

DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ERODABILIDAD (MÉTODO U.S.L.E.) DE LOS SUELOS PERTENECIENTES A LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ



**JUAN PABLO LÓPEZ CUY
FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL & SANITARIA
VALLEDUPAR / CESAR**

2021 – I

**DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ERODABILIDAD (MÉTODO
USLE) DE LOS SUELOS PERTENECIENTES A LA CUENCA ALTA DEL RÍO
CANDELA JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ**

**JUAN PABLO LÓPEZ CUY
FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO**

**KARINA PAOLA TORRES CERVERA
Msc. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL & SANITARIA
VALLEDUPAR / CESAR**

2021 – I

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

A Dios por la vida, a mis padres por la paciencia y por creer en mis capacidades. A las amistades que me ha dejado este proceso formativo. A los profesores por transmitir sus conocimientos y experiencias. No es solo un logro personal, sino de todos aquellos que dieron su apoyo.

Juan Pablo López Cuy.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres, a mi familia y a mis amigos.

Fabian Enrique Campo Quintero.

AGRADECIMIENTOS

Gracias primeramente a Dios por las capacidades y acontecimientos que llevaron a este logro que no es solo personal. Gracias a Néstor López Fonseca y Jacqueline Cuy Romero por el amor, paciencia y entera disposición, que desde la infancia me hicieron sentir. A Mauricio López por su ejemplo de superación que siempre ha sido luz a mis pasos. A Walter Cuy que desde mucho atrás ha sido como un segundo padre para mí. A mis hermanos Daniel, Miguel y Andrea López. A mi abuelo José Cuy que siempre me motivó a estudiar.

Gracias a mis familiares y amistades que siempre estuvieron al tanto de este proceso de formación. Gracias a los maestros que con destreza nutrieron de conocimiento.

Gracias a la ingeniera Karina Torres que estuvo al tanto del desarrollo de este proyecto. Al ingeniero Paul Arias que nos asesoró con pautas objetivas en este proceso. Al ingeniero Jenider Arias que nos permitió las condiciones y aportó conocimiento de la zona para poder realizar este trabajo de investigación con la comunidad de Atánquez.

Gracias a las amistades que pude hacer en este bello proceso de formación que no se detiene acá, solo un peldaño más, con la intención de llevar soluciones para la sustentabilidad ambiental.

Agradecimiento a la Universidad Popular del Cesar donde me pude realizar como profesional.

Juan López.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por darme el don de la vida y poder llevar a cabo este logro; a mis padres, Fabio Campo y Lucila Quintero, gracias a ellos salí adelante en la realización de este trabajo, siempre me apoyaron incondicionalmente y nunca dejaron de confiar en mí; a mis hermanas, por las palabras de motivación que brindaron durante este proceso. También quiero agradecer a mi abuela “Malele”, ella que ha sido la musa de mi inspiración en la realización de este proyecto.

Agradezco a mis amigos Uru, Gerson, José, Ricardo y César Manjarrez, quienes han sido acompañantes fieles en el largo camino que recorrí, de veras muchas gracias por sus inconmensurables favores. Así mismo, quiero manifestar mis agradecimientos al equipo BATA, con los cuales pude compartir algunas fases de este proyecto, gracias por su colaboración y apoyo.

Agradezco a la familia meza por hacer parte de este proceso

Por último, doy gracias a la directora del proyecto, Karina Torres y al asesor Paul Klement, gracias a ellos por brindarme sus orientaciones en el proceso del desarrollo de este trabajo investigativo. A todos muchas gracias.

Fabian Campo.

CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. MARCO REFERENCIAL.....	16
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
4.2. MARCO TEÓRICO.....	18
4.2.1. Erosión de los Suelos	18
4.2.2. Erodabilidad de los Suelos	22
4.2.3. Clasificación del Suelo	25
4.2.4. Caracterización del Suelo	26
4.2.5. Zonificación Ambiental.....	27
4.3. MARCO CONCEPTUAL	29
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	32
4.5. MARCO LEGAL.....	33
5. MARCO METODOLÓGICO	36
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	36
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	36
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	36
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	37
5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	38
5.6.1. Fase 1: Diagnóstico	38
5.6.2. Fase 2: Zonificación	39
5.6.3. Fase 3: Formulación de Estrategias	41
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
6.1. REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES REFERENTES A LAS PRÁCTICAS DE MANEJO DEL COMPONENTE SUELO EN EL ÁREA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA, CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ	43
6.1.1. Reconocimiento de Campo.....	43
6.1.2. Caracterización Morfológica y Morfométrica	51
6.1.3. Contexto del área de estudio	63
6.2. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE LOS VALORES DE ERODABILIDAD OBTENIDOS A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CORRESPONDIENTES AL ÁREA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA, CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ ...	70
6.2.1. Muestreo de Suelos	70

6.2.2.	Caracterización del Suelo	72
6.2.3.	Determinación de la Erodabilidad	80
6.2.4.	Elaboración del Mapa de Erodabilidad	81
6.3.	<i>FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA FOMENTAR LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO, GENERACIÓN DE CAPACIDADES Y TRANSICIÓN A LAS BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE LOS SUELOS EN EL ÁREA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA, CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ</i>	87
6.3.1.	Estrategias Preventivas	87
6.3.2.	Estrategias Correctivas	89
6.3.3.	Comunicación de Resultados	91
7.	CONCLUSIONES	93
8.	RECOMENDACIONES	96
	BIBLIOGRAFÍA	97
	ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco Normativo Aplicable	33
Tabla 2. Clasificación de la Erodabilidad del Suelo	41
Tabla 3. Listado de propietarios con referencia de predios y actividad económica	45
Tabla 4. Variables primarias calculadas con ArcMAP	52
Tabla 5. Cálculo para la obtención de la curva hipsométrica	53
Tabla 6. Cálculo para la obtención de valores para la pendiente de la cuenca	55
Tabla 7. Cálculo para la obtención de valores para la pendiente promedio de la red hídrica	57
Tabla 8. Parámetros morfométricos y morfológicos de la cuenca alta del río Candela	61
Tabla 9. Texturas de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela	77
Tabla 10. Coeficientes de permeabilidad del suelo de la cuenca alta del río Candela	79
Tabla 11. Erodabilidad del suelo mediante el método de Williams (Kwi)	81
Tabla 12. Plan Estratégico Preventivo	88
Tabla 13. Plan Estratégico Correctivo	89
Tabla 14. Temas considerados para comunicar los resultados	92

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resultados de campo del ensayo de infiltración	78

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Mapa de codificación de parcelas (predios) de la cuenca alta del río Candela	49
Ilustración 2. Mapa de clasificación de actividades económicas en la cuenca alta del río Candela	50
Ilustración 3. Mapa de pendientes de la cuenca alta del río Candela.....	54
Ilustración 4. Mapa de la Red hídrica de la cuenca alta del río Candela.....	56
Ilustración 5. Zonificación de la amenaza de la degradación de suelos por erosión.....	63
Ilustración 6. Zonificación del impacto de la amenaza del cambio climático	64
Ilustración 7. Zonificación de la vulnerabilidad ambiental del territorio	64
Ilustración 8. Mapa Geológico de Colombia.....	65
Ilustración 9. Zonificación de la Vocación del Suelo en el área de interés	66
Ilustración 10. Zonificación de las unidades cartográficas del Suelo en el área de interés.....	67
Ilustración 11. Zonificación de la precipitación multianual en la zona de estudio.....	69
Ilustración 12. Mapa de muestras y sondeos de la cuenca alta del río Candela.....	72
Ilustración 13. Medición en punto de sondeo y muestra para ensayo de infiltración	77
Ilustración 14. Mapa de Erodabilidad de la cuenca alta del río Candela	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo geológico donde se forma los suelos.....	18
Figura 2. Acumulación de precipitación y arrastre de sólidos	20
Figura 3. Influencia del clima y la erosión en las pendientes y tipos dominantes de movimientos en masa	20
Figura 4. Comparación de estructura radicular de siembras en parcelas con diferentes niveles de conservación de suelo	21
Figura 5. Efecto de cobertura vegetal sobre la escorrentía y la erosión.....	21
Figura 6. Nomograma para determinación de la Erodabilidad de Suelos	23
Figura 7. Esquema explicativo de la Materia Orgánica del Suelo.....	26
Figura 8. Condición de los suelos respecto a sus agregados.....	27
Figura 9. Localización Geográfica de la zona de estudio.....	33
Figura 10. Esquema de Toma de Muestras de Suelos	39
Figura 11. Procedimiento de Obtención Zonificada del Factor K de Erodabilidad	41

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Clasificación de las actividades económicas de la región.....	43
Gráfico 2. Curva hipsométrica y su interpretación	52
Gráfico 3. Curva hipsométrica de la cuenca alta del río Candela	53
Gráfico 4. Precipitación multianual estación Atanquez	69
Gráfico 5. Densidad Aparente (gr/cm ³) de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela	73
Gráfico 6. Densidad Real (gr/cm ³) de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela	74
Gráfico 7. Materia Orgánica (%) de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela ..	74
Gráfico 8. Porcentaje de arena de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela	75
Gráfico 9. Porcentaje de limo de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela.....	75
Gráfico 10. Clasificación de Texturas para las primeras cinco muestras	76
Gráfico 11. Clasificación de Texturas para las últimas cuatro muestras	76

Gráfico 12. Regresión lineal entre la arcilla (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)	84
Gráfico 13. Regresión lineal entre la arena (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)	84
Gráfico 14. Regresión lineal entre la arena muy fina (%) y el factor de erodabilidad (Kwi).....	85
Gráfico 15. Regresión lineal entre el Limo (%) y el factor de erodabilidad (Kwi).....	85
Gráfico 16. Regresión lineal entre la densidad aparente (gr/cm ³) y el factor de erodabilidad (Kwi)	86
Gráfico 17. Regresión lineal entre la materia orgánica (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)....	86

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Método USLE.....	22
Ecuación 2. Factor de erodabilidad	24
Ecuación 3. Fcsand	24
Ecuación 4. Fcl-si.....	25
Ecuación 5. Forgc	25
Ecuación 6. Fhisand	25

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La erosión de suelo es un problema ambiental muy serio que está afectando a la mayoría de los países de América Latina. Este problema es mucho más dramático que la reducción de la capa de ozono y la posibilidad de un efecto de invernadero, porque está afectando actualmente la subsistencia de millones de personas¹. La erodabilidad, hace referencia a la susceptibilidad del suelo a la erosión, debido a la facilidad de desprendimiento de sus partículas por acción del agua o el viento, la pendiente y clase textural².

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) advirtió que debido a los usos inadecuados que han realizado los agricultores, productores y empresarios en el terreno tricolor, el 28% de Colombia “agoniza” por conflictos como la sobreutilización y subutilización de sus suelos, y es más vulnerable a padecer los estragos de los fenómenos climáticos³.

Según el Estudio de conflictos de uso del suelo del IGAC, este porcentaje equivale a 32.794.351 hectáreas (de las más de 114 millones con las que cuenta el país), y abarca la mayor parte de las regiones Caribe y Andina, la Altillanura y el valle del río Cauca, que históricamente han sido aprovechadas por las actividades del hombre⁴.

La cuenca alta del Río Candela, en el corregimiento de Atánquez, ubicado al norte de la ciudad de Valledupar, en el departamento del Cesar, presenta condiciones de sobre uso debido a las actividades intensivas agrícolas que se desarrollan en ella, las cuales son pertinentes y aportan para el desarrollo

¹ FAO. Erosión del Suelo. URL acceso: <http://www.fao.org/3/t2351s/T2351S0a.htm> (recuperado el día 15 de Febrero de 2020).

² Ibíd.

³ IGAC. “Por el uso inadecuado en sus suelos, el 28 por ciento de Colombia sufriría más los estragos de los fenómenos climáticos”: IGAC. URL acceso: <https://igac.gov.co/es/noticias/por-el-uso-inadecuado-en-sus-suelos-el-28-por-ciento-de-colombia-sufriria-mas-los-estragos> (recuperado el día 15 de febrero de 2020).

⁴ Ibíd.

económico y social cuya fortaleza radica en el comercio y consumo de los productos cultivados en esta zona, que es considerada sagrada para la etnia Kankuama.

De acuerdo a Montero, T. (2017) en referencia a Lambert (2003), en el territorio indígena Kankuamo es común que la "...actividad humana, el crecimiento demográfico y el consumo, aumenta la extracción de agua y la adquisición de tierras cultivables, haciendo creciente la necesidad de las demás actividades con los riesgos consiguientes y prácticamente en todas las funciones del ecosistema, incluyendo sinergia de hábitat, producción, regulación y el desarrollo de infraestructura...".

Además, debido al ineficiente sistema educativo brindado, la desfortificación y pérdida de las costumbres que amenaza la cultura respecto a la sensibilidad ante el tema ambiental, conlleva a la "generación de afectaciones al realizar las diferentes actividades antrópicas, formando procesos erosivos, deforestación y quemas indiscriminadas, todo ello generando un conflicto social y ambiental (Montero Arias, 2017)".

La zona de estudio, en inmediación de la Sierra Nevada de Santa Marta, sufre una agresividad climática muy fuerte debido a los cambios extremos de intensa calor e intensidad, duración y frecuencia alterada de los volúmenes de agua precipitada; variables que inciden y repercuten directamente contra el recurso suelo haciéndolo cada vez más susceptible a la erodabilidad.

Identificada la problemática, los investigadores, quienes son comunes en la región y respetan la cultura y las prácticas realizadas por la comunidad Kankuama, en comunión con lo sagrado y espiritual que representa la belleza escénica y el valor paisajístico deciden presentar la formulación de un método de cuantificación de pérdida de suelo basado en el método U.S.L.E. y diseño de estrategias para contrarrestar los efectos provocados por las actividades dentro

de la cuenca alta del Río Candela. Para ello se enuncia la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será el grado de erodabilidad (Factor K) de los suelos pertenecientes a la cuenca Alta del río Candela en el corregimiento de Atánquez?

2. JUSTIFICACIÓN

Dentro de los ámbitos de los territorios sostenibles se propicia la investigación, con el objeto de proteger el medio ambiente buscando un aprovechamiento equilibrado de los recursos naturales. Este estudio se hace con la finalidad de cumplir este objeto de ayudar a identificar problemáticas poco perceptibles (como lo es la susceptibilidad a la pérdida de los suelos), realizar un diagnóstico específico y comunicar los resultados, proponiendo estrategias que armonicen la relación comunidad-ambiente.

La cuenca alta del río Candela es de gran importancia para la comunidad Kankuama, está enriquecida de historia y cultura. Ellos son conscientes de las condiciones que se perciben actualmente. Debido a las malas prácticas ocasionan la disminución de la calidad ambiental. Con la realización del proyecto se obtendrán los valores comunes de la erodabilidad en la zona de referencia, así como el valor promedio que sirve de indicador del estado de los suelos. En función del tipo de uso y vocación de suelo, se puede tener un panorama amplio de las problemáticas que incide la sociedad en el ambiente, lo que permitiría edificar estrategias preventivas o de mitigación que ayuden a consolidar la sostenibilidad sin afectar los patrones relacionados a la economía, la comercialización de productos y desarrollo de vida doméstica.

Habiendo identificado y diseñado estrategias se buscará que la comunidad indígena se sensibilice y adquiera capacidades en las buenas prácticas de manejo del suelo. Los beneficiados potenciales son aquellas unidades familiares que desempeñan vida doméstica y comercial en la cuenca alta del río Candela. Mediante la transferencia de conocimientos se pretende lograr que exista una transición y re fortalecimiento de la cultura medio ambiental, conociendo como cuidar el suelo y otros componentes ambientales.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los Valores de Erodabilidad (método U.S.L.E.) de los Suelos pertenecientes a la cuenca Alta del río Candela Jurisdicción del Corregimiento de Atánquez.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un diagnóstico de las condiciones sociales, económicas y ambientales referentes a las prácticas de manejo del componente suelo en el área de la cuenca alta del río Candela, corregimiento de Atánquez.

Zonificar Ambientalmente los valores de erodabilidad obtenidos a partir de la caracterización de los suelos correspondientes al área de la cuenca alta del río Candela, corregimiento de Atánquez.

Formular estrategias para fomentar la transferencia de conocimiento, generación de capacidades y transición a las buenas prácticas en el manejo de los suelos en el área de la cuenca alta del río Candela, corregimiento de Atánquez.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Montero, T (2017), realizó el estudio referente a: “el Recurso Hídrico en el corregimiento de Atánquez, Resguardo Indígena Kankuamo (Valledupar - Cesar – Colombia), y su relación con el medio ambiente y la comunidad”, para optar su titulación en Master en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en la Universidad de Manizales. Su estudio buscó comprender desde el análisis teórico-conceptual las principales categorías como educación ambiental, sostenibilidad ambiental, los enfoques sobre el desarrollo social y humano y los elementos constitutivos de los recursos hídricos (normatividad, principios) y territorio indígena, basados en la investigación descriptiva empleando listas de chequeo y entrevistas semi estructuradas diligenciada con actores (autoridades y habitantes) del corregimiento de Atánquez e inmediaciones. Las conclusiones apuntan en señalar el fuerte impacto ambiental que se está produciendo en el Corregimiento Atánquez, como efecto de las diversas actividades antrópicas que están mermando considerablemente el medio ambiente.

Alarcón Muriel, Sandra L.; Reyes Trujillo, Aldemar (Alarcón M. & Reyes T., 2013), realizaron el estudio denominado “Evaluación de la Erodabilidad de los suelos *typic dystrodepts*, *typic hapludands* y *andic dystrodepts* mediante simulador de lluvia en la Microcuenca La Centella (Dagua – Valle del Cauca)”. Este estudio consistió simular lluvias efectivas sobre unidades experimentales conformadas individualmente y combinadas por estos tipos de suelos, con el objetivo de conocer cuál era el grado de susceptibilidad de estos cuando se expone a condiciones topográficas diferentes en coberturas a cultivos de café, frijol y suelo desnudo. Concluyen que los suelos desnudos son más propensos a la pérdida, que entre mayor sea el espesor de la cobertura menos erosión hídrica existe y que las pendientes inciden de manera negativa aumentando la problemática.

Reyes, Osvaldo (2013), realizó el proyecto denominado Estimación de la Erodabilidad de un suelo mezclado con Biosólidos, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad del Bio-Bio en Chile. Este proyecto de grado consistió en el empleo de lisímetros y ensayos de goteo aplicado a una cantidad de material erodado en suelos mezclados con biosólidos realizando una comparación de los resultados con el método M.U.S.L.E., variando la concentración de este último de 0%, 12% y 100%, correlacionando la información, encontrando que los altos contenidos de materia orgánica son estadísticamente significativos para probar que los métodos presentan limitaciones cuando existen desequilibrios en los ajustes de bondad estadísticos que definieron sus reglas y sus ecuaciones normales.

Rivera, Lal, Amézquita, Mesa & Chaves (2010), desarrollaron el estudio titulado “Predicción de la Erodabilidad en Algunos suelos de la ladera de la zona cafetera Colombiana” con el objeto de entregar resultados a CENICAFÉ, para desarrollar un diagnóstico que permita mejorar las condiciones del suelo. Para ello seleccionaron 5 tipos de suelos y caracterizaron 71 variables físicas y químicas en 4 diferentes profundidades, realizando correlaciones univariadas y múltiples, obteniendo diez potencialmente predictibles para determinar el factor de erodabilidad.

Piscitelli, Varni, Sfeir & Ares (2010), realizaron el estudio “Valores de Erodabilidad (factor K-USLE) para suelos representativos de la cuenca alta del arroyo Azul (partido de Azul-Buenos Aires), como proyecto para la cátedra de Conservación y Manejo de Suelos en el Instituto de Hidrología de Llanuras. Seleccionaron 13 tipos de suelos los cuales fueron sometidos a la determinación porcentual de arena gruesa y fina, arcilla, limo, materia orgánica, densidad real y aparente, condición hidrológica y de estructura. Obtuvieron el factor K de los suelos y de la cuenca y realizaron correlación lineal entre los parámetros evaluados y el resultado global corroborando la bondad del ajuste individual y con coeficientes de variación bajos de 0,10 y 0,34.

Santos, L. & González C. (1999), desarrollaron la investigación titulada Mapa de Índices de Erodabilidad en la Cuenca Alta del Río Bogotá Utilizando el Sistema de Información Geográfica ARC-INFO, empleando el método de Wischmeier y Paulet, sobre un total de 96 perfiles de suelos representativos, tomado de ocho estudios generales, semidetallados y detallados que incluían alguna zona de la cuenca alta del río Bogotá. Los resultados arrojan que el método de Paulet es menos sensitivo que el Wischmeier, con el cual se encontró que el 21,5% de los suelos son muy poco erodables, 39,3% son débilmente erodables, 36% medianamente erodables y 3,2% fuertemente erodables.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Erosión de los Suelos

El suelo está en constante cambio. No existe un límite de tolerancia fijo para saber cuándo un suelo es estresado por el transporte natural de sus sedimentos, sin embargo, se pueden definir límites en función de los factores externos que actúan contra el suelo versus su propia fragilidad intrínseca de ser susceptible a perder volumen.

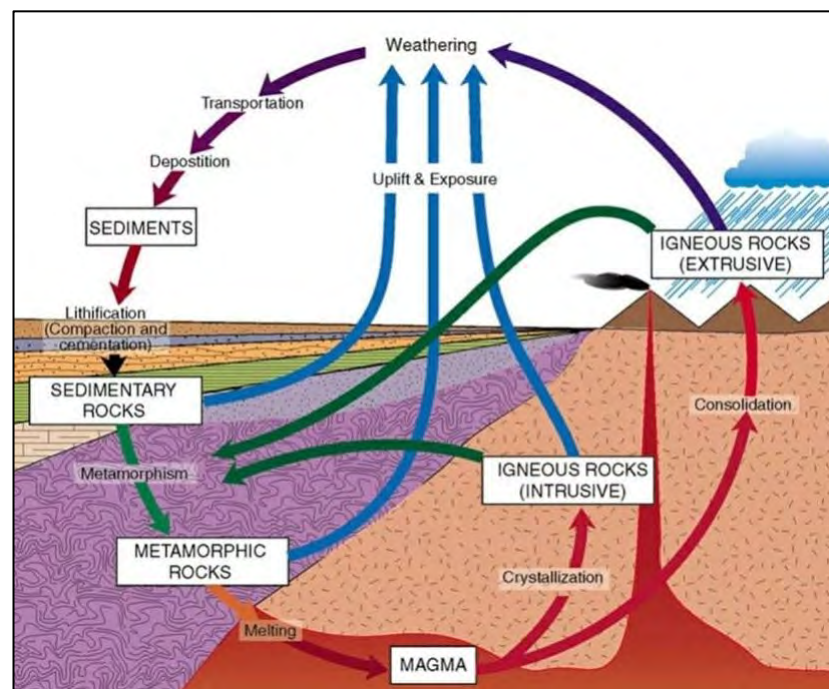


Figura 1. Ciclo geológico donde se forma los suelos

Fuente: Monroe & Wicander (1992)

A nivel geológico existen los procesos de intemperismo, meteorización y erosión, siendo un ciclo donde intervienen múltiples factores externos que conjugados con los internos permiten la formación del suelo, como se observa en la figura 1.

Existen dos tipos de erosión, la hídrica y la eólica. La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), 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 de suelo. Por otra parte, la erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo⁵.

Según el SIAC, citando a Lal (2001), bien la erosión es la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos⁶.

4.2.1.1. Factores que definen la erosión de los suelos

Existe diversidad de factores que intervienen en la erosión de los suelos. La degradación del suelo se define como la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales⁷. Los factores más importantes relacionados con la pérdida del suelo son⁸:

- Erosividad: asociada a la energía que posee el agua de escorrentía producto de una precipitación, que durante un evento de tormenta genera una intensidad que iguala o supera la mencionada energía ocasionando el desprendimiento y arrastre de partículas del suelo.

⁵ Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Degradación de Suelos. Acceso URL: <http://www.siac.gov.co/erosion> (recuperado el día 16 de febrero de 2020).

⁶ *Ibíd.*

⁷ Como las presentadas en la zona de estudio del presente documento.

⁸ FAO. Erosión del Suelo. URL acceso: <http://www.fao.org/3/t2351s/T2351S0a.htm> (recuperado el día 16 de Febrero de 2020).

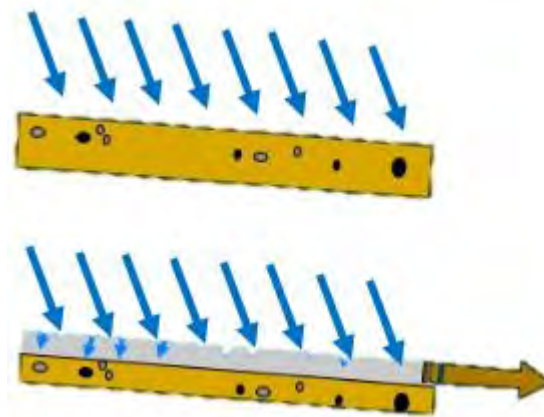


Figura 2. Acumulación de precipitación y arrastre de sólidos

Fuente: Schlatter, Juan (2011)

- Morfología del Terreno: las características físicas inciden en la erosión del suelo, siendo garantes que exista mayor velocidad de arrastre ante algún evento de lluvia o el mismo desprendimiento de partículas que sean arrastradas eólicamente. Aunque notablemente incide en eventos de tormentas o lluvias.

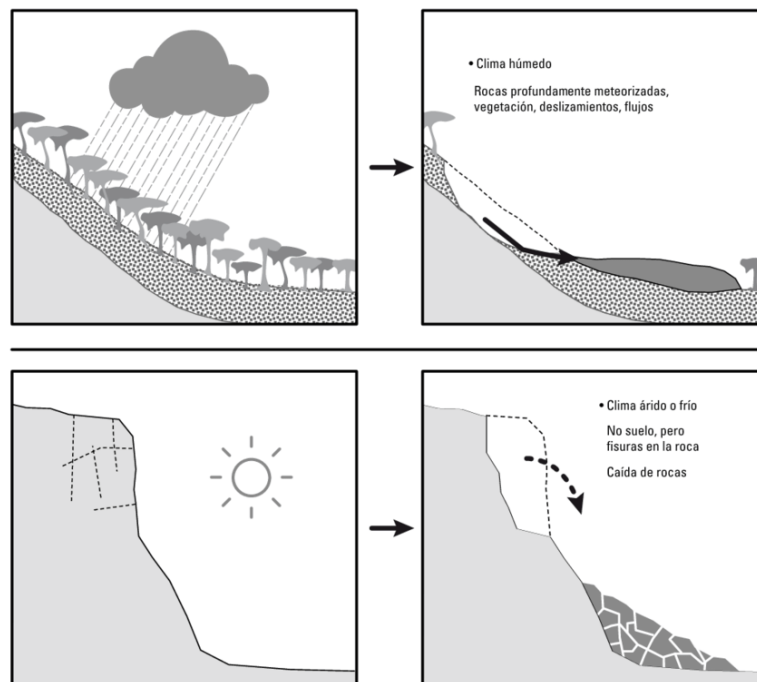


Figura 3. Influencia del clima y la erosión en las pendientes y tipos dominantes de movimientos en masa

Fuente: Marchant, Carla (2015)

- Prácticas de Manejo del Suelo: La mala utilidad del suelo se ve claramente representada en la siembra discriminada agrícola, que solo prioriza la producción antes de la calidad del suelo. Una buena práctica de manejo del suelo contra la erosión puede ayudar significativamente en un producto con características bioquímicas potencialmente beneficiosas para la salud humana.



Figura 4. Comparación de estructura radicular de siembras en parcelas con diferentes niveles de conservación de suelo

Fuente: García, Paul (2018)

- Cobertura: la cobertura arbórea, arbustiva y vegetativa contribuyen a regular la cantidad de agua que puede ingresar mediante la precipitación sea reteniéndola en las hojas, absorbiéndola, contribuyendo a su infiltración rápida, entre otras funciones ecológicas que ayudan a evitar que exista un mayor factor erosivo.

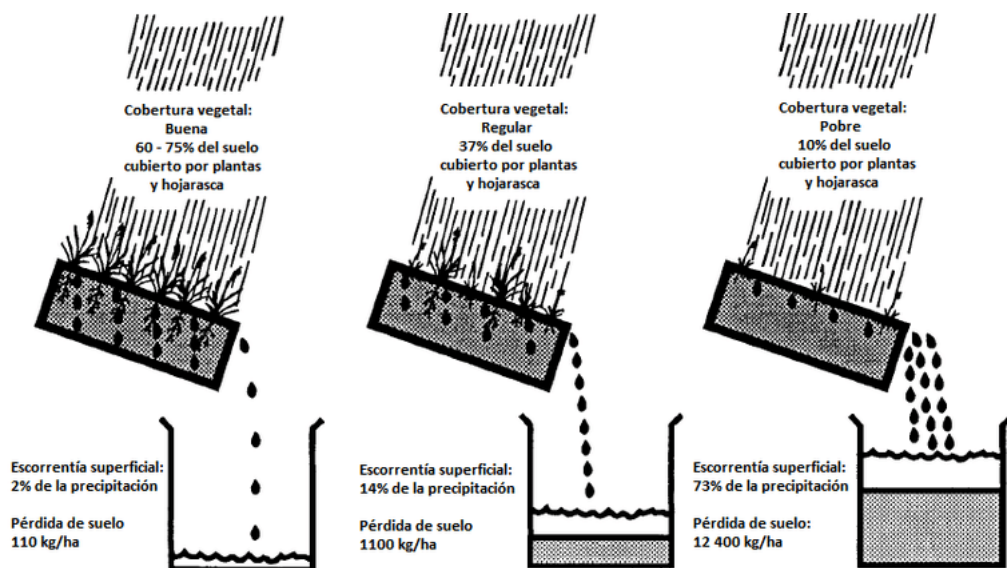


Figura 5. Efecto de cobertura vegetal sobre la escurrentía y la erosión

Fuente: Adaptado por Martínez F. (2013) de Knight (1993) y Bailey & Copeland (1961)

4.2.2. Erodabilidad de los Suelos

Otro factor más que influye en la erosión. Un suelo erodable es vulnerable y susceptible a la pérdida y dependen intrínsecamente de sus propiedades. Este factor es proporcional a los valores de erosión. Existen diversas propiedades que influyen la erodabilidad por el agua, estas son⁹:

- Las que afectan la velocidad de infiltración del agua en el suelo
- Las fuerzas que producen la resistencia del suelo a la dispersión, salpicamiento y fuerzas de transporte por el caudal.

4.2.2.1. Método U.S.L.E.

El método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (Universal Soil Loss Equation, U.S.L.E., por sus siglas en inglés) sirve para calcular la erosión total laminar y en surcos en un segmento de pendiente¹⁰ y está dado por la siguiente formulación:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Dónde,

- A : Es la pérdida de suelos calculada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R, generalmente toneladas (t) hectárea (ha)-1 año-1.
- R : El factor lluvia y escurrimiento, es el número de unidades de índice de erosión pluvial (EI), más un factor para escurrimiento por derretimiento de nieve o aplicación de agua. El EI para una tormenta es el producto de la energía total de la tormenta (E) y su máxima intensidad en 30 minutos (I).
- K : El factor susceptibilidad de erosión del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad EI para un suelo específico, medido en una porción de terreno estándar (22.13 m de largo, 9% pendiente, en barbecho y labranza continua).

⁹ Mattos, R. 1999. Erosión y transporte de sedimentos. En: Pequeñas obras hidráulicas, capítulo 3. UNESCO. ISBN 92-9089-069-X

¹⁰ FAO. Predicción de la Erosión de Suelos. Acceso URL: <http://www.fao.org/3/t2351s/T2351S03.htm> (recuperado el día 16 de febrero de 2020).

- L : El factor de largo de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos en el largo de la pendiente específica con respecto a un largo de pendiente estándar (22,13 m).
- S : El factor de magnitud de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos de una superficie con una pendiente específica con respecto a aquella en la pendiente estándar de 9%, con todos los otros factores idénticos.
- C : El factor cubierta y manejo, es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua.
- P : El factor de prácticas de apoyo de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente.

4.2.2.1.1. Erodabilidad U.S.L.E.

Enfocados principalmente en la Erodabilidad, Wischmeier & Smith (1971) fueron pioneros en la formulación de métodos de cálculo de erodabilidad. Quienes a partir de datos experimentales consolidaron la información en un nomograma.

