ganadería.

(Minambiente, 2017)

En las llanuras del Caribe, las cordilleras, en las altiplanicies y en los valles interandinos los suelos han estado sometidos a intensas actividades agropecuarias trayendo consigo degradación y contaminación, teniendo en cuenta que los suelos de menor pendiente están siendo cubiertos por la expansión urbana. Las selvas húmedas tropicales en el Amazonas y el litoral del Pacífico presentan procesos de deforestación, que genera degradación del suelo. Por otro lado, se observa que en la Orinoquia Colombiana los suelos donde predominan las praderas, fueron inicialmente utilizados con fines de ganadería extensiva y en la actualidad se emplean para actividades agrícolas (Minambiente, 2017).

En el presente, el Municipio de Melgar, Departamento del Tolima se encuentra con una tasa de deforestación alta, ya que es una de las principales problemáticas que se reportan, pues la pérdida de suelo se da principalmente por las quemas incontroladas de cultivos limpios, incendios forestales provocados por actividades antrópicas, tala de bosque y las prácticas inadecuadas de los suelos, así mismo el Municipio posee zonas vulnerables, destrucción de hábitat e implementación de insumos agrícolas, conflictos por pérdidas del suelo entre otros. (Agenda Ambiental del Municipio de Melgar, 2004).

Por lo anterior expuesto se implementa el uso de Herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde se establece una metodología aplicada a la investigación a través de la ecuación universal de pérdida del suelo U.S.L.E, con el fin de

cuantificar el modelo de erosión mediante el cálculo de seis factores. Para lo cual es necesario el empleo del modelo digital de elevación (DEM), los datos geográficos para la representación de un factor importante con el fin de conocer la textura del suelo, permeabilidad, datos numéricos como precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas y características físicas de los suelos. Demostrando la importancia de la aplicación de los SIG a la Gestión Ambiental, así como la generación de estimaciones y modelos climáticos, predicciones, entre otras actividades

Por consiguiente, la recopilación, ejecución y análisis de estos resultados en el programa nos permite conocer los elementos más importantes que interceden en el proceso de erosión de la Microcuenca la Melgara en el Municipio de Melgar- Tolima, con la intención de contribuir con un buen desarrollo de prácticas ambientales que permitan implementar medidas que preserven el suelo y mitiguen la degradación del mismo, en base a lo expuesto, el presente trabajo es desarrollado con el objetivo de presentar el diagnóstico del uso del suelo de la Microcuenca ante procesos erosivos.

Acorde a los resultados obtenidos se propondrá prácticas para la gestión y uso sostenible del suelo como se acuerda en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) # 15 La vida de ecosistemas Terrestres y Objetivos del Milenio (ODM) # 7 Asegurar un Medio Ambiente Sano y Seguro, con el fin de proporcionar un estudios o bases para futuras investigaciones al Municipio de Melgar-Tolima.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial se calcula que, al actual ritmo de degradación de suelos, la superficie cultivable del planeta pasará de los 1.500 millones de hectáreas que se poseían en 1.975 a 1.000 millones en el año 2025, es decir que la pérdida de suelos afectará posiblemente a una tercera parte de la superficie arable de la tierra (Myers, 1987). La degradación de las tierras áridas, semiáridas y sub húmedas secas, resultan de procesos individuales o colectivos, como por ejemplo los cambios climáticos, las condiciones topográficas y los procesos antrópico, dentro de los cuales se estipulan construcciones e infraestructuras sumándole un mal manejo de los suelos. (Sicard, 2016).

Por otro lado, en Colombia las previsiones pueden ser del mismo orden todos los suelos de los departamentos del país presentan algún grado de degradación por erosión. Los que presentan más del 70% de su área afectada es decir mayor magnitud son: Cesar (81,9%), Caldas (81,9%), Córdoba (80,9%), Cundinamarca (80,3%), Santander (79,4%), La Guajira (79,3%), Atlántico (77,9%), Magdalena (76,9%), Sucre (75,1%), Tolima (73,7%), Quindío (72,7%), Huila (72,5%) y Boyacá (72,1%) (IDEAM, 2017), se debe tener en cuenta que entre las causas de la degradación y la gestión insostenible de los suelos en el país se tienen: la creciente demanda de bienes y servicios de los suelos, el desconocimiento de las funciones e importancia del suelo y de alternativas para su recuperación, restauración y rehabilitación, procesos de planeación y de ordenamiento del territorio que no tienen en cuenta las características de los suelos, debilidad en los

procesos de seguimiento a la calidad de los suelos, desarticulación institucional y
carencia de normas e instrumentos para la gestión sostenible (CAR, 2016).

En el Municipio de Melgar- Tolima se encontró que en los últimos años no se han realizado estudios sobre la Microcuencas la Melgara, lo cual desencadena una gran problemática, pues la población no ha tenido el conocimiento del manejo adecuado de estos suelos ni su importancia, la degradación de estos suelos está siendo afectados principalmente por factores antrópicos que se le atribuyen a las construcciones de infraestructura urbanas, sin tener en cuenta que dentro del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio se encuentra estipulado que; los suelos se caracterizan por ser permeables, inclinados de primera calidad para la agricultura, ya que este recurso es uno de los generadores de ingreso en la actividad económica; además, esta región es estimada por ser de alta amenaza debido a los principales fenómenos de remoción en masa que se presentan con deslizamientos rotacionales, soliflucción líquida y plástica, flujos de lodo, desprendimientos y desplomes, que ocasionan erosión hídrica superficial en surcos y cárcavas (CDIM, 2007).

Dicho lo anterior se realiza esta investigación para determinar qué tan susceptible es la Microcuenca la Melgara para generar degradación por erosión y en consecuencia realizar un análisis óptimo del uso del suelo y coberturas que presenta la misma, con el objetivo de que los órganos públicos tengan un estudio de base para futuras actualización del Plan Básico del Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio. Por esta razón, se plantea la siguiente hipótesis

¿Cuál es la viabilidad de la metodología a implementar para realizar estudios y estimaciones para la degradación del suelo en la Microcuenca de la Melgara en el Municipio de Melgar- Tolima?

4. OBJETIVOS

Objetivo general.

Evaluar la pérdida de suelo de la microcuenca La Melgara ubicada en el Municipio de Melgar, Tolima aplicando la metodología USLE/ RUSLE.

Objetivos Específicos

Describir la capacidad de uso del suelo en la Microcuenca La Melgara mediante la determinación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo.

Analizar las variaciones de la tasa de erosión del suelo.

Proponer medidas para reducir la pérdida de suelo en la microcuenca La Melgara.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

En el presente trabajo de investigación se empleó información documentada del geo portal del IGAC, datos de las estaciones meteorológicas del IDEAM y del DANE. La base de datos bibliográficos fue la guía para la clasificación de las tierras dependiendo de la capacidad de uso según el IGAC, para la determinación de los límites de

variación se utilizó la clase de suelos de acuerdo a los factores de pendientes de erosión. (IGAC, 2014)

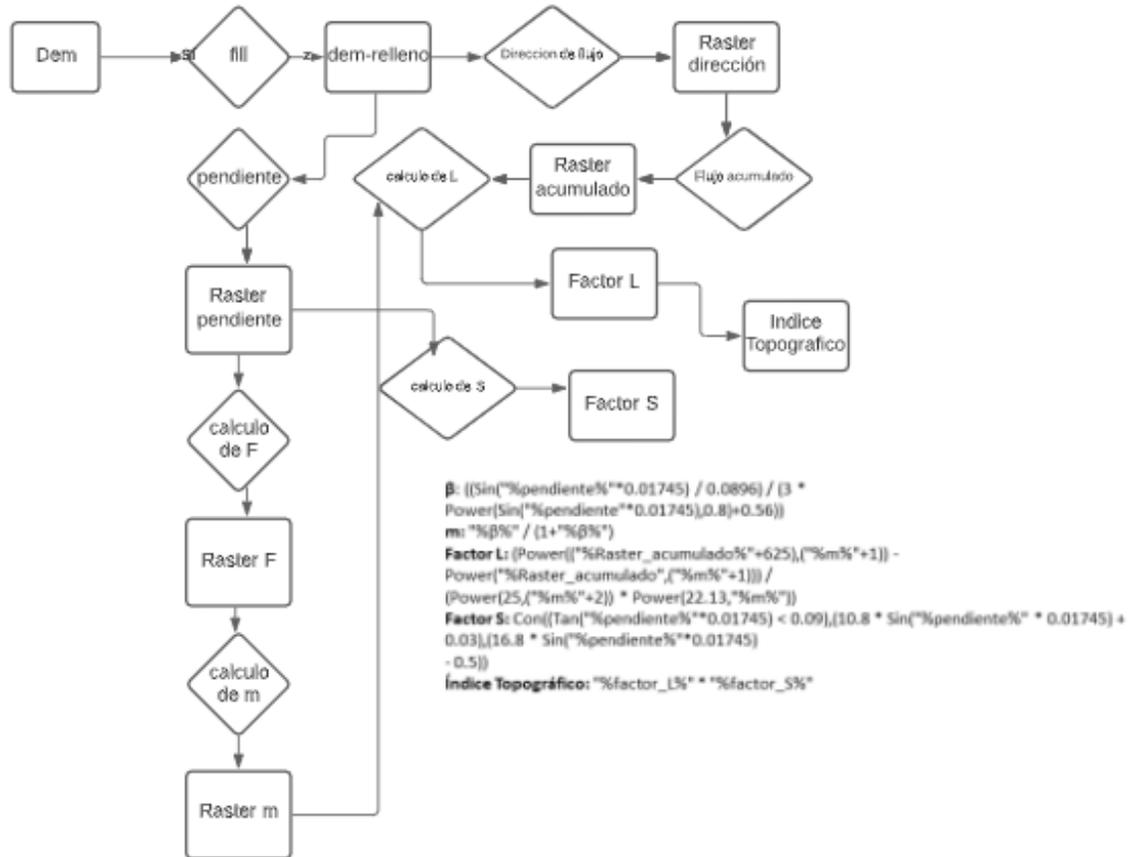
- Factor R: Se utiliza el índice de agresividad climática o índice de Fourier, que se emplea a través de datos pluviométricos.
- Factor K: Se descarga datos sobre porcentaje de uso del suelo, estructura y permeabilidad en el geo portal de IGAC- geología.
- Factor C: Se utiliza datos del sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC)
- Factor LS: Requiere datos de la herramienta Argis
- Factor P: Se utiliza datos del IGAC

Factores de la ecuación universal de pérdida del suelo

Es indispensable tener en cuenta para realizar la ecuación universal de pérdida del suelo, los factores a trabajar y a seguir en los diferentes procesos, en este caso encontramos en la **Figura1**. Diagramas para determinar el factor L (Longitud del terreno), S (Pendientes del terreno) y LS (Factor Topográfico), la información que necesitamos para poder obtener las Áreas de Mayor Susceptibilidad dentro de la Microcuenca la Melgara, en la **Figura2**. Factores C y P, encontramos que en el factor **C** se emplearon los datos del sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), para determinar las diferentes coberturas de la microcuenca y en el Factor **P**, se empleó como base de datos la información del **IGAC** para determinar la erosión, con el fin de generar las fórmulas y operaciones planteadas y así llevar un proceso óptimo en el Software de Arcgis.

