

Determinar las condiciones hidro-morfométrica de la cuenca la Jagua ubicada en el municipio de Neiva Huila. Para evaluar los riesgos asociados a crecientes súbitas por lluvias convectivas de alta intensidad y corta duración en su zona de recarga.

Christian Fernando Guzman Lopez

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia
Escuelas De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente
Programa Ingeniería Ambiental
Neiva Huila
2020

Determinar las condiciones hidro-morfométrica de la cuenca la Jagua ubicada en el municipio de Neiva Huila. Para evaluar los riesgos asociados a crecientes súbitas por lluvias convectivas de alta intensidad y corta duración en su zona de recarga.

Autor:
Christian Fernando Guzman Lopez

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental.

Director:
Christian Felipe Valderrama Lopez
Ing. Ambiental y Sanitario Msc

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia
Escuelas De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente
Programa Ingeniería Ambiental
Neiva Huila
2020

Notas De Aceptación

Director Del Proyecto

Jurado

Jurado

Agradecimiento

Papá, mamá les doy mis más sinceros agradecimientos por las noches difíciles y por los días buenos; por alimentarme el alma y el corazón de grandes enseñanzas; Por sentirme tan querido y por haberme educado, reprendido o incluso regañado; Por darme este momento en mi vida en el que me supero y puedo ser un reflejo de lo que su amor, sacrificio y entrega han hecho en mí. Gracias los amos.

Agradezco a mi hermano Helmer Alexis Guzmán López, por su apoyo y aportes significativos no solo en este trabajo de agrado sino a lo largo de la vida.

Agradezco a mi primo-hermano German García por sus buenas enseñanzas y por ser un gran ejemplo para salir a delante y lograr siempre lo que nos proponemos.

Agradezco a familia, Alejandra y Camila, por enseñarme lo valioso del amor, entrega y sacrificio y por todo el apoyo brindado para lograr este gran momento en vida.

Agradezco a mi Director de Tesis el ingeniero Christian Felipe Valderrama Lopez, por el acompañamiento, apoyo y dedicación que fueron significativos para el desarrollo de mi trabajo de grado y así culminar con este sueño.

Agradezco a mi universidad, por haberme permitido formarme en ella y así lograr este gran momento; gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias porque fueron responsables de realizar un pequeño aporte que el día de hoy se refleja en la culminación de mi paso por la universidad.

Resumen

En el desarrollo del siguiente trabajo de grado se realizará una caracterización hidro-morfométrica a partir de un modelo de elevación digital (DEM) e información cartográfica del recolectada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en los cuales se aplicará aspectos básicos en herramientas y sistemas de información geográficos que permitan determinar los procesos y cálculos matemáticos para hallar los parámetros asociados con comportamiento de la red de drenaje, topografía, relieve, hipsometría relacionada con la morfodinámica y de más variables pertinentes para el estudio de la cuenca hidrográfica La Jagua, ubicada en el corregimiento de fortalecillas del municipio de Neiva del departamento del Huila.

Palabras claves: Cuenca hidrográfica, hidro-morfometría, sistemas de información geográfica.

Abstrac

In the development of the next degree project, a hydro-morphometric characterization will be executed from a digital elevation model (DEM) and cartographic information collected from the Agustín Codazzi Geographical Institute (IGAC) in which basic aspects in tools and systems will be applied of geographic information that will determine the mathematical processes and calculations to find the parameters associated with the behavior of the drainage network, topography, relief, hypsometry related to morphodynamics and more relevant variables for the study of the La Jagua hydrographic basin, located in the town of fortresses in the municipality of Neiva in the department of Huila.

Keywords: Watershed, hydro-morphometry, geographic information systems.

Tabla de contenido

Introducción	13
Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos	17
Justificación.....	18
Marco Teórico	20
La Cuenca Hidrográfica como Unidad de Análisis (Guía POMCA)	20
La importancia del Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas.....	21
Caracterización morfométrica de la cuenca de la Quebrada Tatamaco, del municipio Villavieja del Departamento del Huila, mediante el uso de la herramienta HEC-GeoHMS.....	21
Metodología	23
Fase I: Área de estudio Cuenca La Jagua.....	23
Fase II: Recopilación de información.....	24
Fase III: Caracterización hidro-morfométrica.....	25
Análisis hidrodinámico.....	34
Resultados	35
Área de estudio.....	35
Recopilación de información.....	36
Caracterización hidro-morfométrica.....	36
Análisis Hidrodinámico.....	43

Análisis de crecientes súbitas asociado al comportamiento Hidro-morfométrico	44
Conclusiones	46
Referencias Bibliográficas	48

Índice De Tablas

Tabla 1. Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica.	25
Tabla 2. Características de la cuenca de acuerdo con el valor K_c	28
Tabla 3. Longitud de la red de drenaje.	41
Tabla 4. Valores de tiempo de concentración.	41
Tabla 5. Resumen de resultados morfométricos de la cuenca.....	43

Índice De Figuras

Figura 1. Georreferenciación de la zona de estudio.	24
Figura 2. Cuenca Hidrográfica La Jagua.....	35
Figura 3. Perfil longitudinal del cauce principal.....	37
Figura 4. Curva Hipsométrica.....	38
Figura 5. Frecuencia de Altitudes	39
Figura 6. Perfil de la cuenca La Jagua.	40

Índice De Ecuaciones

Ecuación 1. Densidad de drenaje.	26
Ecuación 2. Densidad de la red hidrográfica (2).	26
Ecuación 3. Ancho medio de la cuenca.	26
Ecuación 4. Coeficiente de forma.	27
Ecuación 5. Coeficiente de compacidad.	28
Ecuación 6. Altura promedio ponderada del cauce principal.	29
Ecuación 7. Pendiente promedio ponderada de la cuenca.	29
Ecuación 8. Altura promedio ponderada de la cuenca.	30
Ecuación 9. Pendiente promedio ponderada de la cuenca.	31
Ecuación 10. Profundidad de disección de la cuenca.	32
Ecuación 11. Nivel de la disección del relieve.	32
Ecuación 12. Tiempo de concentración por Kirpich.	33
Ecuación 13. Tiempo de concentración por California Culvert Practice.	33

Índice De Anexos

Anexo 1. Imagen satelital Departamento del Huila.	54
Anexo 2. Corte y delimitación del área a estudiar.	55
Anexo 3. Superficie del suelo mediante colocación de triángulos.	56
Anexo 4. Análisis de dirección de flujos de agua del área a estudiar.	57
Anexo 5. Análisis de acumulación de agua.	58
Anexo 6. Análisis de parámetros de forma de la cuenca La Jagua.	59
Anexo 7. Determinación de pendientes y altitudes.	60
Anexo 8. Determinación de la red de drenaje y orden de la cuenca.	61

Introducción

En la actualidad para alcanzar el desarrollo económico, social y cultural es fundamental la preservación y conservación del recurso hídrico; ya que el uso indiscriminado, y las devastadoras sequías provocadas por las altas temperaturas, ha generado una reducción significativa en los caudales la cual “se concluye que la oferta hídrica decrece en un 40% en épocas del fenómeno El Niño y aumenta su disponibilidad hasta un 65% en épocas del fenómeno La Niña”. (Avila Díaz y otros, 2013), estableciendo así una condición de alto riesgo para el abastecimiento agrícola de la población rural del corregimiento tanto del país como de fortalecillas del municipio de Neiva.

Por esta razón es importante realizar estudios hidrológicos que permitan diagnosticar las condiciones actuales en que se encuentra, como lo es el caso, de la cuenca hidrográfica La Jagua; En el cual se identifican actividades como la expansión de la frontera agrícola, la tala indiscriminada de árboles, la sobre explotación de suelos, vertimientos domésticos y el mal uso del recurso, lo que advierte de un gran impacto negativo de origen antrópico que cada vez se incrementa y resulta preocupante debido que la economía de la vereda de La Jagua y del corregimiento de Fortalecillas depende de este recurso.

Con el desarrollo del siguiente proyecto se pretende conocer la dinámica de la cuenca la Jagua a través de las características morfométricas que se componen, tales como longitud del cauce principal, área aferente de la cuenca, densidad de la red hidrográfica, ancho medio de la cuenca, elongación de la cuenca o coeficiente de forma, coeficiente de compacidad, altura media del cauce principal, curva hipsométrica. entre otras. Que permita facilitar la formulación del manejo y ordenamiento de los recursos existentes para lograr delimitar las zonas de manera eficiente que coadyuven en el buen desarrollo agrícola garantizando la sostenibilidad agroambiental de la región.

Planteamiento Del Problema

A nivel global, se han experimentado los drásticos efectos de los fenómenos de variabilidad climática que han generado impactos en los diferentes sectores económicos, entre ellos el sector agropecuario, lo que ha llevado a la comunidad científica a generar diferentes estudios a través del tiempo enfocados a identificar el impacto del rendimiento de los cultivos considerando diferentes escenarios de cambio climático (CC), con el fin de minimizar las pérdidas que dejan estos eventos (Welch, 2010).

El sector agrícola y pecuario es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático y a los fenómenos meteorológicos extremos. La adaptación del sector es prioridad para la región andina. Los desastres relacionados al cambio climático tienen y tendrá un impacto directo en este renglón productivo, el cual constituye en una fuente de trabajo de un conjunto significativo de la población y las exportaciones de la región (Villanueva, 2013).

Diferentes estudios, (CIFEN, 2016; Naciones Unidas, 2015; Naciones Unidas, 2013; MINAGRI & GIZ, 2012) han identificado que los países en vía de desarrollo son los que presentan la mayor vulnerabilidad, riesgos en seguridad alimentaria y la menor adaptabilidad de su población (Fernández, 2013). Un claro ejemplo de lo anterior es el caso de África donde millones de personas viven en zonas propensas a sequías e inundaciones. Aproximadamente un 70% de la población africana depende de la agricultura para sobrevivir y más del 95% de la agricultura de África depende, a su vez, del agua lluvia (OMM, 2010).

En el caso de Europa, el cambio o las variabilidades de las condiciones climáticas ha afectado a la agricultura en forma de alteraciones en la fenología de los cultivos, cambios en

áreas de siembra y sus rendimientos, así como a través del aumento de la demanda de agua para riego (AEMA, 2015).

Sin ser la excepción, en América Latina y más específicamente en el Ecuador, los cambios en el clima inciden en la variación de la producción agrícola, sobre todo en cultivos de maíz, arroz, banano y caña de azúcar que evidenciaron caídas sucesivas en sus rendimientos para los años con presencia del fenómeno de El Niño (Jiménez et al., 2012). En la Comunidad Andina los efectos del cambio climático durante las últimas décadas se han reflejado en la recurrencia y severidad de desastres de tipo meteorológicos. Durante los últimos 37 años, el 71% del total de registros de desastres locales reportados han estado asociados a fenómenos climáticos, en particular con eventos tales como inundaciones y deslizamientos (Alianza Clima y Desarrollo, 2012).

Hoy por hoy la humanidad tiene entre sus principales retos afrontar las consecuencias de los cambios acelerados del clima, los cuales tienen un fuerte impacto en los recursos naturales, la sociedad y la economía (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA, 2015). En Colombia el sector agrícola no ha sido ajeno a los impactos de la actual dinámica climática, viviendo así los efectos de las anomalías climáticas asociadas al fenómeno El Niño sobre la producción de papa en el departamento de Boyacá y así mismo varios estudios realizados para el cultivo de café (Guzmán & Baldión, 1997) y palma africana (Cadena et al., 2006) han concluido la gran vulnerabilidad de estos cultivos a los fenómenos de variabilidad climática (Ramírez. M. P, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior el departamento del Huila es uno de los departamentos de Colombia que se caracteriza por tener una vocación agrícola y pecuaria por tradición, coherente a sus condiciones agroecológicas y fisiográficas de la región, desarrollando una amplia variedad de

cultivos de diferentes pisos térmicos que ya han presentado varias zonas productoras altamente vulnerables al cambio climático, especialmente en la zona norte donde se encuentran las mayores cifras de áreas con procesos de desertificación del departamento (Renzonni, 2009).