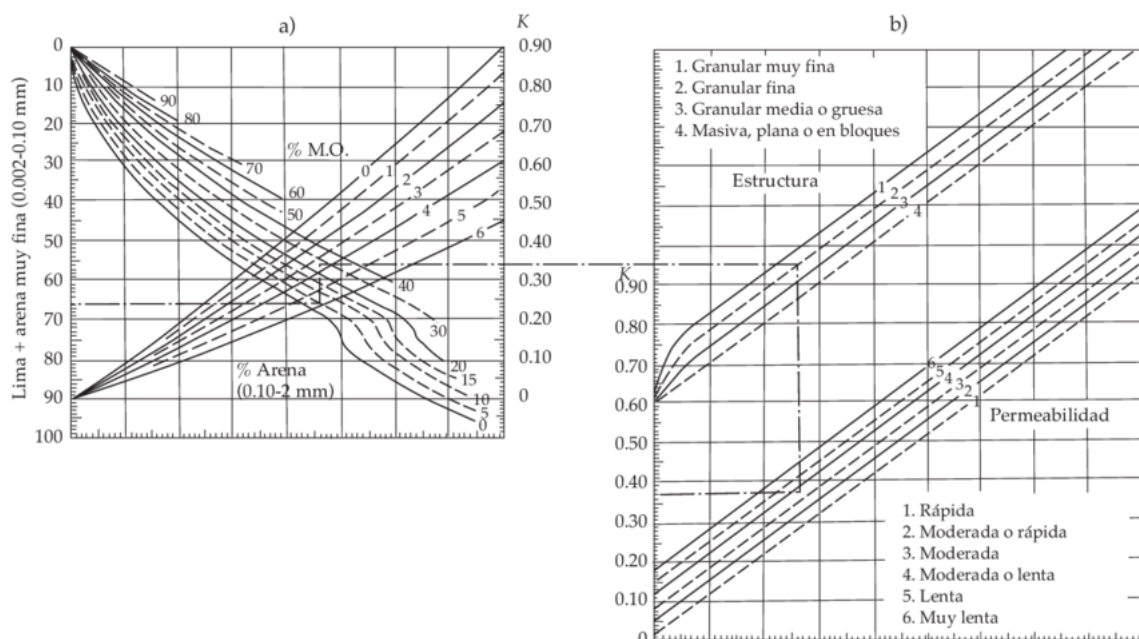


Figura 6. Nomograma para determinación de la Erodabilidad de Suelos

Fuente: Wischmeier & Smith (1971)

En base a sus investigaciones se realizó profundidad e innovación al tema. Las investigaciones realizadas por la Comisión de las Comunidades Europeas (CEC, por sus siglas en ingles) (1992), en conjunto con los estudios de Michiels & Gabriels (1996), sintetizaron toda esta información de cálculo, creando un método más práctico basado en características físicas como los porcentajes de los agregados y el carbono orgánico. Esta formulación puede ser alternativa al nomograma de Wishmeier & Smith. Matemáticamente se expresa así:

$$K_{USLE} = 0,1317 \times f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgc} \times f_{hisand}$$

Dónde,

0,1317 : Valor de conversión y ajuste al sistema de unidades internacionales.

F_{csand} : Factor de suelos con baja erodabilidad, alto contenido de arena gruesa y altos valores de arena fina.

F_{cl-si} : Factor de suelos con baja erodabilidad y altos ratios de arcilla y sedimentos.

F_{orgc} : Factor que reduce la erodabilidad para suelos con un alto contenido de carbono orgánico.

F_{hisand} : Factor que reduce la erodabilidad para suelos con alto contenido de arena.

Cada factor en mención posee una formulación matemática:

- F_{csand} :

$$f_{csand} = \left\{ 0,2 + 0,3 \times \exp \left[-0,256 \times m_s \times \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right\} \quad \text{Ecuación 3. } F_{csand}$$

Dónde,

m_s : Porcentaje de arena

m_{silt} : Porcentaje de limo

- F_{cl-si}

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3}$$

Ecuación 4. Fcl-si

Dónde,

m_s : Porcentaje de Arena

m_{silt} : Porcentaje de Limo

m_c : Porcentaje de Arcilla

- F_{orgc}

$$f_{orgc} = \left[1 - \frac{0,0256 \times orgC}{orgC + \exp(3,72 - 2,95 \times orgC)} \right]$$

Ecuación 5. Forgc

Dónde,

$orgC$: Porcentaje de Materia Orgánica

- F_{hisand}

$$f_{hisand} = \left\{ 1 - \frac{0,7 \times \left[1 - \frac{m_s}{100} \right]}{\left[1 - \frac{m_s}{100} \right] + \exp \left[-5,51 + 22,9 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right\}$$

Ecuación 6. Fhisand

Dónde,

m_s : Porcentaje de Arena

4.2.3. Clasificación del Suelo

Existen varios métodos de caracterización del suelo enfocadas de acuerdo al tipo de utilidad que se le pueda brindar al suelo:

- El método de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO, por sus siglas en inglés) está orientado a la geotecnia en carreteras.
- El método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), es empleado en obras de ingeniería y geología.

- El método Taxonómico de Clasificación de suelos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A., por sus siglas en inglés), es jerárquico y va tratando de agrupar suelos similares en categorías muy generales, en doce ordenes que permiten de acuerdo a características físicas y de percepción identificar la génesis del suelo.

4.2.4. Caracterización del Suelo

El suelo se caracteriza de acuerdo a propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Para el presente estudio se tiene en cuenta las siguientes:

4.2.4.1.1. Materia Orgánica

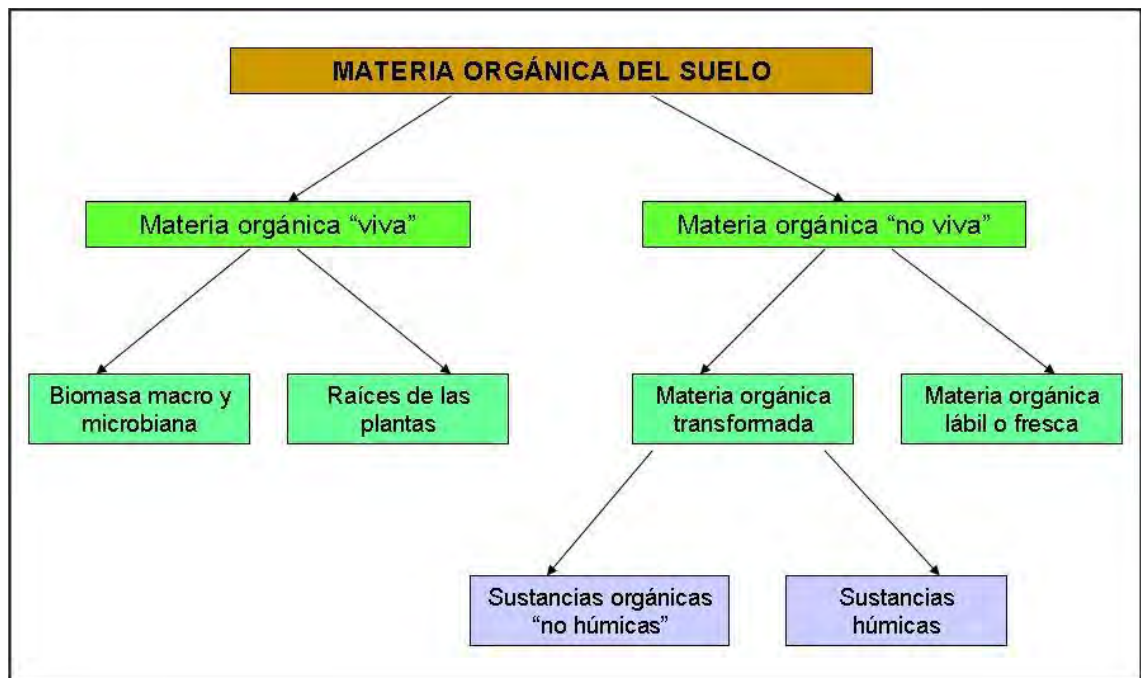


Figura 7. Esquema explicativo de la Materia Orgánica del Suelo

Fuente: Sanclemente, Óscar (2012)

Se considera un suelo en equilibrio si presenta 25% de aire y agua, respectivamente, 45% de matriz sólida y un 5% de materia orgánica.

4.2.4.1.2. Agregados Normales del Suelo



Figura 8. Condición de los suelos respecto a sus agregados

Fuente: FAO.

Los suelos pueden ser clasificados según el tamaño y distribución porcentual de sus agregados naturales, para ello se necesita la textura, la cual a su vez se clasifica en porcentaje de arena, limos y arcillas, además existen los suelos franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos.

4.2.5. Zonificación Ambiental

La zonificación es un proceso de sectorización de un territorio en unidades espaciales relativamente homogéneas y generalmente está relacionada a factores biofísicos, sociales, económicos, culturales y políticos o administrativos. La Zonificación Ambiental y Económica (ZAE) como una forma de planificación del uso de la tierra, se constituye en un instrumento técnico para la gestión del desarrollo sostenible; pues además, proporciona información sobre la capacidad y fragilidad del territorio y sus recursos naturales en forma sistematizada y localizada geográficamente, lo cual ayuda a la toma de decisiones sobre políticas

de desarrollo, manejo y conservación de los ecosistemas y las actividades humanas¹¹.

En este caso particular se zonificarán los factores de la erodabilidad con el objeto de tener medidas geográficas-espaciales para planificar estrategias relacionadas a las buenas prácticas en el manejo y uso del suelo.

4.2.5.1. Sistema de Información Geográfico (SIG)

Un Sistema de Información Geográfico (SIG) permite relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Esto quiere decir que en un solo mapa el sistema muestra la distribución de recursos, edificios, poblaciones, entre otros datos de los municipios, departamentos, regiones o todo un país. Este es un conjunto que mezcla hardware, software y datos geográficos, y los muestra en una representación gráfica. Los SIG están diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de todas las formas posibles de manera lógica y coordinada¹².

Para este proyecto se utilizará el SIG ArcMap del paquete ArcGIS.

¹¹ CORTOLIMA. POMCA río Lagunilla. Acceso URL: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_lagunilla/35_zonificacion_ambiental_economica.pdf (recuperado el día 20 de febrero de 2020).

¹² MINEDUC. ¿Qué es un SIG?. Acceso URL: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-190610.html> (recuperado el día 20 de febrero de 2020).

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Ambiente: Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

Cambio climático: Alteraciones de los ciclos climáticos naturales del planeta por efecto de la actividad humana, especialmente las emisiones masivas de CO₂ a la atmósfera provocadas por las actividades industriales intensivas y la quema masiva de combustibles fósiles.

Consumo responsable: Consumo de productos y servicios generados en el tercer mundo por parte de personas de los países ricos, que tiene en cuenta las condiciones laborales y ambientales en que esta producción se ha llevado a cabo.

Contaminación: (Del latín contaminare = manchar). Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

Contaminación del suelo: Es el depósito de desechos degradables o no degradables que se convierten en fuentes contaminantes del suelo.

Cuenca hidrográfica: Es una porción del terreno definido, por donde discurren las aguas en forma continua o intermitente hacia un río mayor, un lago o el mar.

Deforestación: Término aplicado a la desaparición o disminución de las superficies cubiertas por bosques, hecho que tiende a aumentar en todo el mundo. Las acciones indiscriminadas del hombre ante la necesidad de producir madera, pasta de papel, y el uso como combustible, junto con la creciente

extensión de las superficies destinadas a cultivos y pastoreo excesivo, son los responsables de este retroceso. Tiene como resultado la degradación del suelo y del tipo de vegetación que se reduce a arbustos medianos y herbáceos con tendencia a la desertización.

Degradación de suelos: Reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada en zonas áridas, semiáridas y semihúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento.

Desarrollo sostenible: Es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Al mismo tiempo que distribuye de forma más equitativa las ventajas del progreso económico, preserva el medio ambiente local y global y fomenta una auténtica mejora de la calidad de vida.

Economía del medio: Ciencia económica que incluye parámetros ecológicos.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

Educación ambiental: Acción y efecto de formar e informar a colectividades sobre todo lo relacionado con la definición, conservación y restauración de los distintos elementos que componen el medio ambiente.

Estudio de impacto ambiental: Es el conjunto de información que se deberá presentar ante la autoridad ambiental competente y la petición de la licencia ambiental.

Erosión: Pérdida de la capa vegetal que cubre la tierra, dejándola sin capacidad para sustentar la vida. La erosión tiene un lugar en lapsos muy cortos y esta favorecida por la pérdida de la cobertura vegetal o la aplicación de técnicas inapropiadas en el manejo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, flora y fauna).

Gestión ambiental: Es el conjunto de las actividades humanas que tiene por objeto el ordenamiento del ambiente y sus componentes principales, como son: la política, el derecho y la administración ambiental.

Hábitat: Lugar o área ecológicamente homogénea donde se cría una planta o animal determinado. Sinónimo de biotopo.

Humus: Está formado por todas las sustancias orgánicas que están tanto en el suelo como encima de él, y que se han formado por la descomposición de plantas muertas. Tiene una gran cantidad de componentes que son esenciales para el desarrollo de las plantas y que ellas absorben por las raíces.

Impacto ambiental: Es la repercusión de las modificaciones en los factores del Medio Ambiente, sobre la salud y bienestar humanos. Y es respecto al bienestar donde se evalúa la calidad de vida, bienes y patrimonio cultural, y concepciones estéticas, como elementos de valoración del impacto.

Medio ambiente: Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la sociedad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia.

Población: Conjunto de individuos perteneciente a una misma especie, que coexisten en un área en la que se dan condiciones que satisfacen sus necesidades de vida.

Problema ambiental: Daño aparente, real o potencial al medio ambiente que no está acompañado de acción popular.

Recursos naturales: Son aquellos bienes existentes en la Tierra y que la humanidad aprovecha para su subsistencia, agregándoles un valor económico. Tales recursos son: El aire, la energía, los minerales, los ríos, la flora, la fauna, etc.

Sostenibilidad: Proceso de racionalización de las condiciones sociales, económicas, educativas, jurídicas, éticas, morales y ecológicas fundamentales que posibiliten la adecuación del incremento de las riquezas en beneficios de la sociedad sin afectar al medio ambiente, para garantizar el bienestar de las generaciones futuras. También puede denominarse sustentabilidad.

4.4. MARCO CONTEXTUAL

La cuenca alta del río Candela se encuentra ubicada entre las cumbres de los cerros La Juaneta y Juanete hasta el punto de intercepción del puente vía corregimiento de Atánquez al corregimiento Guatapurí, ambos ubicados al norte del municipio de Valledupar, territorio rural de este último.

La cuenca alta del río Candela posee una extensión territorial aproximadamente a seis (6) kilómetros cuadrados, se eleva a un máximo de 2150 metros sobre el nivel del mar (msnm) y un mínimo de 730 msnm. En ella se desarrollan actividades agrícolas en gran proporción de siembra de caña, café, frijol entre otras, donde la principal actividad económica radica en la producción de bloques de panela, endulzante natural típico de la región.

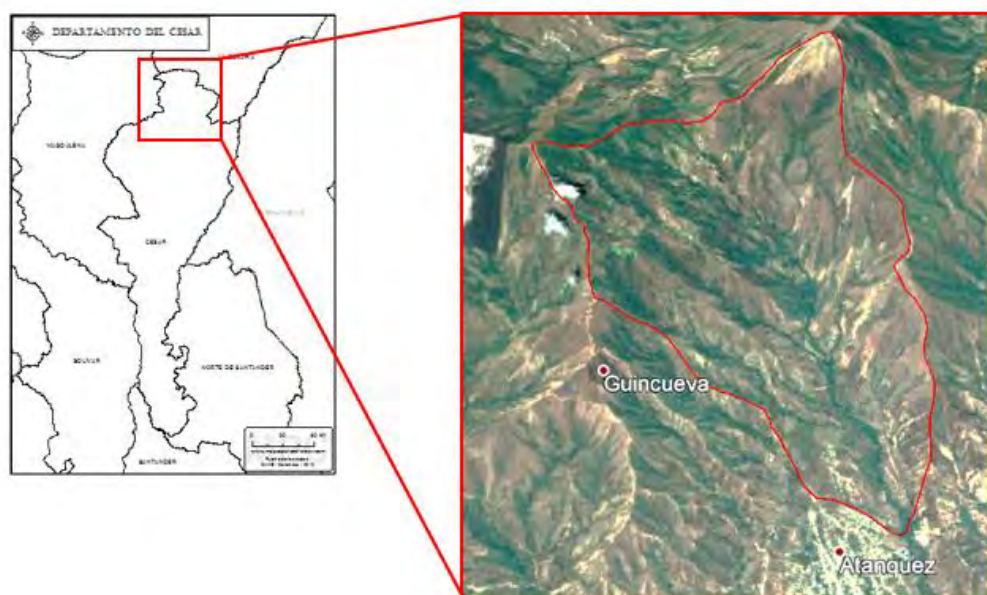


Figura 9. Localización Geográfica de la zona de estudio

Fuente: Autores, 2020

Esta zona sufre una intensa agresividad climática por parte de la irradiación solar incidente y los índices de intensidad de las precipitaciones, que en consideración con las actividades que se desarrollan en el suelo generan condiciones apropiadas para que exista pérdida del suelo.

4.5. MARCO LEGAL

Las siguientes son los requisitos legales y otros que el país formula como normativa para cumplir respecto al componente suelo.

Tabla 1. Marco Normativo Aplicable

Norma	Descripción
Convención Río de Janeiro	Capítulo 12: Ordenación de los ecosistemas frágiles: Lucha contra la desertificación y la sequía. Ítem 2. Hace un diagnóstico claro a nivel mundial de la problemática que afecta el componente Suelo. Ítem 4. Formula programas donde se habla de actividades de conservación de suelo.
Constitución Política de Colombia	Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Continuación Tabla 1

Norma	Descripción
Constitución Política de Colombia	Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
	Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
	Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.
	Artículo 334. La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.
	Ley 338 de 1997
	Ley de Desarrollo Territorial, la cual tiene como uno de sus objetivos el “Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres”.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones Es una función del Ministerio de Ambiente el “Expedir y actualizar el estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio para su apropiado ordenamiento y las regulaciones nacionales sobre uso del suelo en lo concerniente a sus aspectos ambientales y fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de manejo especial”.

Continuación Tabla 1

Norma	Descripción
Ley 99 de 1993	Así mismo se crean los institutos científicos del país entre ellos el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), quien asigna funciones que sobre producción, procesamiento y análisis de información geográfica básica de aspectos biofísicos al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Es objetivo del D/2811/1974 regular: 3. La tierra, el suelo y el subsuelo 9. Los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental e insular de la República
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es objetivo del IDEAM: 4. Obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación, en especial las que en estos aspectos, con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venían desempeñando el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT-; el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química – INGEOMINAS-; y la Subdirección de Geografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC- 7. Realizar estudios e investigaciones sobre recursos naturales, en especial la relacionada con recursos forestales y conservación de suelos, y demás actividades que con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venían desempeñando las subgerencias de Bosques y Desarrollo del Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente -INDERENA.

Fuente: Autores, 2020

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación corresponde a Sostenibilidad y Gestión Ambiental, coherente con el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

La sub línea de investigación corresponde al componente suelos.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a Sampieri, Fernández C., Baptista L. & Collado (2014), el estudio es descriptivo porque se centra en recolectar datos que muestren un evento, una comunidad, un fenómeno, hecho, contexto o situación que ocurre, en este caso relacionado con la recolección de datos pertinentes para conocer como la comunidad del área de la cuenca alta del río Candela percibe la problemática ambiental asociada al componente suelo. También se considera explicativo debido a que el interés de la investigación se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con Hurtado (2006), los niveles de investigación que coinciden con la estructura de los objetivos planteados son perceptual, aprehensivo y comprensivo, que en función del nivel de estudio o profundidad (Duarte Herrera & González Parias, 2015) se cumplen las tres fases exploratoria, descriptiva y explicativa. Esto se confirma por la necesidad de recabar información, la cual será evaluada para identificar un comportamiento asociándola con algunas variables y en fin, tener un análisis de la mencionada interacción.

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Corresponde al medio natural (constituido de un sistema abiótico y biótico) y social (antrópico), que a su vez lo integran componentes o dimensiones, quienes están instituidos por factores ambientales que comúnmente reciben impactos (sean negativos o positivos); elementos dentro del área de la cuenca alta del río

Candela, desde su nacimiento en las cumbres del cerro Juanete y Juaneta, hasta el puente en vía que lleva del corregimiento Atánquez a Guatapurí.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

Equivale al factor de erodabilidad del componente suelo correspondiente al área de la cuenca alta del río Candela desde su nacimiento en las cumbres del cerro Juanete y Juaneta, hasta el puente en vía que lleva del corregimiento Atánquez a Guatapurí.

Para determinar la erodabilidad se debe realizar un muestreo aleatorio simple estadístico probabilístico, equivalente al número de recolección de muestras de suelo, para ello se emplea la siguiente formulación matemática:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Dónde,

- n : Tamaño de la muestra
- N : Tamaño de la población (área de la cuenca alta del río Candela)
- Z : Nivel de confianza (al 95% equivale a 1,96)
- d : A un intervalo de 95% es igual o menor a 0,05
- p : Probabilidad de éxito, generalmente 50%
- q : Probabilidad de fracaso, generalmente 50%

A este valor se le debe sumar un 50% de error, con el objetivo de tener mayor espacio muestral que puede sustentar el trabajo.

Los puntos muestrales serán distribuidos de manera homogénea, teniendo en cuenta las características del relieve en la cuenca referente de estudio.

5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO

5.6.1. Fase 1: Diagnóstico

Realizar un diagnóstico de las condiciones sociales, económicas y ambientales referentes a las prácticas de manejo del componente suelo en el área de la cuenca alta del río Candela, corregimiento de Atánquez.

5.6.1.1. Actividad 1.1.: Reconocimiento de campo

Se realizará visita a la zona de estudio con la finalidad de observar como fuente primaria las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca alta del río Candela. Se pretende el reconocimiento de los actores (autoridades y habitantes) que poseen predios en esta zona, con el objeto de informarles respecto a las actividades que se llevarán a cabo y los resultados a alcanzar con la ejecución metodológica del proyecto.

5.6.1.2. Actividad 1.2.: Caracterización Morfológica y Morfométrica

Empleando Sistema de Información Geográfico (SIG), se realizará la caracterización de los parámetros morfológicos y morfométricos enlistados a continuación:

- Área de la cuenca
- Perímetro de la cuenca
- Cota máxima y mínima
- Altitud más frecuente
- Altitud promedio
- Longitud del cauce
- Longitud de la cuenca
- Longitud de la red hídrica
- Pendiente de la red hídrica
- Pendiente promedio de la cuenca
- Bifurcaciones y longitudes por orden de ríos
- Índice de compacidad
- Factor de forma
- Densidad de drenaje

La determinación de estos será realizado con el software ArcMAP del paquete ArcGIS, siguiendo los procedimientos establecidos por Canchari (2014) en su Guía de Análisis de Cuencas.

5.6.1.3. Actividad 1.3.: Contexto del área de estudio

Se complementará la línea base de estudio con información secundaria extraída a partir de los institutos científicos como IGAC, IDEAM, INGEOMINAS y FAO, para obtener cartografía e información extra referente a la composición de la vegetación, suelos, distribución de lluvias que permita realizar una descripción referente e integra a lo que respecta la zona de estudio.

5.6.2. Fase 2: Zonificación

Zonificar Ambientalmente los valores de erodabilidad obtenidos a partir de la caracterización de los suelos correspondientes al área de la cuenca alta del río Candela, corregimiento de Atánquez.

5.6.2.1. Actividad 2.1.: Muestreo de Suelos

Teniendo en cuenta el protocolo de muestreo de suelos del IGAC, se sigue la siguiente metodología:

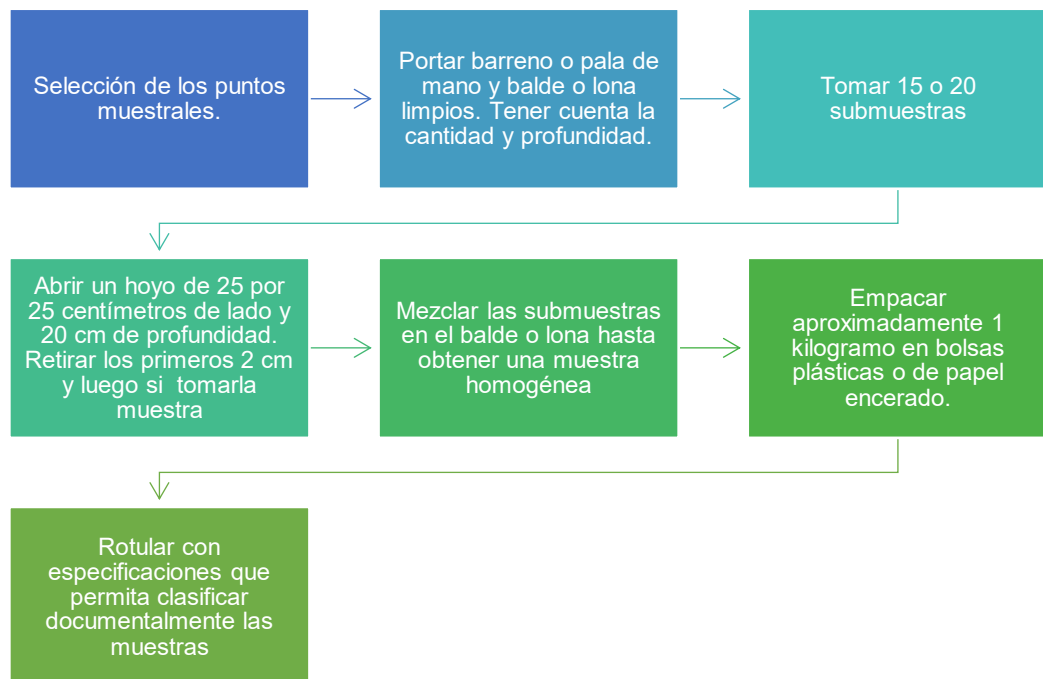


Figura 10. Esquema de Toma de Muestras de Suelos

Fuente: IGAC, 2020

El número de muestras será establecido mediante un muestreo aleatorio simple (+50% de error) y los puntos de toma serán repartidos de manera coherente en el área de estudio, teniendo en cuenta las siguientes variables que el IGAC (2020) recomienda que se separen aquellas áreas con características similares, con base en los siguientes criterios:

- Grado de pendiente
- Grado de erosión
- Tipo de vegetación (edad de la explotación, cultivos anteriores)
- Manejo previo (fertilización, preparación del suelo)
- Presencia de rocas, cuerpos de agua, otros factores.

5.6.2.2. Actividad 2.2.: Caracterización del Suelo

Se realizará caracterización de parámetros físicos y uno químico del suelo. Estos son:

- Análisis Granulométrico (para obtener porcentajes de arena, limo y arcilla)
- Densidad aparente y real del suelo
- Textura del suelo
- Carbono Orgánico (fácilmente oxidable)

Algunos de estos parámetros serán determinados por los laboratorios del IGAC.

5.6.2.3. Actividad 2.3.: Determinación de la Erodabilidad

Con los resultados de los laboratorios a los parámetros físicos y químicos referenciados en la actividad 2.2., se procede a reemplazar esta información en las ecuaciones 3, 4, 5 y 6, obteniendo los factores que se reemplazarán en la ecuación 2.

Este procedimiento se realiza para cada una de las muestras de suelos recolectadas, así se obtiene el valor del factor de erodabilidad por cada una de ellas, en unidades de toneladas por hectárea por mega julios por milímetro por hectárea por hora $(t/ha)/(Mj.mm/ha.h)$.

5.6.2.4. Actividad 2.4.: Elaboración de Mapa de Erodabilidad

Con los resultados de la actividad anterior, se procede a realizar el proceso de zonificación ambiental usando el Sistema de Información Geográfico (SIG) ArcMAP del paquete ArcGIS. A continuación se presenta el procedimiento a seguir:

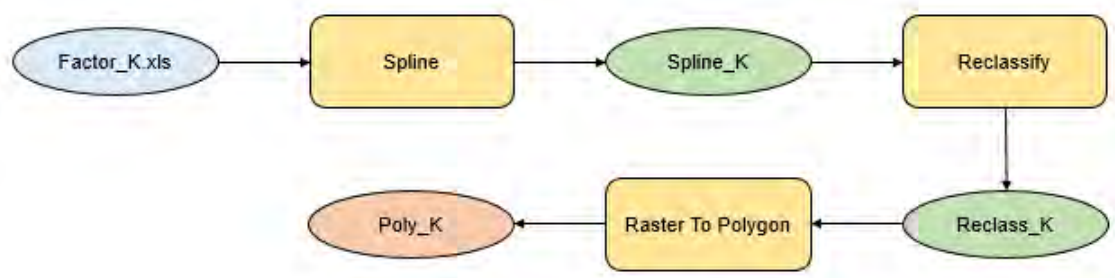


Figura 11. Procedimiento de Obtención Zonificada del Factor K de Erodabilidad

Fuente: Autores, 2020

Sumado a esta línea de procesos se aplicará la herramienta 'zonal geometry as table', para conocer el porcentaje de área de los factores K de erodabilidad repartidos por la zona de estudio.

Tabla 2. Clasificación de la Erodabilidad del Suelo

Código	Erodabilidad del Suelo (K)	Clasificación
1	<0,01	Natural
2	0,01 – 0,02	Muy bajo
3	0,02 – 0,04	Bajo
4	0,04 – 0,06	Moderado
5	0,06 – 0,08	Alto
6	0,08 – 0,10	Muy Alto
7	0,10 – 0,15	Severo
8	>0,15	Extremadamente Severo

Fuente: Rivera y Gómez, 1990

Estos resultados serán clasificados de acuerdo a las especificaciones que Rivera y Gómez (1990) establecieron (tabla 2).

5.6.3. Fase 3: Formulación de Estrategias

Formular estrategias para fomentar la transferencia de conocimiento, generación de capacidades y transición a las buenas prácticas en el manejo de los suelos en el área de la cuenca alta del río Candela, corregimiento de Atánquez.

5.6.3.1. Actividad 3.1.: Estrategias Preventivas

Se formulará un listado de estrategias que permitan generar prevención a las autoridades y habitantes para que desarrollen actividades sostenibles en los suelos del área de la cuenca alta del río Candela. Se busca constituir un compendio de información para las buenas prácticas en el manejo del suelo.

5.6.3.2. Actividad 3.2.: Estrategias Correctivas

Se formulará un listado de estrategias que propongan la corrección y pueda ser útiles para las autoridades y habitantes para que hagan la transición de las actividades actuales y se transformen en actividades sostenibles, usando equilibradamente los suelos del área de la cuenca alta del río Candela. Se busca constituir un compendio de información para las buenas prácticas en el manejo del suelo.

5.6.3.3. Actividad 3.3.: Comunicación de Resultados

Para fortalecer el conocimiento de la calidad del suelo en función del parámetro de erodabilidad, se busca crear espacios de enseñanza, transmisión y generación de capacidades en conocimiento referente a las buenas prácticas de labranza y uso del suelo, orientado para las autoridades y habitantes de la comunidad indígena Kankuama que desarrollan sus actividades dentro del área de estudio en referencia.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES REFERENTES A LAS PRÁCTICAS DE MANEJO DEL COMPONENTE SUELO EN EL ÁREA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA, CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ.

6.1.1. Reconocimiento de Campo

El desarrollo de las actividades planteadas en el presente proyecto, se llevaron a cabo en jornada especial ante la pandemia por el virus SARS-COV-2 productor de la enfermedad COVID-19, por lo tanto las labores a realizar dentro del área de jurisdicción de Atanquez dependían de las condiciones que establecieran los líderes indígenas del resguardo (que en el momento presentaban inestabilidad en el poder).

Solo se permitió el ingreso de uno de los investigadores (ver ANEXO 1), quien con apoyo de algunos representantes del pueblo Kankuamo diligenció todo lo concerniente a la toma, recopilación y recolección de información.

6.1.1.1. Caracterización Territorial de la Zona de Estudio

En este capítulo se recopiló la información obtenida de la zona de estudio: nombre de propietario, nombre del predio, área y actividad económica principal.

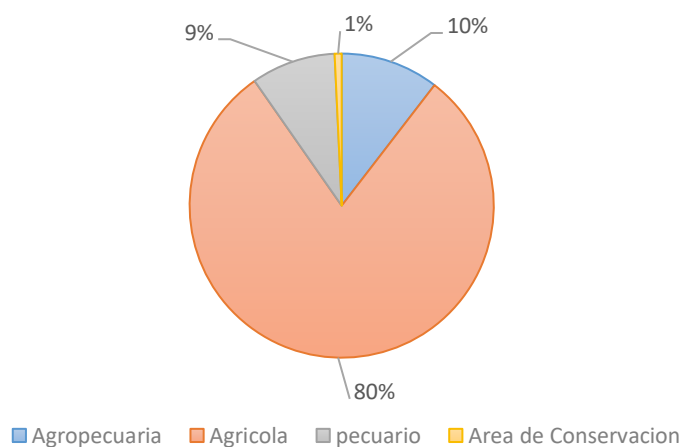


Gráfico 1. Clasificación de las actividades económicas de la región

Fuente: Autores, 2021

Los habitantes pobladores de la mayoría de predios desarrollan actividades agrícolas relacionadas con la siembra de caña, café, cacao, cultivos de pancoger, yuca, maíz entre otros muchos, así como el de pasto de montaña y plantas aromáticas.