Figura 1

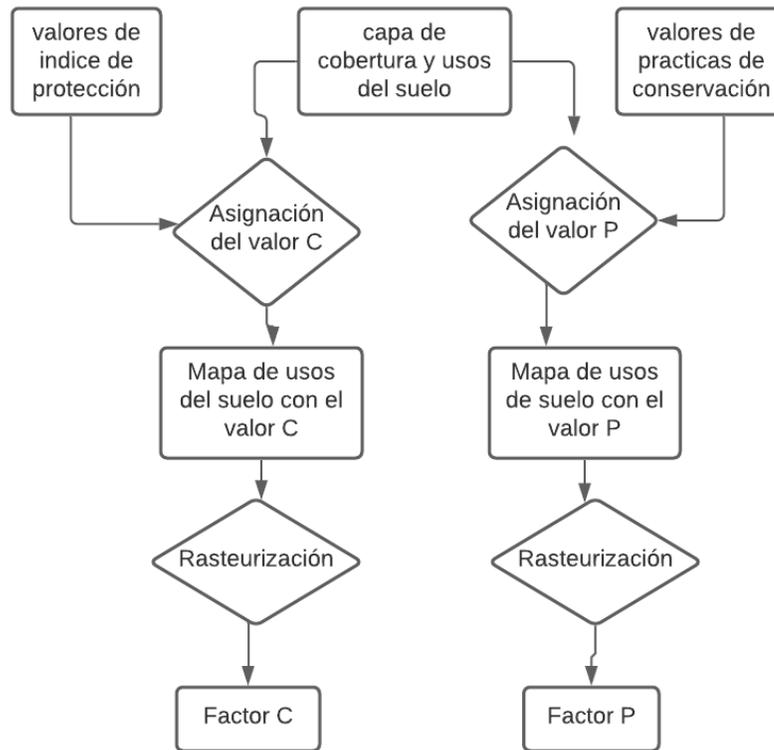
Diagrama para determinar el factor L, S, LS



Fuente: Propia

Figura 2

Diagrama para determinar el factor C y P



Fuente: Propia

Factor de erosividad de la lluvia

Mediante el método del IFM se logra determinar el índice de agresividad de la lluvia o índice de erosividad, con el cual la lluvia actúa sobre la superficie del suelo. El cálculo de este método se basa en el uso de registros de precipitación mensual y la precipitación total anual. (ARNOLDUS, 1980)

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{pi^2}{P} \quad R = 2,56 \cdot IMF^{1,065}$$

Dónde: IFM = Índice de Fornier Modificado (mm)

pi = Precipitación del mes i, o de cada mes del año (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

Factor de erodabilidad del suelo

El factor de erodabilidad del suelo se calcula con la ecuación del nomograma de Wischmeier, (Mannaerts., 1999)

$$K = \frac{1}{7.594} * \left[\frac{2.1}{10^4} * (12 - OM) * M^{1.14} + 3.25 (s - 2) + 2.5(p - 3) \right] / 100$$

Donde:

K = factor de erodabilidad del suelo (t./ha.MJ*ha/mm*hr)

s = código de la estructura del suelo

p = código de permeabilidad

M = producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias o (por ciento limos + por ciento arenas muy finas) *(100 - por ciento arcillas)

Es importante conocer la susceptibilidad del suelo a desprendimientos y para esto es necesario conocer las características de permeabilidad la cual se establece en la **Tabla 1** Valores del coligo USDA para permeabilidad, donde se encuentra su Textura y su código USLE con el fin de conocer la capacidad de transferir agua y aire, por otro lado, encontramos la **Tabla 2.** valores del código USDA para estructuras donde nos especifican el grado, forma y tamaño con el fin de entender cómo se agrupan las partículas de los suelos según la información brindada por el IGAC.

Tabla 1

valores del código USDA para permeabilidad

| Textura | Permeabilidad (C) | Código (USLE) |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Franco arenosa | Rápida | 5 |
| Franco arcillo arenosa | Medianamente rápida | 4 |
| Franco arcillo arenosa | Moderada | 3 |
| Franco arcillosa | Moderadamente lenta | 2 |
| Arcillosa | Lenta | 1 |

Fuente: (IGAC, 2014)

Tabla 2

valores del código USDA para estructura

| Grado | Forma | Tamaño | Código |
|----------------|---------------------|---------------|---------------|
| Sin estructura | | Muy fina | 4 |
| Débil | Granular | Media | 3 |
| | Bloqueangulares | Media | 3 |
| Moderada | Granular | Muy fina | 1 |
| | Bloqueosubangulares | Fina | 2 |
| | Boqueangulares | Media | 2 |
| Fuerte | Granular | | 2 |
| | Bloqueangulares | | 2 |

Fuente: (IGAC, 2014)

Según (Quintero et ál. 2016), la ecuación de pérdida de suelo USLE es una herramienta que permite crear mapas de riesgos de la erosión potencial y así determinar las posibles zonas que pueden llegar a presentar baja fertilidad en las microcuencas; además la estructura del suelo, la erosividad y las pendientes son piezas claves para determinar a erosión de suelo.

Según (Cocuyame R et ál. 2015), en el estudio “clasificación y zonificación de la susceptibilidad a erosión hídrica en la cuenca del río guabas con apoyo de herramientas geomáticas.” Se determinó que, para los factores de índice topográfico, se presenta una mayor vulnerabilidad de los suelos a la erosión en la parte alta de la cuenca, esto se debe principalmente al incremento del porcentaje de la pendiente y longitud de la ladera, aligeran la velocidad del flujo escurrido y disminuye la capacidad de infiltración de los suelos, lo cual incrementa el poder erosivo del agua.

Según (Domingo et ál. 2014), en el estudio “Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río siguas utilizando geo informática” el factor de erodabilidad en la cuenca Siguas, esta entre 0.28 y 0.48 t.ha.h/ ha.MJ.mm, es decir que pertenece a suelos moderadamente susceptibles al desprendimiento, por lo tanto, es un factor importante para la erosión de estos suelos.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Factores De La Ecuación Universal De Perdida Del Suelo

Factor aerosividad de la lluvia (R)

Se utilizaron los valores de precipitación mensual, desde 1999 al 2019, es decir, una línea de tiempo de veinte (20) años, con ocho (8) estaciones cercanas a la microcuenca, donde se calculó la precipitación media mensual de cada mes teniendo en cuenta los valores obtenidos de los últimos años, utilizando el índice modificado de Fourier (IMF).

A continuación, en la **Tabla 3**. Estaciones Meteorológicas de la Microcuenca se visualiza las ocho (8) estaciones meteorológicas cercanas y activas de la Microcuenca la Melgara según datos del IDEAM, donde se plasma un promedio de precipitación anual de los últimos 20 años y su factor (*MJ*mm/ha*h)

Tabla 3

Estaciones meteorológicas de la Microcuenca

| Estación | Precipitación anual (promedio de los 20 años) | Factor (*MJ*mm/ha*h) |
|------------------|--|---------------------------------------|
| Cunday | 1840.10 | 680 |
| Las dos aguas | 1253.86 | 480.154 |

| Estación | Precipitación anual (promedio de los 20 años) | Factor (*MJ*mm/ha*h) |
|-------------------------|--|---------------------------------|
| Nilo | 1272.51 | 440.673 |
| El salero | 1284.89 | 457.565 |
| Base aérea | 1945.90 | 663.234 |
| Carmen de Apicala | 1405.49 | 530.585 |
| Hacienda la granja | 1771.39 | 625.764 |
| Pandi | 1216.59 | 425.865 |

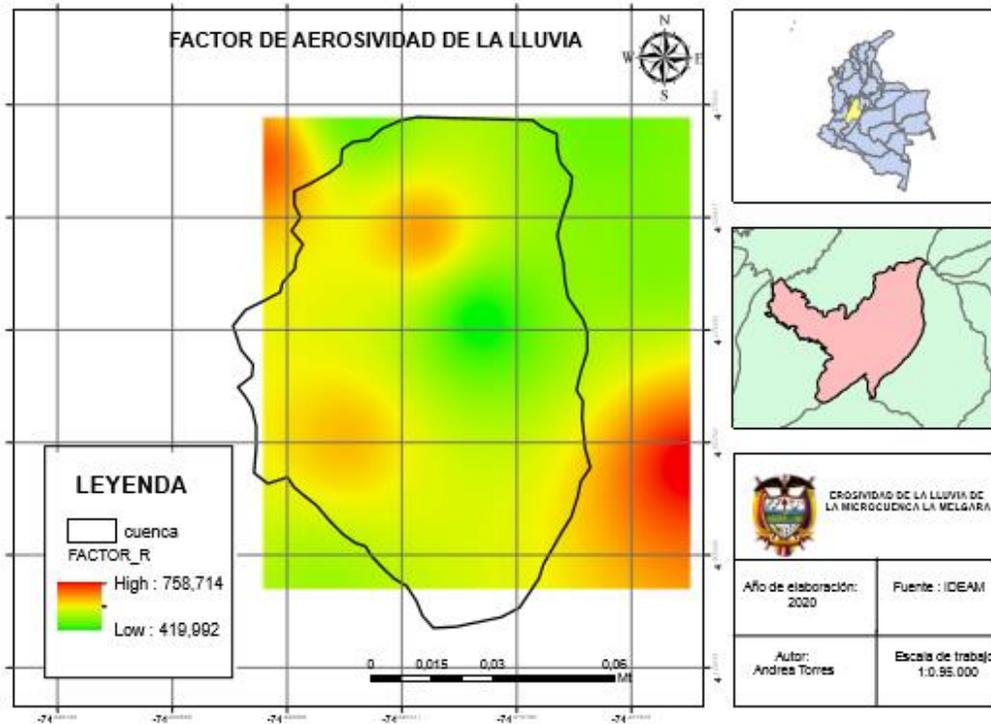
Fuente: IDEAM

Mapa Erosividad De La Lluvia Por Rangos

La Microcuenca la Melgara está entre muy baja a mediana en el factor R, el 43% se encuentra en muy baja, y sus valores de R son menores a los 420 MJ/ha*mm/h (Figura3.Mapa erosividad de la lluvia por rangos).