El Huila, a pesar de la susceptibilidad a los cambios adversos del clima en la subregión norte, es uno de los departamentos con gran valor para la producción agrícola en cultivos como arroz, algodón, maíz, entre otros. Investigaciones como los de Tovar & Sánchez (2016), que estimaron una zonificación agroclimática con fines de mejorar la programación de riesgo, buscan generar información para el apoyo en la toma de decisiones que inciden en el desarrollo agrícola de esta región, acorde con la recurrencia y frecuencia de eventos climáticos.

En relación con lo anterior, observamos que es de gran importancia seguir desarrollando diferentes estudios encaminados en la comprensión del comportamiento y las condiciones hidrológicas localizada en la zona norte del Huila, para la toma de decisiones, articulación de estrategias de adaptación y mitigación ante estos fenómenos y el uso sostenible de los recursos naturales en el marco de la productividad y seguridad alimentaria. En concordancia con lo anterior, es pertinente plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el comportamiento hidro-morfométrico de la cuenca La Jagua frente a posibles riesgos generados por lluvias convectivas de alta intensidad en la zona de recarga de la cuenca?

Objetivos

Objetivo General

Determinar las condiciones hidro-morfométrica de la cuenca la Jagua ubicada en el municipio de Neiva Huila. Para evaluar los riesgos asociados a crecientes súbitas por lluvias convectivas de alta intensidad y corta duración en su zona de recarga.

Objetivos Específicos

- Evaluar las propiedades morfométricas de la cuenca La Jagua.
- Analizar las condiciones hidrodinámicas de la cuenca La Jagua.
- Analizar el comportamiento de crecientes súbitas teniendo en cuenta el comportamiento hidro-morfométrico.

Justificación

A nivel mundial, América latina, es significativamente vulnerable a los devastadores impactos del cambio climático. Pese a que hay una gran conciencia, la puesta en marcha de políticas en el territorio nacional no deja de ser un problema fundamental. Un hecho claro de lo anterior, fue la dinámica climática y de variabilidad que se presentó durante el año 2015, siendo así, el año más cálido registrado con 0.76 °C por encima del promedio del periodo entre 1961-1990, con uno de los episodios registrados (desde 1950 que inició el registro) más intensos del fenómeno El niño y otros eventos extremos como olas de calor, sequías, inundaciones y alta actividad e intensidad ciclónica superior a la media como se resume en el Informe de la OMM sobre el estado del clima mundial en el 2015 (Kreft et al., 2014).

En Colombia, no siendo indiferente a la problemática mundial, se presentó en el periodo contemplado entre 2010-2011, el periodo de lluvias más intenso de la historia, afectando a 29 de los 32 departamentos, es decir a un 90% del territorio nacional, donde el 80% de los eventos causados por las fuertes lluvias correspondieron a inundaciones y deslizamientos. Para este periodo 2010-2011 se registraron oficialmente 917 deslizamientos y 41 avalanchas que afectaron principalmente los departamentos de la zona andina, donde los más afectados fueron Cundinamarca, Risaralda, Nariño, Boyacá, Santander y Antioquia (Defensoría del pueblo, 2011). La temporada de lluvias apoyada por el desarrollo de un evento La Niña, ocasionó que más de 150 personas perdieran sus vidas, 1.5 millones desplazados y la factura por deslizamientos, inundaciones en cultivos y problemas de movilidad alcanzó más de 11 billones de pesos, casi el 2% del PIB correspondiente al año 2011 Según el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres SNPAD (WWF, 2016).

En el departamento del Huila, (Ramírez. M. P, 2018), uno de los sectores más representativos es sin duda el sector agrícola. El cual cuenta con un área utilizada para cultivos es de 382.544 ha, este sector junto con la ganadería, silvicultura y piscicultura tienen una participación porcentual de 14% sobre el PIB departamental y un crecimiento promedio anual de 2,8% con base en la media del periodo 2000 a 2013 (Delgado et al., 2015). De las 124.520 unidades de producción agropecuaria que tiene el Huila, 12.653 tiene como principal recurso el agua proveniente de las lluvias para el desarrollo de las actividades agrícolas y existe una fuerte limitante para el acceso a este recurso debido a las prolongadas sequías o presencia de fenómenos como El Niño (DANE, 2016).

Por esta condición actual de la dinámica climática y presencia de estos eventos extremos; la producción ha disminuido considerablemente en presencia del ENSO en sus dos respectivas fases (cálida y fría), en el Huila se evidenciaron pérdidas de \$ 20.936 millones de pesos para cultivos permanentes y \$ 3.172 millones para cultivos transitorios. Las prolongadas lluvias que se presentaron en Colombia para el periodo 2010-2011 por la presencia de La Niña, provocaron pérdidas agropecuarias correspondientes a \$ 5.142 equivalente al 0,9% de las pérdidas totales del país, debido a fuertes avalanchas, deslizamientos, vendavales e inundaciones (CEPAL, 2012).

Una vez entendido el contexto anterior, se hace claro la importancia de desarrollar estudios encaminados en la comprensión del comportamiento y las condiciones hidrológicas, como lo es el caso para la cuenca de La Jagua, los cuales permitan la toma de decisiones de ordenamiento de los recursos naturales que coadyuven a impulsar el sector agrícola de la región.

Marco Teórico

La Cuenca Hidrográfica como Unidad de Análisis (Guía POMCA)

La cuenca constituye una unidad adecuada para la planificación ambiental del territorio, dado que sus límites fisiográficos se mantienen en un tiempo considerablemente mayor a otras unidades de análisis, además involucra una serie de factores y elementos tanto espaciales como sociales, que permiten una comprensión integral de la realidad del territorio. Guía POMCA (2014).

Dourojeanni et al. (2002), señala “Las características físicas del agua generan un grado extremadamente alto y en muchos casos imprevisible, de interrelación e interdependencia entre los usos y los usuarios en una cuenca, (...) formando un sistema integrado e interconectado”.

Las cuencas constituyen un área donde interactúan, en un proceso permanente y dinámico, el agua con los sistemas físicos (recursos naturales) y bióticos (flora y fauna). Los cambios en el uso de los recursos naturales, principalmente tierra, acarrearán aguas arriba una modificación del ciclo hidrológico dentro de la cuenca aguas abajo en cantidad, calidad, oportunidad y lugar. Guía POMCA (2014).

El proceso de ordenación de una cuenca debe ser concebido, en esencia, desde el enfoque sistémico dado que la cuenca hidrográfica se comporta como un conjunto real, complejo y abierto, el cual presenta interacciones, entre el subsistema biofísico (el suelo, el agua, la biodiversidad y el aire), así como en lo económico, social y cultural. Si bien estos tres últimos no tienen un limitante físico, dependen de la oferta, la calidad y disponibilidad de recursos naturales que soporta la cuenca hidrográfica. Guía POMCA (2014).

La importancia del Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas.

El ordenamiento de las cuencas hidrográficas está enfocado a el uso de los recursos naturales renovables para convenir con la conservación de la cuenca y con el aprovechamiento económico de estos recursos. Para generar las relaciones entre el ordenamiento de las cuencas y el ordenamiento territorial, es imprescindible reconocer que los recursos naturales y en particular los recursos hídricos están claramente asociados al territorio. En esta dirección, la planeación del uso y manejo sostenible de los recursos hídricos, mediante concesiones y permisos, está indisolublemente asociado con el ordenamiento del territorio y con el uso equitativo y racional del suelo (Rudas, 2005).

El propósito de la ordenación de cuencas hidrográficas es mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de los recursos naturales y la conservación de la estructura física-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. Como señalo Gómez y García (2006). La importancia del ordenamiento territorial radica en la perspectiva de orientar y regular los procesos de utilización y ocupación del espacio (planificación del uso de la tierra) en base a la aptitud del suelo, mediante la distribución y localización ordenada de las actividades y usos del territorio, en armonía con el medio ambiente, la agricultura sostenible y en concordancia con el desarrollo humano (CINFA, 2003).

Caracterización morfométrica de la cuenca de la Quebrada Tatamaco, del municipio Villavieja del Departamento del Huila, mediante el uso de la herramienta HEC-GeoHMS.

El ordenamiento de cuencas como “el proceso de planificación sistémico, previsorio, continuo e integral, conducente al uso y manejo sostenible de los recursos naturales y condiciones de una cuenca, de manera que se mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura y función físico biótica de la cuenca”, enfatizando que “la ordenación así concebida constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a aprovechar adecuadamente, conservar, preservar, prevenir el deterioro y restaurar la cuenca hidrográfica”. Tal como lo definió Castaño (2003).

Metodología

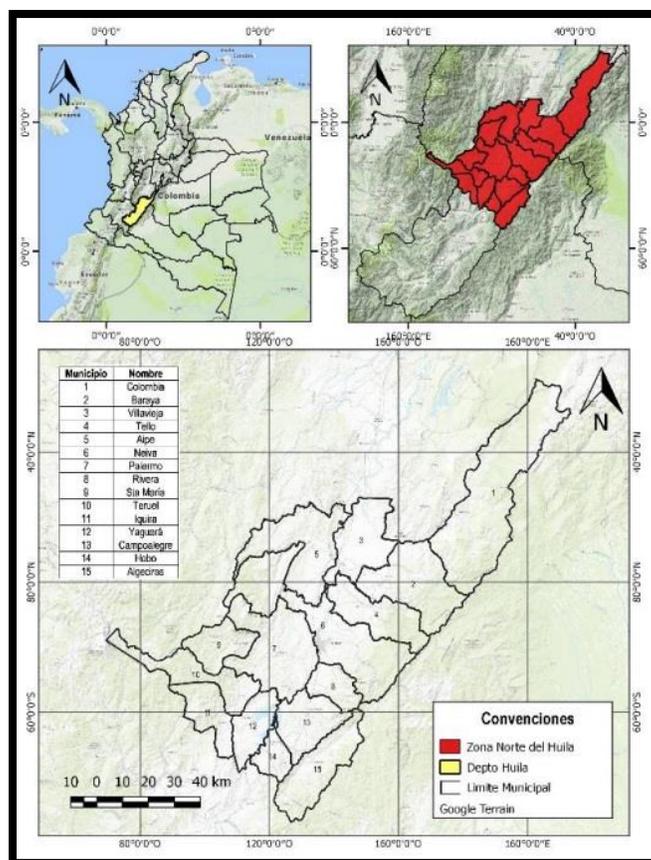
Para el desarrollo del presente estudio se adoptaron elementos teóricos de la ingeniería ambiental, específicamente de la línea de Sistemas de Información Geográficas, SIG permitiendo así el análisis morfométrico de la cuenca la Jagua y poder conocer más acerca de la evolución y el comportamiento hidráulico de la cuenca.

A continuación, se presenta la estructura metodológica, apoyada en 3 fases con el propósito de dar el cumplimiento de los objetivos propuestos del proyecto aplicado.

Fase I: Área de estudio Cuenca La Jagua.

La zona centro norte del departamento del Huila está ubicada al sur- occidente del país. Su orografía está comprendida por el Valle de la Cuenca grande Río Magdalena y este a su vez está rodeado de sur a norte por las cordilleras Central y Oriental las cuales determinan las características geológicas y establecen la variedad de suelos, relieves, paisajes y climas.

El municipio de Neiva capital del departamento del Huila se encuentra ubicada entre la cordillera Central y Oriental, en una planicie sobre la margen oriental del río Magdalena, en el valle del mismo nombre, cruzada por los Ríos Las Ceibas y el Río del Oro. Dentro de sus límites hay otros centros poblados de primer nivel (urbanos): Caguán, San Luis, Guacirco, Vegalarga y San Antonio de Anaconia y de segundo nivel (rurales): Piedra Marcada, El Cedral, Pradera, El Colegio, San Francisco, El Triunfo, Peñas Blancas, La Mata, El Venado, Cedralito, Palacios, Pradera, Aipecito, Chapinero y Órganos. Su área estimada es de 4.594 y 150.706 Hectáreas. (Municipio de Neiva.2019).