Un 10% de los pobladores se dedican a actividades agropecuarias de una manera muy tradicional, con presencia de conflictos por el uso del suelo y tenencia de tierras, puesto que la mayoría de los predios donde se desarrollan estas actividades se encuentran cercanas al centro poblado y en muchas de estas áreas no existen linderos o vayas limítrofes.



Fotografía 1. Vía al corregimiento de Atanquez, colindando con el área protegida

Fuente: Autores, 2021

Un 1% corresponde a una zona de conservación, declarada por el resguardo, la cual se encuentra en torno a la vía de acceso al corregimiento de Atanquez, área que entra dentro del área de estudio.

Dentro del área de estudio existen sesenta y dos (65) predios constituidos legalmente, repartidos entre 137 personas (unipersonales, familiares y pertenecientes al corregimiento de Atanquez y al resguardo indígena).

El recorrido de reconocimiento de campo permitió tabular los propietarios, con su actividad económica específica y el nombre de su predio, así como dígitos contables asignados por los autores para poder en posterior representarlos gráficamente en un mapa.

Nº	ÁREA	PROPIETARIO	PREDIO	ACTIVIDAD ECONÓMICA
1	48380,3	RAFAEL MARTÍNEZ	LOS PLAYONES	AGRÍCOLA
2	17815,0	BENEDICTO ARIAS	EL PARAISO	AGROPECUARIA
3	154442,7	RAFAEL FERNÁNDEZ	BARRANQUILLA	AGROPECUARIA
4	10637,6	ALQUIMEDES ARIAS	LOS MANGOS	AGROPECUARIA
5	24153,3	CALÍN MARTÍNEZ	EL PARAÍSO	AGROPECUARIA
6	67133,6	SOL MARINA ARIAS	EL CHARCO	AGRÍCOLA
7	19338,8	RAFAEL FERNÁNDEZ	BARRANQUILLITA	PECUARIO
8	71854,5	HMNOS. ARIAS	LOS MANGOS	AGRÍCOLA
9	7517,7	ALQUIMEDES ARIAS	LA SABANETA	AGROPECUARIA
10	8555,4	CALIN MARTINEZ	LA SABANETA	AGROPECUARIA
11	16318,8	RAFAEL FERNÁNDEZ	CHIKUINYA	AGRÍCOLA
12	175832,8	HMNOS. CÁCERES ARIAS	LA SABANETA	AGRÍCOLA

Fotografía 2. Tabulación de las variables de estudios recopiladas.

Fuente: Autores, 2021

La tabla que se observa en la fotografía anterior es la presentada a continuación:

Tabla 3. Listado de propietarios con referencia de predios y actividad económica

Nº	ÁREA	PROPIETARIO	PREDIO	ACTIVIDAD ECONÓMICA
1	48380,3	RAFAEL MARTÍNEZ	LOS PLAYONES	AGRÍCOLA
2	17815,0	BENEDICTO ARIAS	EL PARAISO	AGROPECUARIA
3	154442,7	RAFAEL FERNÁNDEZ	BARRANQUILLA	AGROPECUARIA
4	10637,6	ALQUIMEDES ARIAS	LOS MANGOS	AGROPECUARIA
5	24153,3	CALÍN MARTÍNEZ	EL PARAÍSO	AGROPECUARIA
6	67133,6	SOL MARINA ARIAS	EL CHARCO	AGRÍCOLA
7	19338,8	RAFAEL FERNÁNDEZ	BARRANQUILLITA	PECUARIO
8	71854,5	HMNOS. ARIAS	LOS MANGOS	AGRÍCOLA
9	7517,7	ALQUIMEDES ARIAS	LA SABANETA	AGROPECUARIA
10	8555,4	CALIN MARTINEZ	LA SABANETA	AGROPECUARIA
11	16318,8	RAFAEL FERNÁNDEZ	CHIKUINYA	AGRÍCOLA
12	175832,8	HMNOS. CÁCERES ARIAS	LA SABANETA	AGRÍCOLA

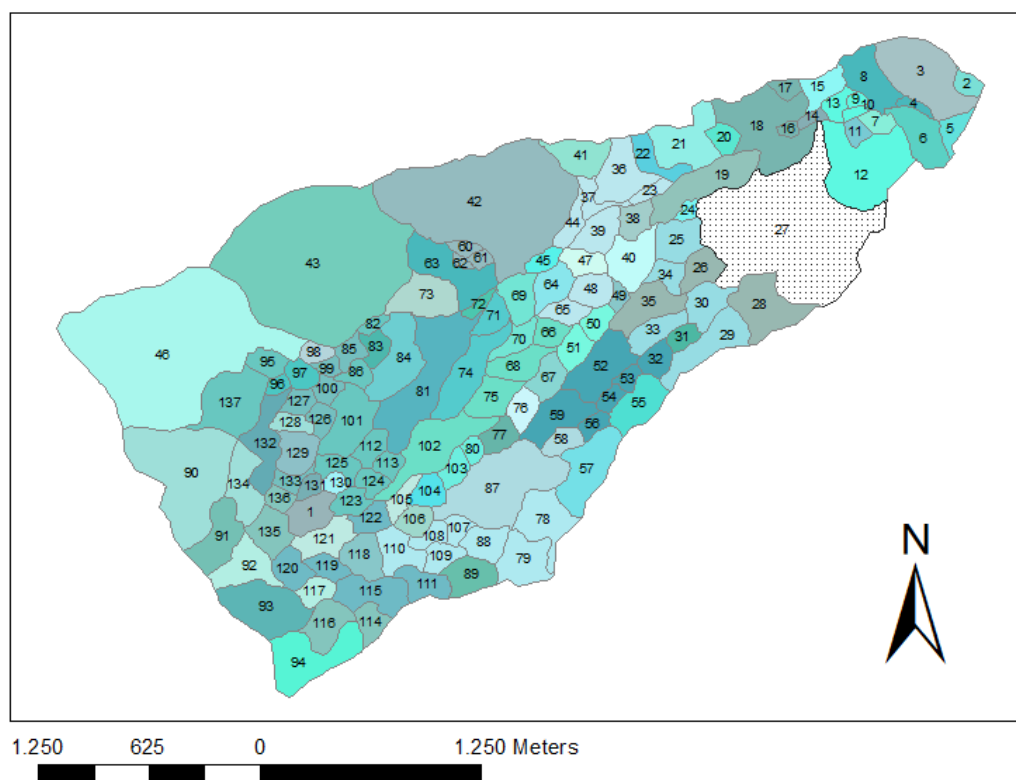
Nº	ÁREA	PROPIETARIO	PREDIO	ACTIVIDAD ECONÓMICA
13	20459,9	GLADYS ARIAS	LA SABANETA	AGRÍCOLA
14	11307,0	HMNOS. FUENTES	LA VIRGENCITA	AGRÍCOLA
15	36720,4	RESGUARDO INDÍGENA	POTRERO DEL PADRE	AGRÍCOLA
16	8735,5	HMNOS. ARREDONDO	MAMENA	AGRÍCOLA
17	15261,2	LUIS CARLOS ARIZA	MAMENA	AGRÍCOLA
18	166720,7	NEVITH ARIAS	MAMENA	AGROPECUARIA
19	105034,2	JOSE GABRIEL CARRILLO	CANDELA	AGRÍCOLA
20	23575,3	JOSE ÁNGEL MEJIA	LA LAGUNA	AGRÍCOLA
21	93664,9	COLEGIO INESIL	LA BELLA	AGROPECUARIA
22	37364,8	HMNOS. ARIAS OÑATE	EL OTRO LADO	AGRÍCOLA
23	15981,6	LUIS ROMERO	TANGAKAMENA	AGRÍCOLA
24	10665,3	ARMANDO ROMERO	EL CARACOLÍ	AGRÍCOLA
25	55500,6	AVELINO CACERES	LA CORÚA	AGRÍCOLA
26	40573,4	BENITO VILLAZÓN	JUANCHO MANTA	AGRÍCOLA
27	565907,8	ATANQUEZ	ATANQUEZ	ZONA URBANA
28	100607,3	SAUL MARTÍNEZ	JUANCHO MANTA	AGRÍCOLA
29	81244,7	RAFAEL MARTÍNEZ	LA CORÚA	AGRÍCOLA
30	48267,5	RAFAEL ARREGOCÉS	LA CORÚA	AGROPECUARIA
31	21142,9	HMNOS. GUTIERREZ	LA PARABÓLICA	AGRÍCOLA
32	29401,5	VÍCTOR JULIO DAZA	LAS DELICIAS	AGRÍCOLA
33	41801,9	ROSALÍA ESTRADA	LA CORÚA	AGROPECUARIA
34	28785,5	BENJAMÍN HERRERA	LA CORÚA	AGRÍCOLA
35	69349,2	TEOLINDA VILLAZÓN	JUANCHO MANTA	AGRÍCOLA
36	77484,4	HMNOS. MONTERO	TANGAKAMENA	AGRÍCOLA
37	24006,7	HMNOS. ARIAS PACHECO	TANGAKAMENA	PECUARIO
38	32121,3	JOSÉ ARAUJO	EL PEDREGAL	AGRÍCOLA
39	49060,8	JESÚS ELIAS ARIAS	TANGAKAMENA	AGRÍCOLA
40	70814,6	VÍCTOR MARTÍNEZ	ARROYITO AZUL	AGROPECUARIA
41	56920,0	HMNOS. DAZA MARTÍNEZ	LA BIBLIA	PECUARIO
42	536498,9	MANUEL FUENTES	SINAI	AGROPECUARIA
43	708116,5	VÍCTOR MARTÍNEZ	LA AMÉRICA	AGRÍCOLA
44	26316,9	HMNOS. TALCO PACHECO	TANGAKAMENA	AGROPECUARIA
45	19894,2	HMNOS. PACHECO DIAZ	BURIVA	AGRÍCOLA
46	701780,7	RESGUARDO INDÍGENA	EL CHORRO	CONSERVACIÓN
47	31748,9	MILTON ARIAS	VILLA ELIS	PECUARIO
48	39084,5	HMNOS. MONTERO ARIAS	TANGAKAMENA	AGRÍCOLA
49	12615,6	ANDRÉS CACERES	LA GUSTADERA	AGRÍCOLA
50	25613,4	NINO ALVARADO	LA PARRANDA	AGRÍCOLA
51	33643,0	ALCIDES ALVARADO	LA PARRANDA	AGRÍCOLA
52	90283,5	ISAAC ARIAS	LAS DELICIAS	PECUARIO
53	14981,3	NESTOR MONTERO	LAS DELICIAS	AGRÍCOLA
54	15781,3	LUZ MERY ARIAS	LAS DELICIAS	AGRÍCOLA
55	63567,5	HMNOS. ARIAS PACHEGO	LA CORUA	AGRÍCOLA
56	17906,4	NESTOR MONTERO	LAS DELICIAS	AGRÍCOLA
57	99031,3	HMNOS. ARIAS ARIAS	LA SINAGOGA	AGRÍCOLA
58	26366,7	LUIS CARLOS OÑATE	EL CONVENTO	PECUARIO
59	70655,7	SEGUNDO ROMERO	LAS DELICIAS	PECUARIO

Nº	ÁREA	PROPIETARIO	PREDIO	ACTIVIDAD ECONÓMICA
60	12095,6	ABELARDO MAESTRE	SINAÍ	AGROPECUARIA
61	10778,4	HIGINIO ARIZA	SINAÍ	AGRÍCOLA
62	6214,0	SIXTO MARTÍNEZ	SINAÍ	AGROPECUARIA
63	95093,9	ALFONSO ARIAS	LOS MANGOS	AGRÍCOLA
64	42978,3	HMNAS. ARIZA MARTÍNEZ	BERLÍN	PECUARIO
65	28447,8	SEGUNDO ROMERO	TANGAKAMENA	AGRÍCOLA
66	26568,6	GENARO MARTÍNEZ	GALILEA	AGRÍCOLA
67	38069,6	RENIRA ARIAS	LA MISERICORDIA	AGRÍCOLA
68	47461,6	LUZ MERY ARIAS	GALILEA	AGRÍCOLA
69	46340,7	JUVENIL OÑATE	SANTA FÉ	AGRÍCOLA
70	30016,8	GUSTAVO CARRILLO	SANTA FÉ	AGRÍCOLA
71	30656,6	JOSÉ PACHECO	BURIBA	AGRÍCOLA
72	12818,6	ENRIQUE ARIAS	BRISAS DEL CANDELA	AGRÍCOLA
73	75425,4	RAFAEL MARTÍNEZ	LAS MALVINAS	AGRÍCOLA
74	90367,2	HMNOS. ARIZA PACHECO	BURIBA	AGRÍCOLA
75	51831,8	FAUSTINO MARTÍNEZ	GALILEA	AGRÍCOLA
76	30524,3	HMNOS. ARIAS MARTÍNEZ	JERUSALÉN	AGRÍCOLA
77	30679,0	HMNOS. BLANCHAR MAESTRE	TUKUNATUKUA	AGRÍCOLA
78	80733,4	HMNOS. MONTERO CARRILLO	MOCUÍN	AGRÍCOLA
79	71207,9	RAFAEL CÁCERES	MOCUÍN	AGRÍCOLA
80	15075,3	ANIBAL RODRÍGUEZ	LA FLORIDA	AGRÍCOLA
81	185967,2	HMNOS. MENDOZA ARIZA	BUCHINYANE	AGRÍCOLA
82	11608,0	SEGUNDO RODRÍGUEZ	JUANETA	AGRÍCOLA
83	24774,6	RAFAEL MARTÍNEZ	EL OJO DE MICHÍN	AGRÍCOLA
84	95508,4	ELIAS DE JESÚS MARTÍNEZ	LA ISLA DE MARTINA	AGRÍCOLA
85	22917,2	BLANCA MONTAÑO	LA FIESTA	AGRÍCOLA
86	21275,5	BUELVAS ARIAZA	JUANETA	AGRÍCOLA
87	208334,2	HMNOS. ARIAS MARTÍNEZ	EL CONVENTO	AGRÍCOLA
88	41689,6	HMNOS. ARIAS MARTÍNEZ	MOCUÍN	AGRÍCOLA
89	50955,0	RUMILDO ALVARADO	PATALEO	AGRÍCOLA
90	378661,9	HMNOS. ARIZA PACHECO	EL BRINCO	AGRÍCOLA
91	74549,6	GRISelda ARIAS	ANTIOQUÍA	AGRÍCOLA
92	65634,4	HMNOS. ARIAS ARIAS	HOLANDA	AGRÍCOLA
93	115051,6	RUBENCIO MONTERO	LA ARGENTINA	AGRÍCOLA
94	111927,5	FMLIA. ARIAS MARTÍNEZ	ARMENIA	AGRÍCOLA
95	28066,3	HMNOS. MARTÍNEZ FUENTES	JUANETA	AGRÍCOLA
96	12003,1	HMNOS. ARIAS MONTERO	SINCE	AGRÍCOLA
97	25289,9	GÉNESIS MAESTRE	SINCE	AGRÍCOLA
98	18192,7	MANUEL ENCARNACIÓN	VILLA MARY	AGRÍCOLA
99	12927,8	LUIS TIBERIO MONTERO	LA FIESTA	AGRÍCOLA
100	19993,1	SAMUEL MONTERO	LA FIESTA	AGRÍCOLA
101	84677,9	FLORENTINA OÑATE	JUANETA	AGRÍCOLA
102	116389,1	ALCIDES ALVARADO	GALILEA	AGRÍCOLA
103	25000,2	TONY CARRILLO	LA FLORIDA	AGRÍCOLA
104	30579,6	AURA MONTERO	MOCUIN	AGRÍCOLA

Nº	ÁREA	PROPIETARIO	PREDIO	ACTIVIDAD ECONÓMICA
105	22393,6	OSWALDO GIL	LA PUERTA DEL CIELO	AGRÍCOLA
106	28892,3	SAULO ARIAS	SAMARIA	AGRÍCOLA
107	18995,2	REDI DAZA	MOCUÍN	AGRÍCOLA
108	21198,6	HUBER PINTO	MOCUÍN	AGRÍCOLA
109	28041,5	DANIEL ARIAS	MOCUÍN	AGRÍCOLA
110	49034,8	JAIME CORZO Y FMLIA.	MOCUÍN	AGRÍCOLA
111	40786,1	JUANA MERCEDES ARIAS	MOSQUITO	AGRÍCOLA
112	27073,5	ALBA ARIAS	JUANETA	AGRÍCOLA
113	20219,9	EVELIDIS CARRILLO	JUANETA	AGRÍCOLA
114	30657,3	HMNOS. ARIAS RODRÍGUEZ	LA MONTAÑA	AGRÍCOLA
115	69792,4	HMNOS. ARIAS RODRÍGUEZ	MOSQUITO	AGRÍCOLA
116	54090,1	FMLIA. ARIAS MARTÍNEZ	LA MONTAÑA	AGRÍCOLA
117	26363,7	ISAAC ARIAS	HOLANDA	AGRÍCOLA
118	49891,6	RUMILDO ALVARADO	LA GUSTADERA	AGRÍCOLA
119	26754,6	JOSÉ ARIAS MONTAÑO	MOSQUITO	AGRÍCOLA
120	38291,0	NOVI JOSÉ ARIAS	MOSQUITO	AGRÍCOLA
121	51815,1	JUAN ARIAS RODRÍGUEZ	LA PUERTA DEL CIELO	AGRÍCOLA
122	29000,0	DELVER GIL	MOSQUITO	AGRÍCOLA
123	28839,7	MARÍA RODRÍGUEZ	JUANETA	AGRÍCOLA
124	22128,0	LUIS CARLOS OÑATE	JUANETA	AGRÍCOLA
125	29872,2	TEOFILA PACHECO	JUANETA	AGRÍCOLA
126	22466,1	CARLOS MONTAÑO	LA FIESTA	AGRÍCOLA
127	22537,0	HERNEY DAZA	LA FIESTA	AGRÍCOLA
128	21425,3	HMNOS. CÁCERES ARIAS	EL BRINCO	AGRÍCOLA
129	48589,8	RAFAEL ALVARADO	PALMIRA	AGRÍCOLA
130	13473,3	ROYCER MARTÍNEZ	MARINILLA	AGRÍCOLA
131	15185,4	JORGE ARIAS E HIJOS	CABIDOL	AGRÍCOLA
132	73392,1	MARIO MAESTRE	VILLA GÉNESIS	AGRÍCOLA
133	17457,6	DALILA GUTIERREZ	LA FIESTA	AGRÍCOLA
134	63975,6	HMNOS. ARIAS MINDIOLA	EL BRINCO	AGRÍCOLA
135	50006,6	ANULFO ARIAS	LA MONTAÑA	AGRÍCOLA
136	17986,7	BERNARDO RODRÍGUEZ	LA MONTAÑA	AGRÍCOLA
137	378661,9	ENRIQUE ARIAS	JUANETA	AGRÍCOLA

Fuente: Autores, 2021

En la ilustración 1 se representa la distribución de predios acorde a sus dígitos contables asignados en la tabla 3.



MAPA DE CODIFICACIÓN DE PARCELAS CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA 1:30.000

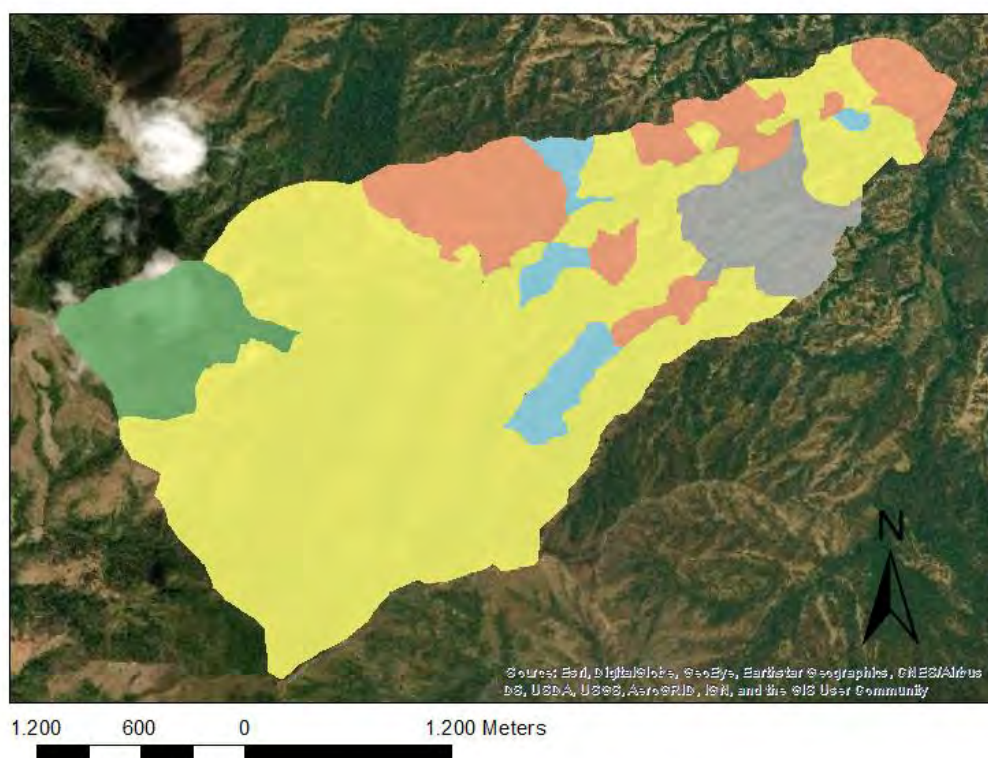
En la imagen se presenta la codificación de las parcelas de la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota	
Projection: Transverse Mercator	
Datum: MAGNA	
False Easting: 1.000.000,0000	
False Northing: 1.000.000,0000	Reference Scale: 1:30.000
Central Meridian: -74,0775	Author:
Scale Factor: 1,0000	JUAN PABLO LOPEZ CUY
Latitude Of Origin: 4,5962	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO
Units: Meter	

Ilustración 1. Mapa de codificación de parcelas (predios) de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

En esta ilustración 2 se representa por colores las actividades económicas que se desarrollan en los predios ya mencionados.



MAPA DE CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA 1:30.000

En la imagen se presenta la clasificación de actividades económicas correspondientes a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

LEYENDA

AGROPECUARIA	CONSERVACIÓN
AGRÍCOLA	PECUARIO
	ZONA URBANA

Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
Projection: Transverse Mercator
Datum: MAGNA
False Easting: 1.000.000,0000
False Northing: 1.000.000,0000
Central Meridian: -74,0775
Scale Factor: 1,0000
Latitude Of Origin: 4,5962
Units: Meter

Reference Scale: 1:30.000
Author:
JUAN PABLO LOPEZ CUY
FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO

Ilustración 2. Mapa de clasificación de actividades económicas en la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

La obtención de esta información permitió a la administración del corregimiento y a los líderes Kankuamos tener un conocimiento amplio para la formulación de políticas y toma de decisiones futuras, para el manejo y la gestión del medio ambiente de la mano con la cultura y tradiciones, las cuales están en un proceso de recuperación y restablecimiento, las cuales conllevarán a la conservación y preservación de zonas de alta importancia, valor e interés.

En cuanto a los investigadores de la presente tesis, obtener esta información permite tener un panorama claro de cómo se desarrolla la vida doméstica en el entorno y las preferencias de las personas cuando experimentan participación en este tipo de actividades, así como sus conceptos para el medio ambiente.

Al cabo de la actividad se obtuvo el concepto experto de los representantes indígenas que apoyaron el proyecto y así se permitió seleccionar actores potenciales, habitantes de la región para la comunicación de los resultados obtenidos.

6.1.2. Caracterización Morfológica y Morfométrica

Para la caracterización Morfológica y Morfométrica de la cuenca, se requirió un modelo digital de elevación (DEM, por sus siglas en inglés) de la zona noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Para obtener esta información digital se recurrió a la plataforma ALASKA SATELLITE FACILITY, un espacio web donde se puede enlazar, procesar, archivar y distribuir datos de teledetección a usuarios científicos de todo el mundo. La misión de ASF es hacer accesibles los datos de teledetección.

Mediante los datos de profundidades y/o altitudes del satélite ALOS PALSAR, perteneciente a la Agencia Espacial Japonesa (JAXA); satélite compuesto de 3 sistemas (PRSIM, AVNIR-2, PALSAR) que reciben simultáneamente imágenes ópticas y de RADAR con diversas resoluciones y áreas de coberturas.

Se obtuvo una imagen satelital tipo DEM con resolución de 12,5 metros. Todos los procedimientos realizados con ArcMAP se pueden ver en el ANEXO 2.

6.1.2.1. Superficie de la Cuenca

Empleando el software ArcGIS con su herramienta ArcMAP y siguiendo los lineamientos expuestos por Canchari (2014) en su Guía de Análisis de Cuencas, se obtuvo la siguiente información:

Tabla 4. Variables primarias calculadas con ArcMAP

Parámetro		Valor	Unidades
Área (A)		8,83	km ²
Perímetro (P)		14,54	Km
Cota máxima (∇Max)		2160	msnm
Cota mínima (∇Min)		700	msnm
Centroide	Coordenada X	678391,64	m
	Coordenada Y	1182239,74	m
	Coordenada Z	1384,86	m

Fuente: Autores, 2021

Estas variables se obtienen del archivo de capa que representa el área de trabajo respecto a su modificación atribuida por el modelo digital de elevación. A continuación se procede a calcular otros parámetros.

6.1.2.1.1. Curva Hipsométrica de la cuenca

Para calcular la curva hipsométrica se requirió reclasificar el área de la cuenca con altitud anidada en un número de intervalos iguales, valor que depende del área de la cuenca y que para esta investigación fue equivalente de 10 intervalos.

Así mismo, se requiere la cota máxima y mínima, el resultado será comparado con los valores del siguiente gráfico:

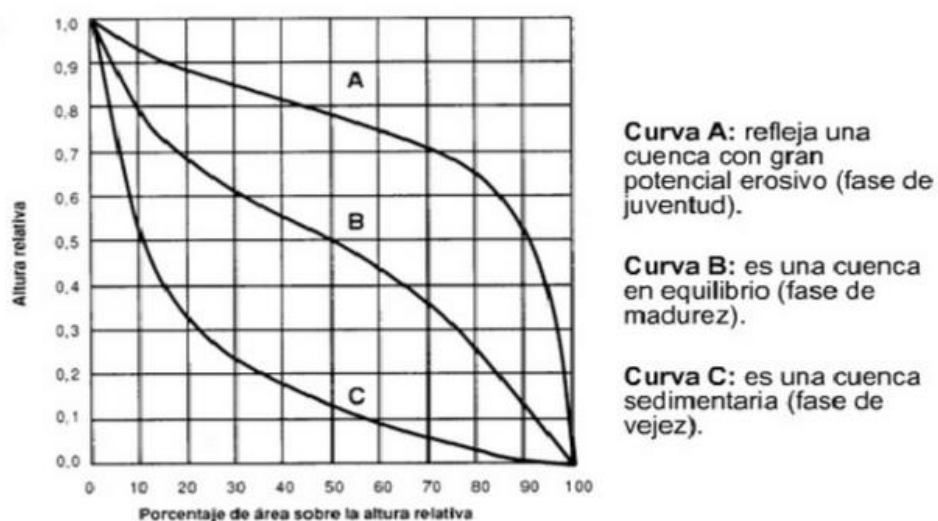


Gráfico 2. Curva hipsométrica y su interpretación

Fuente: Strahler, 1952

La tabla de cálculo de la curva hipsométrica de la cuenca alta del río Candela es la siguiente:

Tabla 5. Cálculo para la obtención de la curva hipsométrica

Nº	Cotas (msnm)			Área (km²)			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Intervalo	Acumulado	% Acum.	% Interv.
1	700	846	773	1,800938	8,821250	100,00%	20,42%
2	846	992	919	1,477656	7,020313	79,58%	16,75%
3	992	1138	1065	1,351406	5,542656	62,83%	15,32%
4	1138	1284	1211	0,905469	4,191250	47,51%	10,26%
5	1284	1430	1357	0,713750	3,285781	37,25%	8,09%
6	1430	1576	1503	0,774688	2,572031	29,16%	8,78%
7	1576	1722	1649	0,976563	1,797344	20,38%	11,07%
8	1722	1868	1795	0,588906	0,820781	9,30%	6,68%
9	1868	2014	1941	0,180156	0,231875	2,63%	2,04%
10	2014	2160	2087	0,051719	0,051719	0,59%	0,59%

Fuente: Autores, 2021

De la tabla anterior se puede deducir que el porcentaje de intervalo con mayor frecuencia absoluta es el respectivo al promedio de 773 msnm, es por eso que esta altitud es considerada la más frecuente. El promedio de las altitudes es equivalente a los 1287,15 msnm.

Por otra parte, al graficar la columna del porcentaje acumulado de área versus el promedio se obtiene el siguiente gráfico:

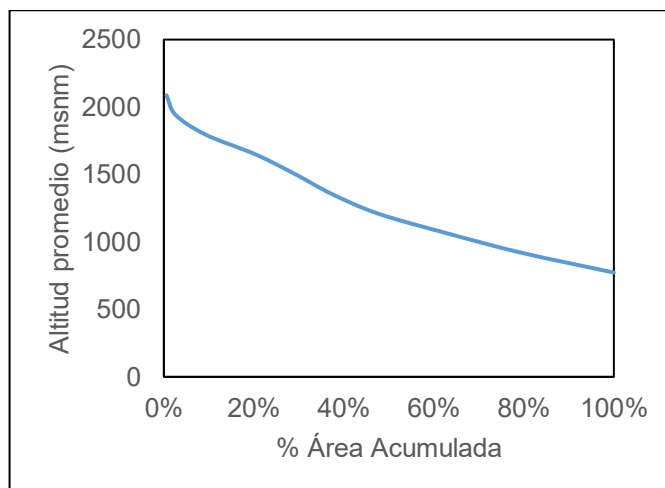


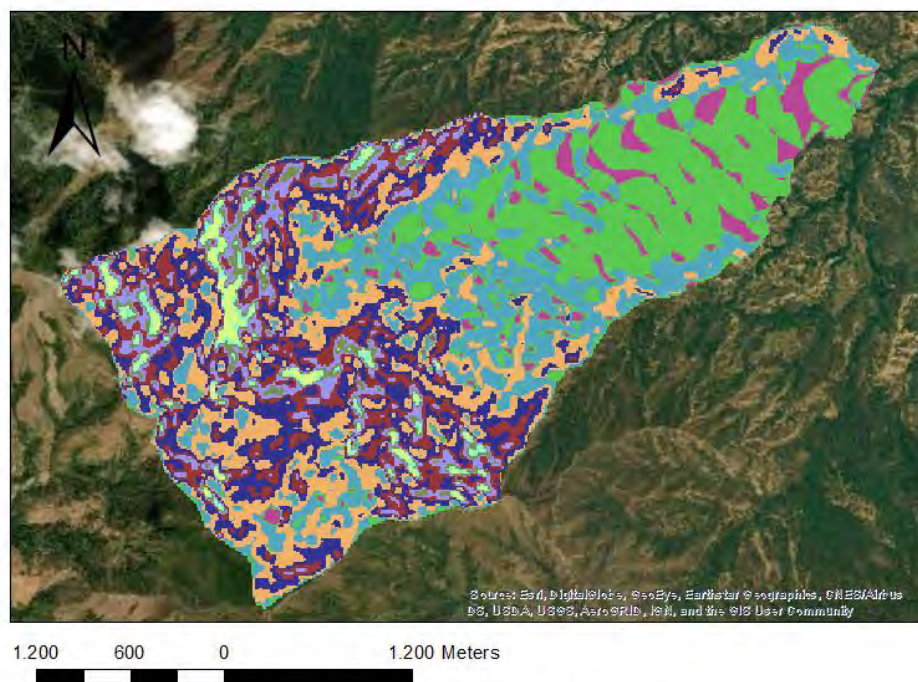
Gráfico 3. Curva hipsométrica de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

Del gráfico anterior se puede deducir que la cuenca alta del río Candela se encuentra en una fase de madurez o equilibrio.

6.1.2.1.2. Pendiente Promedio de la cuenca

Para la determinación de la pendiente promedio de la cuenca alta del río Candela fue necesario desarrollar el mapa de pendientes, reclasificarlo y obtener la tabla de atributos estadísticos a partir de los intervalos trabajados.



MAPA DE PENDIENTES CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA 1:30.000

En la imagen se presenta el mapa de pendientes correspondientes a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

LEYENDA

700 - 846 msnm	1430 - 1576 msnm
846 - 992 msnm	1576 - 1722 msnm
992 - 1138 msnm	1722 - 1868 msnm
1138 - 1284 msnm	1868 - 2014 msnm
1284 - 1430 msnm	2014 - 2160 msnm

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18N	Reference Scale: 1:30.000
Projection: Transverse Mercator	Author:
Datum: WGS 1984	JUAN PABLO LOPEZ CUY
False Easting: 500.000.0000	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO
False Northing: 0.0000	
Central Meridian: -75.0000	
Scale Factor: 0.9996	
Latitude Of Origin: 0.0000	
Units: Meter	

Ilustración 3. Mapa de pendientes de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

Las estadísticas permiten obtener el número de ocurrencias de la clasificación por intervalos, lo que facilita un cálculo rápido para obtener los valores de la pendiente.