Figura 3

Mapa erosividad de la lluvia por rangos



Fuente: Propia.

Mapa de Aerosividad de la lluvia

Se puede observar que el 75% de la microcuenca cuenta con un rango menor de 425.865Mj*mm/ha*h según lo establecido en la estación Pandi y un rango mayor de un 680 Mj*mm/ha*h registrado la estación de Cunday, donde se atribuye mayores lluvias registradas en la parte sur de la Microcuenca la Melgara, generando un índice de erosividad, resaltando que Melgar presenta un ciclo bimodal y se encuentra a una altura de 323 m.s.n.m, su precipitación es baja con valores de 500 Mj*mm/ha*h.

los valores más elevados se concentran en el 75% de la microcuenca con un rango de 555,6 Mj*mm/ha*h a 661 Mj*mm/ha*h, donde el mayor nivel de erosión se produce en

las zonas con un mayor índice de erosividad de la lluvia. (Figura 4 *Mapa de aerosividad de la lluvia*). Cabe aclarar que la erosividad de la lluvia es baja con valores de 500 MJ/ha*mm/h.

Factor erodabilidad del suelo (K)

Para el Factor de erodabilidad del suelo nos dirigimos a la **Tabla 4**. Valores **k** según la textura del suelo, donde es importante resaltar que cuanto mayor sea la erodabilidad del suelo mayor será su erosión, por ende, se necesitó una fuente confiable como el IGAC para que nos proporcionara los datos sobre el porcentaje de uso de suelo, estructura y permeabilidad, lo que nos ayudó a calcular el factor **K** y determinar la textura para cada conjunto de suelos presentes en la Microcuenca la Melgara.

Tabla 4

Valores k según la textura del suelo

| Suelo | Factor k | Textura |
|--|---------------------|----------------------|
| Asociación: Lithic Ustorthents; Typic Ustorthents | 0,016 | Gruesas (arenoso) |
| Asociación: Typic Dystropepts; Typic Hapludands; Andic Humitropepts; Lithic Troporthents | 0,024 | Gruesas (arenoso) |
| Asociación: Lithic Ustorthents; Typic Ustorthents | 0,019 | Gruesas (arenoso) |
| Asociación: Ustic Dystropepts; Lithic Ustorthents | 0,026 | Medias (Franco) |

| Suelo | Factor k | Textura |
|--|---------------------|--------------------|
| Asociación: Lithic Troorthents; Lithic Dystropepts; Lithic Humitropepts | 0,039 | Medias (Franco) |
| Asociación: Lithic Troorthents; Typic Troorthents; Typic Dystropepts | 0,038 | Medias (Franco) |
| Asociación: Typic Dystropepts; Vertic Dystropepts; Typic Troorthents | 0,029 | Medias (Franco) |
| Asociación: Lithic Ustorthents; Typic Ustorthents | 0,031 | Medias (Franco) |
| Consociación: Typic Ustropepts | 0,041 | Medias (Franco) |

Fuente: Propia

Mapa erodabilidad del suelo

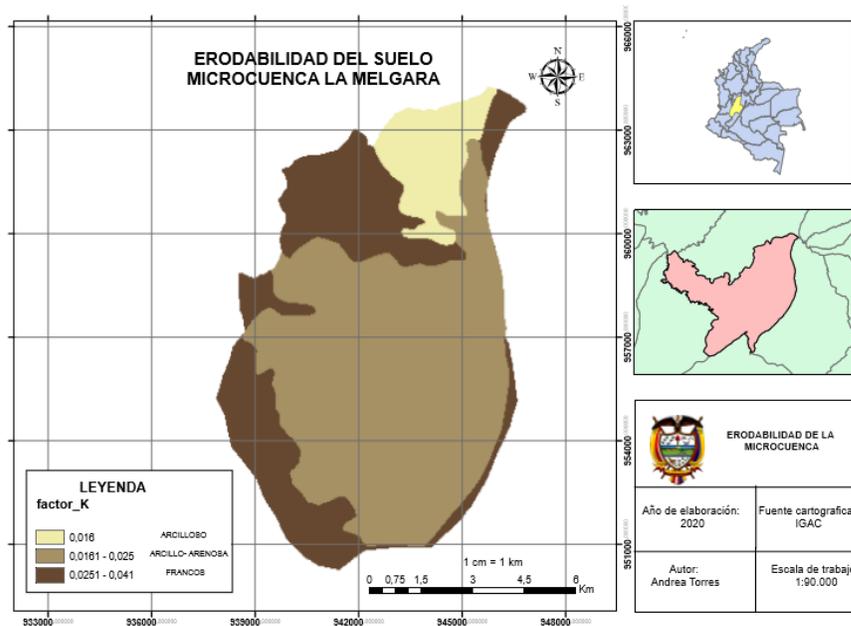
La textura del suelo de la microcuenca es de tipo franco, arcilloso y arcilloso arenoso, donde el puntaje más alto de erodabilidad es de 0,41, atribuido a los suelos Francos, localizados alrededor de la Microcuenca especialmente en la zona occidental, lo que nos indica una alta agresividad respecto la erosión.

La microcuenca la Melgara presenta el 80% del suelo de textura de tipo arcillo-arenoso con un rango de 0,016 a 0,025, presentando un moderado grado de erodabilidad con un escaso escurrimientos en la zona, según lo propuesto por el USDA. En la **Figura 5** Mapa erodabilidad del suelo, se logró identificar que la zona alta de la microcuenca es

la menos susceptible a los procesos de erosión, por la capacidad de infiltración de los suelos, su cobertura vegetal y su textura arcillosa

Figura 5

Mapa erodabilidad del suelo



Fuente: Propia

Factor Longitud del Terreno (L)

La **Figura 6. Representa la longitud de la Microcuenca** los rangos de 0 a 6, corresponde a que se encuentra conformada por colinas bajas y altas respectivamente, además se evidencia que el 90% tiene valores de 0,0205 a 0,2 es decir menor longitud del terreno, lo cual presenta menor capacidad erosivo

Figura 6

Mapa de longitud del terreno



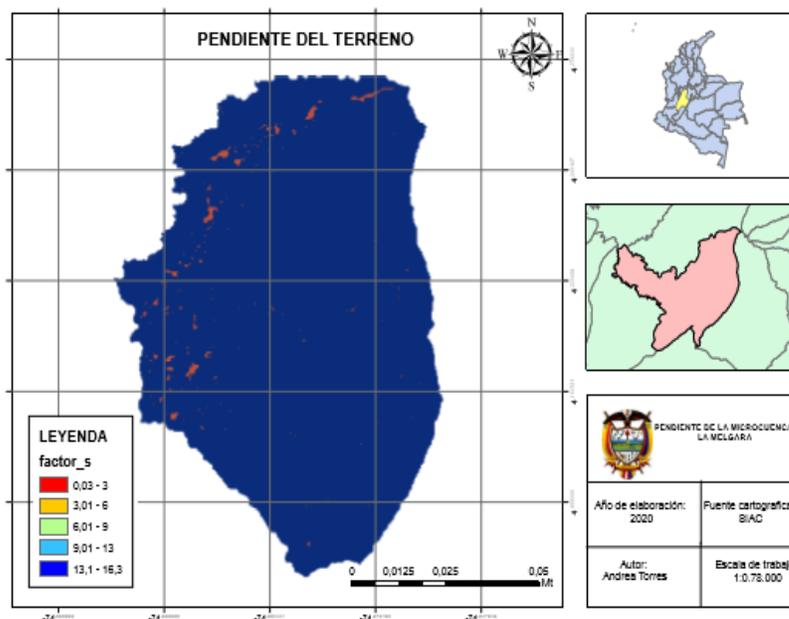
Fuente: Propia

Factor Pendiente del Terreno (S)

La **Figura 7**. Mapa de Pendientes del Terreno, evidencia los rangos de los porcentajes de las pendientes con valores de 0 a 16,3, donde el 95% de la Microcuenca tiene valores de 13,1 a 16,3, lo cual equivale a pendientes fuertemente inclinadas, esto favorece al proceso de erosión hídrica de la zona de estudio, pero ante estas pendientes su abundante cobertura arbustiva y arborea contrarresta este proceso erosivo, pues los suelos que se encuentran en la Microcuenca la Melgara son superficiales a moderadamente profundos.