Figura 1.*Georreferenciación de la Zona de Estudio.*

Nota: Se presenta una georreferenciación desde nivel nacional hasta la zona de influencia del estudio Caracterización hidro-morfométrica de la cuenca de La Jagua. Tomada de ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS EN EL CONTEXTO DE VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA [Fotografía], SÁNCHEZ, 2018. Universidad Surcolombiana.

Fase II: Recopilación de información.

Para la caracterización de la cuenca hidrográfica La Jagua se utilizará como insumo un modelo de elevación digital (DEM) obtenido del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, con una resolución de 12.5 por 12.5 metros e información cartográfica del Instituto Geográfico

Agustín Codazzi (IGAC). Los procesos a desarrollar se llevarán a cabo mediante operaciones y análisis espaciales mediante el uso y aplicación del software de sistemas de información geográficas QGIS 3.0 de Licencia libre y/o código abierto.

Fase III: Caracterización hidro-morfométrica.

Los parámetros hidro-morfométricos a calcular en la cuenca hidrográfica La Jagua, se presentan a continuación:

- Área aferente de la cuenca.

Se define como el área plana (Proyección horizontal) incluida sobre la divisoria topografía (Monsalve S, 1995). Según Reyes, T., et al, este parámetro resulta ser uno de los más importantes, puesto que está directamente relacionado con los procesos hidrológicos que se dan al interior de una cuenca (Reyes T. et al. 2010).

Tabla 1.

Clasificación de Unidades Hidrográficas en Función del Área Geométrica.

Área (Km ²)	Unidad Hidrológica
<5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Nota: Se presenta la clasificación de las unidades hidrográficas teniendo en cuenta el área de estas. Tomada de GUÍA BÁSICA PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS [Tabla], REYES T., BARROSO, F. & CARVAJAL E., 2010. Universidad del Valle.

- Densidad de la red hidrográfica D.

Se define L_t presenta un grado de sinuosidad, el cual se representa a través del coeficiente de sinuosidad K_s que constituye la relación entre la distancia total configurada por el recorrido de la corriente L_t sobre la distancia lineal desde el nacimiento hasta la desembocadura L_l (Domínguez C. 2010).

Ecuación 1.

Densidad de drenaje.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n L_{t_i}}{A}$$

Donde: n es el número de corrientes visibles en la cartografía disponible.

L_t : Longitud media de las laderas en la cuenca. (Con base en el parámetro anterior).

A: Corresponde al área de la cuenca.

Tomado de ESTUDIO DE LA OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA RÍO AIPE [Ecuación], NOGALES & SALAZAR, 2016. Universidad Surcolombiana.

Ecuación 2.

Densidad de la red hidrográfica (2).

$$D = L_{lad} = \frac{1}{2D}$$

L: longitud total de los cauces.

D: densidad de drenaje.

Tomado de ESTUDIO DE LA OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA RÍO AIPE [Ecuación], NOGALES & SALAZAR, 2016. Universidad Surcolombiana.

- Ancho medio de la cuenca.

Se determina como el cociente entre el área de la cuenca y la longitud lineal de la corriente principal:

Ecuación 3

Ancho medio de la cuenca.

$$B = \frac{A}{L_l}$$

B: ancho medio.

A: área de la cuenca.

Ll Longitud lineal de la corriente principal.

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA[Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

- Elongación de la cuenca o coeficiente de forma σ s.

Se calcula como el cociente entre la longitud lineal de la corriente principal Ll y el ancho medio de la cuenca.

Ecuación 4.

Coeficiente de forma.

$$\sigma = \frac{L_l}{B}$$

L: Longitud lineal de la corriente principal.

B: Ancho medio de la cuenca.

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA[Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

- Coeficiente de compacidad Kc.

Es la relación entre la longitud del perímetro de la cuenca (P_{cuenca}) y el perímetro de un círculo con área equivalente a la de la cuenca.

Ecuación 5.

Coefficiente de compacidad.

Es la relación entre la longitud del perímetro de la cuenca P_{cuenca} y el perímetro de un círculo con área equivalente a la de la cuenca $P_{circulo}$:

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{P_{circulo}} = \frac{P_{cuenca}}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P_{cuenca}}{\sqrt{A}}$$

P: perímetro de la cuenca en km.

A: área de la cuenca en km².

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA [Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

Tabla 2.

Características de la cuenca de acuerdo con el valor K_c .

Tipo	Rango	Descripción
KC1	1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda.
KC2	1.26 – 1.50	Oval redonda a oval oblonga.
KC3	1.51 – 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga.
KC4	>1.75	Rectangular oblonga.

Tomado de GUÍA BÁSICA PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS [Tabla], REYES T., BARROSO, F. & CARVAJAL E., 2010. Universidad del Valle.

- Altura media del cauce principal H_{cauce} .

Se calcula como la altura promedio de los tramos característicos utilizados en la construcción del perfil longitudinal del cauce principal. Para las corrientes con muchos cambios de altura en el recorrido del cauce principal se calcula la pendiente promedio ponderada con base en las frecuencias relativas producto de la agrupación en clases (usualmente entre 8 a 12 clases) de los valores de altura tomados en los tramos característicos (Domínguez C. 2010).

Ecuación 6.

Altura promedio ponderada del cauce principal.

$$H_{cuenca} = H_1f_1 + H_2f_2 + \dots + H_nf_n$$

H: altura promedio de cada tramo inicio y final.

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA[Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

- Pendiente media del cauce principal I del cauce.

La pendiente media de una cuenca es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas (Guilarte, 1978), y corresponde al promedio de las alturas y las pendientes dentro del área aferente de la cuenca A.

Para obtener la pendiente media de la cuenca con base en el DEM, se construye el diagrama de pendientes con las pendientes locales de cada celda calculada a partir del cambio de alturas de las 8 celdas vecinas (Arriba, Abajo, Derecha, Izquierda, Arriba derecha, Arriba izquierda, Abajo derecha, Abajo izquierda). De modo similar al aplicado para definir la altura media, la pendiente promedio ponderada de la cuenca se obtiene cómo (Domínguez C. 2010).

Ecuación 7.

Pendiente promedio ponderada de la cuenca.

$$l_{cuenca} = l_1f_1 + l_2f_2 + \dots + l_nf_n$$

L: es la pendiente en la mitad del intervalo de cada clase.

F: es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA[Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

- Altura media de la cuenca H.

Se calcula con base al diagrama de frecuencia de la curva hipsométrica, homólogo al cálculo de H_{cauce} pero usando las 8 a 12 zonas altitudinales definidas (Domínguez C. 2010).

Ecuación 8.

Altura promedio ponderada de la cuenca.

$$H_{cuenca} = H_1f_1 + H_2f_2 + \dots + H_nf_n$$

H_i : es la cota de altura en la mitad del intervalo de cada clase

f_i : es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA[Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

H_i es la cota de altura en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que corresponde a ese intervalo.

- Curva Hipsométrica.

Esta curva da una interpretación clara de la distribución de las áreas de la cuenca contenidas en distintas zonas altitudinales. También son un indicativo a los patrones evolutivos de las cuencas (Strahler 1952), así, cuencas con mayor parte del área con elevación por encima de los valores medios de la cuenca, son consideradas cuencas con gran potencial erosivo (cuencas inmaduras), de lo contrario son consideradas cuencas maduras o sedimentarias (Strahler 1952). Para cuencas donde esta relación se encuentre en equilibrio (área relativa cuenca – elevación ponderada) se consideran como cuencas en equilibrio.

Para construirla se determinan de 8 a 12 zonas altitudinales y de acuerdo con la información del modelo digital de terreno, se calcula el porcentaje de área contenido en cada una de ellas. En el eje horizontal se gráfica el porcentaje de área de la cuenca cubierto por cada zona altitudinal y en el vertical los intervalos de clase de cada zona altitudinal (Domínguez C. 2010).

- Pendiente media de la cuenca I cuenca.

La pendiente media de la cuenca es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas (Guilarte, 1978).

Para obtener la pendiente media de la cuenca con base en el DEM, se construye el diagrama de pendientes con las pendientes locales de cada celda calculada a partir del cambio de alturas de las 8 celdas vecinas (Arriba, Abajo, Derecha, Izquierda, Arriba derecha, Arriba izquierda, Abajo derecha, Abajo izquierda). De modo similar al aplicado para definir la altura media, la pendiente promedio ponderada de la cuenca se obtiene cómo (Domínguez C. 2010):

Ecuación 9. Pendiente promedio ponderada de la cuenca.

$$l_{cuenca} = l_1f_1 + l_2f_2 + \dots + l_nf_n$$

l_i: es la pendiente en la mitad del intervalo de cada clase.

f_i: es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

Tomado de ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y BIOFÍSICAS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CARACTERÍSTICAS PROBABILÍSTICAS PARA LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DE COLOMBIA [Ecuación], GIRON, DOMÍNGUEZ & RUIZ, 2016. Universidad Javeriana de Bogotá.

Aquí: li es la pendiente en la mitad del intervalo de cada clase y fi es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

- Profundidad de disección de la cuenca H_{dis}

Este parámetro H_{dis} representa la diferencia entre la altura media de la cuenca H_{cuenca} y la altura media del perfil longitudinal del río principal H_{cauce} .

Ecuación 10.

Profundidad de disección de la cuenca.

$$H_{dis} = H_{cuenca} - H_{cauce}$$

H_{dis} : representa la diferencia entre la altura media de la cuenca.

H : *cuenca* y la altura media del perfil longitudinal del río principal H_{cauce}

Tomado de ESTUDIO DE LA OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA RÍO AIPE [Ecuación], NOGALES & SALAZAR, 2016. Universidad Surcolombiana.

- Nivel de disección del relieve N_{dis} .

Resulta del doble producto de la densidad hidrográfica por la profundidad de disección (Domínguez C. 2010):

Ecuación 11.

Nivel de la disección del relieve.

$$N_{dis} = 2DH_{dis}$$

D: densidad hidrográfica.

H: profundidad de disección.

Tomado de ESTUDIO DE LA OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA RÍO AIPE [Ecuación], NOGALES & SALAZAR, 2016. Universidad Surcolombiana.

- Número de orden de la cuenca N.

Se determina con base en el número de orden máximo obtenido para el cauce principal de la red hídrica de la cuenca. El orden de los ríos se calcula con base en el método propuesto por Strahler (1952) donde los ríos en su nacimiento tienen valor de orden 1 y estos aumentan de orden solo cuando 2 o más ríos de un mismo orden se cruzan. Por lo tanto, la intersección de un río de primer orden y un río de segundo orden mantendrá el río de segundo orden, mientras si se unen 2 o más ríos de segundo orden el río resultante será de tercer orden (Girón, Domínguez y Ruiz, 2016).

- Tiempo de concentración T_c .

Es el tiempo de viaje de una gota de agua para fluir, desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de interés. En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el t_c en cuencas hidrográficas (Vélez & Botero, 2010); Sus cálculos se muestran a continuación:

Ecuación 12.

Tiempo de concentración por Kirpich.

$$T_c = 0.02 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Tomado de HYDROLOGY AND WATER QUALITY CONTROL, Segunda Ed. Wiley, ed [Ecuación], Wanielista, M. P, 1997.

Ecuación 13.

Tiempo de concentración por California Culvert Practice.

$$T_c = \left[\frac{0.87075 L^3}{H} \right]^{0.385}$$

L: longitud del cauce más largo en km.

H: desnivel máximo de la cuenca en m.

Tc: tiempo de concentración expresado en horas.

Tc tiempo de concentración (horas)

A: área de la cuenca en Km²

H: diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m)

L: longitud del cauce principal (Km).

Pendiente promedio del cauce principal (m/m)

Tomado de Estimización del Tiempo De Concentración y Tiempo De Rezago En La Cuenca

Experimental Urbana De La Quebrada San Luis , Manizales. [Ecuación], Velez, J.J. & Botero, A., 2010.