Tabla 6. Cálculo para la obtención de valores para la pendiente de la cuenca

Nº	Rango Pendiente (%)			Número de Ocurrencias [2]	[1] x [2]
	Inferior	Superior	Promedio [1]		
1	0	10	5	2876	14380
2	10	20	20	12117	242340
3	20	30	35	10643	372505
4	30	40	50	9829	491450
5	40	50	65	8815	572975
6	50	60	80	5900	472000
7	60	70	95	3158	300010
8	70	80	110	1612	177320
9	80	90	125	859	107375
10	90	100	140	697	97580
SUMA				56506	2847935

Fuente: Autores, 2021

Mediante la suma del número de ocurrencias y la multiplicación del promedio por el número de ocurrencias (última columna de la tabla) se obtienen los valores para calcular la pendiente de la cuenca alta del río Candela:

$$\text{Pendiente (S)} = \frac{(2847935/56506)}{100}$$

$$\text{Pendiente (S)} = 50,40 \%$$

Resultado que de acuerdo con Ortiz Vera (2004) representa una cuenca clasificada entre 50 a 75% de inclinación significando un relieve muy fuerte con baja tendencia a relieve escarpado.

6.1.2.2. Red Hídrica de la cuenca

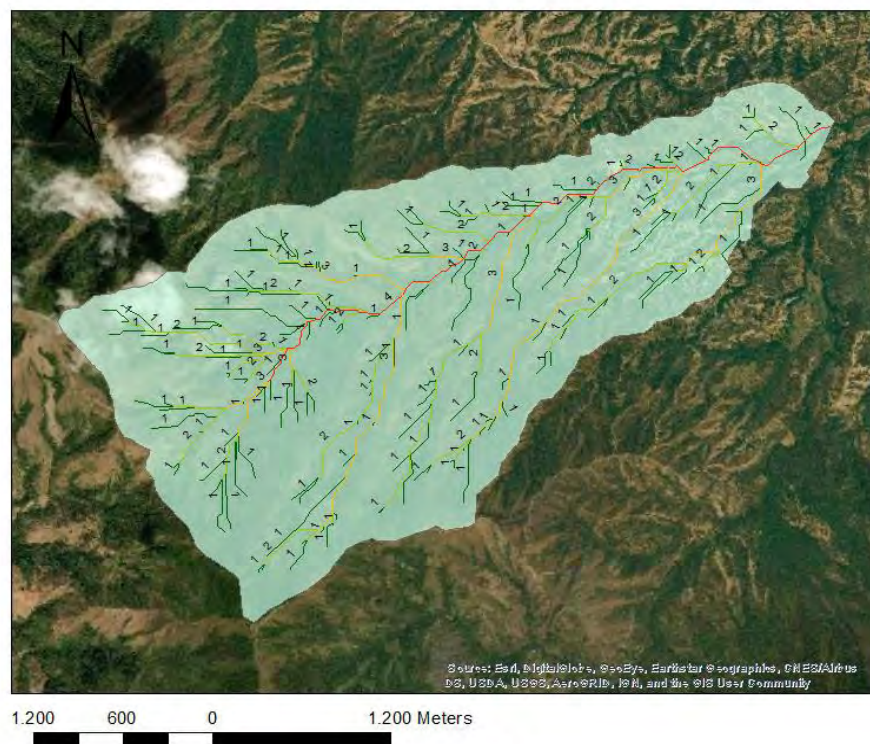
6.1.2.2.1. Longitud del Cauce Principal

Teniendo en cuenta una imagen de bits, representando la dirección de flujo en la cuenca, se aplica una herramienta que permite definir la longitud del cauce principal, obteniendo una nueva imagen de bits (raster) con el valor de la variable buscada.

La longitud del cauce principal de la cuenca alta del río Candela es de 6,48 kilómetros.

6.1.2.2.2. Orden de la Red Hídrica

Con el raster de flujo acumulado de la zona de estudio se realizan unos cálculos con la herramienta Calculadora de Imágenes de Mapa de Bits, incluyendo procedimientos como aplicación de logaritmo y condicionales. Al seguir otros procedimientos de transformación de raster a formato vectorial permite obtener el mapa de las órdenes de los tributarios dentro de la cuenca alta del río Candela.



RED HÍDRICA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA 1:30.000

En la imagen se presenta los tributarios y órdenes correspondientes a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

LEYENDA

- Tributario de Orden 1
- Tributario de Orden 2
- Tributario de Orden 3
- Tributario de Orden 4

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18N	Reference Scale: 1:30.000
Projection: Transverse Mercator	Author:
Datum: WGS 1984	JUAN PABLO LOPEZ CUY
False Easting: 500.000.0000	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO
False Northing: 0.0000	
Central Meridian: -75.0000	
Scale Factor: 0.9996	
Latitude Of Origin: 0.0000	
Units: Meter	

Ilustración 4. Mapa de la Red hídrica de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

La cuenca alta del río Candela cuenta con cuatro clasificaciones para los arroyos y riachuelos tributarios (orden 1, 2, 3 y 4).

6.1.2.2.3. Longitud de cada orden de la Red Hídrica

Para obtener la longitud de cada orden se extrae la tabla estadística de atributos, así de esta manera se obtiene la siguiente información:

- Orden 1: 30,28 kilómetros
- Orden 2: 15,20 kilómetros
- Orden 3: 8,88 kilómetros
- Orden 4: 4,80 kilómetros

Lo que sumaría 59,17 kilómetros de canales naturales, entre cárcavas, arroyos, riachuelos y el cauce principal de la cuenca alta del río Candela.

6.1.2.2.4. Pendiente Promedio de la Red Hídrica

Para obtener la pendiente promedio de la red hídrica se extra la tabla estadística de atributos a partir del raster de pendientes y red hídrica, el resultado es el siguiente:

Tabla 7. Cálculo para la obtención de valores para la pendiente promedio de la red hídrica

Orden Red Hídrica	Número de Ocurrencias [1]	Pendiente Promedio [2]	[1] x [2]
1	2925	3,634188	10629,9999
2	1409	3,452094	4864,00045
3	860	2,781395	2391,9997
4	455	1,846154	840,00007
SUMA	5649		18726,0001

Fuente: Autores, 2021

Mediante la suma del número de ocurrencias y la multiplicación del promedio por el número de ocurrencias (última columna de la tabla) se obtienen los valores para calcular la pendiente promedio de la red hídrica de la cuenca alta del río Candela:

$$\text{Pendiente Red Hídrica (S Red)} = \frac{\left(\frac{18726,0001}{5649} \right)}{100}$$

$$\text{Pendiente Red Hídrica (S Red)} = 3,32 \%$$

La diferencia de la pendiente de la cuenca respecto a la pendiente promedio de la red hídrica permite inferir la existencia de cañones y una alta incidencia de la erosividad del agua de escorrentía en los cursos y cauce de las cárcavas, arroyos, riachuelos y ríos.

6.1.2.2.5. Pendiente del cauce del río principal

El cauce principal se obtiene con la relación de cotas respecto a la longitud del cauce, expresados en la siguiente formulación:

$$S_{\text{cauce}} = \frac{\nabla_{\text{Max}} - \nabla_{\text{Min}}}{\text{Longitud Cauce}}$$

$$S_{\text{cauce}} = \frac{2160 - 700}{6,48 * 1000}$$

$$S_{\text{cauce}} = 23\%$$

6.1.2.3. Índice de Compacidad de la Cuenca

El índice de compacidad busca comparar que tan parecida es la forma de la cuenca respecto a un círculo y se encuentra expresado con la siguiente formulación:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K_c = \frac{14,54 \text{ km}}{2\sqrt{\pi \cdot 8,82 \text{ km}^2}}$$

$$K_c = 1,38$$

De acuerdo a la clasificación de Horton, la cuenca alta del río candela posee una figura oval redonda a oval-oblonga, lo que puede incidir en el retraso de concentración de flujo en los nodos de intersección de los tributarios.

6.1.2.4. Factor de Forma de la Cuenca

El factor de forma busca determinar que tan ensanchada o alargada es la forma de la cuenca y se encuentra expresado con la siguiente formulación:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

$$Ff = \frac{8,82 \text{ km}^2}{(5,39 \text{ km})^2}$$

$$Ff = 0,30$$

De acuerdo a la clasificación de Horton, la cuenca alta del río Candela posee una tendencia entre alargada a ligeramente alargada, lo que puede incidir en la retención de flujo entre nodo y nodos de intersección de los tributarios.

6.1.2.5. Ley de Bifurcaciones

De acuerdo a la Ley de Horton, se relacionan los órdenes de los tributarios acorde a su número de presentación y presencia en el área de la cuenca y se relaciona la longitud de los tributarios.

6.1.2.5.1. Relación de Órdenes de los Tributarios

La relación de los órdenes de los tributarios se da con la siguiente formulación:

$$B_{a-b} = \frac{a}{b}$$

Para la relación del orden 1 con el orden 2:

$$B_{1-2} = \frac{175}{87}$$

$$B_{1-2} = 2,01$$

Para la relación del orden 2 con el orden 3:

$$B_{2-3} = \frac{87}{40}$$

$$B_{2-3} = 2,18$$

Para la relación del orden 3 con el orden 4:

$$B_{3-4} = \frac{40}{42}$$

$$B_{3-4} = 0,95$$

Los resultados permiten distinguir en mayor medida que hay mayor presencia de nodos de intersección de los tributarios de orden 2 con el orden 3 y en referencia

al índice de compacidad, en estos puntos es más probable que se presente el mayor grado de interacción entre estos.

6.1.2.5.2. Relación de Longitudes de Órdenes de Tributarios

La relación de las longitudes de los órdenes de los tributarios se da con la siguiente formulación:

$$L_{b-a} = \frac{b}{a}$$

Para la relación del orden 2 con el orden 1:

$$L_{2-1} = \frac{15,20 \text{ km}}{30,28 \text{ km}}$$

$$L_{2-1} = 0,50$$

Para la relación del orden 3 con el orden 2:

$$L_{3-2} = \frac{8,88 \text{ km}}{15,20 \text{ km}}$$

$$L_{3-2} = 0,58$$

Para la relación del orden 4 con el orden 3:

$$L_{4-3} = \frac{4,80 \text{ km}}{8,88 \text{ km}}$$

$$L_{4-3} = 0,54$$

Los resultados permiten distinguir que la cuenca alta del río Candela tiene mayor distribución de tributarios con mayor sumatoria de sus longitudes en su parte alta y en referencia al factor de forma, es donde se presenta menor tendencia a la interacción de la interpretación de esta variable morfológica.

6.1.2.6. Densidad de Drenaje

La densidad de drenaje expresa la concentración de tributarios y sus longitudes respecto al área de la cuenca y está representada por la siguiente formulación:

$$Dd = \frac{\sum \text{Longitudes Tributarios}}{A}$$

$$Dd = \frac{59,17 \text{ km}}{8,83 \text{ km}^2}$$

$$Dd = 6,70 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$$

De acuerdo a la clasificación de Horton, la cuenca alta del río Candela posee una densidad de drenaje media.

6.1.2.7. *Tiempo de Concentración*

La formulación matemática de tiempo de concentración del agua en la cuenca y aplicable para este caso particular será la de Témez, expresado así:

$$T = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{S_o^{0,25}} \right)^{0,75}$$

Donde L, es la longitud de la red hídrica y S_o es la diferencia de cotas.

$$T = 0,3 \cdot \left[\frac{59,17}{(2160 - 700)^{0,25}} \right]^{0,75}$$

$$T = 0,31 \text{ horas}$$

Suponiendo una descarga total efectiva de la red hídrica, el tiempo de concentración del agua de lluvia desde el extremo mayor hasta la desembocadura de la cuenca alta del río Candela, será de 18,6 minutos.

En la tabla continua se presenta un resumen de los resultados y su interpretación:

Tabla 8. Parámetros morfométricos y morfológicos de la cuenca alta del río Candela

Parámetro		Valor	Unidad	Análisis
Área		8,83	km ²	Es una microcuenca por ser inferior a los 25 km ²
Perímetro		14,54	km	-
Cota máxima		2160	msnm	Cerro Jueaneta.
Cota mínima		700	msnm	Desembocadura
Centroide	Coordenada X	678391,64	m	-
	Coordenada Y	1182239,74	m	-
	Coordenada Z	1384,86	m	Igual a la altitud promedio
Altitud más frecuente		773	msnm	La mayor parte del área de la cuenca se concentra en su pie de monte.

Altitud Promedio		1384,87	msnm	-
Longitud del Cauce		6,48	km	El cauce principal es relativamente corto.
Longitud de la Cuenca		5,39	km	Es la longitud recta de la cuenca hasta el punto más alto, en este caso el Cerro Jueaneta.
Longitud de la Red Hídrica		59,17	km	La extensión de todos los tributarios, incluyendo el cauce principal.
Pendiente de la Red Hídrica		3,31	%	Es una pendiente muy medida si se compara con el promedio de la cuenca.
Pendiente Promedio de la Cuenca		50,40	%	Es una pendiente cuyo relieve es muy fuerte y comparable con la pendiente de la red hídrica significa presencia de cañones y gran erosividad.
Índice de Compacidad (Kc)		1,38	-	El grado de circularidad es mayor a 1, lo que significa que una tendencia de concentrar mayor volumen de escurrimiento.
Factor de Forma (Ff)		0,30	-	Es un valor bajo, lo que significa tendencia a concentrar agua lo que favorece la formación de crecidas.
Relación de Ordenes	B ₁₋₂	2,01	-	Se presenta una alta concentración con tendencia a la reducción de interacciones entre nodo y nodo de interconexión de los tributarios.
	B ₂₋₃	2,18	-	
	B ₃₋₄	0,95	-	
Relación de Longitudes	L ₂₋₁	0,50	-	Se presenta una alta concentración con tendencia de equilibrio de interacción de longitudes y ordenes entre los nodos de interconexión e interacción.
	L ₃₋₂	0,58	-	
	L ₄₋₃	0,54	-	
Densidad de Drenaje (Dd)		6,70	km.km ⁻²	Mediana eficiencia y velocidad de transporte de flujo en la cuenca.
Tiempo de Concentración (T)		0,30	h	Tiene un tiempo de aproximado 19 minutos, lo que significa un volumen de agua medurado.

Fuente: Autores, 2021

El comportamiento del flujo en la cuenca, así como su morfología y morfometría es importante, debido a la importante participación que tiene el agua con su capacidad erosiva para modificar los aspectos geográficos de un relieve.

Para el caso de investigación se encuentra una cuenca muy modificada y tallada por el poder erosivo del agua de escorrentía, quien le da un aspecto de zapato con una caña o trasera muy alta y una pala muy aplanada (en referencia a los cambios abruptos de altitud).

En próximas actividades se harán ensayos de infiltración, por ello será necesario realizarlos en zonas aisladas en lo posible de la incidencia de los canales naturales, donde el suelo sea razonablemente más estable y que tenga mayor probabilidad de sufrir la erodabilidad.

6.1.3. Contexto del área de estudio

6.1.3.1. Amenazas Ambientales en el área de estudio

Enfocando principalmente a las amenazas existentes para los recursos naturales dentro del área de influencia de la cuenca alta del río Candela, se explora la plataforma SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia) de la cual se extrae la siguiente zonificación de la amenaza de la degradación de suelos por erosión.

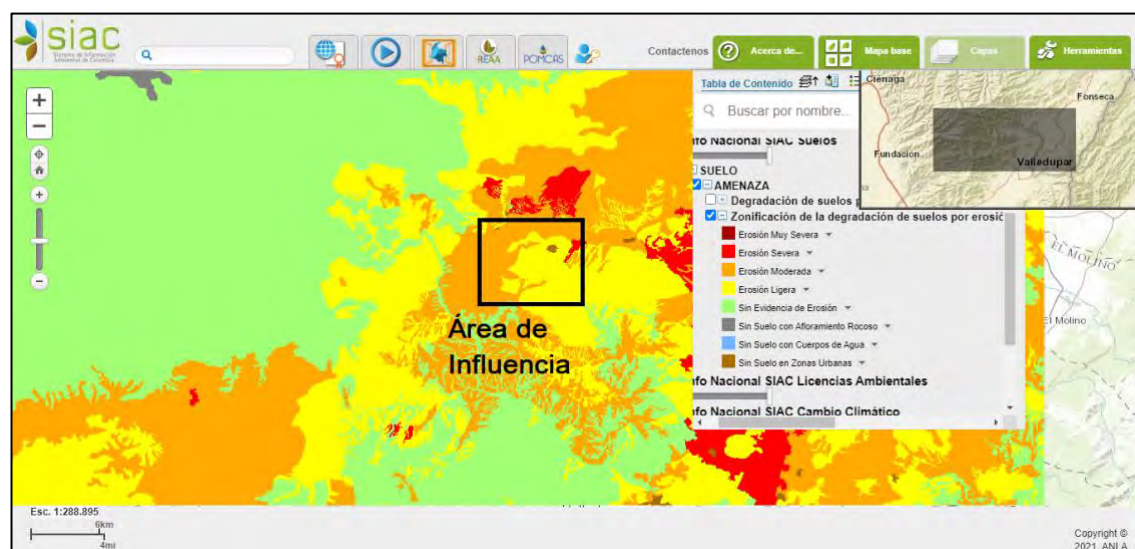


Ilustración 5. Zonificación de la amenaza de la degradación de suelos por erosión

Fuente: ANLA-SIAC, 2021

Esta zona se encuentra clasificada con una *erosión ligera*, que de acuerdo a la clasificación de la FAO (1980), equivale a una pérdida de suelo de 0,5 a 5 toneladas por hectárea al año.

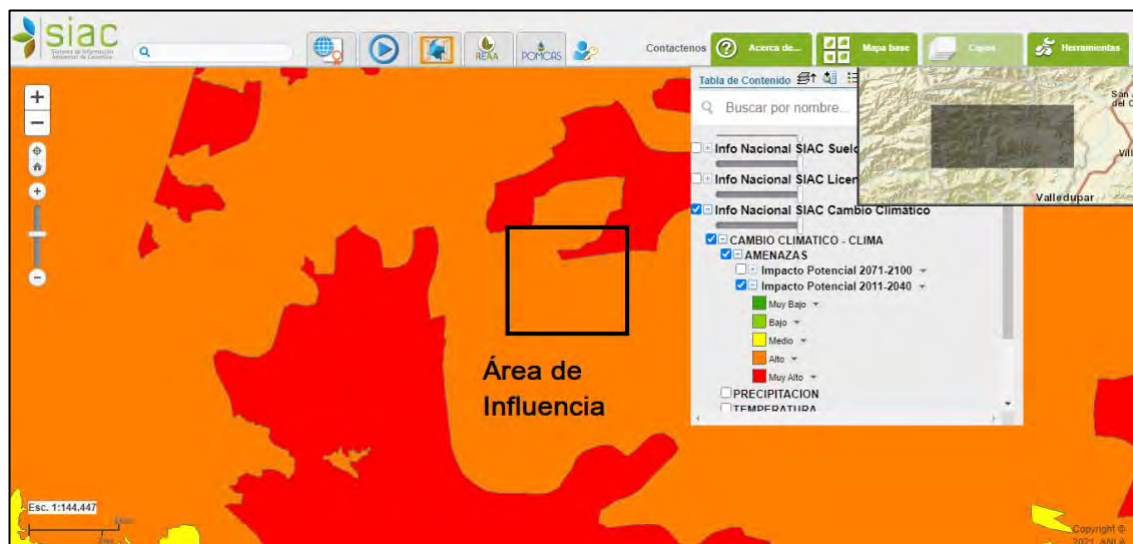


Ilustración 6. Zonificación del impacto de la amenaza del cambio climático

Fuente: ANLA-SIAC, 2021

Esta zona se encuentra clasificada con un impacto alto respecto a la amenaza del cambio climático para el periodo 2011 – 2040. En el reconocimiento de campo se pudo evidenciar que no existen buenas prácticas en el manejo de cultivo y especies productivas, acorde a las actividades económicas que desarrollan los pobladores del área de influencia.

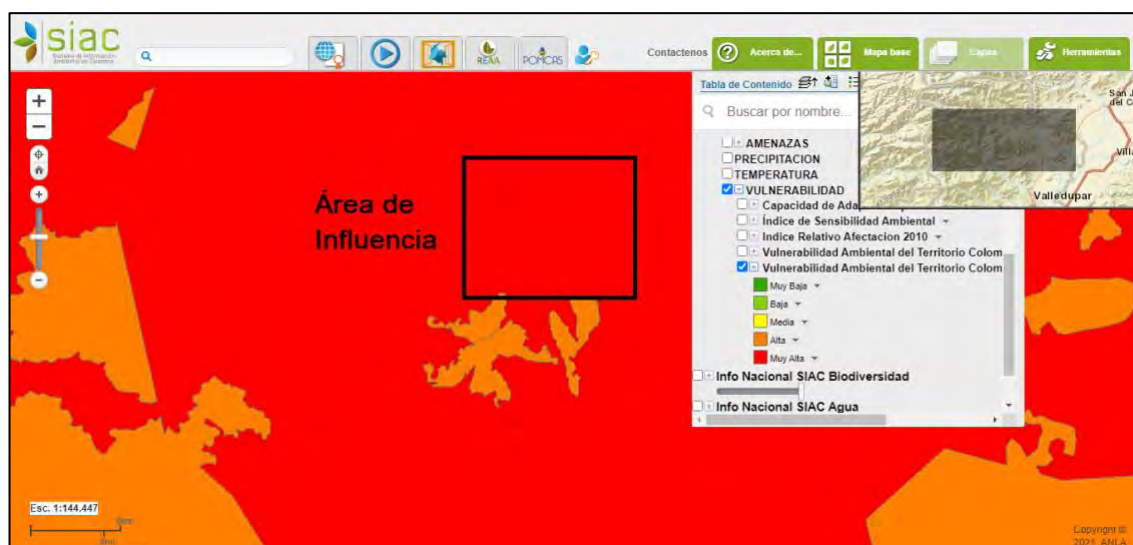


Ilustración 7. Zonificación de la vulnerabilidad ambiental del territorio

Fuente: ANLA-SIAC, 2021

Esta zona presenta una vulnerabilidad ambiental clasificada como muy alta y esto se debe a la intromisión de tecnificación de algunas herramientas para el trabajo agrícola y pecuario en la zona.

6.1.3.2. Caracterización General

En cuanto a la Geología y Geomorfología incidente, se encuentran tres tipos, tal como se observa en la siguiente ilustración:

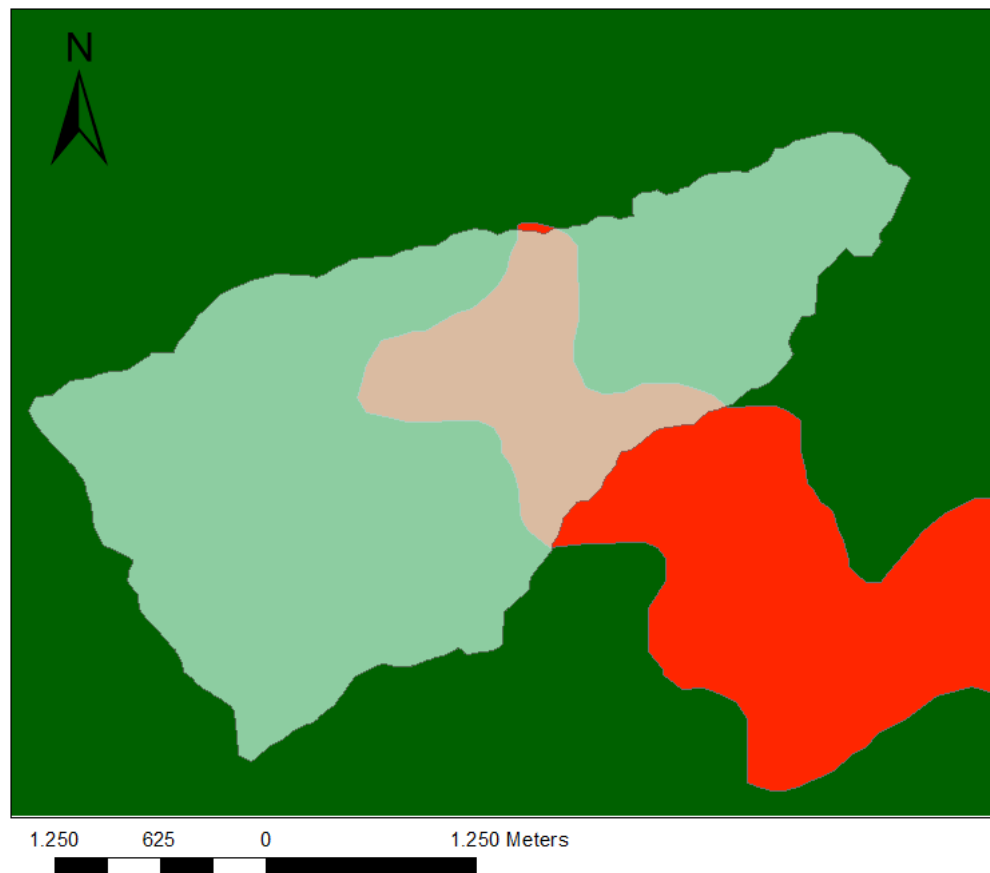


Ilustración 8. Mapa Geológico de Colombia

Fuente: Elaborado con Google Earth complementado con información del SGC (2015), 2021

En gran parte las formaciones son de cuarzodioritas que varían a dioritas perteneciente al lacolito de Atanquez, datado en el paleoceno y de origen vulcanológico (representado en la ilustración anterior con color piel) (Gómez, 2015).

En azul se observan Riolitas datadas en el jurásico y en menor medida y de color morado Limolitas sílfceas, shales, cuarzoarenitas y calizas arenosas intercalados con basaltos o diabasas espilíticas, datado en el pérmico-triásico, perteneciente a una unidad geológica de formación corual (Gómez, 2015).



MAPA DE VOCACIÓN DEL SUELO CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA 1:30.000

En la imagen se presenta el mapa de vocación de suelos correspondientes a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Ataquez

LEYENDA

Vocacion

- Agroforestal
- Agrícola
- Conservación de Suelos
- Cuerpo de agua
- Forestal
- Ganadera
- Zonas urbanas

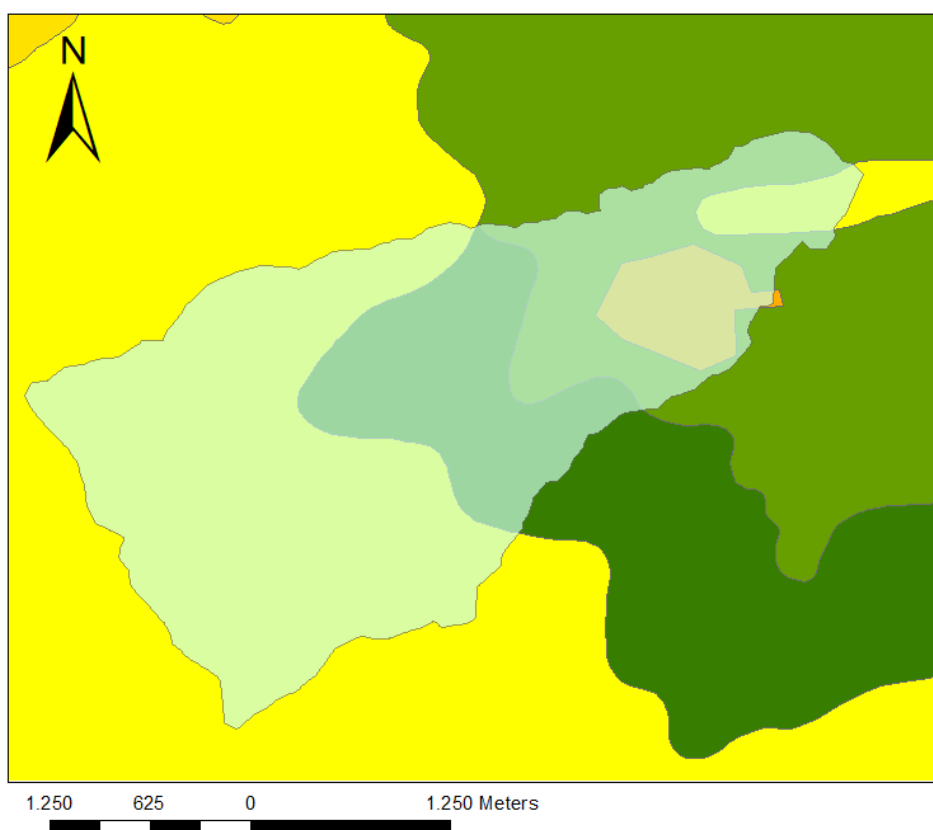
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18N	
Projection: Transverse Mercator	
Datum: WGS 1984	Reference Scale: 1:30.000
False Easting: 500.000,0000	Author: IGAC, 2017
False Northing: 0,0000	
Central Meridian: -75,0000	
Scale Factor: 0,9996	Elaborado por:
Latitude Of Origin: 0,0000	JUAN PABLO LOPEZ CUY
Units: Meter	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO

Ilustración 9. Zonificación de la Vocación del Suelo en el área de interés

Fuente: Elaborado por los autores con ArcMAP con información de suelos del IGAC (2017), 2021

En la ilustración se observa que el área es netamente clasificada para foresta y conservación de suelos.

De acuerdo al uso del suelo, los polígonos coinciden, siendo que el área forestal es clasificada con área de protección y a conservación de suelos es de uso para conservarlo y recuperarlo por la erosión.



MAPA DE UNIDADES CARTOGRÁFICAS CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA 1:30.000

En la imagen se presenta el mapa de unidades cartográficas de suelos correspondientes a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

LEYENDA

Unidades Cartográficas

- ZU
- MQAg2
- LWAe3
- MWAe3

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18N	Reference Scale: 1:30.000
Projection: Transverse Mercator	Author: IGAC, 2017
Datum: WGS 1984	Elaborado por:
False Easting: 500.000,0000	JUAN PABLO LOPEZ CUY
False Northing: 0,0000	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO
Central Meridian: -75,0000	
Scale Factor: 0,9996	
Latitude Of Origin: 0,0000	
Units: Meter	

Ilustración 10. Zonificación de las unidades cartográficas del Suelo en el área de interés

Fuente: Elaborado por los autores con ArcMAP con información de suelos del IGAC (2017),

2021

En la ilustración anterior se observa la zonificación de las unidades cartográficas. El área de estudio tiene influencia con cuatro de estas:

- ZU: Zonas urbanas
- MQAg2: *Asociación Oxic Dystropepts- Typic Troorthents*, cuyas pendientes del terreno son mayores a 75%, poseen una erosión moderada y son suelos moderadamente profundos, bien desarrollados y bien drenados. Fuertemente ácidos, con bajos contenidos de potasio y fósforo. Materia orgánica que desciende con la profundidad. Bajos niveles de fertilidad. Altos contenidos de aluminio (IGAC, 2017).
- LWAe3: *Asociación Lithic Ustorthents-Typic Ustorthents*, cuyas pendientes del terreno varían entre 25 a 50%, poseen una erosión severa y son suelos derivado de conglomerados de arenisca y caliza, estas últimas en pendientes más suaves; son muy superficiales y superficiales, bien drenados de texturas moderadamente finas y moderadamente gruesas; la reacción es moderadamente alcalina y ligeramente ácida y fertilidad natural moderadamente muy alta (IGAC, 2017).
- MWAg3: *Consociación Lithic Ustorthents y Afloramiento Rocoso*, cuyas pendientes varían entre 50 a 75%, poseen una erosión severa, son suelos derivados de rocas ígneas (cuarzodioritas) son superficiales, bien drenados, de texturas medias y gruesas, presentan reacción moderadamente ácida en superficie y muy fuertemente ácida en profundidad, la fertilidad natural es muy alta (IGAC, 2017).