Figura 7

Mapa de Pendientes del terreno



Fuente: Propia

En la **Tabla 5** se representa la clasificación de las pendientes, donde nos basamos en la metodología de IGAC, que propone que las pendientes del terreno se categoricen en; Plano, Ligeramente Inclinado, Moderadamente Inclinado y Fuertemente Inclinado,

Asignando rangos desde 0% a 3% hasta 12% a 25%, con el fin de conocer las áreas más susceptibles a movimiento en masas

Tabla 5

Clasificación de pendientes

| Rango | Clasificación |
|-------|-----------------------|
| % | |
| 0- 3 | Plano |
| 3-7 | Ligeramente inclinada |

| Rango | Clasificación |
|--------------|----------------------------|
| % | |
| 7- 12 | Moderadamente inclinada |
| 12- 25 | Fuertemente inclinada |

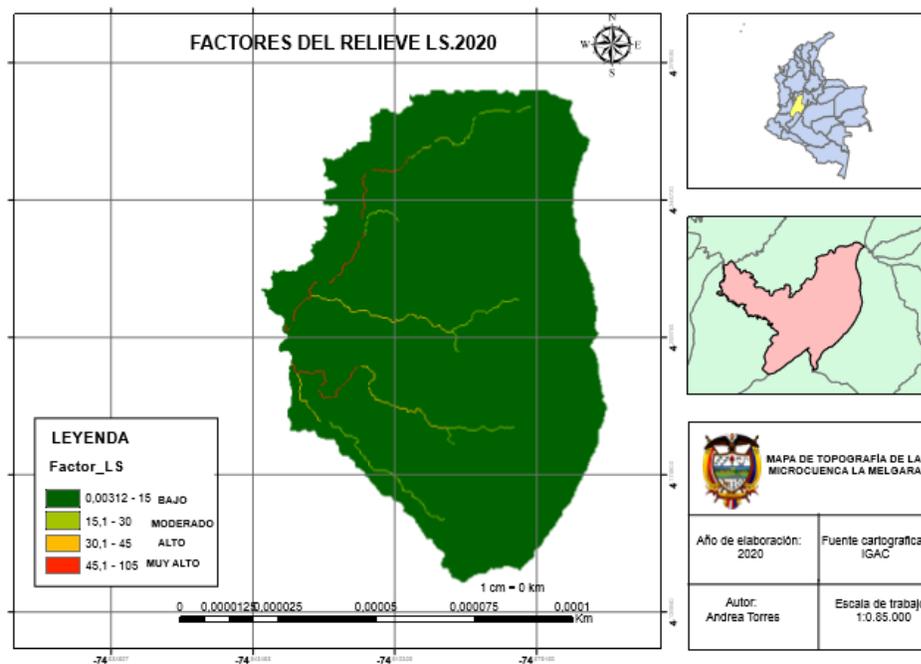
Fuente: (IGAC, 2014)

Factor topográfico (LS)

En la **Figura 8** Factor Topográfico. se presenta la relación entre el factor longitud y el factor pendiente del terreno, donde se multiplican estos 2 valores utilizando la calculadora raster para dar como resultado el factor topográfico (LS), el cual nos arrojó que la mayor parte de la microcuenca tiene topografía baja entre valores de 0 a 15, lo que significa que los suelos son aptos para cultivos moderados de agricultura según la metodología propuesta por el IGAC

Figura 8

Mapa de topografía



Fuente: Propia

Clasificación de la topografía

En la **Tabla 6**. Clasificación de la topografía, se representa la clasificación de la topografía con rangos de 0 a 105, de rangos bajos a muy altos

Tabla 6

Clasificación de la topografía

| RANGO | CLASIFICACIÓN |
|--------------|----------------------|
| 0 – 15 | Bajo |
| 15 – 30 | Moderado |
| 30- 45 | Alto |
| 45- 105 | Muy Alto |

Fuente: Propia

Los valores del factor topográfico (LS) del terreno son bajos con un rango de 0 a 15, debido a que tiene un factor de longitud bajo y pendientes fuerte mente inclinadas. Estos suelos son los más aplicables para el cultivo con ligeras limitaciones de uso y moderados riesgos de daño, la principal problemática es que estos terrenos no son utilizados para lo que están destinados, si no que en Melgar se proponen en estos terrenos ampliación del suelo urbano.

Factor de cobertura vegetal (C)

En la **Tabla 7**. Cobertura Vegetal se presentan los valores considerados del factor C, por los 15 tipos de cobertura que existen en la microcuenca, asignando un valor de 0 a 1, donde 0 es el mayor valor, el cual equivale a los cultivos que presentan cobertura, por otro lado, los valores de 1 nos indica las coberturas que no presentan manejo de cultivos, es decir las tierras desnudas, las cuales están siendo utilizadas para el fomento de actividades Antrópicas.

Tabla 7

Cobertura vegetal

| Cobertura | Factor C |
|--|-----------------|
| Tejido urbano continuo | 1 |
| Tejido urbano Discontinuo | 1 |
| Zonas industriales o comerciales | 1 |
| Aeropuertos | 1 |
| Instalaciones recreativas | 0,7 |
| Cultivos permanentes arbustivos | 0,45 |
| Pastos limpios | 0,8 |
| Pastos enmalezados | 0,5 |
| Mosaico de pastos y cultivos | 0,43 |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 0,48 |
| Herbazal | 0,8 |
| Vegetación secundaria o en transición | 0,3 |
| Afloramientos rocosos | 0,9 |
| Tierras desnudas y degradadas | 0,9 |
| Ríos (50 m) | 0 |

Fuente: IGAC

Imágenes satelitales del municipio de melgar

Se utilizó una imagen satelital Lansat 8, en la combinación de bandas para agricultura, infrarrojo y urbano del municipio de Melgar. En la banda de agricultura se observa que el municipio tiene suelos desnudos, que corresponde al color café claro, los pastizales se identifican con la tonalidad verde claro y los cultivos transitorios se evidencian con un color café oscuro; logrando visualizar a mayor detalle estas clases de cobertura.

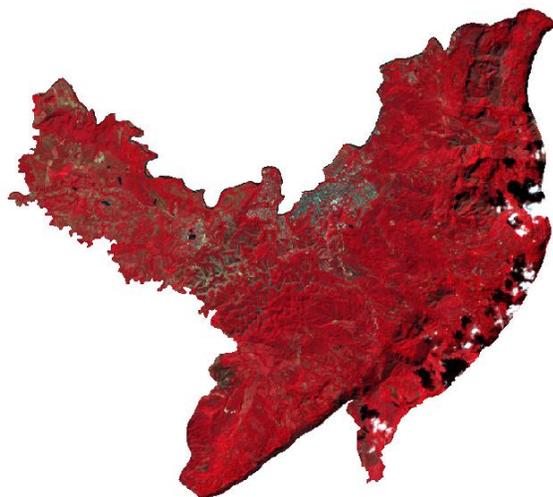
En la banda urbana se observa que el municipio es 80% rural y 20 % Urbano, indicando que el porcentaje del área rural está siendo degradado con la deforestado para generar otro tipo de actividades que no permiten aprovechar la capacidad de uso y la vocación de la Microcuenca la Melgara, dejando a un lado las actividades agrícolas que se pueden implementar en estos suelos.

Figura 9

Imágenes satelitales del municipio de melgar



Agricultura



Infrarrojo



Urbano

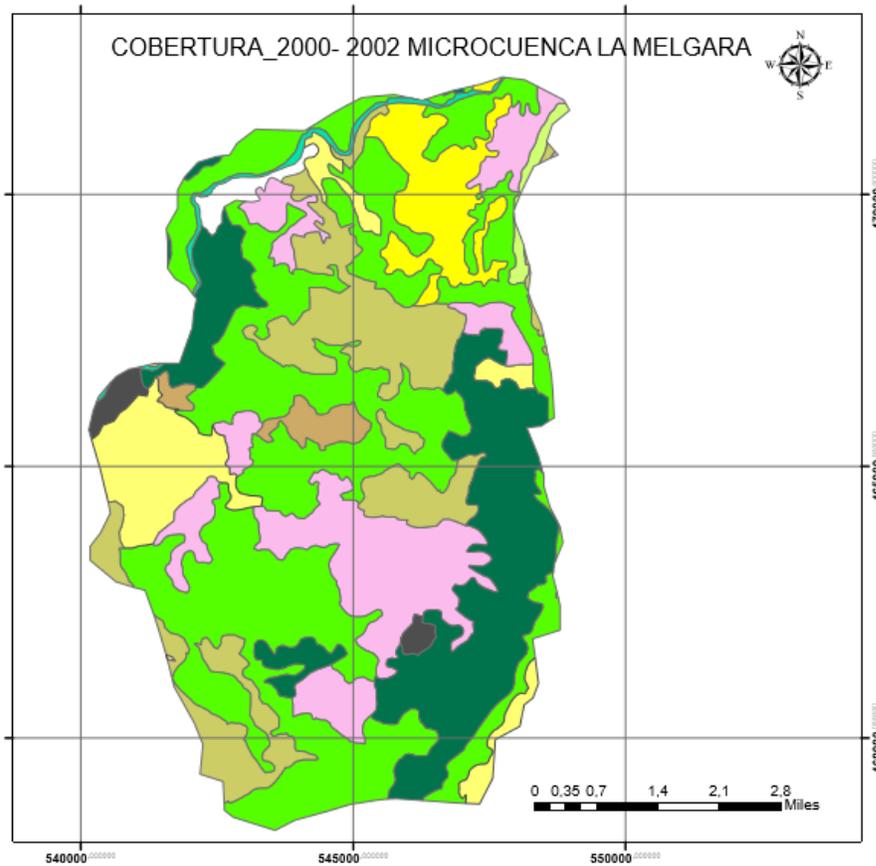
Mapa factor de cobertura vegetal

Se empleó el Mapa de coberturas de la tierra a escala 1:100.000 del SIAC, en el período de 2000 a 2002 de la microcuenca la Melgara, teniendo presente las 14 clases de cobertura de la tierra; donde la cobertura de pastos enmalezados es la que mayor área ocupa con un 42,16 %, continuando con la vegetación de transición con un porcentaje de 19,50 %, siguiendo con los pastos limpios del área total de la microcuenca con un 12,27% y finalizamos con los afloramientos rocosos con un 0,2 % del área, estos datos se logra visualizar en la **Figura 10. Mapa de Cobertura Vegetal** y en la **Tabla 8.**

Coberturas de la tierra microcuenca la Melgara- Periodo 2000 a 2002, conformado por el área total de 17706,796 hectáreas.