Dyna, 165, pp.58–71

Análisis hidrodinámico

Una vez definidos los parámetros, se procederá con la generación del modelo conceptual que a partir del tiempo de concentración y demás parámetros morfométricos podremos determinar la caracterización y definición de la cuenca frente a posibles riesgos socioambientales del área de influencia de la cuenca de La Jagua.

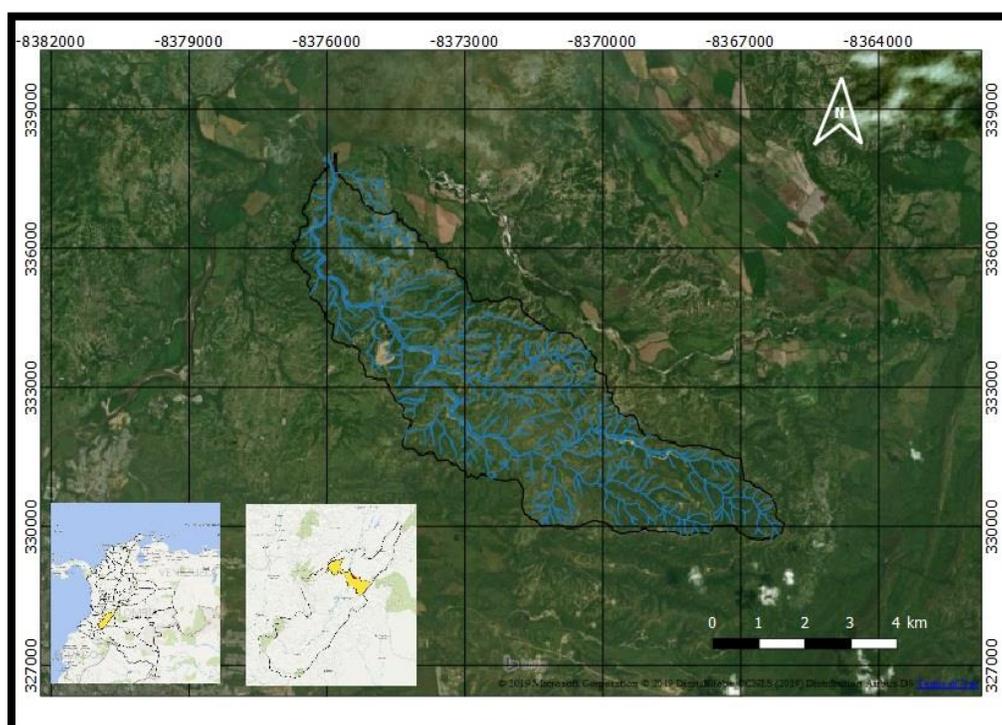
Resultados

Área de estudio.

Para el desarrollo del estudio de caracterización hidro-morfométrica se ha seleccionado la cuenca La Jagua, ubicado en la zona norte del municipio de Neiva capital del departamento del Huila, la cual tiene una gran importancia socio-agroambiental para la comunidad de la región huilense.

Figura 2.

Georreferenciación espacial de la Cuenca Hidrográfica La Jagua.



Nota: Se presenta una georreferenciación espacial de lo que comprende la cuenca hidrográfica de la Jagua ubicada en el corregimiento de Fortalecillas del municipio de Neiva Huila. Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA [Fotografía], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.*

La cuenca hidrográfica se localiza en la vereda La Jagua, cerca al corregimiento de fortalecillas, sobre la margen derecha del río Magdalena. Al norte se encuentra el municipio de Tello, al oeste con el corregimiento de Guacirco, y al suroeste con la comuna 9, 2, 5 y la 10 del área urbana.

El área de estudio se caracteriza por presentar poca vegetación, con un sistema de drenaje dendrítico. La zona presenta alta intervención antrópica, siendo la actividad ganadera la mayor intervención que existe y el relleno sanitario Los Ángeles del municipio de Neiva, el cual la alimenta varios municipios del departamento.

Recopilación de información.

Se realizó recopilación de información tanto física como digital que permitió el desarrollo del proyecto de caracterización hidro-morfométrico de la microcuenca La Jagua, generando así insumos digitales en softwares de análisis (QGIS) y entre otros; alcanzando así los objetivos del presente estudio con satisfacción. Ver archivos en el Anexo 1-6

Caracterización hidro-morfométrica.

La cuenca hidrográfica La Jagua, ubicada en el corregimiento de Fortalecillas de la ciudad de Neiva, zona centro del departamento del Huila, cuenca con un área de 31.94 km², cuyo resultado se clasifica, según la Tabla 1, en una Microcuenca ya que su resultado se encuentra entre 20 a 100 km². La cuenca tiene un perímetro de 42.22 km y un ancho máximo de 4.04 km.

El coeficiente de sinuosidad presente en la microcuenca es de 1.46, representando que el cauce no tiene una alineación recta a lo largo de su recorrido desde su nacimiento hasta su

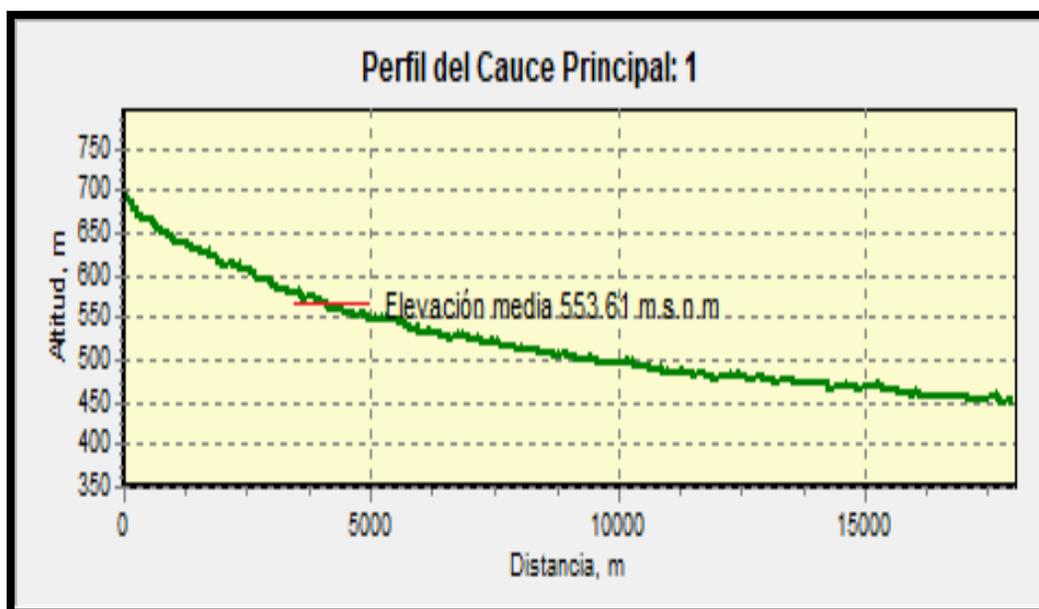
desembocadura, ya que los valores de sinuosidad menores o iguales a 1,25 clasifican al cauce una alineación recta según lo afirmado por Monsalve, G., (1995)

La densidad de la red hídrica en la microcuenca es de 5.41. Lo cual representa un valor significativo en la cantidad de drenajes presentes. Según como lo estima Andrade, E. y Lozano (1986); Miranda, L. y Ramos (1986); Penagos, G. Toledo (1986) los valores de D mayores a 3 corresponden a zonas de alta densidad de drenajes, lo cual indica que la microcuenca de La Jagua presenta una alta densidad de drenajes, es decir es una cuenca bien drenada, con características de escurrimientos muy abundantes, grandes zonas erosionadas y también una alta respuesta hidrológica. La textura correspondiente a un D de 5,41 es fina debido a la gran cantidad de drenes presentes en el área de la cuenca.

Se determina mediante la aplicación de la Ecuación 6-4. El Ancho medio de la microcuenca, es de 2.60 km.

Figura 3.

Perfil longitudinal del cauce principal.



Nota: El gráfico representa la Elevación media del cauce principal entre la altitud de metros sobre el nivel del mar en un periodo de distancia determinada. Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA [Fotografía], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.*

El valor obtenido de la Ecuación 6-5 Elongación de la cuenca o Coeficiente de forma es de 0.21 Lo cual nos indica que presenta, según la clasificación de forma de Horton es muy alargada, baja amenaza a inundaciones.

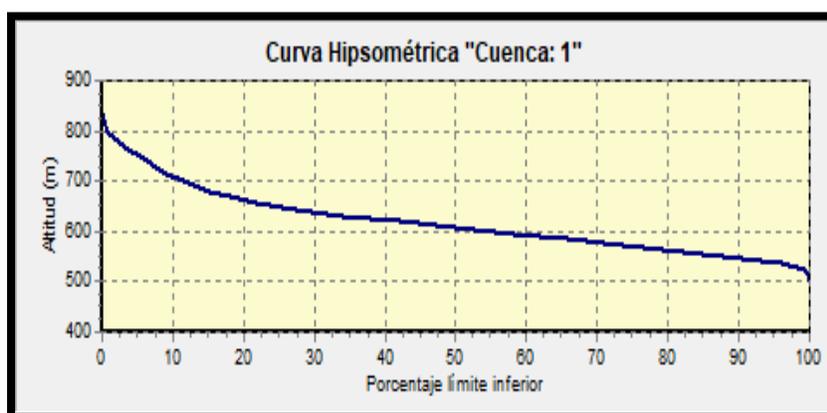
El coeficiente de compacidad de la cuenca es de 2.11, señalando que la microcuenca es tipo KC4 con una forma Rectangular Oblonga.

La altura del cauce principal es la elevación promedio ponderada del perfil longitudinal del cauce donde el valor obtenido, según la aplicación de la ecuación 6-7, es de 553.61 m.s.n.m.

La pendiente del cauce principal es la pendiente promedio ponderada del cauce, debido a la gran variación de la pendiente a lo largo de su curso. Este valor se obtuvo mediante el uso de la aplicación 6-8, dando así un resultado de 2.58

Figura 4.

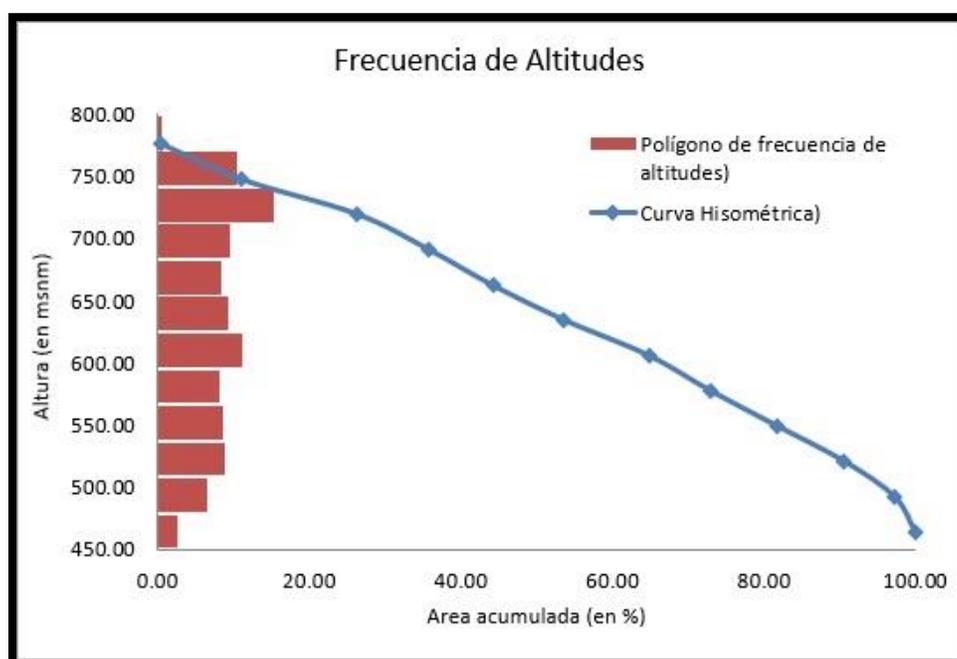
Curva Hipsométrica de la cuenca La Jagua.