6.1.3.3. Variables Pluviométricas

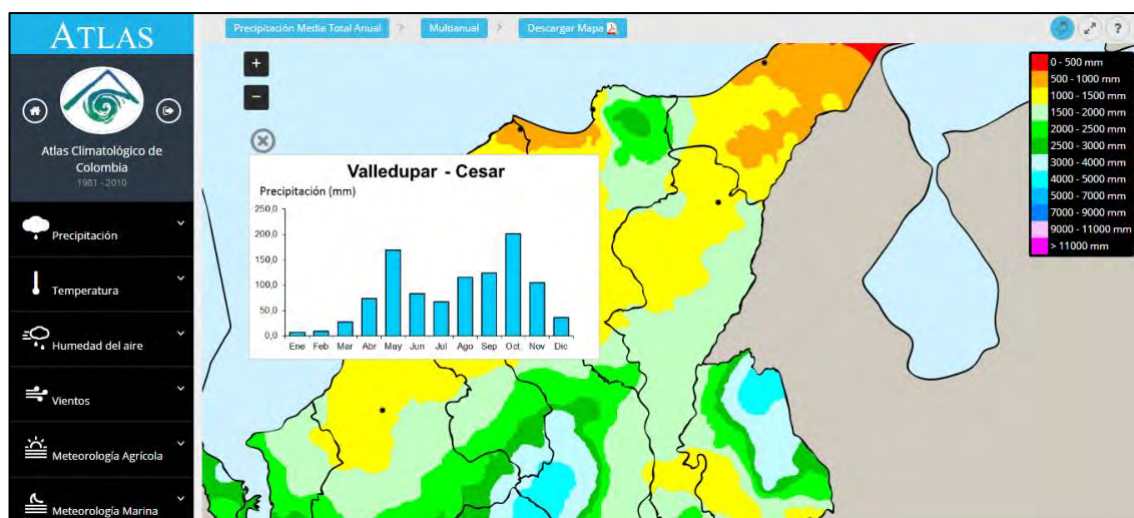


Ilustración 11. Zonificación de la precipitación multianual en la zona de estudio

Fuente: ATLAS CLIMATOLÓGICO DE COLOMBIA - IDEAM, 2021

La zona de estudio se encuentra dentro del área de jurisdicción del municipio de Valledupar, sin embargo no comparten el mismo piso climático y existen diferencias importantes cuando se habla de precipitación.

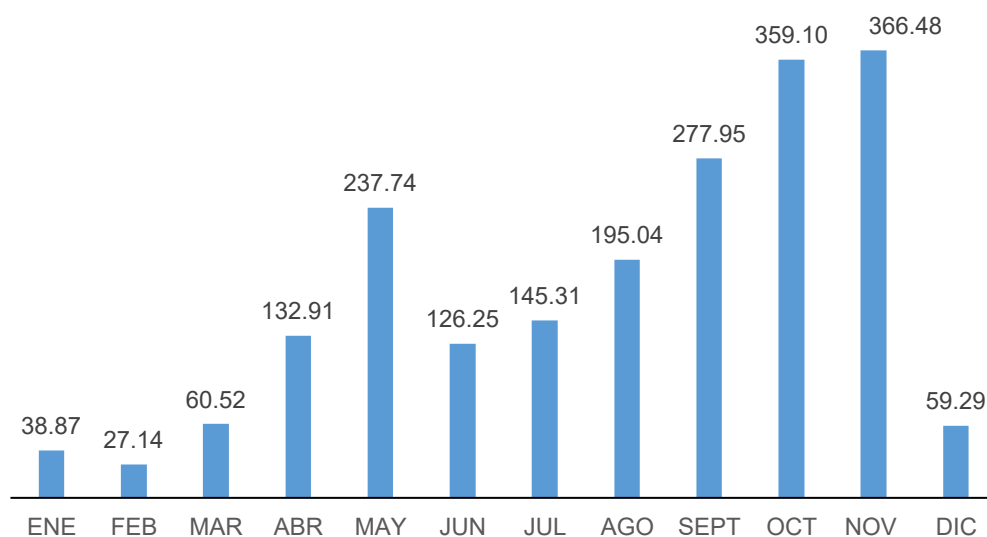


Gráfico 4. Precipitación multianual estación Atanquez

Fuente: IDEAM, 2021

Como se observa en el gráfico anterior, se registran precipitaciones máximas aproximadas de hasta 367 litros por metro cuadrado, que facilita la erosividad.

6.2. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE LOS VALORES DE ERODABILIDAD OBTENIDOS A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CORRESPONDIENTES AL ÁREA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA, CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ

6.2.1. Muestreo de Suelos

Conforme al protocolo de recolección de muestras el IGAC, se procedió a la recolección de muestras de suelo.



Fotografía 3. Recolección de muestras de suelo para laboratorios

Fuente: Autores, 2021

Primeramente se determinó el tamaño de las muestras a recoger de la zona de estudio, en función del área, aplicando la fórmula de muestras aleatorias, el resultado fue el siguiente:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Dónde,

n : Tamaño de la muestra

N : Área de la cuenca alta del río Candela (8,83 km²)

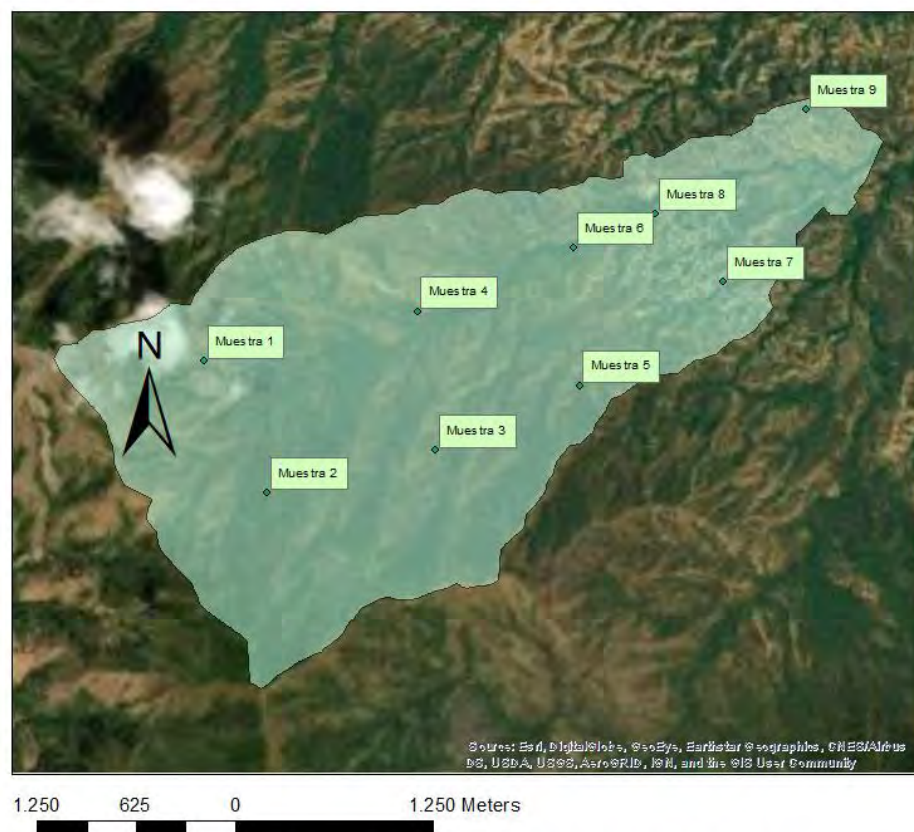
- Z : Nivel de confianza (al 99% equivale a 2,57)
 d : A un intervalo de 99% es igual o menor a 0,01
 p : Probabilidad de éxito, generalmente 50%
 q : Probabilidad de fracaso, generalmente 50%

$$n = \frac{8,83 \text{ km}^2 * (2,57)^2 * 0.5 * 0.5}{(0,01)^2 * (8,83 - 1) + (2,57)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n \cong 9$$

Por lo tanto se tomarán 9 muestras de 3 kilogramos cada una (27 kilogramos).

En segunda instancia y en referencia a la información recopilada en la primera fase del proyecto se escogieron los puntos de muestreo y de ensayos de infiltración, los cuales están representados en la siguiente ilustración:



MAPA DE MUESTRAS Y SONDEOS **CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA** **1:30.000**

En la imagen se presenta el mapa de puntos de muestras y sondeos correspondiente a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota	
Projection: Transverse Mercator	
Datum: MAGNA	
False Easting: 1.000.000,0000	Reference Scale: 1:30.000
False Northing: 1.000.000,0000	Author:
Central Meridian: -74,0775	JUAN PABLO LOPEZ CUY
Scale Factor: 1,0000	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO
Latitude Of Origin: 4,5962	
Units: Meter	

Ilustración 12. Mapa de muestras y sondeos de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2020

6.2.2. Caracterización del Suelo

Se recolectó un total de 27 kilogramos con el objetivo de enviar 9 muestras a 3 laboratorios diferentes.

- La densidad aparente y real fue realizada por A.G.M. LABORATORIO DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO, en la ciudad de Valledupar.
- El porcentaje de materia orgánica y el análisis granulométrico fue realizado en el Laboratorio de Física y Conservación de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, en la ciudad de Medellín.

Los resultados se presentan a continuación y de igual manera se pueden visualizar en sus formatos de reporte en el ANEXO 3.

6.2.2.1. Densidad Aparente y Real

En los siguientes gráficos se representan la densidad aparente y real de las 9 muestras recogidas en el área de la cuenca alta del río Candela:

Densidad Aparente:

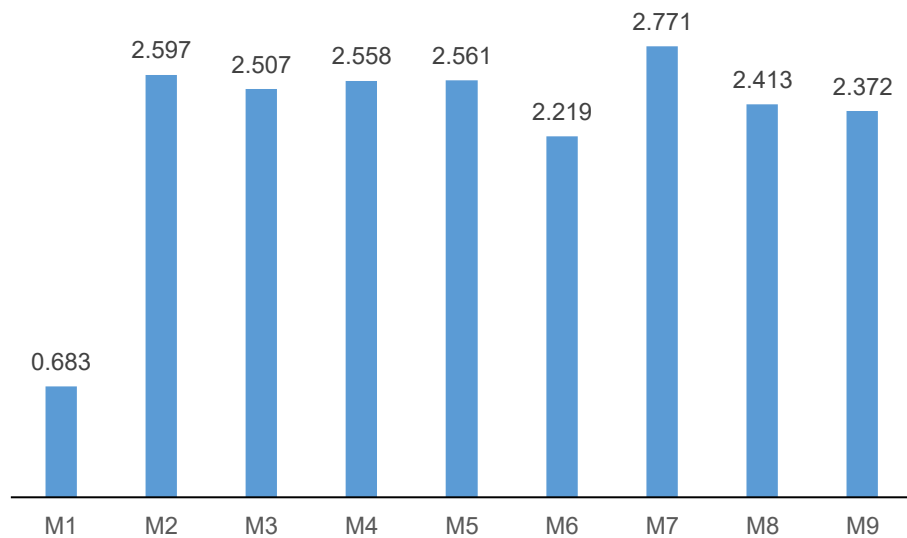


Gráfico 5. Densidad Aparente (gr/cm³) de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

Densidad Real:

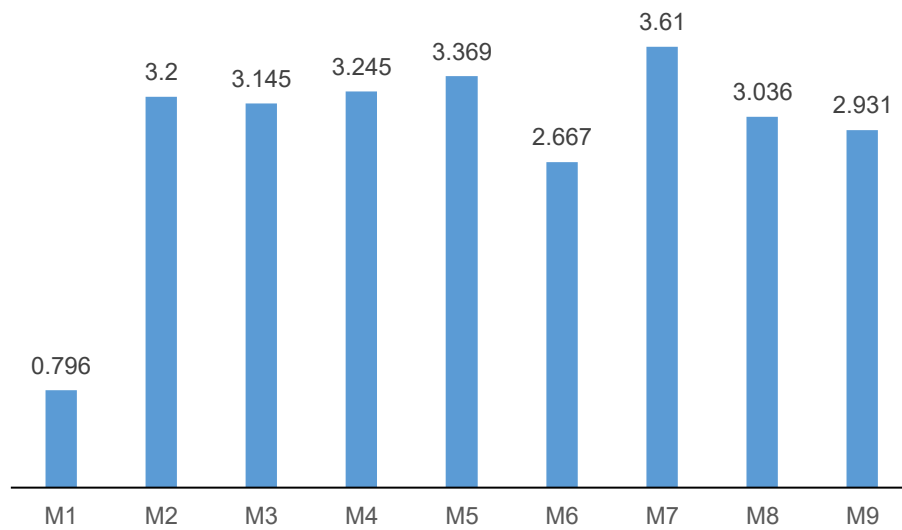


Gráfico 6. Densidad Real (gr/cm³) de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

6.2.2.2. Materia Orgánica

En el siguiente gráfico se representa la materia orgánica de las 9 muestras recogidas en el área de la cuenca alta del río Candela:

Materia Orgánica

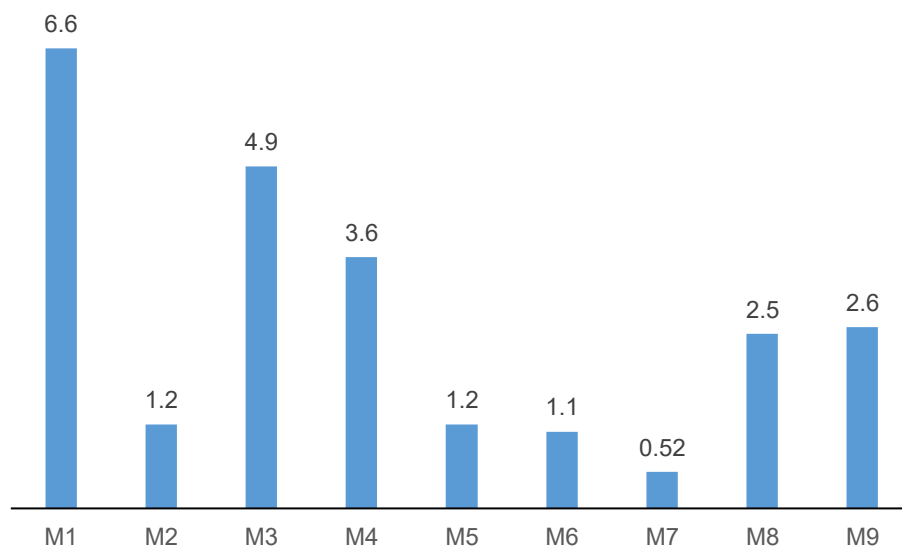


Gráfico 7. Materia Orgánica (%) de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

6.2.2.3. Porcentajes de Arena, Limo y Arcilla

A partir del tamizado de las muestras de suelo y las tablas de granulometría se extraen los porcentajes de arena, limo y arcilla para cada muestra.

Porcentaje contenido de arena en las muestras (tamiz 0,5 a 2 mm):

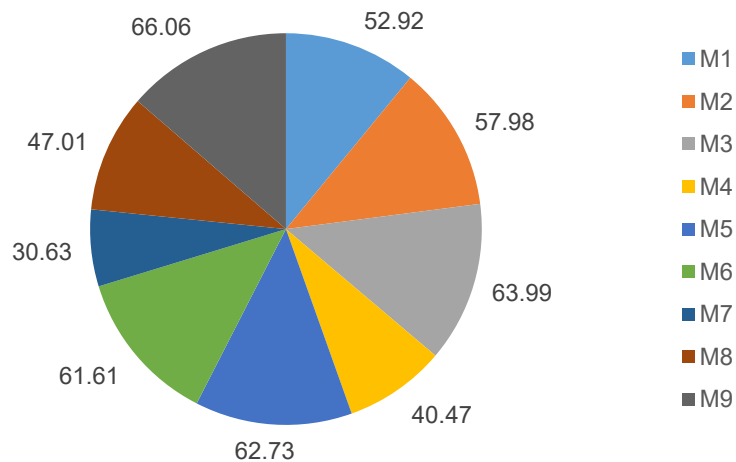


Gráfico 8. Porcentaje de arena de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

Como se observa, la arena es mayoritaria en las muestras.

Porcentaje contenido de limo en las muestras (tamiz 0,125 a <0,5 mm):

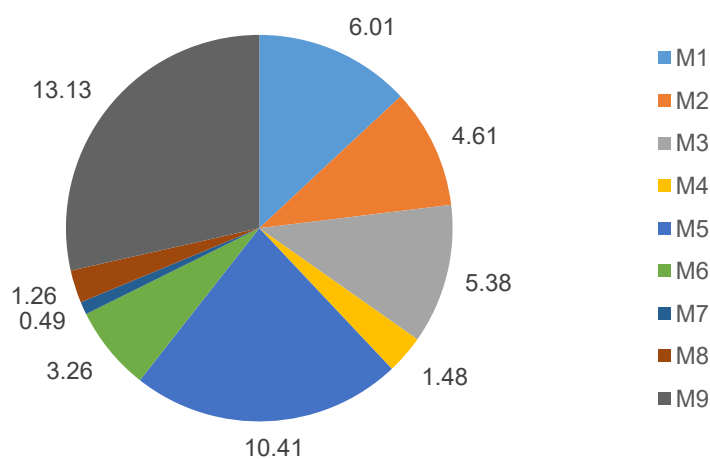


Gráfico 9. Porcentaje de limo de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

Teniendo en cuenta el triángulo de texturas del suelo las muestras pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

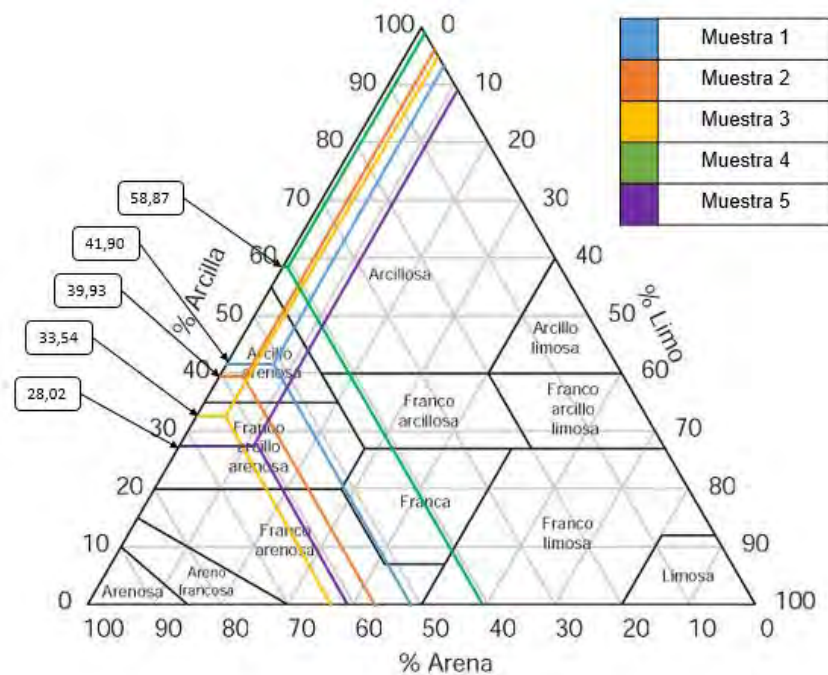


Gráfico 10. Clasificación de Texturas para las primeras cinco muestras

Fuente: Autores, 2021

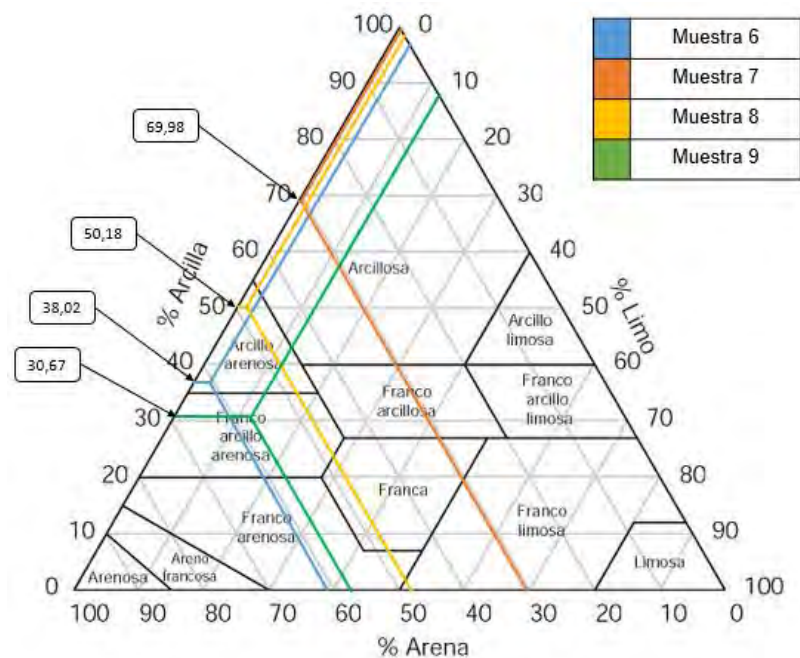


Gráfico 11. Clasificación de Texturas para las últimas cuatro muestras

Fuente: Autores, 2021

Las texturas de las muestras se presentan resumidas en la tabla continua:

Tabla 9. Texturas de las muestras de suelo de la cuenca alta del río Candela

Muestras	Texturas
M1	Arcillo-arenosa
M2	Arcillo-arenosa
M3	Franco-arcillo-arenosa
M4	Arcillosa
M5	Franco-arcillo-arenosa
M6	Arcillo-arenosa
M7	Arcillosa
M8	Arcillo-arenosa
M9	Franco-arcillo-arenosa

Fuente: Autores, 2021

Aunque los resultados muestran sesgos debido a la composición de los suelos en los puntos de muestreo presentados se debe aclarar que para estudios profesionales y de gran inversión requieren que la sistematización y escogencia de puntos de sondeo varíe durante el periodo de muestreo, así como la frecuencia, intensidad y duración de las muestras, por lo tanto al siguiente mes de esta investigación se esperarí realizar otras muestras en otras partes del área presentada.

6.2.2.4. Ensayo de Infiltración

Como objeto de implementar el método de Wischmeier & Smith, para contrastar el método de Williams, se determina el coeficiente de permeabilidad que es un insumo para la aplicación del mencionado método.



Ilustración 13. Medición en punto de sondeo y muestra para ensayo de infiltración

Fuente: Autores, 2021

Se siguió el procedimiento de la FAO, cavando agujeros con un diámetro (D) de 10 centímetros y con una profundidad (H) de 30 centímetros.

Los resultados son presentados en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Resultados de campo del ensayo de infiltración

					
Predio: El Chorro		Predio: Cabidol		Predio: Galilea	
Altura: 1758 msnm		Altura: 1479 msnm		Altura: 1237 msnm	
Profundidad (cm)	Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Tiempo (min)
30	27	30	21	30	34
5,5	10	8	10	4,5	10
5	10	5	10	3,5	10
					
Predio: Los Mangos		Predio: Las Delicias		Predio: El Pedegral	
Altura: 1145 msnm		Altura: 1105 msnm		Altura: 839 msnm	
Profundidad (cm)	Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Tiempo (min)
30	17	30	34	30	17
18	10	7	10	12	10
17	10	5	10	10	10
					
Predio: Atanquez		Predio: Candela		Predio: Barranquilla	
Altura: 807 msnm		Altura: 800 msnm		Altura: 726 msnm	
Profundidad (cm)	Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Tiempo (min)	Profundidad (cm)	Tiempo (min)
30	12,5	30	58	30	38
3	10	3	10	5	10
2,5	10	5,5	10	4,5	10

Fuente: Autores, 2021

Para determinar el coeficiente de permeabilidad de los sondeos se aplica la siguiente formulación:

$$k = \left(\frac{V * H}{L_{prom} * A * t_{prom}} \right) \times 36000$$

Dónde,

- k** : Coeficiente de Permeabilidad (mm/h)
V : Volumen del sondeo (cm³)
H : Profundidad del Sondeo (cm)
L_{prom} : Promedio de las pérdidas de carga (cm)
A : Área de la base del sondeo (cm²)
t_{prom} : Promedio de los tiempos de ensayo (s)
3600 : Factor de conversión de cm/s a mm/h

El área de la base del sondeo está dado por la fórmula del cilindro:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2$$

Dónde 'D' es el diámetro del agujero. Al reemplazar el valor del diámetro, equivalente a 10 centímetros el área de la base del sondeo toma el valor de 78,54 cm².

En la siguiente tabla se presenta el cálculo del coeficiente de permeabilidad, teniendo en cuenta el área calculada y los datos del cuadro 1:

Tabla 10. Coeficientes de permeabilidad del suelo de la cuenca alta del río Candela

Muestra	A (cm²)	L promedio (cm)	V (cm³)	k (mm/h)	Clasificación
1	78,540	14,167	1112,647	1148,94	>150 mm/h - rápido
2	78,540	14,333	1125,737	1317,07	>150 mm/h – rápido
3	78,540	12,667	994,8377	1000,00	>150 mm/h – rápido
4	78,540	21,667	1701,696	1459,46	>150 mm/h – rápido
5	78,540	14,000	1099,557	1000,00	>150 mm/h – rápido
6	78,540	17,333	1361,357	1459,46	>150 mm/h – rápido
7	78,540	11,833	929,3878	1661,54	>150 mm/h – rápido
8	78,540	13,833	1086,467	692,31	>150 mm/h – rápido
9	78,540	13,167	1034,108	931,03	>150 mm/h - rápido

Fuente: Autores, 2021

Considerando que la distribución de suelos en el área de estudio no es coherente con los resultados obtenidos en los ensayos de infiltración, los investigadores consideran que deben emplearse métodos tecnológicos que reduzcan el error en el ensayo, puesto que la metodología aplicada en campo pueda presentar detalles que impidan obtener resultados conforme a la realidad esperada.

6.2.3. Determinación de la Erodabilidad

Continuo a los resultados presentados se procede a determinar la erodabilidad de la cuenca, para ello se empleará el método de Williams, aunque en principio los investigadores pretendían aplicar el método de Paulet y de Wischmeier & Smith, sin embargo los resultados aplican a las restricciones de los métodos.

No es posible aplicar el método de Paulet, debido a que no existe una variación importante en los porcentajes de contenido de arena fina y muy fina respecto a otras muestras y así mismo, las texturas se concentran en una zona definida del triángulo de texturas, lo que arroja valores extremadamente altos de erodabilidad.

El método de Wischmeier & Smith da resultados negativos debido a que el contenido de materia orgánica y el tamaño de las partículas inciden fuertemente en el resultado y aunque deberían ser sopesados por la clasificación de la permeabilidad y estructura en el cálculo, sin embargo y por la codificación acorde a los resultados no funciona el aplicar el método.

Se hace netamente restrictivo cuando la estructura que es invariable asume una codificación de 1 para 7 muestras, siendo que en la fórmula planteada por Wischmeier & Smith, este valor debería ser mayor o igual a 2 para que dé un resultado positivo.

Así mismo, el coeficiente de permeabilidad que es muy alto, asume el valor de 1 para todas las muestras, siendo que en la fórmula planteada por Wischmeier & Smith, este valor debería ser igual o mayor a tres para obtener un resultado positivo.

Esto señala, de una u otra manera en parte a los resultados obtenidos con el contenido de materia orgánica y los contenidos de arena, limo y arcilla, y su parte del cálculo dentro de la fórmula.

6.2.3.1. Erodabilidad por el Método de Williams (*Kwi*)

Al aplicar el modelo de Williams se obtienen los factores de contenido de arena de baja proporción (*Fcsand*), contenido de arcilla-limo (*Fc-si*), contenido de carbono orgánico (*Forgc*), y contenido de arena (*Fhisand*). Al reemplazarlos en las fórmulas expuestas en la sección 4.2.2.1.1., del presente documento se obtiene el siguiente resultado:

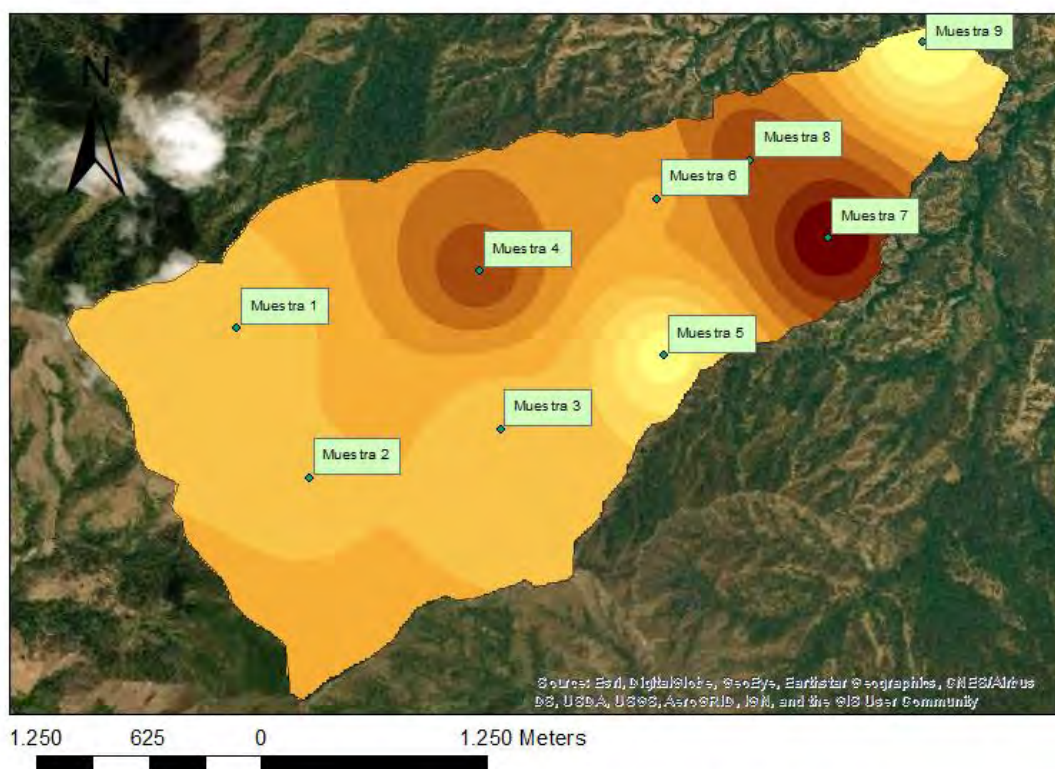
Tabla 11. Erodabilidad del suelo mediante el método de Williams (*Kwi*)

Muestras	Fcsand	Fc-si	Forgc	Fhisand	Kwi	Clasificación USDA (1962)
1	0,4608	0,5365	0,9744	0,9955	0,0316	Bajo
2	0,4582	0,5064	0,9872	0,9910	0,0299	Bajo
3	0,4550	0,5523	0,9744	0,9740	0,0314	Bajo
4	0,4700	0,3288	0,9744	0,9998	0,0198	Muy Bajo
5	0,4565	0,6758	0,9872	0,9704	0,0389	Moderado
6	0,4565	0,4669	0,9896	0,9867	0,0274	Bajo
7	0,4771	0,2252	0,9986	1,0000	0,0141	Muy Bajo
8	0,4652	0,3286	0,9747	0,9993	0,0196	Muy Bajo
9	0,4580	0,6967	0,9746	0,9780	0,0401	Moderado

Las unidades de medida de la columna *Kwi* son $t\ ha\ h\ tm^{-1}\ mm^{-1}\ ha^{-1}$.

6.2.4. Elaboración del Mapa de Erodabilidad

En la siguiente ilustración se presenta el mapa de zonificación de la erodabilidad en la cuenca alta del río Candela.



MAPA DE ERODABILIDAD DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA (t ha h / tm mm ha) 1:30.000

En la imagen se presenta el mapa de erodabilidad correspondiente a la cuenca alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez

LEYENDA

0,03747 - 0,04005	0,02710 - 0,02968	0,01674 - 0,01932
0,03488 - 0,03746	0,02451 - 0,02709	0,01414 - 0,01673
0,03229 - 0,03487	0,02192 - 0,02450	
0,02969 - 0,03228	0,01933 - 0,02191	

Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota Projection: Transverse Mercator Datum: MAGNA False Easting: 1.000.000,0000 False Northing: 1.000.000,0000 Central Meridian: -74,0775 Scale Factor: 1,0000 Latitude Of Origin: 4,5962 Units: Meter	Reference Scale: 1:30.000 Author: JUAN PABLO LOPEZ CUY FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO
---	--

Ilustración 14. Mapa de Erodabilidad de la cuenca alta del río Candela

Fuente: Autores, 2021

Los colores claros presentados en el mapa son los clasificados con erodabilidad moderada y son las zonas cuyo suelo es más susceptible a perderse a consecuencia de los fenómenos naturales del suelo y los antrópicos como actividades económicas con malas prácticas de conservación del recurso.

Los colores intermedios a oscuros en el mapa son los clasificados con erodabilidad baja a muy baja y se concentran sobre todo en zonas montañosas, escarpadas, de espesa vegetación y de muy difícil acceso.

En el estudio de la erosión hídrica, el factor de la erodabilidad es muy importante porque se considera como la propiedad natural de pérdida del suelo. Para determinar la erosión hídrica, es necesario conocer la energía de la precipitación a una intensidad de 30 minutos de lluvia efectiva, así como la clasificación del número de curvas acorde al tipo de vegetación, la clasificación del terreno y las prácticas de conservación focalizadas.

6.2.4.1. *Correlación de la erodabilidad con propiedades del suelo*

Se realizó correlaciones entre los valores de la erodabilidad y las propiedades del suelo de las muestras del suelo obtenidas de la cuenca alta del río Candela.

De las relaciones evaluadas, la que mejor coeficiente de ajuste fue el porcentaje de arena muy fina con un $R^2 = 0,96$; seguid por el porcentaje de limo con un $R^2 = 0,89$; seguido por el porcentaje de arcilla con un $R^2 = 0,88$; seguido por el porcentaje de arena con un $R^2 = 0,81$; seguido por la densidad aparente con un $R^2 = 0,05$ (insignificante) y por último, por el porcentaje de materia orgánica, con una $R^2 = 0,03$ (insignificante).