Figura 10

Mapa de cobertura vegetal entre los años 2000-2012



| | | |
|-------------------------------|---|---|
| FUENTE: SIAC | cobert_Cuenca | |
| ESCALA: 1:80.000 | LEYENDA3N | |
| AÑO DE ELABORACIÓN: 2020 | <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1. Zonas industriales o comerciales 1.2.4. Aeropuertos 1.4.2. Instalaciones recreativas 2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos 2.3.1. Pastos limpios 2.3.3. Pastos enmalezados | LEYENDA <ul style="list-style-type: none"> 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 3.2.1. Herbazal 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición 3.3.2. Afloramientos rocosos 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas 5.1.1. Rios (50 m) |
| PRESENTADO POR: ANDREA TORRES | | |

Fuente: Propia

Tabla 8

Coberturas de la tierra microcuenca la Melgara– periodo 2000 a 2002

| Cobertura | Área Total (Ha) | %Área |
|---|------------------------|--------------|
| Zonas industriales o comerciales | 31,41 | 0,24 |
| Aeropuertos | 77,13 | 0,49 |
| Instalaciones recreativas | 138,14 | 0,54 |
| Cultivos permanentes | | 5,23 |
| arbustivos | 1062,43 | |
| Pastos limpios | 1642,03 | 12,27 |
| Pastos enmalezados | 6834,43 | 42,16 |
| Mosaico de pastos y cultivos | 1098,43 | 2,11 |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 1156,31 | 3,86 |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 1173,34 | 10,81 |
| Herbazal | 659,23 | 1,29 |
| Vegetación secundaria o en transición | 3231,94 | 19,50 |
| Afloramientos rocosos | 80,016 | 0,2 |
| Tierras desnudas y degradadas | 263,45 | 1,087 |
| Ríos (50 m) | 258,51 | 0,67 |
| Total | 17706,796 | 100 |

Fuente: Propia

Cobertura de la microcuenca la Melgara

Coberturas de la tierra 2005 - 2009

En la **Figura 11**. Se utilizó el Mapa de coberturas de la tierra a escala 1:100.000 del SIAC, en el período de 2005 a 2009 de la Microcuenca La Melgara, se tuvieron en cuenta por actualizaciones las 16 clases de cobertura de la tierra de Corine Land Cover, las cuales fueron anexadas los tejido urbanos continuos con un 13,10% y el tejido urbano discontinuo con un 1% del are total de la microcuenca, esto nos indica el aumento de la expansión urbana disminuyendo el porcentaje del área rural, lo que trae consigo el deterioro del suelo, esto se puede visualizar en la **Tabla 9**. con el fin de conocer e identificar un área total en Hectáreas (Ha) y en Porcentaje (%).

Figura 11

Cobertura de la microcuenca la Melgara



| | | |
|-------------------------------|--|--------------------|
| FUENTE: SIAC | cobert_Cuenca LEYENDA3N | LEYENDA |
| ESCALA: 1:80.000 | | |
| AÑO DE ELABORACIÓN: 2020 | | |
| PRESENTADO POR: ANDREA TORRES | | |

Fuente: Propia

Tabla 9

Coberturas de la tierra microcuenca la Melgara– periodo 2005 a 2009

| Cobertura | Área Total (Ha) | %Área |
|--|--------------------|-------|
| Tejido urbano continuo | 650,52 | 3,10 |
| Tejido urbano Discontinuo | 165.45 | 1,00 |
| Zonas industriales o comerciales | 22.43 | 0,11 |
| Aeropuertos | 67,23 | 0,34 |
| Instalaciones recreativas | 125.14 | 0,67 |
| Cultivos permanentes arbustivos | 1254,45 | 4,85 |
| Pastos limpios | 1204,56 | 6,32 |
| Pastos enmalezados | 6450,27 | 37,45 |
| Mosaico de pastos y cultivos | 1054,69 | 5,94 |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 967,95 | 4,45 |

| | | |
|--|------------------|------------|
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 2634,21 | 13,26 |
| Herbazal | 690,29 | 2,32 |
| Vegetación secundaria o en transición | 4235,11 | 18,01 |
| Afloramientos rocosos | 76,013 | 0,38 |
| Tierras desnudas y degradadas | 212,34 | 0,85 |
| Ríos (50 m) | 245,63 | 0,98 |
| Total | 19743,263 | 100 |

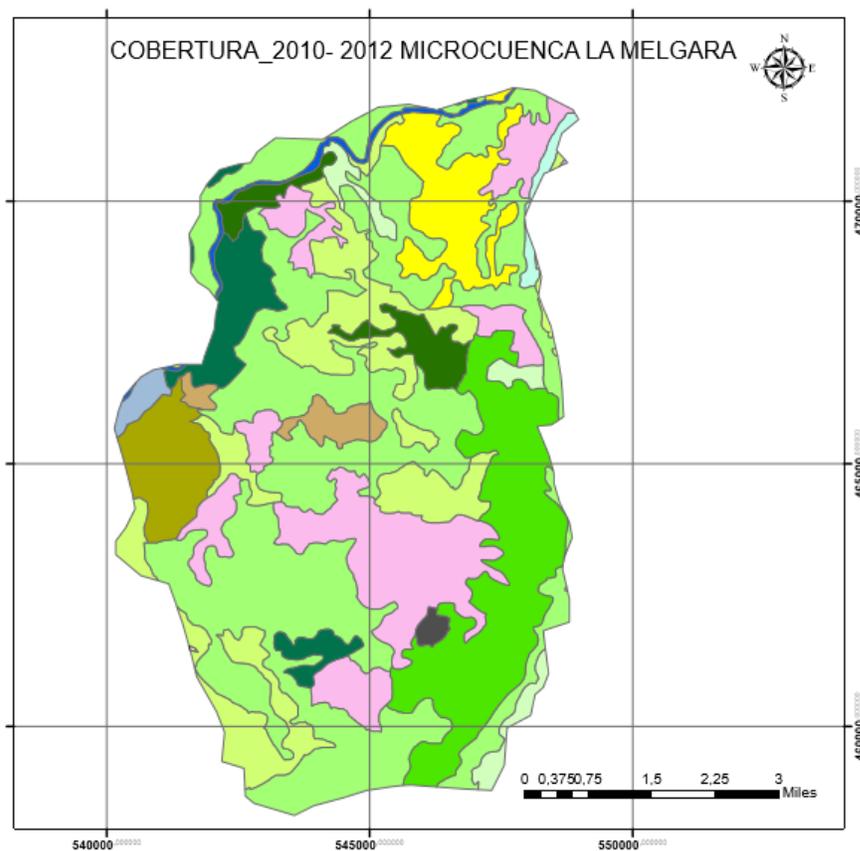
Fuente: Propia

Coberturas de la tierra 2010 a 2012.

En la **Figura 12**, se utilizó el Mapa de coberturas de la tierra a escala 1:100.000 del SIAC, en el período de 2010 a 2012 de la microcuenca La Melgara, donde siguen vigente las 16 clases de cobertura de la tierra de Corine Land Cover. Donde las coberturas que disminuyeron fueron los pastos enmalezados con un 33,27 %, a diferencia de la vegetación secundaria que aumento a un 20,47 % y por último la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales del área total de la microcuenca tuvo un aumento hasta un 12,81 %. Lo cual se puede observar en la **Tabla 10**. Coberturas de la tierra microcuenca la Melgara– periodo 2010 a 2012

Figura 12

Cobertura de la microcuenca la Melgara 2010 a 2012



| | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|--|---|---|
| FUENTE: SIAC | cobert_Cuenca | | LEYENDA | |
| ESCALA: 1:80.000 | LEYENDA3N | | 2.3.3. Pastos enmalezados | 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos |
| AÑO DE ELABORACIÓN: 2020 | 1.1.1. Tejido urbano continuo | 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | 1.2.1. Zonas industriales o comerciales | 1.2.4. Aeropuertos |
| PRESENTADO POR: ANDREA TORRES | 1.4.2. Instalaciones recreativas | 2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos | 2.3.1. Pastos limpios | 2.3.3. Pastos enmalezados |
| | | | 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales |
| | | | 3.2.1. Herbazal | 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición |
| | | | 3.3.2. Afloramientos rocosos | 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas |
| | | | 5.1.1. Rios (50 m) | |

Fuente: Propia

Tabla 10

Coberturas de la tierra microcuenca la Melgara– periodo 2010 a 2012

| Cobertura | Área Total (Ha) | %Área |
|--|----------------------------|--------------|
| Tejido urbano continuo | | 3,12 |
| | 675,016 | |
| Tejido urbano Discontinuo | 233,37 | 1,08 |
| Zonas industriales o comerciales | 31,41 | 0,15 |
| Aeropuertos | 77,13 | 0,36 |
| Instalaciones recreativas | 138,14 | 0,64 |
| Cultivos permanentes arbustivos | 1262,46 | 5,83 |
| Pastos limpios | 1262,46 | 5,83 |
| Pastos enmalezados | 7200,79 | 33,27 |
| Mosaico de pastos y cultivos | 1198,43 | 5,53 |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 1051,31 | 4,86 |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 2773,79 | 12,81 |
| Herbazal | 712,95 | 3,29 |
| Vegetación secundaria o en transición | 4431,94 | 20,47 |
| Afloramientos rocosos | 87,016 | 0,40 |
| Tierras desnudas y degradadas | 256,95 | 1,19 |

| Cobertura | Área Total (Ha) | %Área |
|------------------|----------------------------|--------------|
| Ríos (50 m) | 253,51 | 1,17 |
| Total | 21646,69 | 100 |

Fuente: Propia

Factor de prácticas de conservación (P)

En la **Tabla 11**. De Practicas de conservación (P) se determinó las diferentes Coberturas estipuladas, con unos valores de 0 a 1 dando como resultado que los tejidos urbanos discontinuos, Mosaico de pastos y cultivos, Vegetación secundaria o en transición son los que se destacan por poseer poca practica de conservación relacionándola con la capa vegetal que esta posee a diferencia de las demás coberturas.