Nota: El gráfico representa la curva hipsométrica que presenta la cuenca teniendo en cuenta las variables de altitud y porcentaje límite inferior. Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA [Fotografía], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.*

Figura 5.

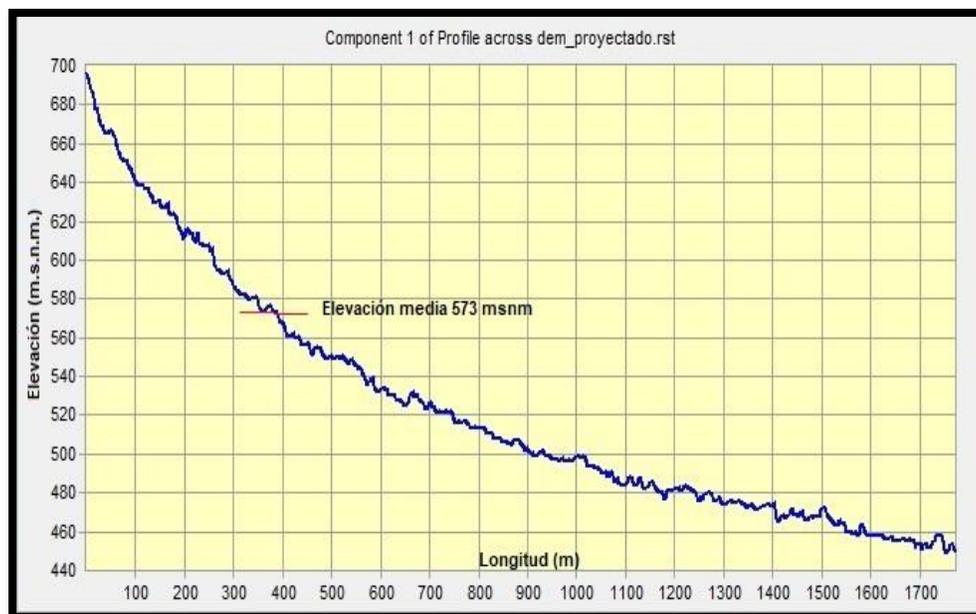
Frecuencia de Altitudes



Nota: El gráfico representa la frecuencia de altitudes que se presentan en la cuenca hidrográfica de La Jagua teniendo en cuenta la altitud y el área acumulada para cada altura. Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA [Fotografía], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.*

Figura 6.

Perfil de la cuenca La Jagua.



Tomado de DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA [Fotografía], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

La altura media de la cuenca se obtiene a partir de la ecuación 6-9, la cual nos da como resultado 553.61 m.s.n.m el cual se visualiza en la figura 5, 573 m.s.n.m.

La pendiente media de la cuenca se obtuvo mediante la aplicación de la Ecuación 9-10, dando como resultado un pendiente promedio ponderada de 17.62% la cual se clasifica con un relieve Accidentado.

Profundidad de disección de la microcuenca se obtuvo un valor de 19.55m lo cual muestra susceptibilidad de erosión y remoción en masa presente en el área de estudio.

El número de orden de la cuenca se obtuvo mediante la metodología de (Strahler 1952) la cual se encuentra incluida en el software Arcgics 10.3 para el ordenamiento de cauces, este ordenamiento presento los siguientes resultados.

Tabla 3.

Longitud de la red de drenaje.

Orden del cauce	Longitud (km)
1	432.692131
2	124.025885
3	58.330393
4	32.870447
5	12.112093
6	7.764001
7	10.478297
Total	667.79495

Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA* [Tabla], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Los valores de los tiempos de concentración se obtuvieron mediante la aplicación de la Ecuación y se presentan a continuación:

Tabla 4.

Valores de tiempo de concentración.

Ecuación	T_c (h)
Kirpich (h)	3.18
California C_p (h)	3.20
Tc Promedio	3.19

Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA* [Tabla], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Análisis Hidrodinámico

La cuenca hidrográfica La Jagua, cuenta con tiempo de viaje aproximadamente de 3 horas, tiene una forma, según el estudio realizado, alargada, lo cual nos indica que es baja de amenaza a inundaciones. Su patrón de drenaje es paralelo debido a su pendiente, lo cual impone una dirección predominante. El tipo de relieve de la cuenca es accidentado.

Actualmente el agua de la microcuenca La Jagua se utiliza para actividades agrícolas y pecuarias de la región. La actividad que predomina es la ganadería.

Tabla 5.

Resumen de resultados morfométricos de la cuenca.

SUPERFICIE		
Parámetro	Unidad	Valor
Área	km ²	31.94
Perímetro	km	42.22
Cota mínima	msnm	450
Cota máxima	msnm	790
X Centroide	m	476894.663
Y Centroide	m	330520.176
Altura media de la Cuenca	msnm	620
Pendiente Ponderada de la Cuenca	%	23.29
Ancho Medio de la Cuenca	km	2.6
Longitud lineal del cauce Principal	km	12.27
Profundidad de Disección	m	19.39
Red Hídrica		
Longitud Cauce Principal	km	17.94
Altura Ponderada del Cauce	msnm	
Pendiente Ponderada del Cauce Principal	%	5.4
Número de Orden Máximo - Strahler	Ad	3
Parámetros Morfométricos		
Coeficiente Sinuosidad	Ad	1.46
Coeficiente de Forma	Ad	0.7
Coeficiente de Compacidad	Ad	2.11
Tiempo de Concentración - Kirpich	Hora	3.18
Tiempo de Concentración - CHPW	Hora	3.2

Tomado de *DETERMINAR LAS CONDICIONES HIDRO-MORFOMETRICA DE LA CUENCA LA JAGUA EN EL MUNICIPIO DE NEIVA HUILA. PARA EVALUAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A*

CRECIENTES SUBITAS POR LLUVIAS CONVECTIVAS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN EN SU ZONA DE RECARGA [Tabla], GUZMAN, 2020, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Análisis de crecientes súbitas asociado al comportamiento Hidro-morfométrico

De los resultados obtenidos en el siguiente proyecto aplicado de la Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica La Jagua. Podemos analizar que la cuenca cuenta con un viaje hidrodinámico de aproximadamente 3 horas, su forma alargada y su patrón de drenaje es paralelo debido a su pendiente la cual impone una dirección predominante. Esto nos indica que no representa un impacto social ni ambiental significativo por vulnerabilidad a inundaciones o crecientes súbitas en su zona de recarga.

Sin embargo, se debe priorizar un plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica donde se establezcan diferentes programas de protección, conservación, uso y aprovechamiento de los recursos naturales; ya que las actividades de ámbito socioeconómico como por ejemplo la expansión de la frontera agropecuaria representan una gran amenaza para el recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de La Jagua.

La caracterización hidro-morfométrica de la Jagua es de gran importancia ya que constituye una evaluación inicial de la cuenca hidrográfica, que se basa en la medición de sus parámetros morfométricos, dando así el primer paso al desarrollo un plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica el cual es el criterio técnico para la toma de decisiones o políticas de ordenamiento de un territorio determinado a partir de sus recursos naturales renovables adoptando medidas que permitan la protección, conservación de los recursos naturales sin afectar el desarrollo socioeconómico y agropecuario de la región.

“El manejo de una cuenca hidrográfica no es otra cosa que el resultado benéfico obtenido del estudio conjunto de todos los factores que ella encierra como el suelo, el agua y la cobertura

vegetal, ya que ellos están íntimamente relacionados entre sí y por consiguiente, dependen unos de otros.” (Legarda Burbano & Viveros Zarama, 1996).

Conclusiones

- La cuenca hidrográfica se encuentra ubicada en el corregimiento de Fortalecillas del municipio de Neiva Huila, El área de la unidad es de 31.94 km² y su perímetro es 42,22 km con lo que se puede concluir que es una unidad de forma rectangular oblonga y una forma muy alargada. Lo que es coherente con la verificación y/o reconocimiento realizado en campo ya presenta las mismas características geomorfológicas.
- De los parámetros morfométricos hallados podemos establecer que La cuenca se caracteriza por ser de orden 3 y su patrón hidrológico es de tipo Dendrítico y que gracias a su pendiente ponderada que es de 23,29 % lo cual es coherente con las cotas de nivel máxima y mínima de la cuenca La Jagua, está no constituye un riesgo ante deslizamiento de tierra e inundaciones por probabilidad que se presenten crecientes súbitas, o para el caso de nuestro país, el fenómeno de la niña. Lo cual indica que no es de alta torrencialidad.
- Del estudio hidrodinámico de la cuenca hidrográfica La Jagua, podemos observar que el tiempo de viaje estimado para la cuenca La Jagua es de 3 a 3,5 horas, lo que es coherente con sus características geomorfológica y disminuye la probabilidad de que se presenten crecientes súbitas cuando se presentan lluvias convectivas de alta intensidad y corta duración en la zona de recarga de la cuenca La Jagua.
- Con los resultados de la caracterización hidro-morfométrica y a los parámetros establecidos podemos concluir que de acuerdo con la situación actual del departamento del Huila que presentan Riesgos en las cuencas por lluvias de alta intensidad la cuenca La Jagua

en materia de Gestión del riesgo tiene bajas probabilidad de causar afectación que atenten contra la integridad de los habitantes de la zona como del sector agroambiental de la cuenca.

Referencias Bibliográficas

- Alianza Clima y Desarrollo. (2012). La Gestión de Riesgos Extremos y Desastres en América Latina y el Caribe. Aprendizaje del Informe Especial (SREX) del IPCC. pp 21.
- Avila, A., Carvajal, Y., & Gutiérrez, S. (2014). Análisis de la influencia del Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del Río Cali, pp. 120-133. Cali.
- Bedoya, M., Contreras, C., & Ruiz, F. (2010). Capítulo 7. Alteraciones del régimen hidrológico y de la oferta hídrica por variabilidad y cambio climático. Estudio nacional de aguas 2010. Colombia: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Colombia, pp. 282-320.
- Cadena, M., Pabón Caicedo, J. D., Devis, A., Málikov, I., Reyna, J., & Ortiz, J. (2006). Relationship Between the 1997/1998 El Niño and 1999/2001 La Niña Events and Oil Palm Tree Production in Tumaco, Southwestern Colombia. *Advances in Geophysics*, 195-199.
- Carvajal, Y. (2012). Inundaciones en Colombia. ¿Estamos preparados para enfrentar la variabilidad y el cambio climático? *Revista Memorias*, 9(16), 105-119.
- Castaño, C. (2003). Planificación y ordenamiento territorial: Algunos Modelos e Instrumentos para la gestión Integral de las cuencas. Conferencia en el III Congreso Latinoamericano de manejo de cuencas hidrográficas. 9 al 13 de junio. Arequipa, Perú.
- CEPAL - Comisión económica para América Latina y el Caribe. (2012). Valoración de daños y pérdidas, Ola invernal en Colombia 2010 - 2011.

CIFEN. (15 de Agosto de 2016). Adaptación y mitigación al cambio climático. Obtenido de Informe IPCC, 2007: goo.gl/eJaNnT

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2010). DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA. Neiva, Huila.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2011). Plan de manejo y ordenamiento de la cuenca hidrográfica POMCH del Río Timaná. Fase de formulación.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2011). Plan de Gestión Ambiental Regional del departamento del Huila 2011 - 2023. Huila, Neiva.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). 4° Censo Nacional Arrocero. Bogotá D.C.

Defensoría del pueblo. (2011). Emergencia en Colombia por el fenómeno de la Niña 2010-2011. Bogotá D.C

Delgado M., Ulloa C. & Ramírez J. (2015). La economía del Departamento del Huila: Diagnostico y perspectiva de mediano plazo. Fedesarrollo, centro de investigación económica y social.