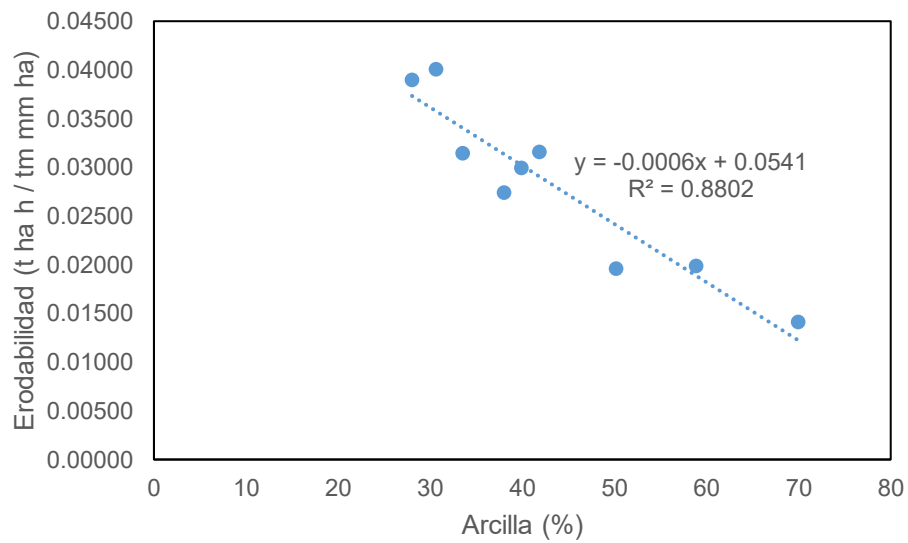


Gráfico 12. Regresión lineal entre la arcilla (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)

Fuente: Autores, 2021

Como se aprecia en la gráfica anterior, el incremento de contenido de arcilla muestra valores más bajos de erodabilidad, en cambio en el gráfico continuo se aprecia el incremento del contenido de arenas totales, que aumenta los valores de erodabilidad y esto es lógico, debido a que estas partículas grandes no forman enlaces cohesivos fuertes y están expuestos a perderse con mínimo esfuerzo.

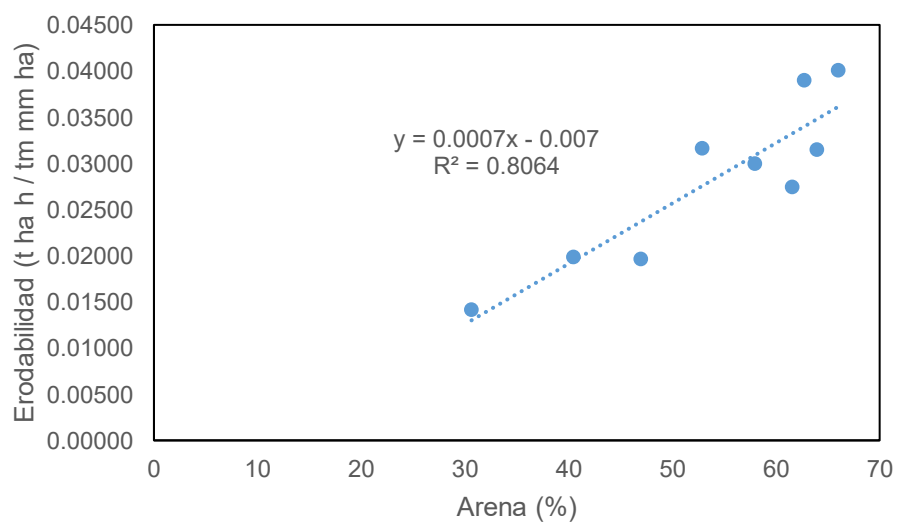


Gráfico 13. Regresión lineal entre la arena (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)

Fuente: Autores, 2021

En cuanto, la arena muy fina tiene mayor relación con la erodabilidad estimada, puesto que el incremento del contenido de esta permite el aumento de la erodabilidad en la cuenca, sin embargo ha de tenerse en cuenta las pendientes del gráfico y los cambios a medida se presentan tal aumento.

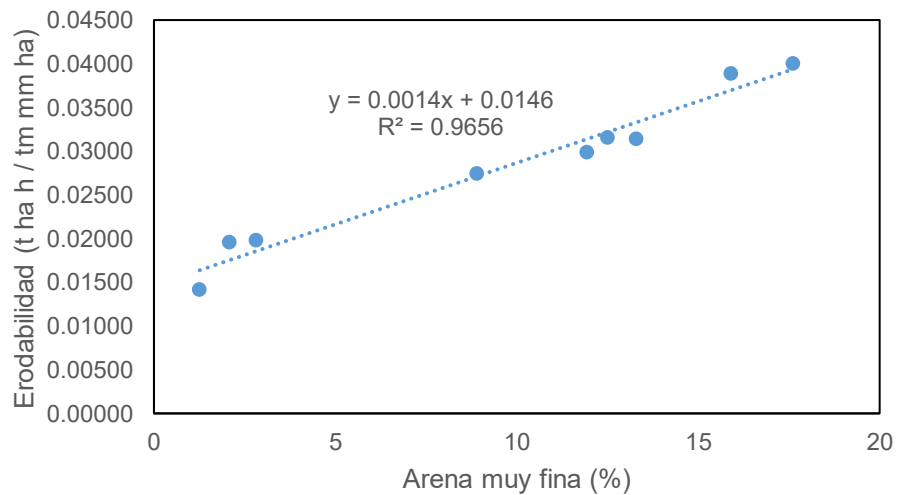


Gráfico 14. Regresión lineal entre la arena muy fina (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)

Fuente: Autores, 2021

El contenido de limos posee una relación positiva con la erodabilidad de la cuenca alta del río Candela. A mayor contenido de limo mayor es el fenómeno de la erodabilidad y confirma la desproporcionalidad con el contenido de arcilla.

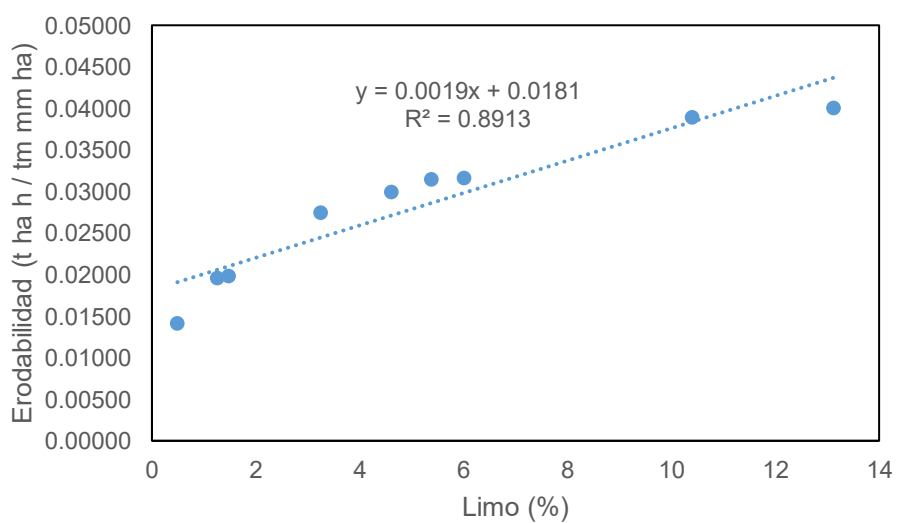


Gráfico 15. Regresión lineal entre el Limo (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)

Fuente: Autores, 2021

La densidad aparente y el contenido de materia orgánica, que presentaron valores de correlación muy bajos y esto a la diferencia de dispersión y su variabilidad en torno al área de la cuenca alta del río Candela.

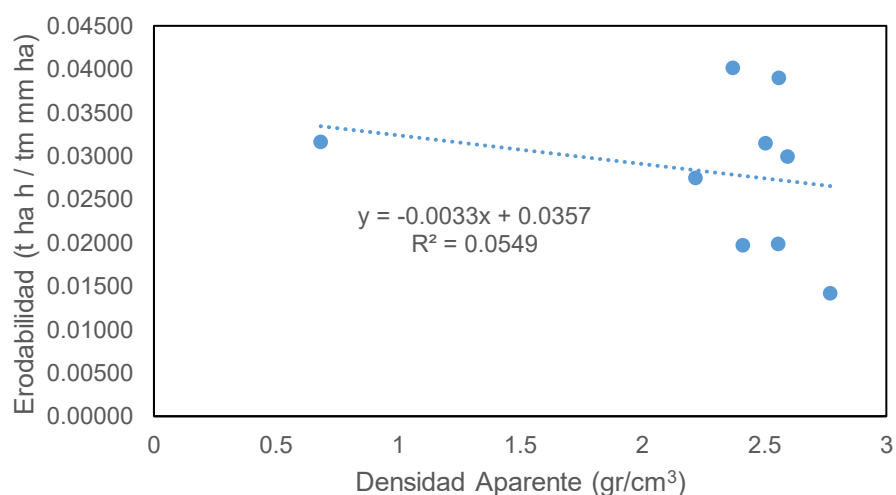


Gráfico 16. Regresión lineal entre la densidad aparente (gr/cm³) y el factor de erodabilidad (Kwi)

Fuente: Autores, 2021

Valores altos de densidad aparente favorecen la erodabilidad de la cuenca.

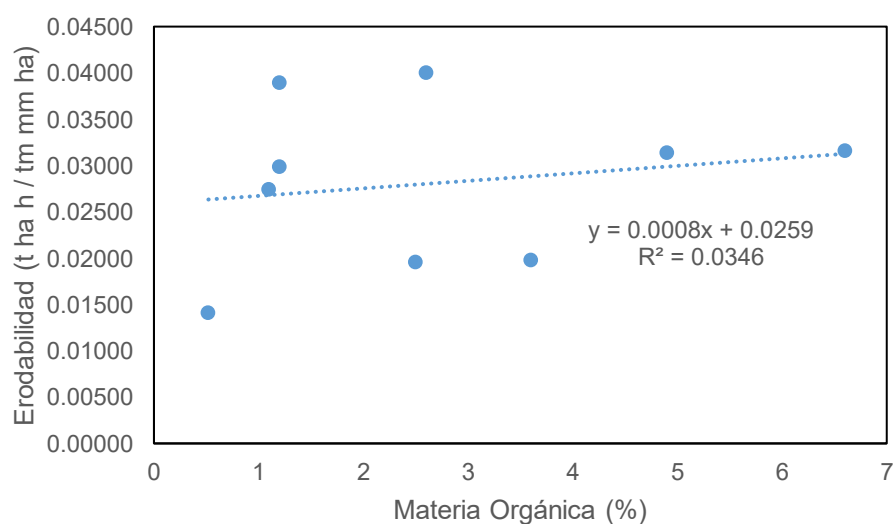


Gráfico 17. Regresión lineal entre la materia orgánica (%) y el factor de erodabilidad (Kwi)

Fuente: Autores, 2021

Valores altos de materia orgánica favorecen la erodabilidad de la cuenca.

6.3. FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA FOMENTAR LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO, GENERACIÓN DE CAPACIDADES Y TRANSICIÓN A LAS BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO DE LOS SUELOS EN EL ÁREA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA, CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ

6.3.1. Estrategias Preventivas

En los últimos años, la región de la cuenca alta del río Candela ha aumentado su diversidad de sus actividades económicas, en principio solo se trataba una agricultura muy segmentada y puntual y en la actualidad se desarrollan actividades de pastoreo de ganado descontrolado y extensivo, así como los monocultivos y otras prácticas de preparación del suelo como socolas con quemas descontroladas, deforestación y la irrigación mediante mangueras.

Las estrategias preventivas serán enfocadas sobre todo a las tecnologías y su rivalidad con las prácticas culturales y tradicionales de las etnias, siendo que existe un conflicto importante entre la civilización de los integrantes de la etnia y la manutención de sus tradiciones raizales.

Tabla 12. Plan Estratégico Preventivo

Estrategia	Proyectos Estratégicos	Proyectos Específicos	Indicador	Meta
Conservación de los suelos	Buenas Prácticas Agropecuarias – BPA	Capacitación en Labranza mínima responsable	Nº de personas capacitadas / Nº de personas invitadas	100%
		Capacitación en las BPA en el uso de fitosanitarios y eco-toxicología		
		Equipos de protección personas, seguridad e higiene		
		Implementación de Camas Biológicas	Nº de camas biológicas implementados / Nº de predios	>60%
	Agroecología tecnológica, cultural y tradicional	Caracterización de las prácticas agrícolas tradicionales del indígena Kankuamo	Nº de prácticas agrícolas caracterizadas por predio	100%
		Capacitación de tecnología ambiental agrícola	Nº de personas capacitadas / Nº de personas invitadas	100%
		Diseño de sistemas agro-forestales, silvo-pastoriles y agro silvo-pastoriles		
	Valoración de la calidad de los suelos, fenómenos y aptitud	Evaluación cuantitativa y cualitativa del suelo	Nº de Parámetros evaluados	Suelo Apto
		Clasificación de prácticas generales de sostenibilidad del suelo en las parcelas	Nº de prácticas sostenibles / Nº de predios	>80%
		Clasificación de obras biomecánicas para el manejo del suelo y los flujos del agua	Nº de obras biomecánicas / Nº de predios	>30%
		Clasificación de parcelas donde se implementan la producción de abonos orgánicos	Nº de parcelas que producen abono / Nº de predios	>60%
		Clasificación de parcelas donde se implementan técnicas de control biológico y bio-preparados	Nº de parcelas con técnicas de control biológico y biopreparados / Nº de predios	>30%

Fuente: Autores, 2021

6.3.2. Estrategias Correctivas

Las estrategias correctivas serán enfocadas sobre todo a las prácticas actuales, mediante enseñanza para la transición de estas a otras menos agresivas con los recursos, cuyo manejo permita la sostenibilidad del suelo

Tabla 13. Plan Estratégico Correctivo

Estrategia	Proyectos Estratégicos	Proyectos Específicos	Indicador	Meta
Preservación de los suelos	Identificación de la vocación del suelo	Implementación de las Políticas de Intervención para la Implementación de las Buenas prácticas para el uso y el manejo sostenible de los suelos	Nº de representantes, actores y habitantes comprometidos	>80%
		Clasificación y asignación de la aptitud del suelo acorde a su calidad	Vocación asignada por predio	100%
	Evaluación de los Riesgos y Oportunidades Ambientales	Identificación de los aspectos, evaluación y valoración de los impactos ambientales	Nº de aspectos ambientales por predio	>75%
			Valor de impactos ambientales por predio	
		Conformación del comité ambiental de la cuenca alta del río Candela	Nº de líderes vinculados (entre habitantes y representantes de la etnia)	9 personas
		Formulación del Plan de Manejo Ambiental de la cuenca alta del río Candela	Nº de proyectos formulados	>2 por plan
	Implementación Transicional de Buenas Prácticas para el uso y el manejo sostenible de los suelos	Implementación de actividades de labranza mínima.	Nº de predios comprometidos con la labranza mínima en surcos.	>40%
			Nº de predios comprometidos con la labranza puntual.	>20%
		Producción de abono verde	Nº de predios comprometidos con la producción de abono verde	>60%
		Implementación de linderos mediante creación de barreras vivas	Nº de predios comprometidos con la implementación de barreras vivas de múltiple propósito	>20%

Estrategia	Proyectos Estratégicos	Proyectos Específicos	Indicador	Meta
Preservación de los suelos	Implementación Transicional de Buenas Prácticas para el uso y el manejo sostenible de los suelos	Implementación de linderos mediante creación de barreras vivas	Nº de predios comprometidos con la implementación de barreras vivas de leguminosas arbustivas	>20%
			Nº de predios comprometidos con la implementación de barreras vivas con pasturas mejoradas	>10%
			Nº de predios comprometidos con la implementación de barreras vivas de plantas medicinales	>20%
			Nº de predios comprometidos con la implementación de barreras vivas con plantas alimenticias	>5%
			Nº de predios comprometidos con la implementación de barreras vivas de uni-proposito	>5%
		Implementación del pastoreo rotativo	Nº de predios comprometidos con la implementación de pastoreo rotativo	100%
		Implementación del cultivo rotativo y policultivos o cultivos asociados	N de predios comprometidos con la implementación de cultivo rotativo	>40%
			N de predios comprometidos con la implementación de cultivos asociados	>50%
	Diseño de predios con diversificación funcional	Caracterización de atributos funcionales	Nº de atributos de diversificación funcional identificados	>9
		Implementación transicional de sistema agro-forestal	Nº de predios comprometidos con la implementación de sistema agro-forestal	>5%

Estrategia	Proyectos Estratégicos	Proyectos Específicos	Indicador	Meta
Preservación de los suelos	Diseño de predios con diversificación funcional	Implementación transicional de sistema agro-forestal	Nº de predios comprometidos con la implementación de sistema silvo-pastoril	>5%
			Nº de predios comprometidos con la implementación agro-silvo-pastoril	>5%
	Implementación transicional de obras biomecánicas	Re vegetalización de taludes	Nº de hectáreas a re vegetalizar por predio	>10%
		Adecuación e implementación transicional de trinchos y terrazas	Nº de hectáreas con trinchos por predios	>5%
			Nº de hectáreas con terrazas por predios	>5%
		Implementación y evaluación de los surcos en contorno y su posibilidad de transformarse en trinchos y terrazas	Nº de hectáreas con surcos por predios	>20%

Fuente: Autores, 2021

6.3.3. Comunicación de Resultados

Para comunicar los resultados se hace necesario crear elementos didácticos que permitan informarles a las personas las intenciones de comunicar los resultados del proyecto, así como herramientas de suministro donde se encuentre información de diagnóstico y de los resultados obtenidos y también una pequeña evaluación realizada a las personas que participarán en ello.

6.3.3.1. Selección de Temática

De cada componente del proyecto se extraerá información relevante relacionada con el estado del recurso suelo y las oportunidades que existen para poder concebir la sostenibilidad del área de estudio en referencia.

En la siguiente tabla se sintetiza los temas generales a abordar:

Tabla 14. Temas considerados para comunicar los resultados

Componentes	Temas Considerados	Tiempo de Trabajo
Título y propósito de la investigación	Planteamiento del problema	10 minutos
	Objetivos de la investigación	
Metodología de Trabajo	Contexto del área de estudio	15 minutos
	Muestra y población	
	Estrategia metodológica	
Productos y Resultados de la Investigación	Caracterización del área de estudio	15 minutos
	Erodabilidad del área de estudio	
Proposición de Estrategias	Enunciación de estrategias priorizadas	15 minutos
	Conclusiones de la investigación	
	Evaluación sencilla del contenido	

Fuente: Autores, 2021

6.3.3.2. Diseño de herramientas didácticas

En principio los autores pretendían reunir un grupo de personas e implementar la actividad de manera presencial, sin embargo por la situación actual en referencia a la COVID19 se limitó a realizarla mediante video conferencia, por lo tanto se replanteó la manera de hacer llegar la información obtenida.

Se realizó una carta de invitación para participar en la comunicación de resultados, dirigidas a quienes les pudiera interesar.

Se realizó una presentación en Power Point, la cual fue compartida y sirvió de apoyo para los investigadores, así como de gran valor para los invitados a la sesión web. El formato de evaluación fue muy sencillo y diferente a lo convencional, puesto que consiste en dibujar y describir en cinco palabras la problemática presentada en la cuenca alta del río Candela y por otra parte, las soluciones que los invitados postulan.

De igual manera se les pidió a los invitados responder una pregunta relacionada con una escala de conformidad de la investigación. Estos elementos y herramientas, previamente diligenciadas se pueden observar en el ANEXO 4.

7. CONCLUSIONES

Principalmente se debe resaltar que la presente situación de carácter global relacionada con la COVID19, dificultó mucho el proceso de ingreso a la zona de estudio, lo que ocasionó demoras, así como también para el egreso y extracción de información de la cuenca alta del río Candela.

La actividad de reconocimiento de campo, que estuvo planificada para un tiempo mayor incluía una caracterización más detallada, con la implementación de un registro de identificación de los tipos de cultivos por cada predio y las prácticas de manejo del suelo, sin embargo la situación no jugó a favor y tuvo que realizarse de manera longitudinal con actividad de recolección de muestras.

Aun así, se pudo obtener una clasificación de las actividades económicas más comunes relacionadas al tipo de vocación de suelo y mayoritariamente se dedican a actividades agrícolas en un 80% del área, agropecuarias en un 10% del área, pecuaria en un 9% y un 1% dedicadas a conservación.

Si se compara estos resultados con el mapa de vocación de suelos del IGAC (2017) se descubre que estas zonas no exactamente tienen tal vocación expresada, siendo que el IGAC expresa que la zona debe tener un uso asociado a la conservación forestal y del suelo debido a la pérdida del suelo por erosión.

Es de aclarar que para determinar la erosión, un factor importante es la energía de la precipitación de las lluvias y al realizar la caracterización morfológica de la cuenca, señala la gran capacidad de retención de agua, a pesar de su corto tiempo de concentración de agua. A parte que la diferencia de pendientes de la red hídrica con la de la cuenca da indicios de la afectación que durante miles de años ha sufrido esta zona por la erosión.

Como tal los factores asociados a la susceptibilidad del suelo se asocia directamente al cambio climático, con el aumento de la temperatura y la variabilidad de las precipitaciones los patrones bimodales del clima tocan sus extremos de superávit y déficit, por lo que el suelo, quien recibe todas estas

cargas energéticas sufre intrínsecamente cambios que desfavorecen el desarrollo correcto de los ciclos biogeoquímicos, cuya alteración perjudica en si otros patrones mecánicos y físicos del suelo.

En apoyo a esta información se hizo un análisis de contexto de la zona de estudio encontrando en las plataformas como SIAC y ATLAS IDEAM, mapas que recalcan la existencia de amenazas ambientales por degradación de suelos, por impacto del cambio climático y vulnerabilidad ambiental.

En general y al observar lo que estas plataformas presentan, les permite a los investigadores inferir acerca de que el recurso suelo se encuentra ante factores altamente incidentes para su pérdida.

En campo se seleccionaron de manera estadística, 9 puntos de muestra y sondeo los cuales fueron homogéneamente repartidos dentro del área de estudio, recopilando 27 kilogramos de suelo, los cuales fueron enviados a A.G.M. LABORATORIO DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO y al el Laboratorio de Física y Conservación de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia.

Se obtuvieron densidad aparente y nominal, ensayo de granulometría y carbono orgánico, que fueron insumos para la selección de los métodos de determinación del factor de erodabilidad (K), descartando los métodos de Paulet (por distribución no uniforme de las texturas) y de Wischmeier & Smith (por restricciones en la fórmula respecto a los resultados de laboratorio).

El método aplicado fue el de Williams, con el que se consiguió determinar que la erodabilidad (K_{wi}) en la cuenca alta del río Candela se clasifica entre muy baja a moderada, con valores que rondan los 0,027 hasta los 0,040 $t\ ha\ h\ tm^{-1}\ mm^{-1}\ ha^{-1}$, que fueron valores de referencia para proceder a la obtención del mapa de zonificación de este factor.

Existen valores moderados de susceptibilidad del suelo en las zonas de Guincueva y en el corregimiento de Atanquez y se presentan muy bajos valores de erodabilidad en las zonas de Juaneta y al noroccidente del corregimiento de Atanquez, zona conocida como Las Delicias.

Finalmente, se formuló el plan estratégico fundamentado en la observación y recomendaciones de líderes de la zona, enfocado principalmente en hacer prevalecer los hábitos y prácticas culturales y tradicionales mediante proyectos que permitan la transición a un manejo sostenible del recurso.

La estrategia de conservación de suelos cuenta con 3 proyectos estratégicos y 12 proyectos específicos. La estrategia de preservación cuenta con 5 proyectos estratégicos y 17 proyectos específicos.

8. RECOMENDACIONES

En cuanto a la continuación del presente estudio, es recomendable en primera instancia aumentar el número de muestras tanto dentro como por fuera del área de estudio, extendiendo por igual el número de parámetros analizados.

Es favorable realizar el mapa de infiltración con muchos más datos y de una manera más profesional, puesto que existieron puntos de sondeo donde el agua se consumía a una velocidad impresionante así como en otros donde el nivel no disminuyó a pesar del tiempo de espera estimado.

Sería muy apropiado implementar los métodos de Paulet y Wischmeier & Smith en cuencas aledañas, con el objeto de corroborar las restricciones presentadas y poder tener resultados más sensibles y comparables que permitan definir una situación mucho más precisa de la erodabilidad en la zona del corregimiento de Atanquez.

También es recomendable proceder a determinar la erosión total de la zona, siguiendo los métodos para obtener los valores de la erosión hídrica mediante el método USLE recomendado por la FAO, de igual manera la erosión eólica.

Es recomendable determinar los factores de erosividad de la cuenca, a partir de los datos de precipitación a intensidades de 30 minutos, como también definir el factor de cobertura, el factor de relieve y de prácticas de manejo sostenibles, lo que permite un análisis integral.

También es posible formular una prueba piloto en campo con el objeto de recopilar muestras que permitan ver de manera más específica como este fenómeno de susceptibilidad del suelo permite de una u otra manera incidir en la calidad del suelo y de los cultivos que se desarrollan en esta región.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón M., S., & Reyes T., A. (2013). *EVALUACIÓN DE LA ERODABILIDAD DE LOS SUELOS TYPIC DYSTRUDEPTS, TYPIC HAPLUDANDS Y ANDIC DYSTRUDEPTS MEDIANTE SIMULADOR DE LLUVIA EN LA MICROCUENCA LA CENTELLA (DAGUA – VALLE DEL CAUCA)*. Cali: Universidad del Valle.
- Canchari Gutiérrez, E. (2014). *Guía de Análisis de Cuencas empleando ArcMAP*. Huamanga: Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- CEC. (1992). CORINE soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. *Commission of the European Communities*.
- Duarte Herrera, L. K., & González Parias, C. H. (2015). *Metodología y Trabajo de Grado. Guía práctica para Negocios Internacionales*. Medellín: ESUMER.
- FAO. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de los suelos*. Roma, Italia: FAO.
- Gómez, J. M. (2015). Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1.000.000. *Servicio Geológico Colombiano*.
- Hurtado de Barrera, J. (2006). *Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Quirón.
- IGAC. (2017). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento del Cesar. Escala 1:100.00*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). *Guía de Toma de Muestras de Suelos para Clientes*. Bogotá D.C.: IGAC.
- Michiels, & Gabriels. (1996). *Rain variability indices for the assessment of rainfall erosivity in the Mediterranean region*. Logroño.
- Montero Arias, T. (2017). *EL RECURSO HÍDRICO EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, RESGUARDO INDÍGENA KANKUAMO (VALLEDUPAR - CESAR – COLOMBIA), Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD*. Manizales: Universidad de Manizales.

- Piscitelli, M., Varni, M., Sfeir, A., & Ares, G. (2010). *Valores de erodabilidad (factor K-USLE) para suelos representativos de la cuenca alta del arroyo Azul (partido de Azul- Buenos Aires)* . Buenos Aires: Instituto de Hidrología de Llanuras.
- Reyes Garcés, O. A. (2013). *ESTIMACIÓN DE LA ERODABILIDAD DE UN SUELO MEZCLADO CON BIOSÓLIDOS*. Concepción: Universidad del Bio-Bio.
- Rivera Posada, J. H., Lal, R., Amézquita Collazos, É., Mesa Sánchez, Ó., & Chaves Córdoba, B. (2010). 344 *Cenicafé*, 61(4):344-357. *2010PREDICCIÓN DE LA ERODABILIDAD EN ALGUNOS SUELOS DE LADERA DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA*. CENICAFÉ: Colombia.
- Rivera, P. H. (1990). *Determinación de los Índices de Erosividad, Erodabilidad y Erosión Potencial en la Zona Cafetera Central Colombiana*. Caldas, Quindío y Risaralda: UNAL.
- Sampieri, R., Fernández C., C., Baptista L., P., & Collado., H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: McGraw Hill.
- Santos Acuña, L. A., & González M., C. A. (1999). *Mapa de Índices de Erodabilidad en la Cuenca Alta del Río Bogotá Utilizando el Sistema de Información Geográfica ARC-INFO*. Bogotá: Revista Ingeniería e Investigación.
- Vera, O. (2004). Evaluación hidrológica. *HidroRed*, 0-7.

ANEXOS

ANEXO 1. AUTORIZACIÓN DE INGRESO A ZONA DE ESTUDIO



Resguardo Indígena Kankuamo

Comunidad:

Fecha: 15/10/2020

FORMATO DE AUTORIZACIONES

De conformidad con el Decreto Presidencia No. 457 del 2020 "Por medio del cual se imparten instrucciones en virtud de la emergencia sanitaria generada por la pandemia del COVID-19 y el mantenimiento del orden Público", las disposiciones e Instrucciones expedidas por el Municipio de Valledupar y las Resoluciones No. 033 y 034 emitidas por las autoridades Indígenas del Pueblo Kankuamo "por medio de la cual las autoridades Indígenas adoptan medidas para seguir salvaguardando el buen vivir, la armonía territorial, y el Derecho a la salud".

Las autoridades de la comunidad de Atengon se permiten autorizar al Sr(a) Johán Carlos Quintana CC No. 4119817337

En su calidad de: Persona Natural ☒ Tendero ☐ Transportador ☐ otros ☐

Quien saldrá del Resguardo Indígena Kankuamo para:

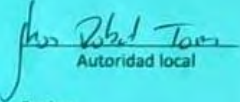
Motivo	Marque con una X
Servicio de transporte Público	
Trasporte Propio	X
Abastecimiento de elementos para su uso personal	
Abastecimiento de elementos para uso comercial	
Actividades financieras propias	
Cobro de subsidio del adulto mayor	
Actividades medidas imprescindibles	
Caso fortuito o fuerza mayor	
Otras:	

La persona saldrá del resguardo y regresará los días: La gente entra en la Comunidad de Atengon el día 16/10/2020

Se compromete a cumplir las medidas sanitarias ordenadas a nivel nacional, municipal y territorial con la finalidad de salvaguardar la integridad y salud de los miembros de las comunidades del Resguardo Kankuamo; Su incumplimiento dará lugar a las sanciones a que tenga lugar su violación.