Tabla 11

Prácticas de conservación

| Cobertura | Factor P |
|----------------------------------|-----------------|
| Tejido urbano continuo | 1 |
| Tejido urbano Discontinuo | 0,4 |
| Zonas industriales o comerciales | 1 |
| Aeropuertos | 1 |
| Instalaciones recreativas | 1 |
| Cultivos permanentes arbustivos | 0,8 |
| Pastos limpios | 0,8 |

| Cobertura | Factor P |
|--|-----------------|
| Pastos enmalezados | 0,8 |
| Mosaico de pastos y cultivos | 0,6 |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 0,8 |
| Herbazal | 1 |
| Vegetación secundaria o en transición | 0,6 |
| Afloramientos rocosos | 1 |
| Tierras desnudas y degradadas | 1 |
| Ríos (50 m) | 1 |

Fuente: IGAC

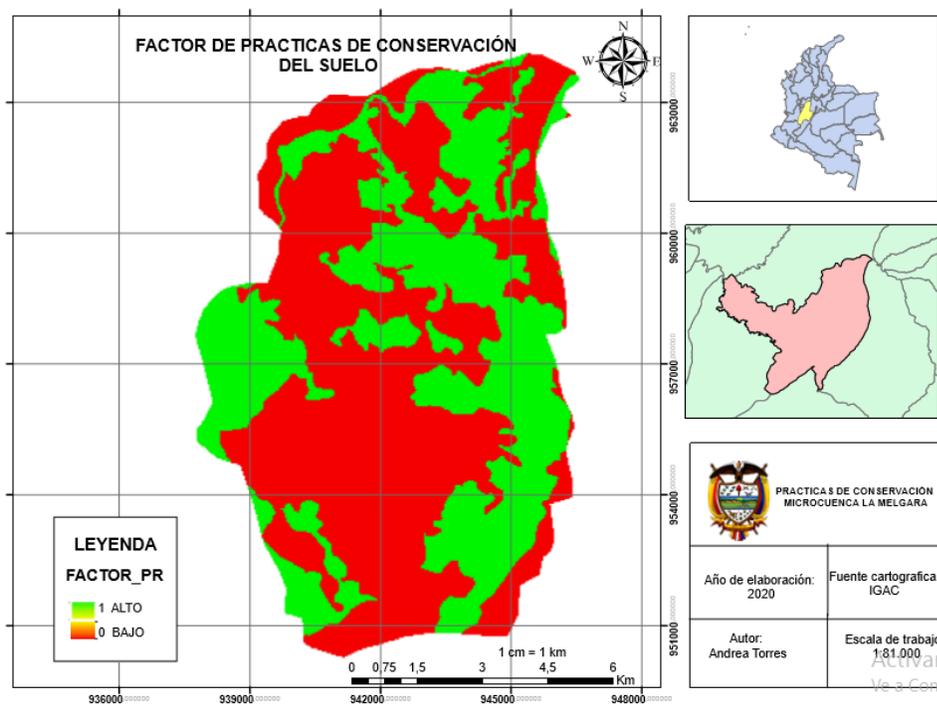
Mapa de practicas de conservación del suelo

Se identificaron los factores bajos de conservación del suelo con un valor de (0) y los factores altos con el valor de (1), donde predomina el factor de baja conservación por los suelos sobre utilizados y subutilizados, es de resaltar que la conservación es muy baja ya que la Microcuenca la Melgara no presenta reportes ni estudios estipulados sobre conservación del suelo, según su cobertura y Factor P tenemos que tener en cuenta la

Figura 13. Mapa de prácticas de conservación del suelo.

Figura 13

Mapa de practicas de conservación del suelo



Fuente: Propia

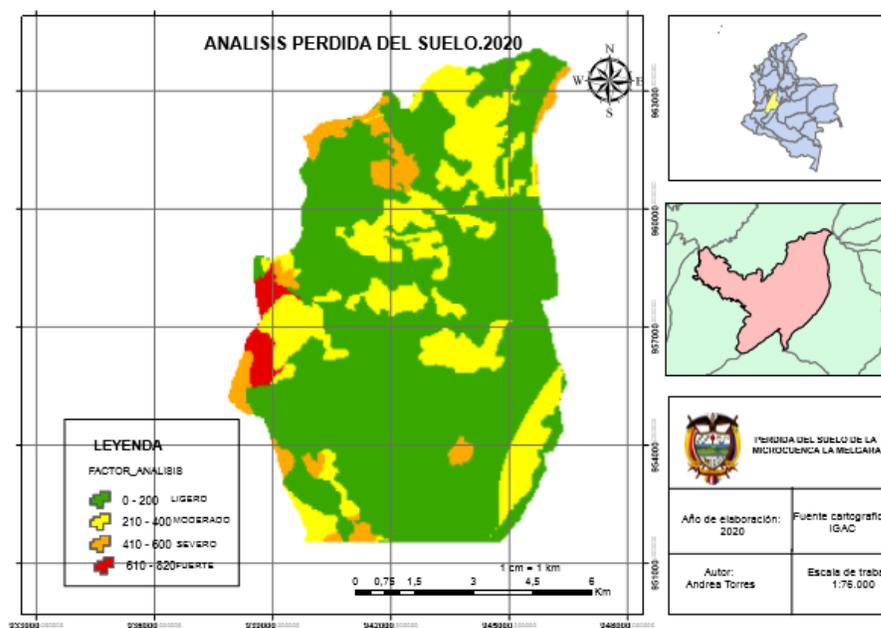
Mapa de pérdida del suelo

Se puede evidenciar que las áreas donde más se presenta pérdida del suelo es en la zona oeste de la Microcuenca, allí se encuentran estipuladas las coberturas de tejido urbano continuo entre 610 a 820 ha/años, el 15% del área está en condiciones de muy fuerte riesgo de erosión y solo un 60% expresa que está en condiciones de ligera o poco riesgo de erosión como se muestra es la **Figura 14**. Mapa de Perdida de Suelo, es importante destacar que, aunque no se presentan fuertes erosión en el terreno se puede presentar degradación por otros factores como la degradación y la contaminación que

podrían presentar una situación de vulnerabilidad tanto para la población como para el ecosistema.

Figura 14

Mapa de pérdida del suelo



Fuente: Propia

Características y Límites de Variación de las Tierras de Clase II

Para las características y límites de variación de las tierras de clase II es importante conocer el Factor (S), el cual nos indica las diferentes pendientes que se encuentran en el terreno, para tener una base más confiable se obtiene la información del IGAC y se establece una tabla de resultados como se evidencia en la **Tabla 12** Características y límites de variación de las tierras de clase II, con el fin de conocer las aptitudes de los suelos encontrados en la Microcuenca la Melgara.

Tabla 12

Características y límites de variación de las tierras de clase II

| Características | Parámetro (S) | Límites de Variación |
|------------------------|-----------------------|--|
| Pendientes | % | 0-7 |
| Erosión | Grado | No hay; ligero |
| Movimientos en Masa | % de área afectada | No hay |
| Drenaje Natural | Estado | Bien drenado; moderado |
| Inundaciones | Frecuencia y duración | No se presentan; raras; extremadamente cortas o muy cortas |
| Encharcamientos | Frecuencia y duración | No se presentan; raros; extremadamente cortos o muy cortos |
| Profundidad Efectiva | Cm | >75 |
| Textura 1 | Familia | Francos a fina, limosa fina, contrastadas |
| | Grupo Textual | Moderadamente finos |
| Fragmentos en el Suelo | % por volumen | <3 |

Fuente: (IGAC, 2014)

Variaciones de la tasa de erosión del suelo

Como se evidencia en la **Tabla 13**, es importante tener claro la relación entre las tasas de erosión del suelo teniendo claro sus diferentes categorías con respecto al porcentaje de pendientes en las que se encuentran Bajo – Moderado - Alto – Muy Alto, determinando las variaciones de las tasas de erosión en relación con las pendientes

Tabla 13

Tasas de erosión del suelo

| Tasas (tn/ha.año) | Pendientes % |
|--------------------------|---------------------|
| Bajo (0 – 200) | 0 – 12 |
| Moderado (200- 400) | 12-25 |
| Alto (400- 600) | 25- 50 |
| Muy alto (600- 800) | 50-75 |

Fuente: (CORTOLIMA, 2016)

Las tasas de pérdida de suelo en la microcuenca llegan de 0 - 400 t/ha/año, correspondientes a zonas de baja pendiente y a suelos arcillosos que retienen el agua, principalmente se destacan las coberturas como la vegetación secundaria o en transición, las cuales fueron intervenida en su cobertura inicial y están en su proceso de restauración natural, por otro lado encontramos el pasto enmalezado, suelos que son utilizados para la ganadería extensiva por el abandono de los suelos y pocas prácticas de manejo, continuando con el mosaico de pastos con espacios naturales, los cuales no se encuentran intervenidas y posee la mayoría de su estructura naturalmente inicial

Según la guía del IGAC de la clasificación de cultivos, la microcuenca se encuentra en Clase II, determinando que la zona tiene una erosión ligera, la cual se puede visualizar en (tabla 12), igualmente se comprobó con la ecuación universal de pérdida del suelo USLE que si es viable la metodología para realizar estudios de la degradación del suelo en este caso aplicado a la Microcuenca de la Melgara en el Municipio de Melgar Departamento del Tolima.

Medidas para mitigar la pérdida de suelo

Unas de las zonas intervenidas por acción antrópica más significativas en el Municipio de Melgar- Tolima se encuentran localizadas en la parte sur- este de la Microcuenca la Melgara, principalmente atribuido por la explotación minera del petróleo por parte de Campo Guando, como se logra evidenciar en la **Figura 15**. Mapa de zonas intervenidas por el hombre.