DNP, MINAMBIENTE, IDEAM, UNGRD. (2012). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - ABC: Adaptación Bases Conceptuales - Marco Conceptual y Lineamientos. Bogotá D.C.

Eslava, J., & Pabón, J. (2001). Proyecto "Proyecciones climáticas e impactos socioeconómicos del cambio climático en Colombia". Meteorología colombiana (3), 1-8.

- García, A. (2006). Colombia País Maravilloso – Manual: El Medio Ambiente en Colombia – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Recuperado de: <http://www.todacolombia.com/geografia-colombia/clima-colombiano.html>
- Girón, B.; Domínguez, E. & Ruiz, O. (2016). Análisis de la relación entre variables morfométricas y biofísicas en la estimación de características probabilísticas para la oferta hídrica superficial de Colombia.
- Gobernación del Huila. (2007). Agenda interna para la productividad y competitividad del departamento del Huila. Neiva: Editora Surcolombiana S.A. pp 400.
- Gobernación del Huila. (2015). Plan departamental de gestión del riesgo de desastres del Huila. Neiva, Huila. Colombia.
- Gobernación del Huila, CAM, USAID, FCMC, E3. (2014). Plan de Cambio Climático Huila 2050: Preparándose para el cambio climático. Recuperado el 22 de Agosto de 2018, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/nodo_centro_andino/Huila__2050-_Plan_de_Cambio_Climatico_2x1.pdf
- Gómez, C. E. & García, G. (2006). Zonificación ambiental en el ordenamiento de cuencas hidrográficas en Colombia. Caja de herramientas para la zonificación ambiental en cuencas hidrográficas. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá, marzo del 2009.
- Guzmán Martínez, O., & Baldión Rincón, J. V. (1997). El evento cálido del Pacífico en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 48(3), 141-155.

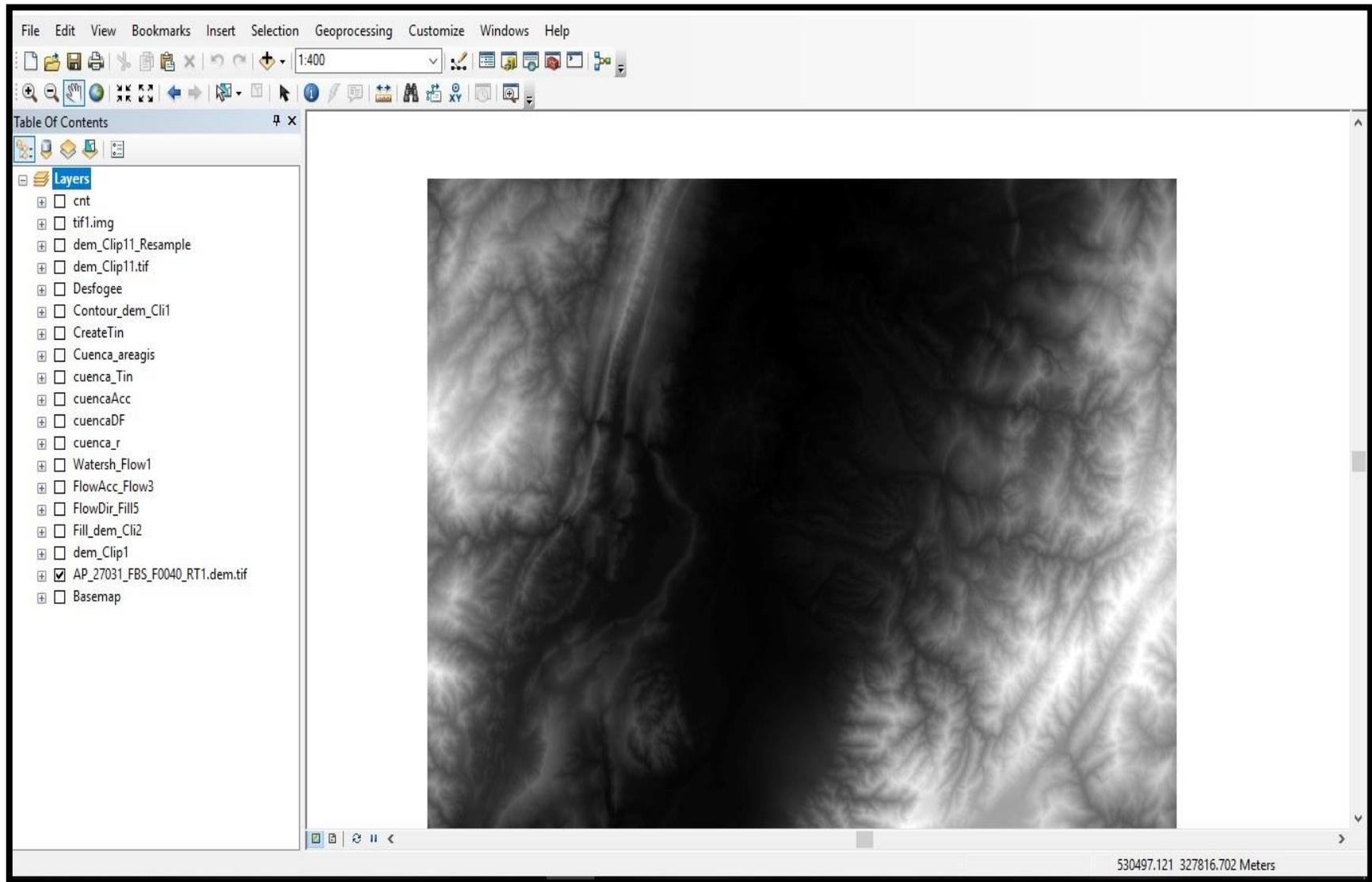
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100, Herramientas Científicas para la toma de decisiones - Enfoque Nacional - Regional: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- Jiménez N. S., C. L. (2012). Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. Serie Avances de Investigación N°66: Fundación Carolina CeALCI.
- Kreft, S., Eckstein, D., & Junghans, L. (2014). Índice de riesgo climático global 2015. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania.
- Legarda Burbano, L., & Viveros Zarama, M. (Diciembre de 1996). *LA IMPORTANCIA DE LA HIDROLOGIA EN EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE NARIÑO:
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1163>
- Minambiente, (2014). Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – MINAMBIENTE. Recuperado de:
http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/GUIA_DE_POMCAS.pdf
- OMM - Organización Meteorológica Mundial. (1989). Cálculo de las normales estándar mensuales y anuales de 30 años: Preparado por una reunión de expertos. Washington, D.C., EE.UU: WCDP N°. 10.
- OMM - Organización Meteorológica Mundial. (2010). Asociados en el tiempo, el clima y el agua para el desarrollo.

- OMM - Organización Meteorológica Mundial. (2012). Declaración de la Organización Meteorológica Mundial: Resumen decenal sobre el estado del clima mundial, conclusiones preliminares.
- Ramírez M. P. (2018). Análisis De Las Condiciones Agroclimáticas En El Contexto De Variabilidad Y Cambio Climático En La Zona Norte Del Departamento Del Huila.
- Renzonni. (2009). La incorporación de la Gestión del Riesgo en la Planificación, Inversión Pública, la Protección Financiera de Activos Frente a Desastres y en el Sector Agropecuario. Proyecto PREDECAN. pp 73.
- Reyes T., A., Barroso, F. & Carvajal E., Y. (2010). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas Primera Ed., Cali, Colombia: Editorial Universidad del Valle.
- Rudas, G. (2005). Comentarios sobre concesiones y permisos, tasas ambientales e instrumentos financieros en la legislación del agua. Foro Nacional Ambiental. Policy paper 6. Bogotá, Colombia.
- Tovar T. F. & Sánchez T. J. (2016). Zonificación agroclimática para riego en el norte del Huila.
- Villanueva, P. (2013). Monitoreo y evaluación de medidas y proyectos para la adaptación al cambio climático en el sector agropecuario de la región Andina. España: Programa de Adaptación al Cambio Climático en la Región Andina. pp 25.
- Wanielista, M. P. (1997). Hydrology and Water Quality Control Segunda Ed. Wiley, ed.

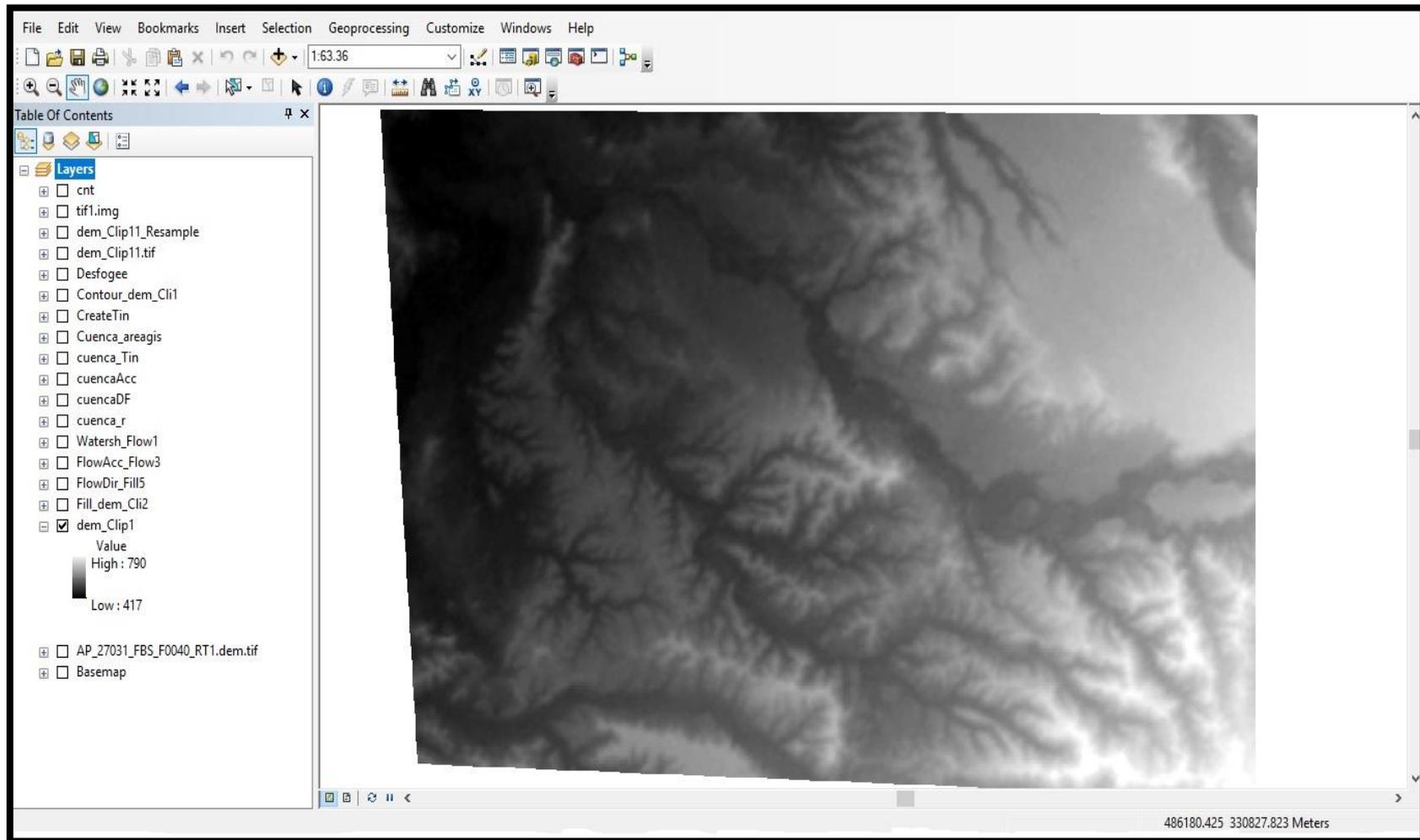
Welch, J. (2010). Rice yields in tropical / subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy*.