Nota: _____

Firma:



Autoridad local

solicitante

Firma:



Gobernador del RIK

Revisa:

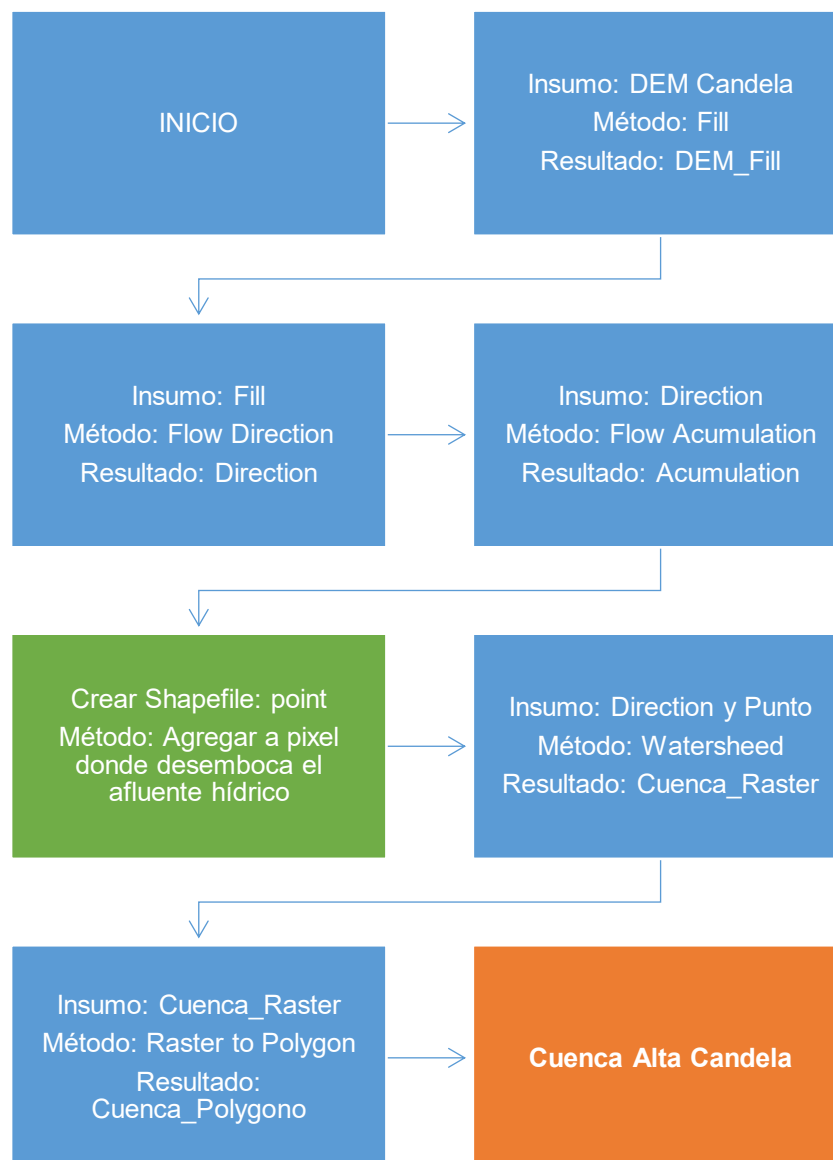
Guardia en el puesto de armonización del encanto

Hora de salida:

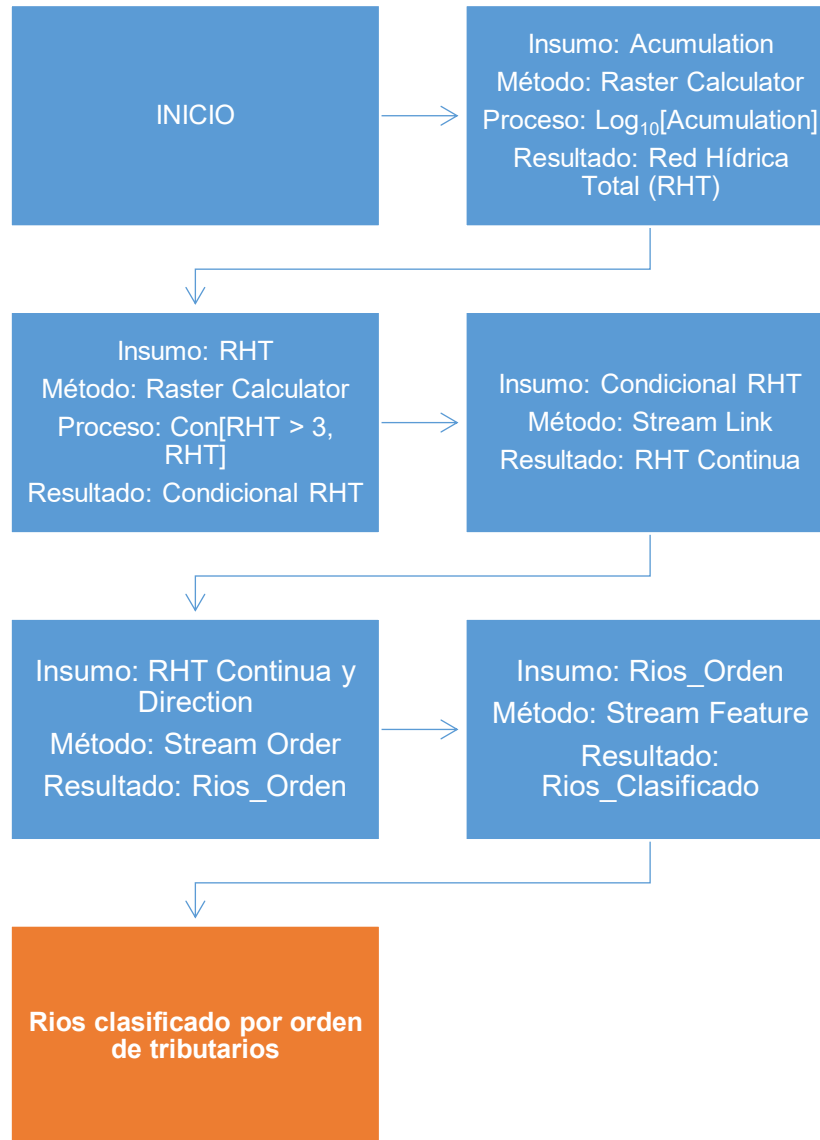
Casa Indígena, Avenida Hurtado, TELEFAX (5) 5898114, Municipio de Valledupar Cesar Colombia
 E-mail: organizacionkankuamo@hotmail.com

ANEXO 2. PROCEDIMIENTOS MORFOLÓGICOS Y MORFOMÉTRICOS CON SOFTWARE ARCMAP

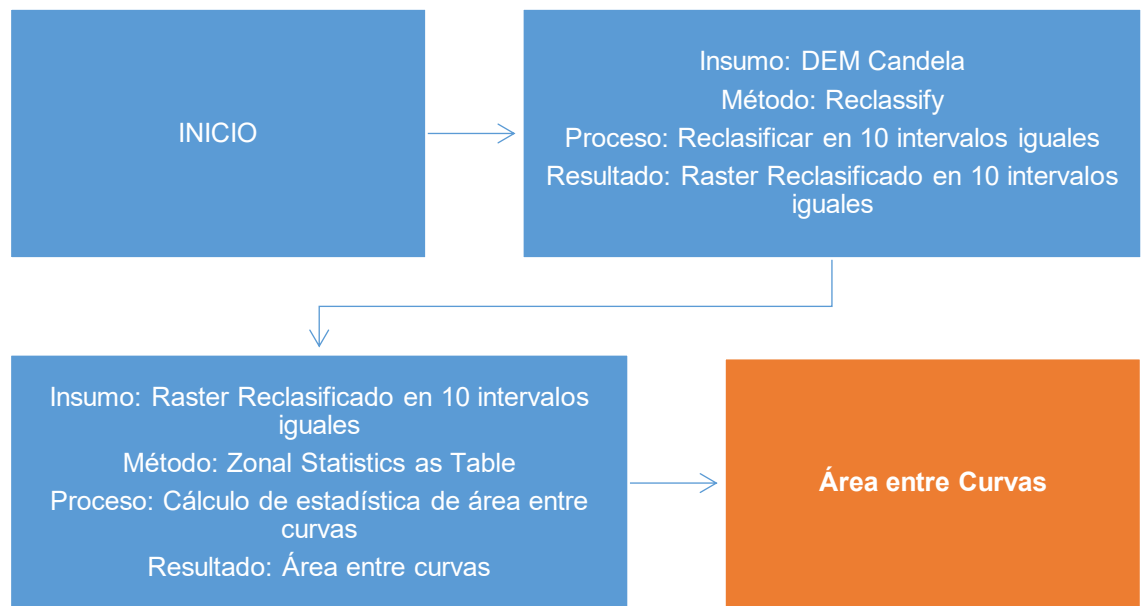
Obtención de Shapefile Superficial de la Quebrada Candela



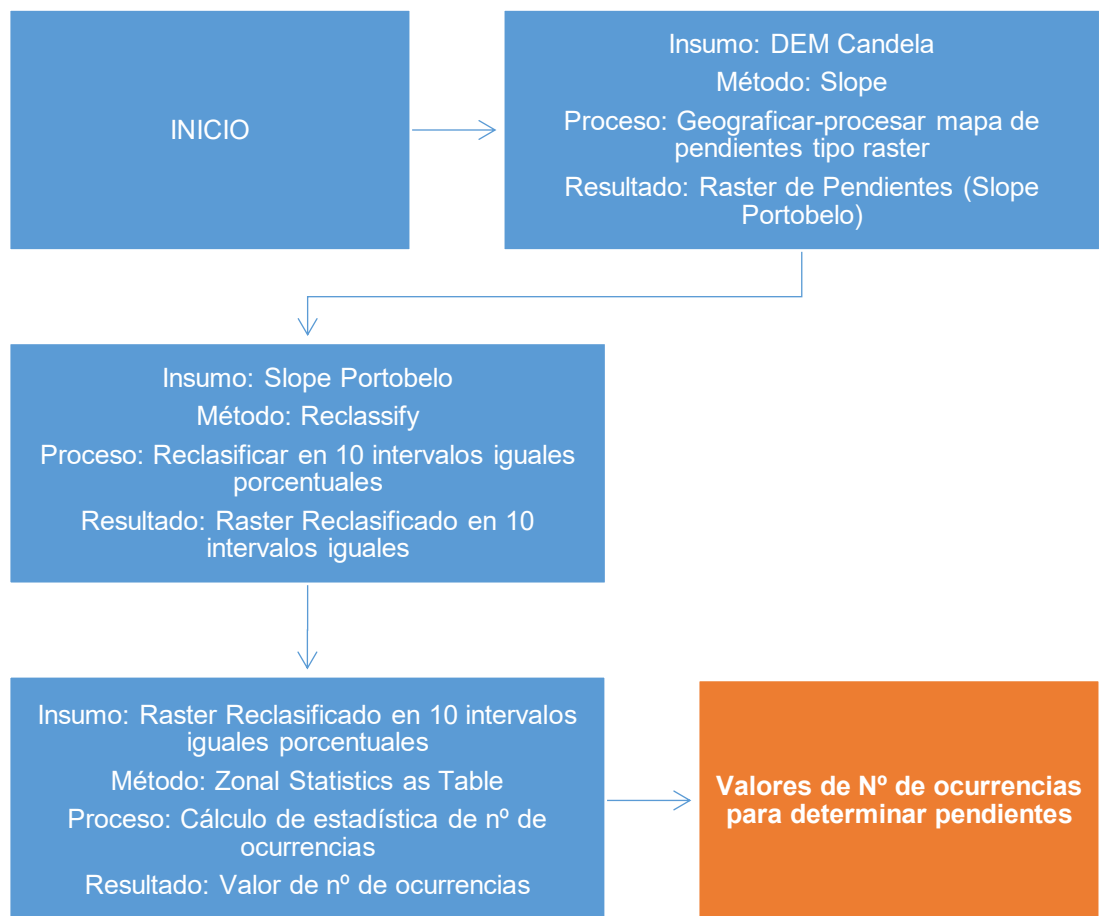
Orden de los Ríos mediante método Horton & Strahler



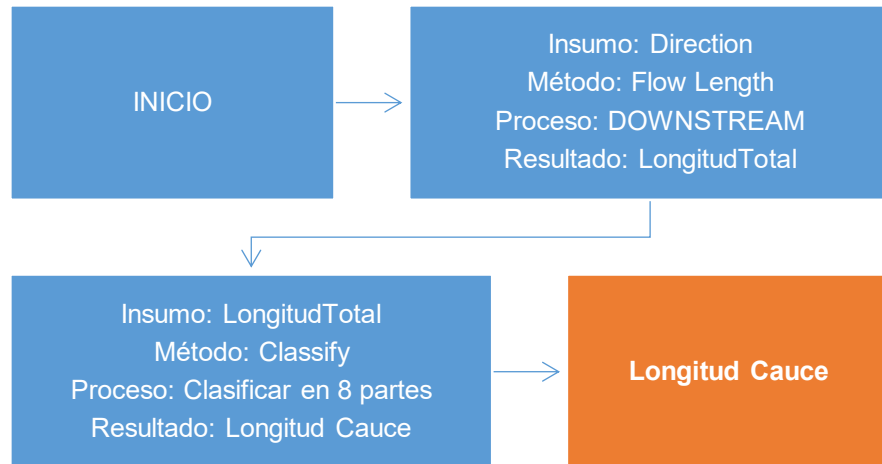
Obtención de los datos para Curva Hipsométrica



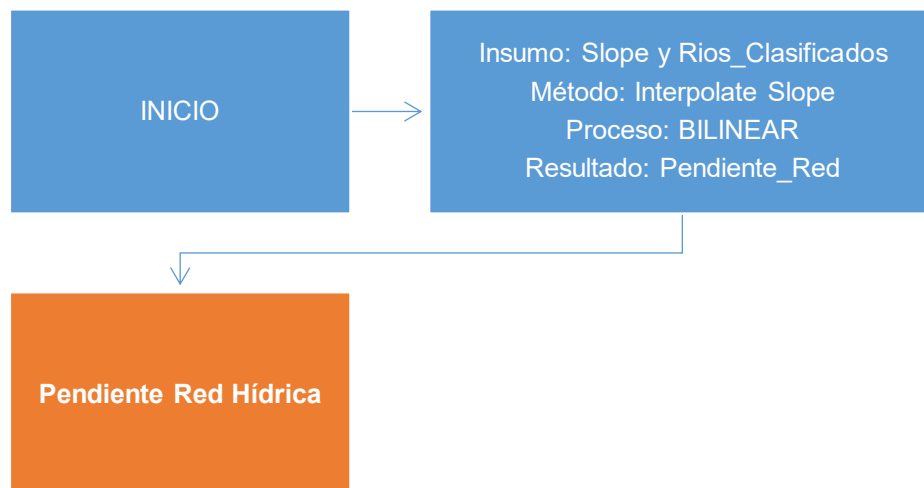
Pendiente Promedio de la Cuenca



Longitud del Cauce Principal

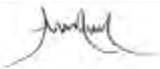


Pendiente promedio Red Hídrica



ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIOS

Resultados de la Densidad Aparente y Real

A.G.M. LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO CALLE 9 C No. 21-129, BARRIO IRACAL VALLEDUPAR, CESAR Cel.: 3114172080		FORMATO DE LABORATORIO
		PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO Y GRUESO
CLIENTE:	JUAN PABLO LOPEZ	MUESTRA No.: 1
MUESTRA TRAIDA DE:	JUANETA - ATANQUEZ	
MUESTRA COLOR:	NEGRA	
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO INV E-222		
PRUEBAS	1	
A = PESO EN EL AIRE MUESTRA SECA	215	
B = PESO PICNÓMETRO LLENO AGUA	710,4	
C = PESO PICNÓMETRO LLENO + MUESTRA	645,8	
S = PESO MUESTRA SATURADA S.S.S.	250,0	
B + S - C	314,6	
B + A - C	279,6	
G _s APARENTE = A / (B+S-C)	0,683	
G _s BULK _{sss} = S / (B+S-C)	0,795	
G _s NOMINAL = A / (B+A-C)	0,769	
ABSORCIÓN = ((S-A) / A) * 100	16,279	
OBSERVACIONES: _____		
FIRMA:  ANTONIO GARCIA M. INGENIERO CIVIL		

FL-17

A.G.M.LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
CALLE 9 C No. 21-129, BARRIO IRACAL
VALLEDUPAR, CESAR Cel.: 3114172080

FORMATO DE LABORATORIO

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO
FINO Y GRUESOCLIENTE: JUAN PABLO LOPEZ
MUESTRATRAIDA DE: LA BELLA - ATANQUEZ
MUESTRA COLOR: MARRON

MUESTRA No.: 6

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO INV E-222

PRUEBAS	1
A = PESO EN EL AIRE MUESTRA SECA	464,8
B = PESO PICNÓMETRO LLENO AGUA	710,4
C = PESO PICNÓMETRO LLENO + MUESTRA	1000,9
S = PESO MUESTRA SATURADA S.S.S.	500,0
B + S - C	209,5
B + A - C	174,3
Gs APARENTE = $A / (B+S-C)$	2,219
Gs BULKSSS = $S / (B+S-C)$	2,387
Gs NOMINAL = $A / (B+A-C)$	2,667
ABSORCIÓN = $((S-A) / A) * 100$	7,573

OBSERVACIONES:

FIRMA:

ANTONIO GARCIA M.
INGENIERO CIVIL

A.G.M.LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
CALLE 9 C No. 21-129, BARRIO IRACAL
VALLEDUPAR, CESAR Cel.: 3114172080

FORMATO DE LABORATORIO

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO
FINO Y GRUESOCLIENTE: JUAN PABLO LOPEZ
MUESTRATRAIDA DE: LA BELLA - ATANQUEZ
MUESTRA COLOR: MARRON

MUESTRA No.: 8

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO INV E-222

PRUEBAS	1
A = PESO EN EL AIRE MUESTRA SECA	460,8
B = PESO PICNÓMETRO LLENO AGUA	709,9
C = PESO PICNÓMETRO LLENO + MUESTRA	1018,9
S = PESO MUESTRA SATURADA S.S.S.	500,0
B + S - C	191,0
B + A - C	151,8
$G_s \text{ APARENTE} = A / (B+S-C)$	2,413
$G_s \text{ BULKSSS} = S / (B+S-C)$	2,618
$G_s \text{ NOMINAL} = A / (B+A-C)$	3,036
$\text{ABSORCIÓN} = ((S-A) / A) * 100$	8,507

OBSERVACIONES:

FIRMA:

ANTONIO GARCIA M.
INGENIERO CIVIL

A.G.M.LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
CALLE 9 C No. 21-129, BARRIO IRACAL
VALLEDUPAR, CESAR Cel.: 3114172080

FORMATO DE LABORATORIO

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO
FINO Y GRUESOCLIENTE: JUAN PABLO LOPEZ
MUESTRATRAIDA DE: LA BELLA - ATANQUEZ
MUESTRA COLOR: MARRON

MUESTRA No.: 9

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO INV E-222

PRUEBAS	1
A = PESO EN EL AIRE MUESTRA SECA	462,8
B = PESO PICNÓMETRO LLENO AGUA	714,0
C = PESO PICNÓMETRO LLENO + MUESTRA	1018,9
S = PESO MUESTRA SATURADA S.S.S.	500,0
B + S - C	195,1
B + A - C	157,9
$G_s \text{ APARENTE} = A / (B+S-C)$	2,372
$G_s \text{ BULKSSS} = S / (B+S-C)$	2,563
$G_s \text{ NOMINAL} = A / (B+A-C)$	2,931
$\text{ABSORCIÓN} = ((S-A) / A) * 100$	8,038

OBSERVACIONES:

FIRMA:

ANTONIO GARCIA M.
INGENIERO CIVIL

Resultados de la Materia Orgánica

Identificación		Análisis de Suelos										Reporte No. 60439									
	Nombre	FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO	Municipio	Valledupar (Cesar)	Cultivo actual																
	Nit o C.C.	1119817337	Vereda	Atanques	Cultivo anterior																
	Dirección	MANZANA P CASA 10 VILLA TAXI	Finca	Varios Predios																	
	Teléfono	586 99 27	Área	- Ha.																	
	Fax	318 526 53 32	Profundidad	- cms.																	
Email	fabiankmpo@gmail.com/juanpa0316@outlook																				
F. Recibo	05-NOV-20																				

Código	Identificación en el campo	Textura				pH	C.E.	M.O.	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N-NO3	N-NH4	N
		A%	L%	Ar%	Clase																			
SP41425	Muestra 1							6.6																
SP41426	Muestra 2							1.2																
SP41427	Muestra 3							4.9																
SP41428	Muestra 4							3.6																
SP41429	Muestra 5							1.2																
SP41430	Muestra 6							1.1																
SP41431	Muestra 7							0.52																
SP41432	Muestra 8							2.5																
SP41433	Muestra 9							2.6																

Observaciones
Métodos Textura : Bouyoucos; pH : Agua (1:1); Conductividad eléctrica: Extracto de saturación; Materia orgánica: Walkley Black; Al : KCl 1M; Ca, Mg, K, Na : Acetato de amonio 1M; CICE : Suma de cationes de cambio; S : Fosfato monocalcico 0.008M; Fe, Mn, Cu, Zn : Olsen - EDTA; B : Agua caliente; NO3 : Sulfato de aluminio 0.025M; NH4 : KCl 1M; P : Bray II.

Revisión Agronómica
Tener en cuenta: N.D.=No detectable N.A.=No aplica Para las unidades considere: dSm-1 =mmho cm-1 cmolc kg-1 =meq/100 g suelo ppm =mg kg-1

Resultados de Granulometría

1 de 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

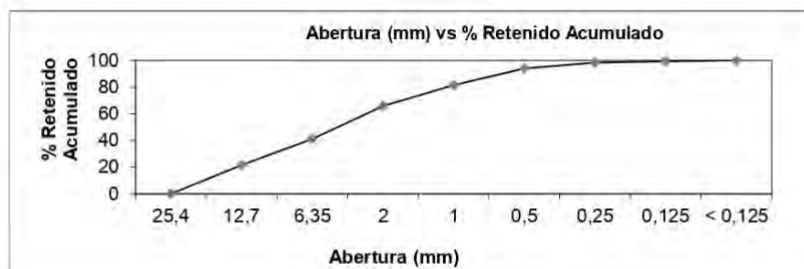
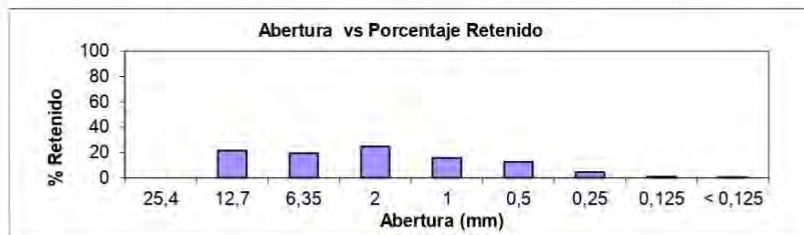
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: **AF6779**

NOMBRE: **Fabian Enrique Campo Quintero**
MUESTRA: **Muestra 1**

Fecha de recibo: **3/11/2020**
Fecha de entrega: **26/11/2020**

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	21,53	21,53
1/4"	6,35	19,52	41,05
10	2	24,75	65,80
18	1	15,66	81,46
35	0,5	12,51	93,97
60	0,25	4,45	98,42
120	0,125	0,95	99,37
Fondo	< 0,125	0,61	99,98



Analizó:

Director de Laboratorio: **Ramiro Ramírez P.**
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

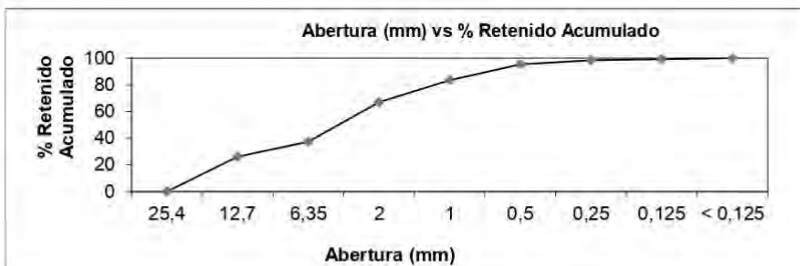
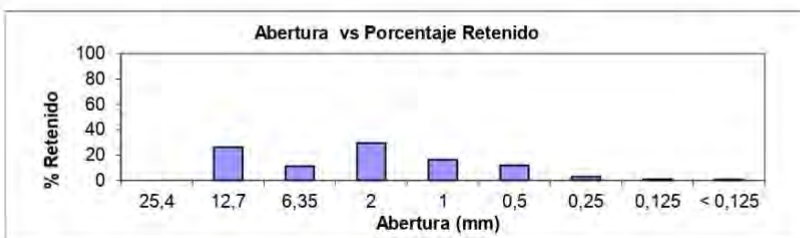
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: **AF6780**

NOMBRE: **Fabian Enrique Campo Quintero**
MUESTRA: **Muestra 2**

Fecha de recibo: **3/11/2020**
Fecha de entrega: **26/11/2020**

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	26,15	26,15
1/4"	6,35	11,20	37,35
10	2	29,65	67,00
18	1	16,40	83,40
35	0,5	11,93	95,33
60	0,25	3,00	98,33
120	0,125	0,93	99,26
Fondo	< 0,125	0,68	99,94



Analizó:

Director de Laboratorio: **Ramiro Ramírez P.**
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

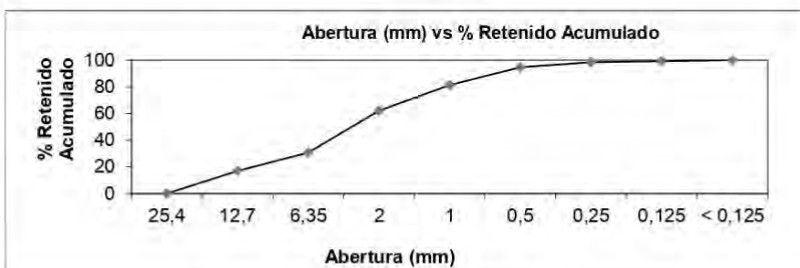
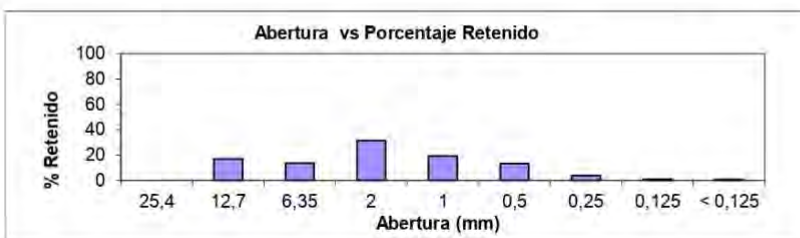
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: AF6781

NOMBRE: Fabian Enrique Campo Quintero
MUESTRA: Muestra 3

Fecha de recibo: 3/11/2020
Fecha de entrega: 26/11/2020

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	% Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	16,96	16,96
1/4"	6,35	13,62	30,58
10	2	31,50	62,08
18	1	19,19	81,27
35	0,5	13,30	94,57
60	0,25	3,77	98,34
120	0,125	0,92	99,26
Fondo	< 0,125	0,69	99,95



Analizó:

Director de Laboratorio: Ramiro Ramírez P.
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

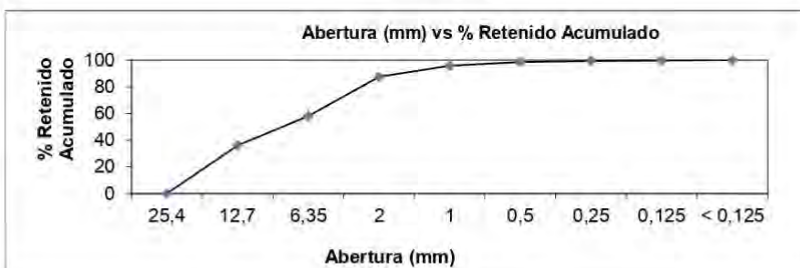
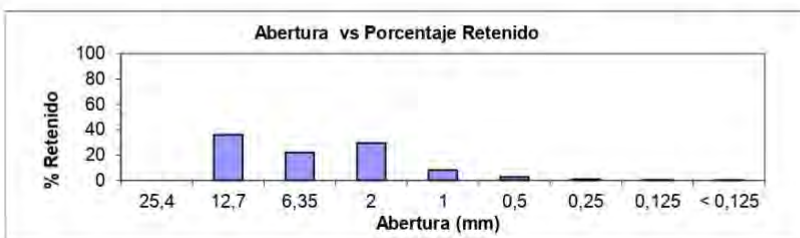
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: **AF6782**

NOMBRE: **Fabian Enrique Campo Quintero**
MUESTRA: **Muestra 4**

Fecha de recibo: **3/11/2020**
Fecha de entrega: **26/11/2020**

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	36,04	36,04
1/4"	6,35	22,01	58,05
10	2	29,49	87,54
18	1	8,16	95,70
35	0,5	2,82	98,52
60	0,25	0,84	99,36
120	0,125	0,34	99,70
Fondo	< 0,125	0,30	100,00



Analizó:

Director de Laboratorio: **Ramiro Ramírez P.**
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

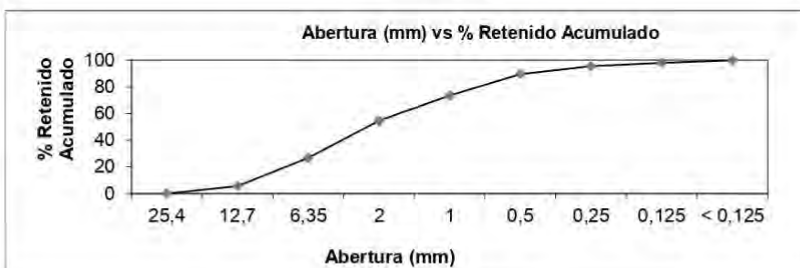
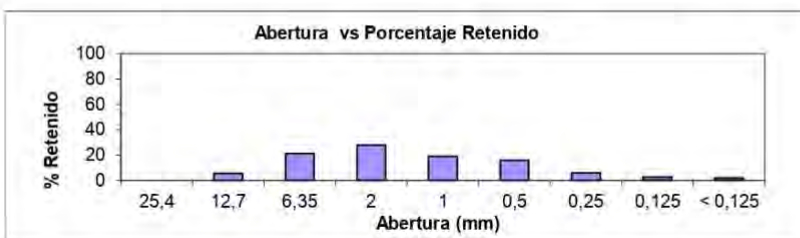
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: AF6783

NOMBRE: Fabian Enrique Campo Quintero
MUESTRA: Muestra 5

Fecha de recibo: 3/11/2020
Fecha de entrega: 26/11/2020

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	% Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	5,50	5,50
1/4"	6,35	21,18	26,68
10	2	27,91	54,59
18	1	18,91	73,50
35	0,5	15,91	89,41
60	0,25	5,97	95,38
120	0,125	2,56	97,94
Fondo	< 0,125	1,88	99,82



Analizó:

Director de Laboratorio: Ramiro Ramírez P.
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

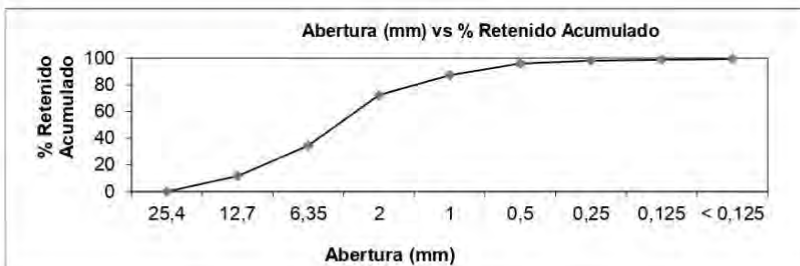
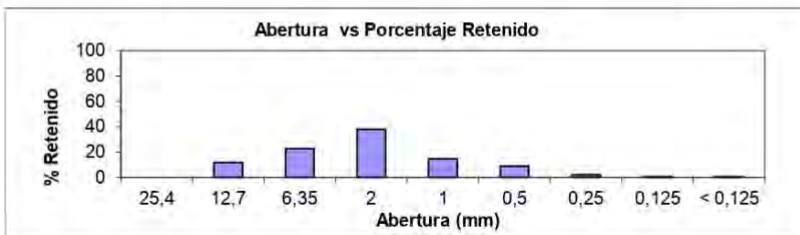
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: **AF6784**

NOMBRE: **Fabian Enrique Campo Quintero**
MUESTRA: **Muestra 6**

Fecha de recibo: **3/11/2020**
Fecha de entrega: **26/11/2020**

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	11,65	11,65
1/4"	6,35	22,75	34,40
10	2	38,00	72,40
18	1	14,70	87,10
35	0,5	8,91	96,01
60	0,25	2,09	98,10
120	0,125	0,65	98,75
Fondo	< 0,125	0,55	99,30



Analizó:

Director de Laboratorio: **Ramiro Ramírez P.**
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

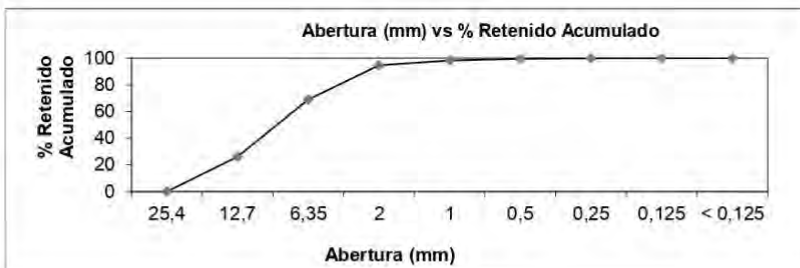
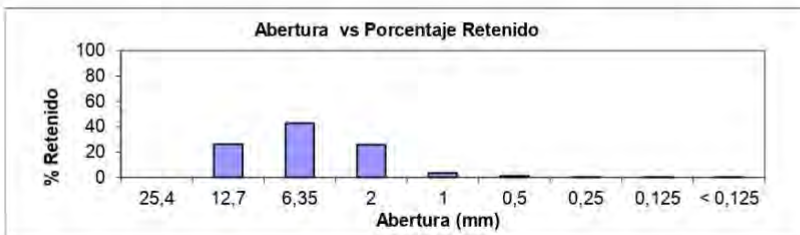
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: AF6785

NOMBRE: Fabian Enrique Campo Quintero
MUESTRA: Muestra 7

Fecha de recibo: 3/11/2020
Fecha de entrega: 26/11/2020

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	26,10	26,10
1/4"	6,35	42,76	68,86
10	2	25,81	94,67
18	1	3,56	98,23
35	0,5	1,26	99,49
60	0,25	0,30	99,79
120	0,125	0,09	99,88
Fondo	< 0,125	0,10	99,98



Analizó:

Director de Laboratorio: Ramiro Ramírez P.
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

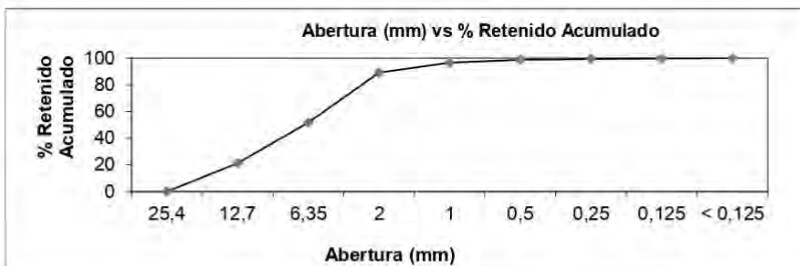
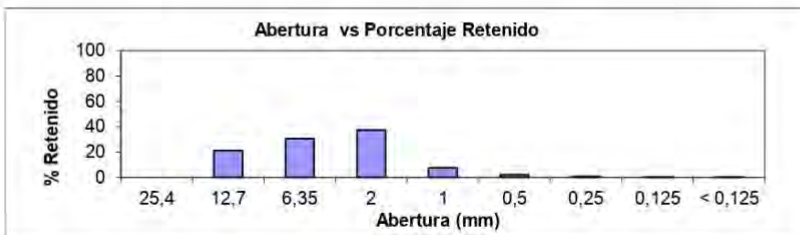
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: **AF6786**

NOMBRE: **Fabian Enrique Campo Quintero**
MUESTRA: **Muestra 8**

Fecha de recibo: **3/11/2020**
Fecha de entrega: **26/11/2020**

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	21,14	21,14
1/4"	6,35	30,54	51,68
10	2	37,40	89,08
18	1	7,52	96,60
35	0,5	2,09	98,69
60	0,25	0,71	99,40
120	0,125	0,31	99,71
Fondo	< 0,125	0,24	99,95



Analizó:

Director de Laboratorio: **Ramiro Ramírez P.**
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLÍN
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE GEOCIENCIAS
LABORATORIO DE FÍSICA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
TELÉFONOS: 430 98 20 - 430 9317

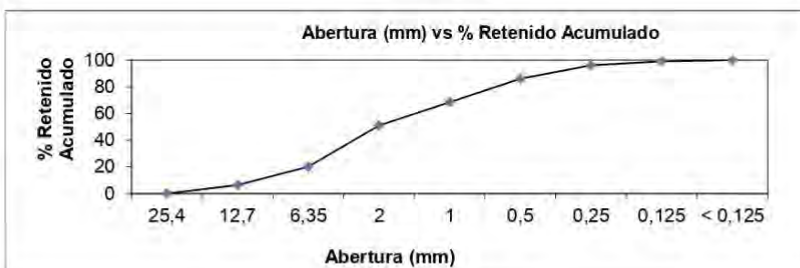
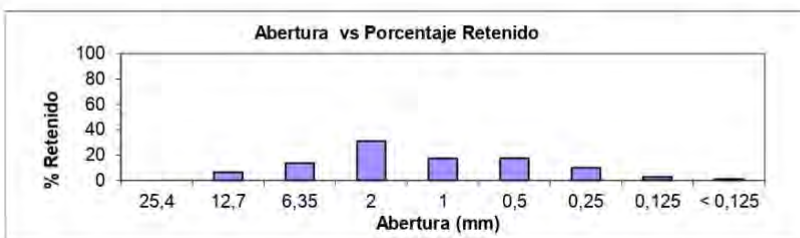
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ANÁLISIS: AF6787

NOMBRE: Fabian Enrique Campo Quintero
MUESTRA: Muestra 9

Fecha de recibo: 3/11/2020
Fecha de entrega: 26/11/2020

No. Malla	Abertura (mm)	% Retenido	%Retenido Acumulado
1"	25,4	0,00	0,00
1/2"	12,7	6,44	6,44
1/4"	6,35	13,57	20,01
10	2	30,98	50,99
18	1	17,47	68,46
35	0,5	17,61	86,07
60	0,25	10,08	96,15
120	0,125	2,81	98,96
Fondo	< 0,125	1,01	99,97



Analizó:

Director de Laboratorio: Ramiro Ramírez P.
Ingeniero Agrónomo M.Sc; PhD.