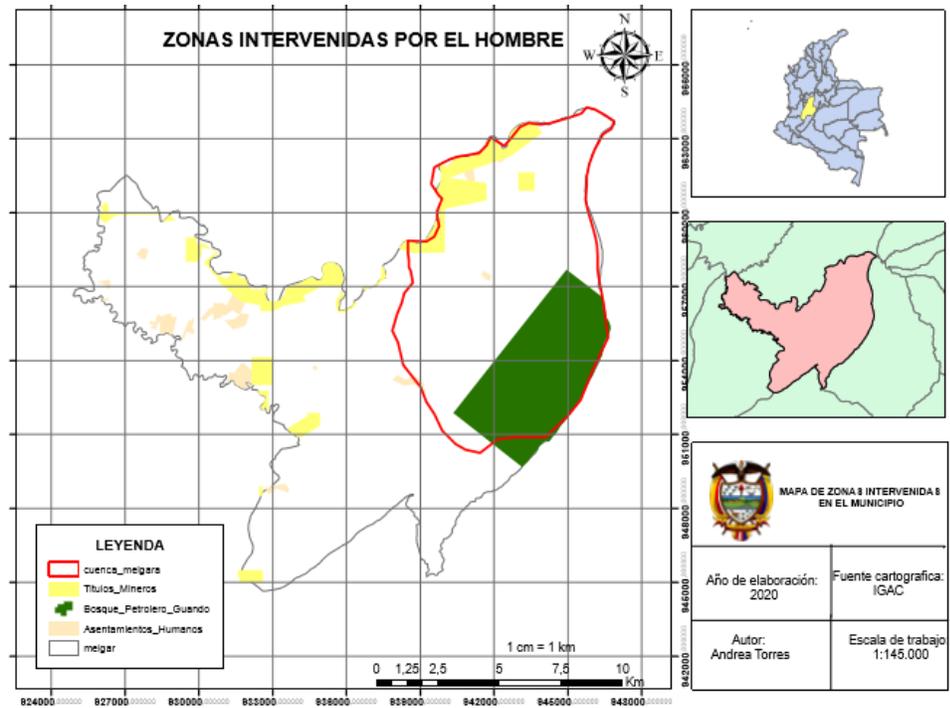
Esta empresa se encuentra operando desde el año 2000, Actualmente Campo Guando implementa equipos de G-102, con el fin de ahorrar costos, representados en la operación automática y la flexibilidad de movilización y eficiencia (Ecopetrol S.A., 2006). Pero la contaminación del suelo se sigue presente con mayor magnitud, debido a la contaminación por petróleo, la cual hace que los compuestos solubles se filtren y que los sólidos o grasas permanezcan en la superficie y estos compuestos sean llevados hacia la profundidad de la tierra. La contaminación de este factor se puede relacionar con prospección sísmica, generando la compactación del suelo por las vibraciones de los camiones; si esta operación se realiza en terrenos inestables se puede incrementar los procesos erosivos y en algunos casos presentar derrumbes. Otro contaminante

proveniente del factor suelo son las piscinas abiertas de desechos o derrames petroleros, que hacen que los solventes migren a capas subterráneas del suelo.

Se debe tener en cuenta que durante la perforación de los pozos se produce la erosión del suelo. La erosión se puede generar por la construcción producida por el desprendimiento de tierra y los taponamientos de ríos. Cuando la cubierta vegetal de una zona boscosa desaparece, el suelo queda despojado a la presencia de lluvias lo que provoca erosión del suelo. Otro problema que desprende de este tipo de degradación son las construcciones de carreteras, instalación de campamentos y oleoductos, dentro de las actividades del campo petrolero se genera un conjunto de alteraciones a la Microcuenca de la Melgara, por las partículas en suspensión, erosión y sedimentación, debido a los movimientos de tierras y formaciones de taludes.

Figura 15

Mapa de zonas intervenidas por el hombre



Fuente: Propia

Técnicas de suelos según sus grados de erosión

En la **Tabla.14** Técnicas de suelos según sus grados de erosión, se puede visualizar un análisis y recopilación de las diferentes coberturas, grado de erosión y pendientes con sus debidas técnicas aplicables.

Tabla 14

Técnicas de suelos según sus grados de erosión

| Cobertura | Grado de erosión | Pendiente | Técnica aplicable |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| Pastos enmalezados | Ligera | 0- 5 | estacas vivas |
| Pastos limpios | Moderado | 5-12 | lecho de ramaje |
| Mosaico de pastos y cultivos | Ligero | 0-5 | empalizada trenzada |
| Cultivos permanentes arbustivos | Moderada | 5-12 | cajones de ramas |
| Herbazal | Moderado | 5-12 | lecho de ramaje |
| Vegetación de transición | Ligero | 0- 5 | lecho de ramaje |

Fuente: (Gabriel et ál. 2016)

Además de las anteriores técnicas, es importante resaltar que a toda la Microcuenca la Melgara independientemente del grado de erosión, se debe realizar la implementación de buenas prácticas agrícolas y de agricultura de conservación, así se evita la pérdida en zonas con grados ligeros, y se atenúa la erosión en zonas con grados más altos. Además, dichas prácticas crean una cultura de responsabilidad en torno al uso del recurso suelo, entre la población de la microcuenca, en la **Tabla 15** Recopilación de información sobre las buenas prácticas agrícolas y de agricultura, Se plasmará las ventajas, desventajas, técnicas y autores para tener una idea más clara.

Tabla 15

Recopilación de información sobre las buenas prácticas agrícolas y de agricultura

| Autores | BPA | Ventajas | Desventajas |
|----------------|---|---|--|
| IGAC | Incrementar los sistemas forestales, agro silvícolas y silvopastoriles Incrementar la rugosidad del terreno: se debe controlar la escorrentía mediante zanjas de ladera, realizar cultivos en contorno y utilizar franjas con vegetación densa. Proteger el suelo con cobertura vegetal | Promueven la protección de la biodiversidad y la fertilidad de los suelos, así como la reducción de la contaminación del espacio natural, racionalizando el manejo de productos químicos, fertilizantes y | Involucra un rubro económico adicional a la producción tradicional. Ya que se requiere de inversión tanto en infraestructura como de talento humano para garantizar el éxito y adecuación de esta metodología La certificación tiene validez únicamente por un año ósea que hay que renovarla año a año, con los consiguientes costos, además existen procesos de |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | <p>y residuos de cultivos, lo cual disminuye la acción destructora de la lluvia sobre el suelo.</p> <p>Evitar la labranza en el sentido de la pendiente; esta debe ser reducida y mínima o de siembra directa en pendientes menores al 30 por ciento.</p> <p>Evitar la compactación del suelo, específicamente la de la explotación ganadera y la de la maquinaria agrícola (IGAC, 2016).</p> <p>Observación y evaluación en campo de la calidad de suelo.</p> <p>Labranza mínima. Abonos verdes y cobertura permanente del suelo.</p> <p>Barreras y cercas vivas.</p> <p>Pastoreo controlado o rotativo.</p> | <p>desechos orgánicos. Permiten capacitar y enseñar acerca de los temas de seguridad y riesgos laborales. También se logra educar acerca de las condiciones idóneas en sus lugares de trabajo. Se garantiza que los alimentos que se producen se pueden consumir son higiénicos y sanos.</p> <p>Promueve el registro de todas las actividades relacionadas con la producción para así poder conocer la historia agrícola y la ubicación de los lotes. Así se</p> | <p>certificación extensos en tiempos, auditorias y recursos monetarios. (Zahaira, 2018.b)</p> |
| <p>Guía de Buenas Prácticas Para la Gestión de Uso Sostenible de los suelos en Áreas Rurales</p> | | | |

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------|
| Como Conservar El Suelo, un Soporte De Vida | Obras | conoce cómo se |
| | Biomecánicas. | hicieron las cosas |
| | Trazado de cultivos | desde que se sembró |
| | y áreas de circulación. | hasta que el producto |
| | Manejo de los | llega a las manos |
| | fluidos de agua. | del consumidor |
| | Rotación de | Los |
| | cultivos. | productores que |
| | Policultivos o | manejan BPA, |
| | cultivos asociados. | tienen el |
| Diversificación | potencial de | |
| funcional (FAO, | certificar | |
| 2018) | su producción | |
| Evitar las | desarrollar | |
| quemas: Cuando la | alianzas | |
| materia orgánica se | mercantiles | |
| quema, se transforma | con consumidores | |
| en gases tóxicos que | de escala | |
| afectan la vida. | internacional | |
| Evita el arado total | ampliando su | |
| y el pisoteo excesivo | incidencia de | |
| del ganado: los cascos | ganancias | |
| y pezuñas del ganado | Permite | |
| apelmazan el suelo, lo | reducir la cadena | |
| endurecen e impiden | comercial (menos | |
| la respiración de | intermediarios) al | |
| microorganismos. | habilitar la | |
| Siembra árboles y | entrada directa a | |
| evita la | supermercados, | |
| deforestación: Los | empresas | |

árboles cumplen una función muy importante adicional a la producción de oxígeno, ya que evitan que el agua arrastre a los nutrientes dejando estéril al suelo, además puedes Sembrar estratégicamente árboles estructurales que entierren sus raíces a mayor profundidad para mantener el suelo unido por un mayor periodo de tiempo.

No de tires agua en mal estado al suelo: El estado líquido facilita a que los elementos químicos entren en el suelo de manera rápida.

Fomenta la diversidad de cultivos: El monocultivo es más propenso a enfermedades y

plagas. Además, las
asociaciones de
cultivos de plantas
beneficiosas repelen
ciertas plagas.
(CORTOLIMA,
2015)

Fuente: Propia

7. CONCLUSIONES

- Se pudo concluir que la metodología propuesta de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) en la implementación de los sistemas geográficos, fue acertada, pues sus resultados permitieron evaluar las pérdidas del suelo de la Microcuenca la Melgara, donde se logró visualizar y localizar las áreas de mayor susceptibilidad de una manera más práctica.
- Por otro lado, se evidenció que la poca información que se tiene sobre la degradación del suelo de la Microcuenca la Melgara, genera un desconocimiento a nivel social en el municipio de Melgar- Tolima, que trae consigo consecuencias ambientales por la falta de conocimiento que le impide a la población generar cuidado y preservación de la misma.
- Este Trabajo investigativo aporta al desarrollo del municipio, con el fin de que los entes gubernamentales puedan tener una base para estudios futuros y así poder brindarle a la Microcuenca la Melgara el valor social, económico y ambiental que realmente necesita con

el objetivo de que este pueda servir como una base para la actualización de Plan Básico del Ordenamiento Territorial del municipio de Melgar- Tolima.