WWF. (11 de Marzo de 2016). Impactos económicos del cambio climático en Colombia. Obtenido de CEPAL-IPCC: <http://www.wwf.org.co/?256936/5->

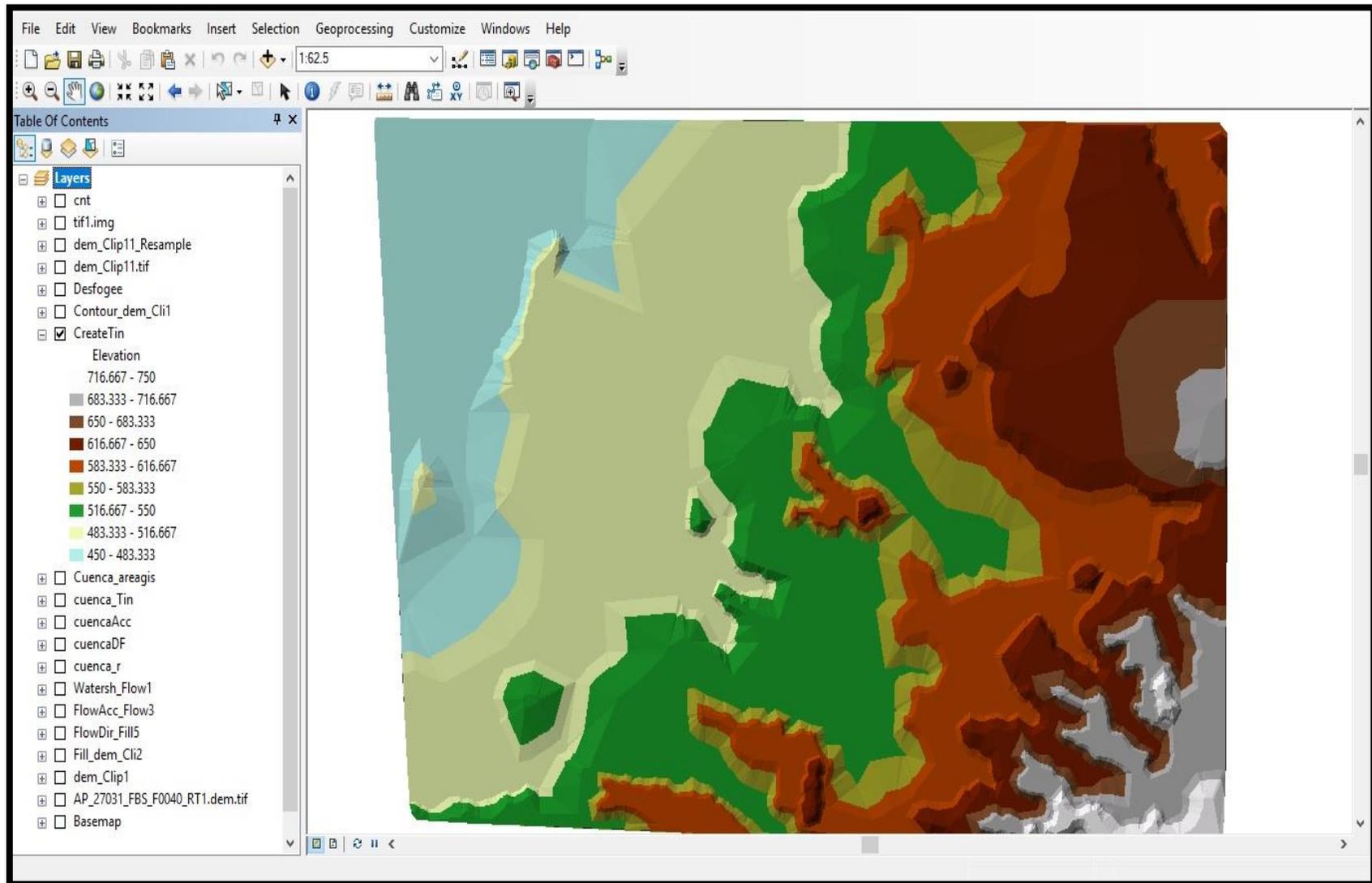
Anexo 1. Imagen satelital Departamento del Huila.



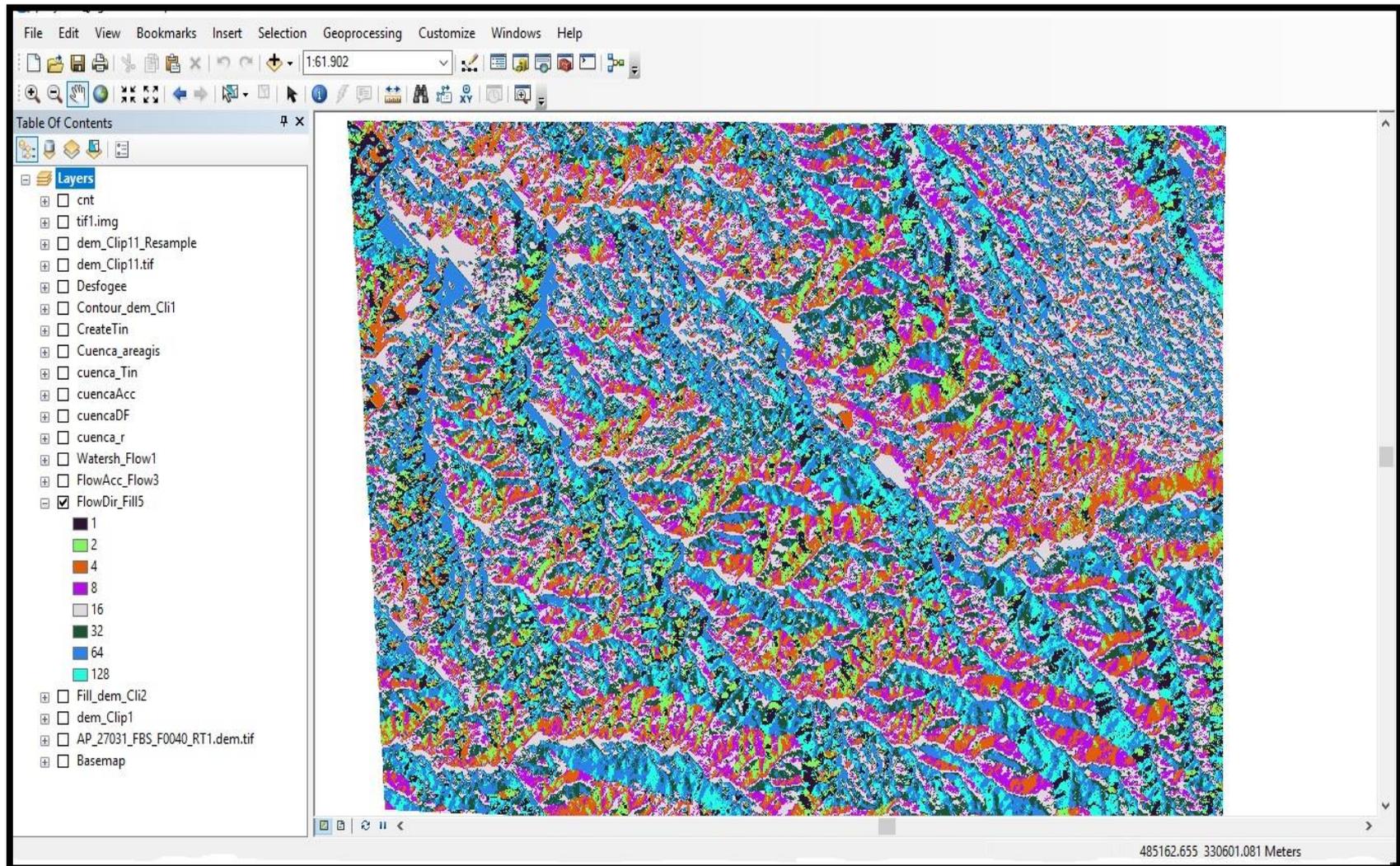
Anexo 2. Corte y delimitación del área a estudiar.



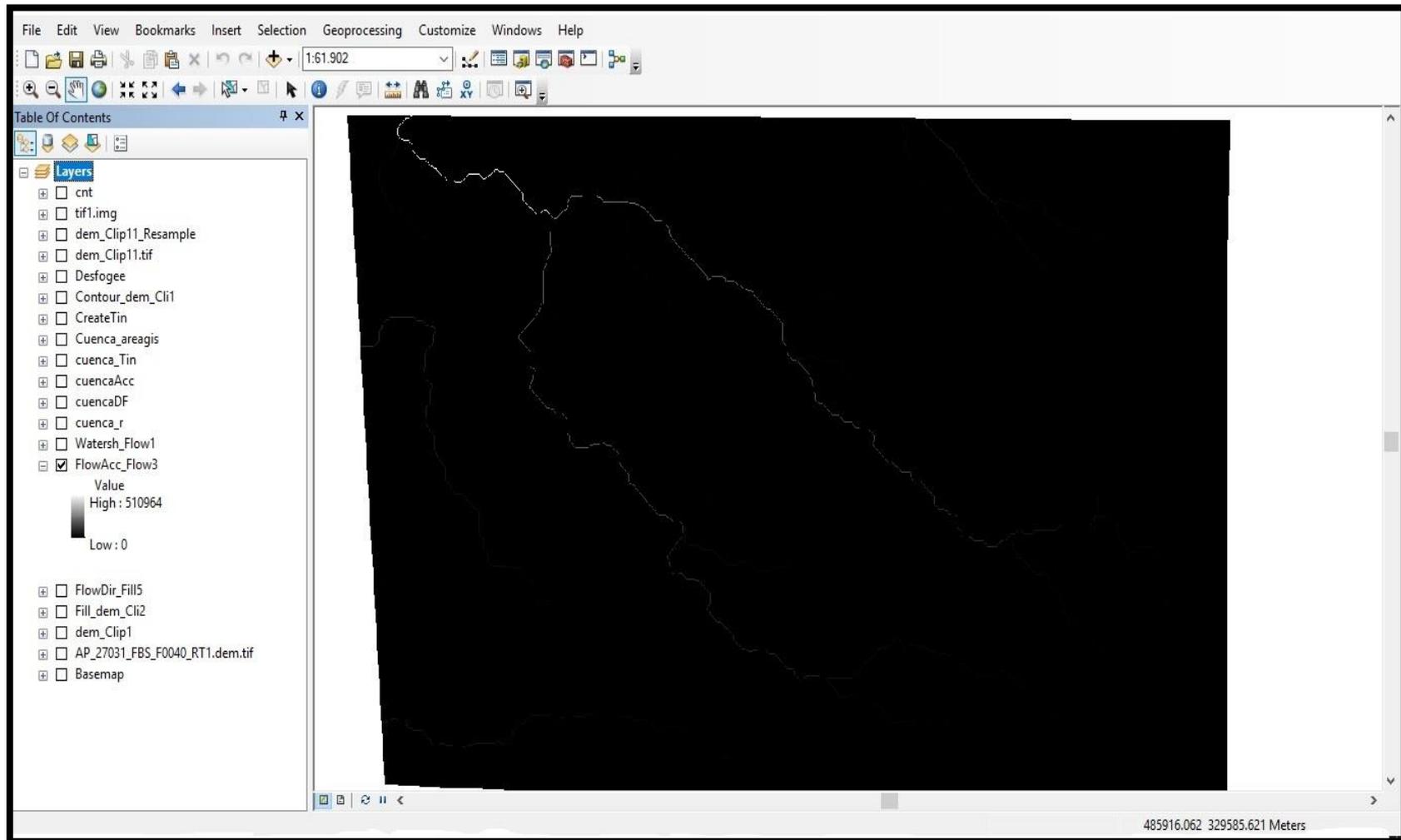
Anexo 3. Superficie del suelo mediante colocación de triángulos.