ANEXO 4. HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS UTILIZADAS

Carta de Invitación

A QUIÉN PUEDA INTERESAR

Mediante la presente ponemos a su conocimiento el interés de que participe en la comunicación de resultados de la investigación titulada DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ERODABILIDAD (MÉTODO U.S.L.E.) DE LOS SUELOS PERTENECIENTES A LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, presentada por JUAN PABLO LÓPEZ CUY y FABIAN ENRIQUE CAMPO QUINTERO, estudiantes de Ingeniería Ambiental & Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar en la ciudad de Valledupar.

La presentación se llevará a cabo el día 20 de enero de 2021, a las 04:00 PM hasta las 06:00 PM mediante sesión por la plataforma Google ~~Meet~~.

Para confirmar su participación por favor envíenos sus datos personales "nombre", "número de identificación (cédula de ciudadanía)", "correo electrónico" y "número de contacto personal y alterno" al correo electrónico juanpa0316@outlook.com o contactarse al número de ~~WhatsApp~~ 3125733109.

Con mucho agrado le saludan,

JUAN PABLO LÓPEZ CUY
FABIÁN ENRIQUE CAMPO QUINTERO

Presentación para la comunicación de resultados



DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ERODABILIDAD (MÉTODO U.S.L.E.) DE LOS SUELOS PERTENECIENTES A LA CUENCA ALTA DEL RÍO CANDELA JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ



Presentado por:

Juan Pablo López Cuy
Fabián Enrique Campo Quintero



Dirigido por:

Karina Paola Torres Cervera
Ms. Medio Ambiente y Desarrollo S.





CONTENIDO

- ☐ Propósito de la Investigación
- ☐ Metodología de Trabajo
- ☐ Productos y Resultados
- ☐ Proposición Estratégica
- ☐ Conclusiones



1. Problema en la Cuenca Alta del río Candela

El IGAC (2020) advirtió que debido a los usos inadecuados que han realizado los agricultores, productores y empresarios en el terreno tricolor, el 28% de Colombia "agoniza" por conflictos como la sobreutilización y subutilización de sus suelos, y es más vulnerable a padecer los estragos de los fenómenos climáticos.

Este problema es mucho más dramático que la reducción de la capa de ozono y la posibilidad de un efecto de invernadero, porque está afectando actualmente la subsistencia de millones de personas (FAO, 2020)

La cuenca alta del Río Candela presenta condiciones de sobre uso debido a las actividades intensivas agrícolas que se desarrollan en ella, las cuales son pertinentes y aportan para el desarrollo económico y social cuya fortaleza radica en el comercio y consumo de los productos cultivados en esta zona, que es considerada sagrada para la etnia Kankuama.

2. Propósito de la Investigación

Determinar el Grado de Erodabilidad de los suelos pertenecientes a la cuenca Alta del río Candela en el corregimiento de Atanquez.

3. Estrategia Metodológica

Etapa Metodológica N° 1

Diagnóstico

1

Reconocimiento de Campo



Fuente: Autores, 2020

2

Caracterización Morfológica y Morfométrica

- Área de la cuenca
- Perímetro de la cuenca
- Cota máxima y mínima
- Altitud más frecuente
- Altitud promedio
- Longitud del cauce
- Longitud de la cuenca
- Longitud de la red hídrica
- Pendiente de la red hídrica
- Pendiente promedio de la cuenca
- Bifurcaciones y longitudes por orden de ríos
- Índice de compacidad
- Factor de forma
- Densidad de drenaje

3

Contexto del área de estudio



Fuente: Tomado de Internet, 2021

Etapa Metodológica N° 2

Zonificación

1

Muestreo de Suelos



Fuente: IGAC, 2020

3

Determinación de la Erodabilidad

$$K_f = 0,010356 - 0,00378082A + 0,00232882L + 0,323545D_a$$

$$K_{USLE} = \frac{0,00021 \cdot M^{1,14} \cdot (12 - OM) + 3,25 \cdot (c_{suelo} - 2) + 2,5 \cdot (c_{pasa} - 3)}{100}$$

$$K_{USLE} = f_{csand} \cdot f_{cl-s} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hsand}$$

2

Caracterización del Suelo

- Análisis Granulométrico (para obtener porcentajes de arena, limo y arcilla)
- Densidad aparente y real del suelo
- Textura del suelo
- Carbono Orgánico (fácilmente oxidable)

4

Elaboración del Mapa de Erodabilidad



ArcMap

Etapa Metodológica N° 3

1

Estrategias Preventivas

2

Estrategias Correctivas

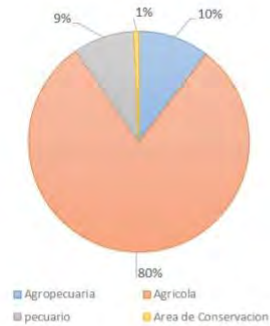


3

Comunicación de Resultados



4. Productos y Resultados



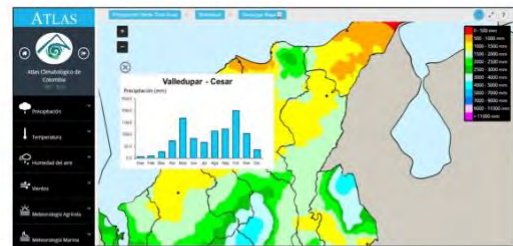
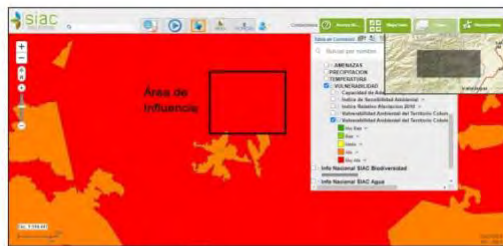
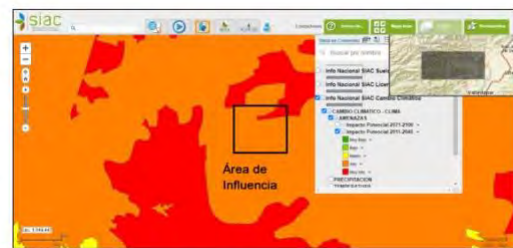
Los habitantes pobladores de la mayoría de predios desarrollan actividades agrícolas relacionadas con la siembra de caña, café, cacao, cultivos de pancoger, yuca, maíz entre otros muchos, así como el de pasto de montaña y plantas aromáticas.

- Un 10% de los pobladores se dedican a actividades agropecuarias de una manera muy tradicional, con presencia de conflictos por el uso del suelo y tenencia de tierras, puesto que la mayoría de los predios donde se desarrollan estas actividades se encuentran cercanas al centro poblado y en muchas de estas áreas no existen linderos o vayas limitrofes.



LEYENDA

- AGROPECUARIA
- AGRICOLA
- CONSERVACIÓN
- PECUARIO
- ZONA URBANA





En campo se seleccionaron de manera estadística, 9 puntos de muestra y sondeo los cuales fueron homogéneamente repartidos dentro del área de estudio, recopilando 27 kilogramos de suelo, los cuales fueron enviados a A.G.M. LABORATORIO DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO y al el Laboratorio de Física y Conservación de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Dónde,

- n : Tamaño de la muestra
- N : Área de la cuenca alta del río Candela (8,83 km²)
- Z : Nivel de confianza (al 99% equivale a 2,57)
- d : A un intervalo de 99% es igual o menor a 0,01
- p : Probabilidad de éxito, generalmente 50%
- q : Probabilidad de fracaso, generalmente 50%

$$n = \frac{8,83 \text{ km}^2 \cdot (2,57)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{(0,01)^2 \cdot (8,83 - 1) + (2,57)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}$$

$$n \geq 9$$

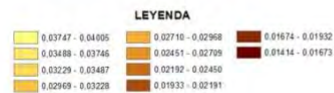
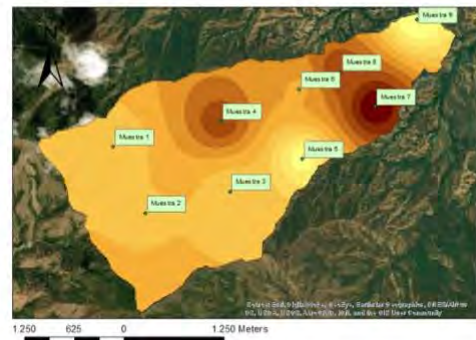
Por lo tanto se tomarán 9 muestras de 3 kilogramos cada una (27 kilogramos).



Al aplicar el modelo de Williams se obtienen los factores de contenido de arena de baja proporción (Fcsand), contenido de arcilla-limo (Fc-si), contenido de carbono orgánico (Forgc), y contenido de arena (Fhisand). Al reemplazarlos en las fórmulas se obtiene el siguiente resultado:

Muestras	Fcsand	Fc-si	Forgc	Fhisand	Kwi	Clasificación USDA (1962)
1	0.4608	0.5365	0.9744	0.9955	0.0316	Bajo
2	0.4582	0.5064	0.9872	0.9910	0.0299	Bajo
3	0.4550	0.5523	0.9744	0.9740	0.0314	Bajo
4	0.4700	0.3288	0.9744	0.9998	0.0198	Muy Bajo
5	0.4565	0.6758	0.9872	0.9704	0.0389	Moderado
6	0.4565	0.4669	0.9896	0.9867	0.0274	Bajo
7	0.4771	0.2252	0.9986	1.0000	0.0141	Muy Bajo
8	0.4652	0.3286	0.9747	0.9993	0.0196	Muy Bajo
9	0.4580	0.6967	0.9746	0.9780	0.0401	Moderado

Las unidades de medida de la columna Kwi son t ha h tm⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹.





Fuente: Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales, FAO 2018

4. Conclusiones

El método aplicado fue el de Williams, con el que se consiguió determinar que la erodabilidad (Kwi) en la cuenca alta del río Candela se clasifica entre muy baja a moderada, con valores que rondan los 0,027 hasta los 0,040 t ha h tm⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹, que fueron valores de referencia para proceder a la obtención del mapa de zonificación de este factor.

Existen valores moderados de susceptibilidad del suelo en las zonas de Guincueva y en el corregimiento de Atanquez y se presentan muy bajos valores de erodabilidad en las zonas de Juaneta y al noroccidente del corregimiento de Atanquez, zona conocida como Las Delicias.

La estrategia de conservación de suelos cuenta con 3 proyectos estratégicos y 12 proyectos específicos. La estrategia de preservación cuenta con 5 proyectos estratégicos y 17 proyectos específicos.

PROBLEMA

SOLUCIÓN

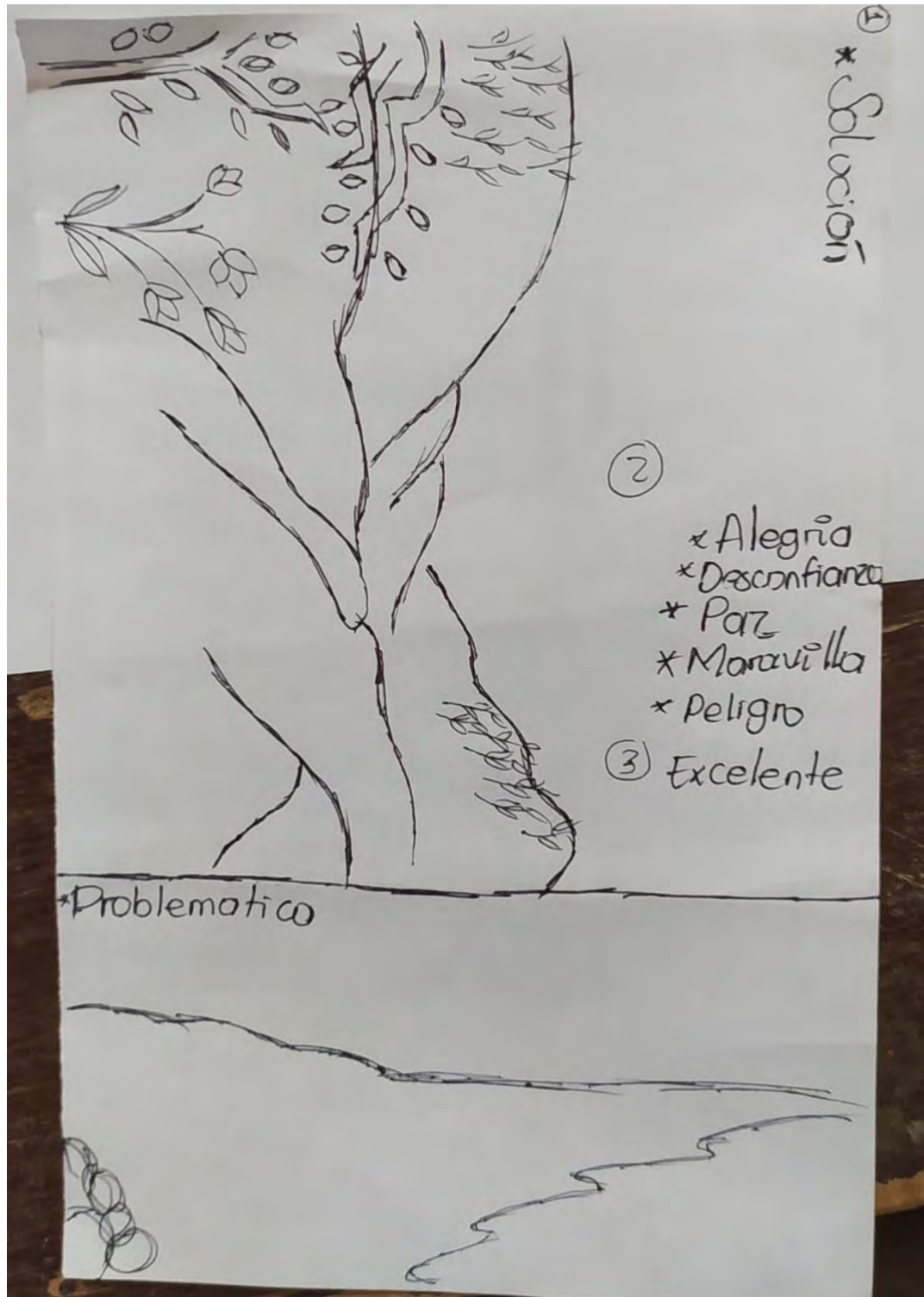
1. En una hoja, haz un dibujo de la problemática que enfrenta el suelo de la cuenca alta del río Candela y un dibujo de las soluciones que podrían ayudarlo a mejorar.
2. Escribe cinco palabras que expresen lo que sientes respecto a la problemática y respecto a las soluciones que planteaste.
3. Del 1 al 5 (siendo 1: pésimo y 5: excelente) califica este trabajo de investigación.

*“La suprema realidad de
nuestro tiempo es la
vulnerabilidad del planeta”*

- John F. Kennedy



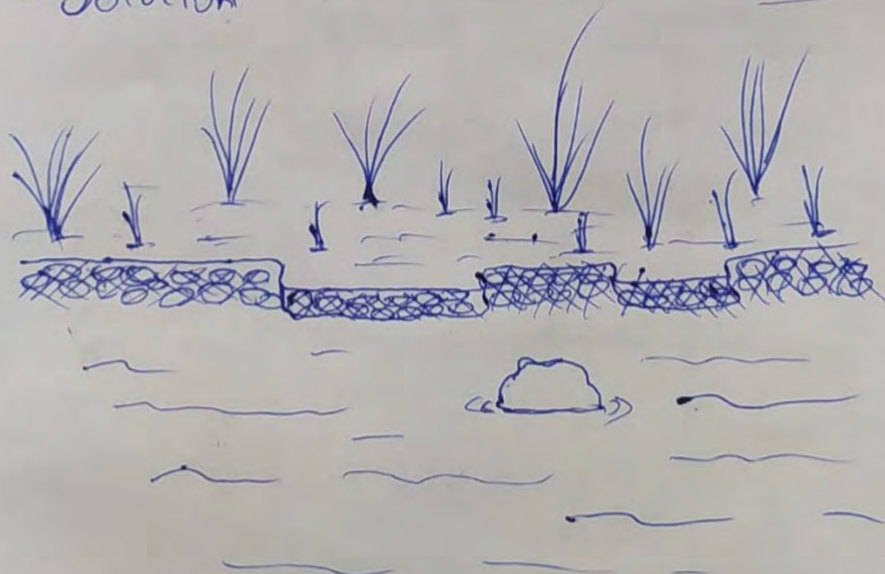
Resultados de las Evaluaciones



① - Problemática



- Solucion

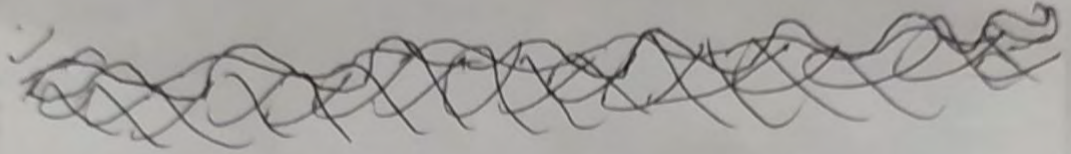


② - Incertidumbre

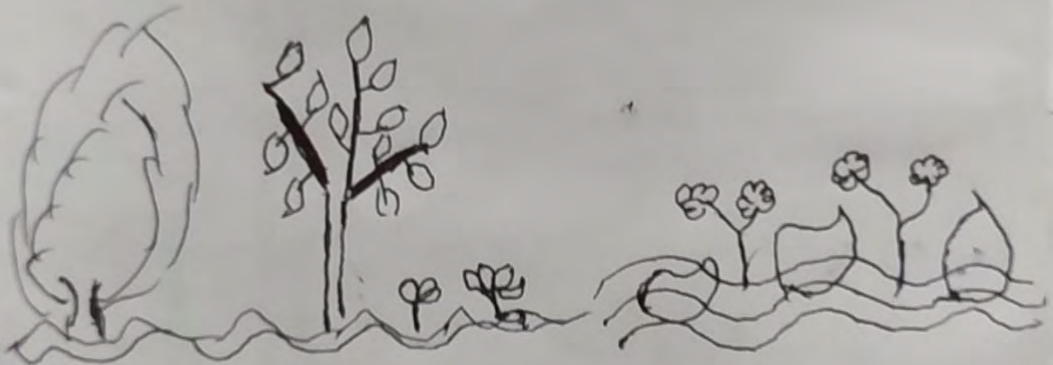
- Muerte
- Conciencia
- Optimismo
- Vida

③ Excelente

① * PROBLEMÁTICA



* SOLUCION



②

PAZ

INCERTIDUMBRE

COMPROMISO

ESPERANZA

DESEÑO

③

EXCELENTE

1. Problemática



Solución.



2. .

- Desconocimiento
- Erosión
- Muerte
- Optimismo
- Naturaleza.

3. Excelente

1. ~~Problema~~
Solución

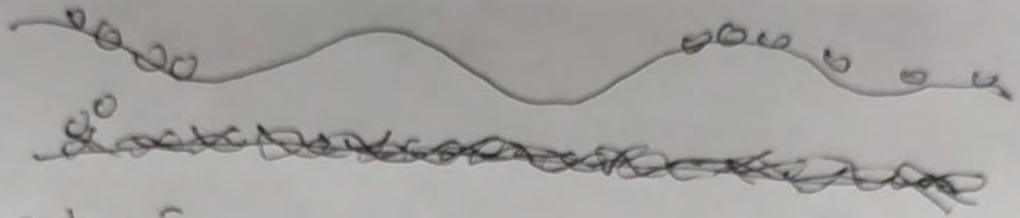


2. - Inseguridad

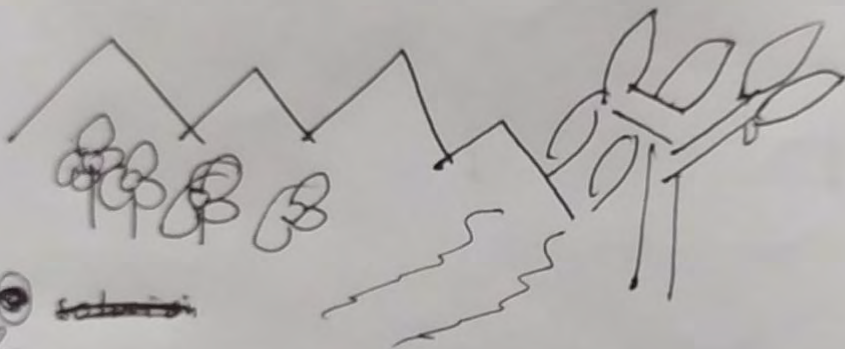
- Sano
- Vida
- Peligro
- Armonía

3. Excelente

① Problematic



Solución



② ~~Solución~~

2

- x Amor
- x Riesgo
- x Paz
- x Peligro
- x Tranquilidad

③ Excelente

1. Problemática



2. Miedo

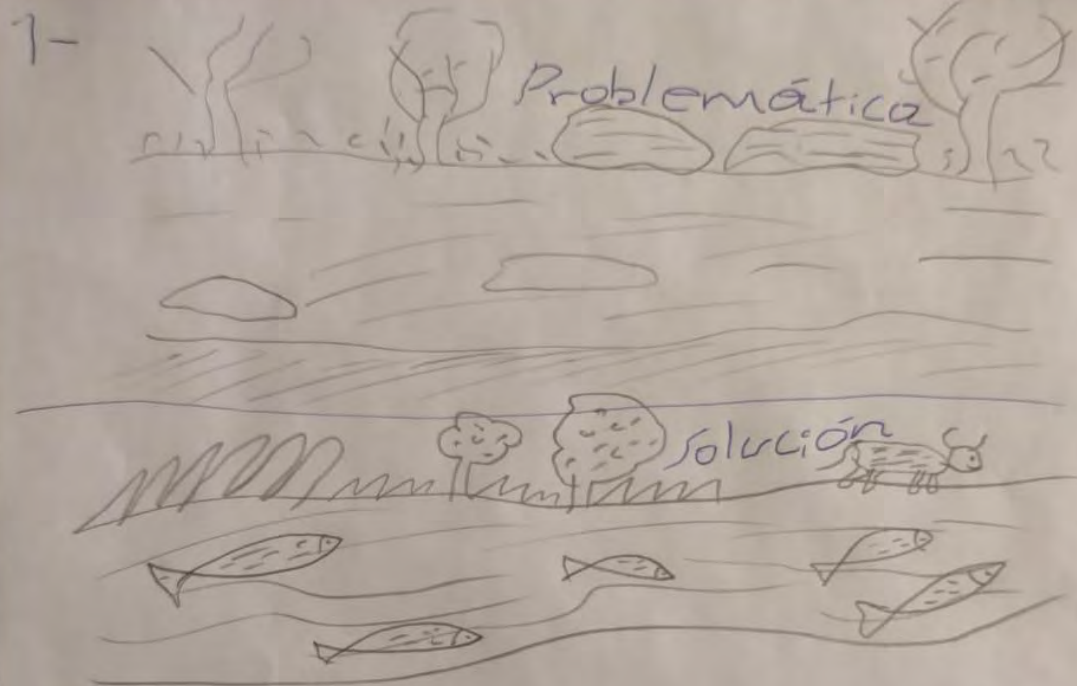
Paž

Esparanta

Reto

Vida

3. Excelente

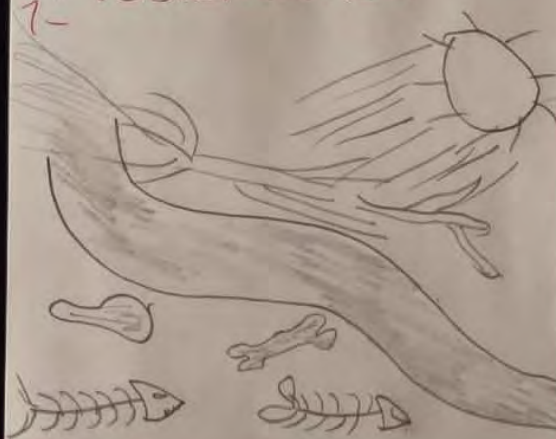


2-Cinco palabras:

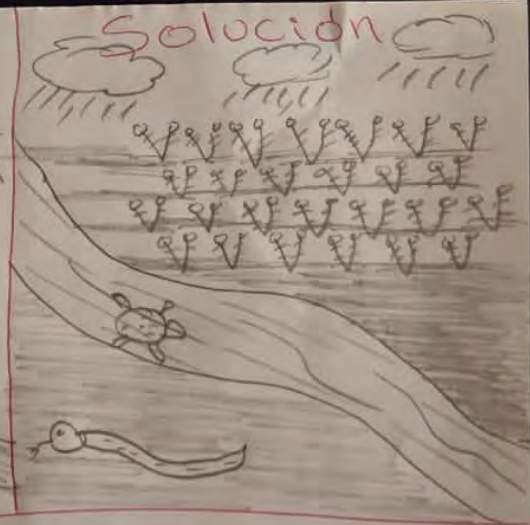
- Preocupación.
- Tristeza.
- Esperanza.
- Confianza.
- Respaldo.

3-Califico este trabajo con un 5.

1- Problemática



Solución



2-5 palabras:

- Hambre.
- Necesidad.
- Preocupación.
- Ayuda.
- Recuperación.

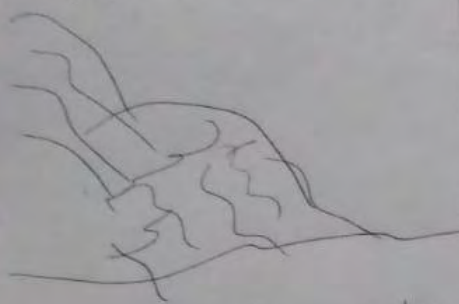
3-Calificación:

Este proyecto merece un 5.

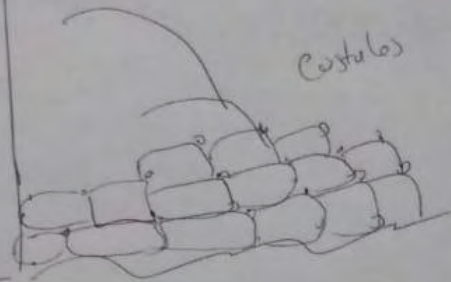
Problema

Solución

Deslizamiento



Costales



cinco palabras sobre la problemática y la solución

Pánico

Preocupación

Incertidumbre

Confianza

optimismo

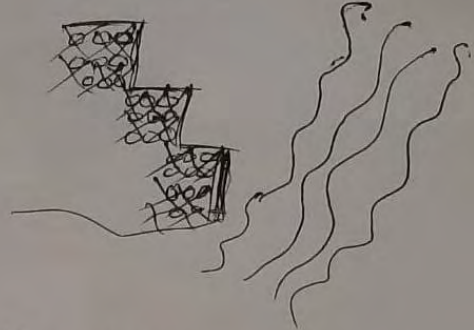
Calificación = 5 excelente!!

①

Problema



Solución



② 5 Palabras sobre la problemática y solución

Angustia

Terror

Preocupación

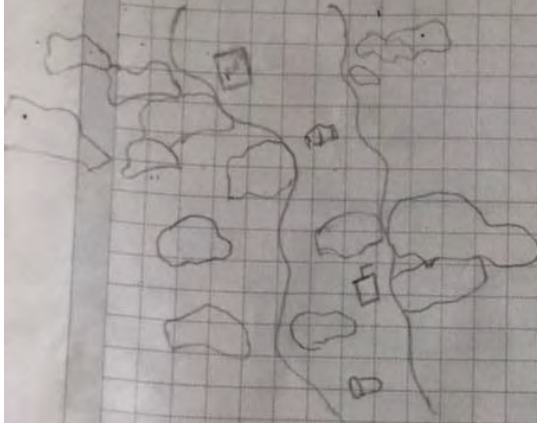
Responsabilidad

Calma

③ Calificación del trabajo de investigación

4-Superior

• Problemática



Solución



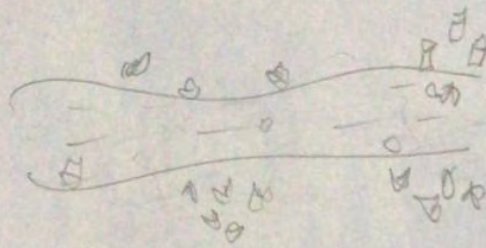
• 5 Palabras

- * tristeza
- * felicidad
- * Angustia
- * Cuidado
- * tranquilidad

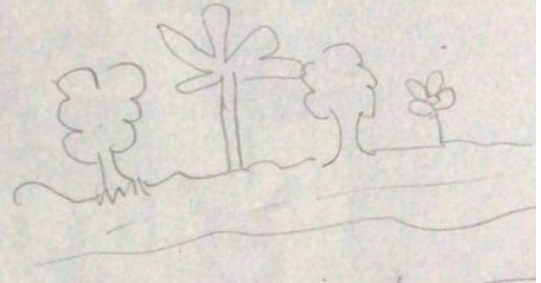
• Calificación

5 - excelente.

Problema



Solución



5 palabras sobre la problemática y solución.

- Paz
- Incertidumbre
- = tranquilidad
- = temor
- = Fe.

Calificación del trabajo de investigación.

5-excelente.

mapa

① Cuenca alta del río Candela

- * falta de vegetación
- * basura en el río
- * falta de arborización

② Solución

- no echar tanta basura
- Sembrar árboles
- Cuidar el río

(3) palabras claves

Miedo
Contaminación
infección
enfermedad
tristeza
inquietud
negatividad

lo que genera la
problemática

esperanza
tranquilidad
trabajo en equipo
posibles soluciones
tranquilidad
Cuidar

lo que genera
la solución que
se pretende

(4)

5 - excelente

porque la investigación pretende
generar una solución para tener
una buena salud y bienestar en
el ambiente que vivimos