- Mediante la aplicación del modelo USLE (ecuación universal de pérdida de suelo) en la microcuenca La melgara, los factores de cobertura vegetal (Factor C) y prácticas de manejo (Factor P), pueden ser considerados como factores importantes para mitigar la erosión, modificando sus valores mediante buenas prácticas, ya que el hombre lo puede desarrollar mediante acciones sencillas. Mientras que con los demás factores presentes en este modelo no se pueden modificar pues son propios del medio natural tales como el índice de erosividad climática (Factor R), erodabilidad del suelo (Factor K) y el factor de la pendiente (Factor LS).
- Al comparar los cambios de cobertura en los años 2000- 2012, se obtiene que estos años se han incrementado a 16 clases, donde se puede observar en gran porcentaje la vegetación de transición y de menor porcentaje las zonas industriales o comerciales, esto es causado por la deforestación.
- Se determinó que la zona sur oriente es la que refleja más afectación por degradación atribuida a la erosión y contaminación en la microcuenca la Melgara causada por las actividades antrópicas, lo que a largo tiempo podría generar una situación de vulnerabilidad tanto para la población como para el ecosistema de no realizarse una implementación de buenas prácticas y concientización

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Bibliografía

- Cantillo Gabriel & Gonzales Kelly (2016), *TESIS "ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE EROSIÓN .MICROCUEENCA QUEBRADA-NEGRA"*. Obtenido de PILUMA, MUNICIPIO DE SASAIMA CUNDINAMARCA, <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4623/1/CantilloReyesGabrielAlejandro2016.pdf> de Noviembre de 2016).
- Castro Quintero, A. F., et ál Lince S, L. A. (2016), Determinación del riesgo a la erosión potencial hidrica en la zona cafetera del Quindio, https://www.researchgate.net/publication/327006473_Determinacion_del_riesgo_a_la_erosion_potencial_hidrica_en_la_zona_cafetera_del_Quindio_Colombia
- Cocuyame R., R. A. et ál Salazar Quintero, D. (2015). *clasificación y zonificación de la susceptibilidad a la erosión hidrica en la cuenca del rio Guabas con apoyo de herramientas Geomaticas*. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9108/CB-0527729.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Domingo, M., & Portuguez , M. (2014). Estimacion de la perdida de suelos por erosión hidrica en la cuenca del rio Siguas utilizando Geoinformatica. Lima-Peru, Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/797>
- *Agenda Ambiental del Municipio de Melgar*. (2004). Obtenido de Cortolima: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/agendas/2004_Agenda_Ambiental_del_Municipio_de_Melgar.pdf

- Alcadia, M. (2015), *Dimension socioeconomica y competitiva del PBOT*,
https://melgartolima.micolombiadigital.gov.co/sites/melgartolima/content/files/000332/16588_dimension_socioecob.pdf
- ARNOLDUS, H. (1980). Evaluación de la Erosión. John Wileyand Sons, Inc.Chichester, West.<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3486/Solano%20Peralta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAR. (2016), *DIAGNÓSTICO POR EROSIÓN*. Cundinamarca :
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5b9045459a4e5.pdf>.
- CDIM-ESAP, (2007), *Diagnostico municipal Melgar Tolima* . Obtenido de Diagnostico municipal Melgar Tolima:
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_melgar_\(81\)](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_melgar_(81))
- CDIM-ESAP. (2007). *Diagnostico municipal Melgar Tolima (s.f.)*. Obtenido de
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_melgar_\(81\)](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_melgar_(81))
- Codazzi, I. G. (s.f.), Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del departamento del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del; CVC; IGAC.
- CORTOLIMA. (2015), *COMO CONSERVAR EL SUELO, UN SOPORTE DE VIDA*.
<https://www.cortolima.gov.co/boletines-prensa/conservar-suelo-soporte-vida>.
- *CORTOLIMA*. (2016), Diagnostico de perdidas de suelos totare
https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/m_212perdida_de_suelos_totare.pdf
- *CAR*, (2016)*Diagnostico por erosion (CAR)*. (s.f.),
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5b9045459a4e5.pdf>

- Diaz Mendoza, C. (3 de Diciembre de 2011). *ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN MEDIANTE EL USO DE COBERTURAS CONVENCIONALES, NO CONVENCIONALES Y REVEGETALIZACIÓN*,
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf>
- *Euskadi* (2017). Obtenido de Medo ambiente:
<https://www.euskadi.eus/informacion/suelo/web01-a2inglur/es/>
- FAO. (2018). *ScribdHare*, Buenas Parcticas para la gestion y uso sostenible de los suelos en areas rurales <https://www.slideshare.net/pillarroman35/gua-de-buenas-prcticas-para-la-gestin-y-uso-sostenible-de-los-suelos-en-reas-rurales>
- FONNEGRA, M. I. (2018), Degradación del suelo tiene en jaque a más del 40 % de la humanidad. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/efectos-de-la-degradacion-del-suelo-en-el-mundo-informe-de-ipbes-198192>
- IGAC. (Abril de 2014). *Metodologia para la clasificacion del uso del suelo*.
<http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/2014/M4010002%2014V2%20Para%20la%20clasificacion%20de%20las%20tierras%20por%20su%20capacidad%20de%20uso.pdf>
- IGAC. (21 de 04 de 2016). *El IGAC recomienda aplicar cinco prácticas de manejo para evitar la erosión.*| El IGAC recomienda aplicar cinco prácticas de manejo para evitar la erosión: <https://igac.gov.co/es/noticias/30-practic-as-que-evitarian-el-deterioro-del-suelo-recurso-natural-del-que-pocos-hablan>
- Mannaerts. (1999). *Miliarium.com Ingeniería civil y medio ambiente; Modelo de la ecuación universal de perdida de suelos revisado (RUSLE)*; <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Suelos/Rusle.htm>

- Marta, T. (s.f.).(2017), *LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDAS DEL SUELO .PASADO , PRESENTE Y FUTURO*, ICONA- MADRID:
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_REPN%2FECO_1991_5_13_50.pdf
- Melgar, A. d. (2015). *Dimension socioeconomica y competitiva*,
https://melgartolima.micolombiadigital.gov.co/sites/melgartolima/content/files/000332/16588_dimension_socioecob.pdf
- Mendoza, I. C. (Mayo- Agosto de 2013). Obtenido de Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v34n2/riha01213.pdf>
- Miguel, T. A. (2017). *ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL SUELO A LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA FINCA EL RECUERDO, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS*, <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/123456789/473>
- Minambiente. (2017). *Sistema de Informacion Ambiental de Colombia*. Obtenido de Sistema de Informacion Ambiental de Colombia: <http://www.siac.gov.co/sueloscolombia>
- Mosquera, H. J., Leal, C., Mauricio, & Cadena Galvis, A. J. (Mayo de 2019). *DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL RESPECTO A LA ACTIVIDAD MINERA Y LA EXTRACCIÓN ILÍCITA DE MINERALES EN EL PAÍS*, Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/2-diagnostico-actividad-minera-y-explotacin-ilicita-expertos.pdf>
- P. Zelada A.& Maquire. (2005). *CAPACIDAD DE USO DEL SUELO*. Obtenido de Expediente Comunal. Estudio Modificación Plan Regulador Comunal de Coronel.:
<http://www.e coronel.cl/wp-content/uploads/2014/03/Capacidad-uso-de-suelo-coronel.pdf>

- ROOSEVELT, S. P. (2016). *ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELOS POR EROSION HIDRICA EN LA SUBCUENCA DEL RIO SHULLCAS.*,
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3486/Solano%20Peralta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- S.A., E. (06 de 07 de 2006). *petrolnews*,
<https://www.petrolnews.net/noticia.php?ID=fqxlxyyg&r=2038>
- Sicard, T. L. (2016). *Relaciones Agricultura – Ambiente en la Degradacion de Tierras en Colombia* http://www.idea.unal.edu.co/publica/docs/Degradacion_Tierras_Colombia.pdf
- *United States Department of Agriculture (USDA)*. (Marzo de 2017). survey manual. Soil Conservation Service, Soil Survey Staff. Agricultural Handbook N° 18. Washington.
- Zahaira, K. (08 de 2018). *scribd*. Obtenido de scribd: Ventajas y Desventajas de las Bpa
<https://es.scribd.com/document/385312485/Cuadro-Comparativo-de-Las-Ventajas-y-Desventajas-de-Las-Bpa>

9. ANEXOS

Formulas a usar en Raster calculator

- Factor F: $((\text{Sin}(\text{"%slope%"} * 0.01745) / 0.0896) / (3 * \text{Power}(\text{Sin}(\text{"%slope%"} * 0.01745), 0.8) + 0.56))$
- Factor M: $\text{"%factor_F.tif%"} / (1 + \text{"%factor_F.tif%"})$
- factor L: $(\text{Power}(\text{"%acumulation%"} + 625, (\text{"%factor_M%"} + 1)) - \text{Power}(\text{"%acumulation%"}, (\text{"%factor_M%"} + 1))) / (\text{Power}(25, (\text{"%factor_M%"} + 2)) * \text{Power}(22.1 \text{QWWWWW} | 3, \text{"%factor_M%"}))$

- Factor S: $\text{Con}((\tan(\text{\%slope\%} * 0.01745) < 0.09), (10.8 * \sin(\text{\%slope\%} * 0.01745) + 0.03), (16.8 * \sin(\text{\%slope\%} * 0.01745) - 0.5))$

- Factor LS: $\text{\%factor_L\%} * \text{\%factor_S\%}$

$$A = R * K * LS * C$$

- Precipitación anual: $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} / 12$

IMF: $\sqrt{(p_1/p \text{ anual})^2 + (p_2/p \text{ anual})^2 + (p_3/p \text{ anual})^2 + (p_4/p \text{ anual})^2 + (p_5/p \text{ anual})^2 + (p_6/p \text{ anual})^2 + (p_7/p \text{ anual})^2 + (p_8/p \text{ anual})^2 + (p_9/p \text{ anual})^2 + (p_{10}/p \text{ anual})^2 + (p_{11}/p \text{ anual})^2 + (p_{12}/p \text{ anual})^2}$