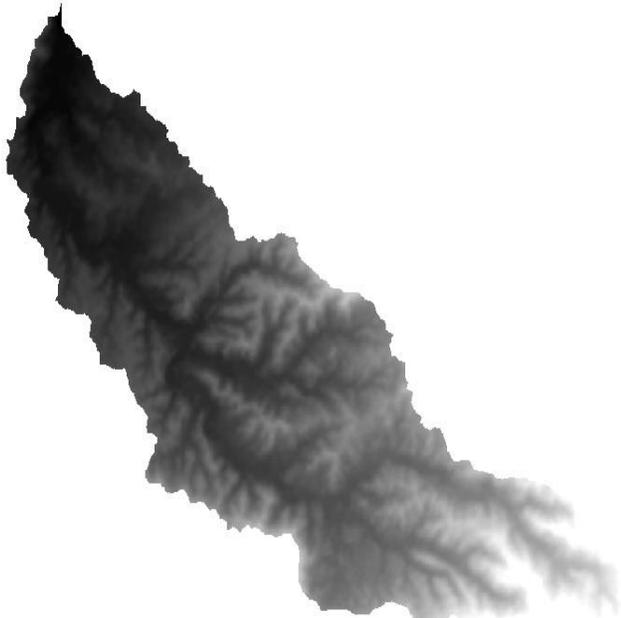
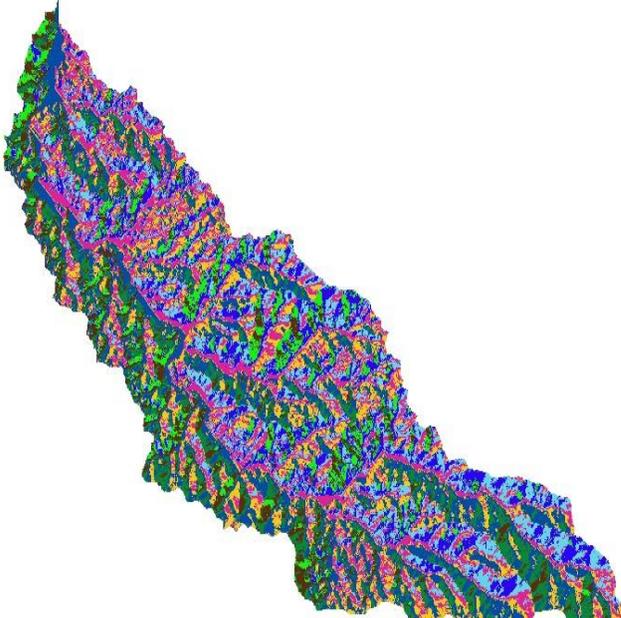
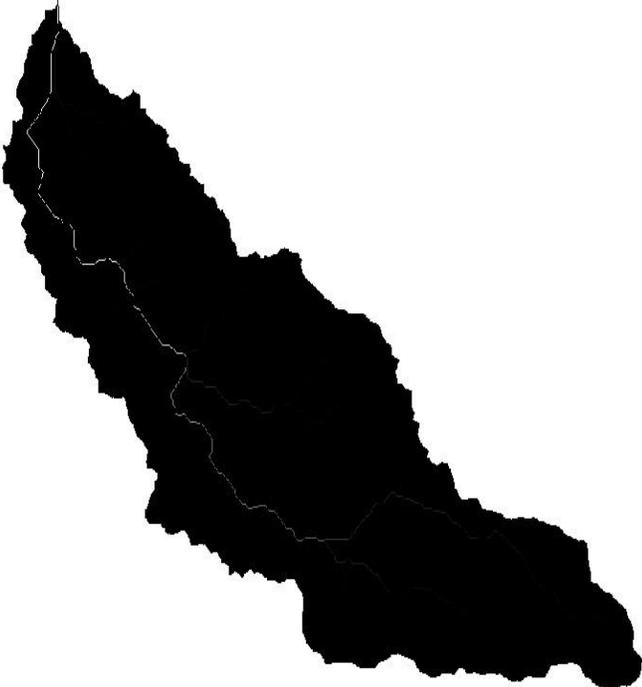
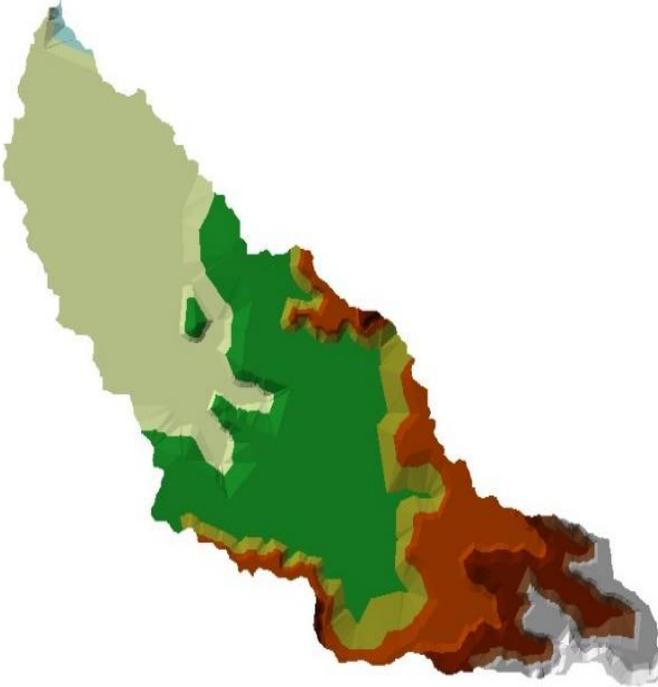
Anexo 4. Análisis de dirección de flujos de agua del área a estudiar.



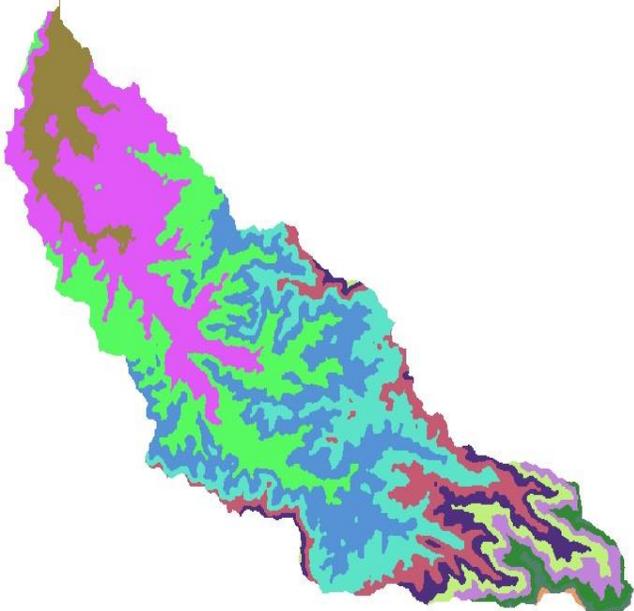
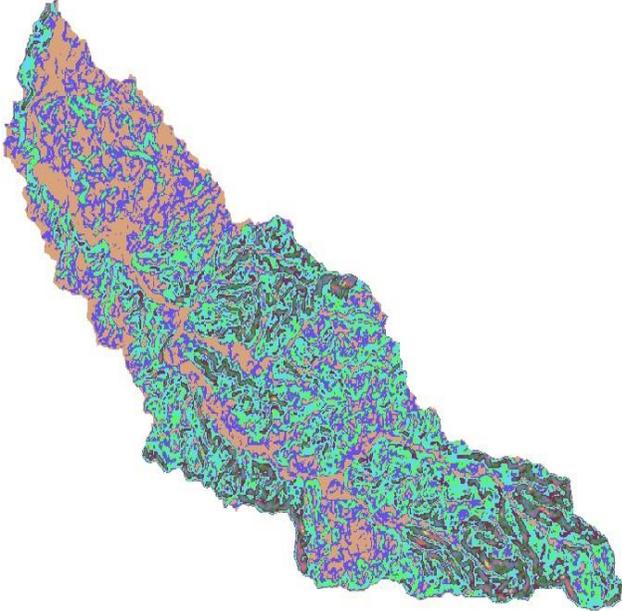
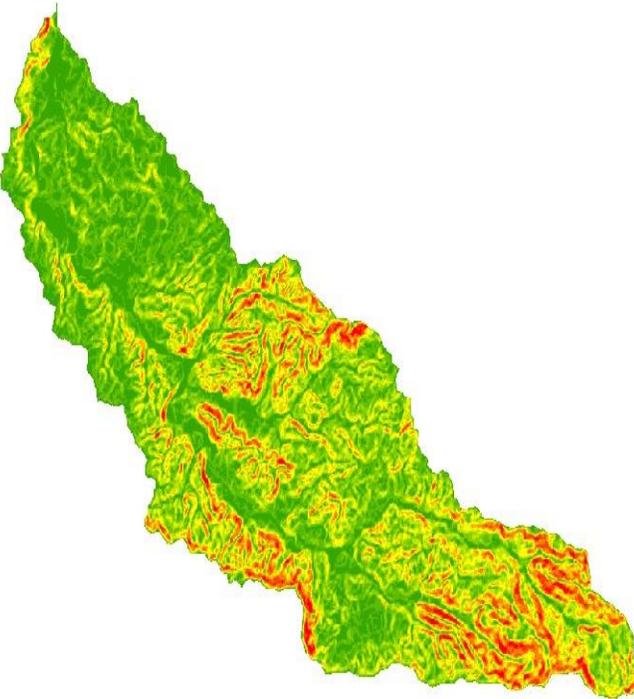
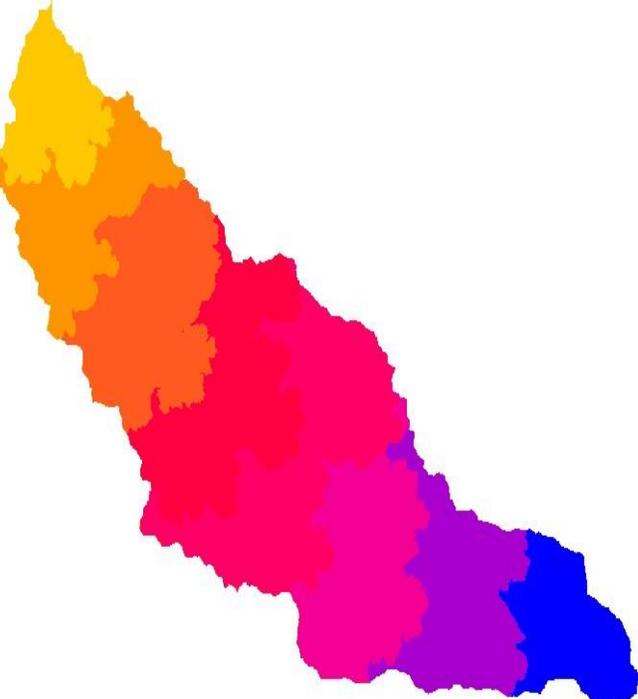
Anexo 5. Análisis de acumulación de agua.



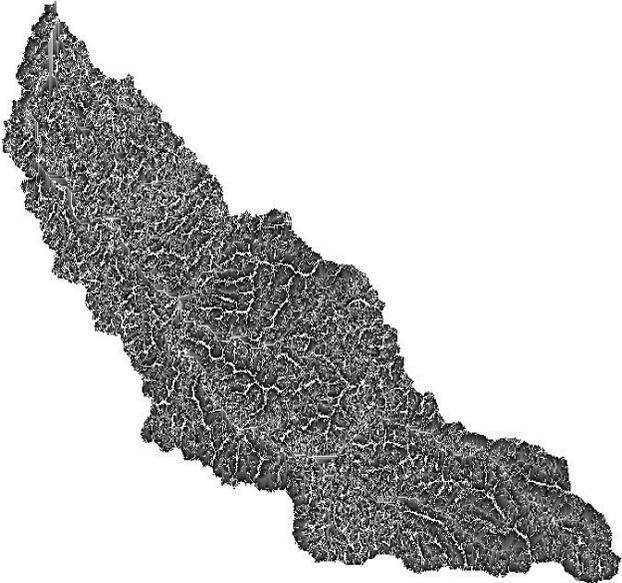
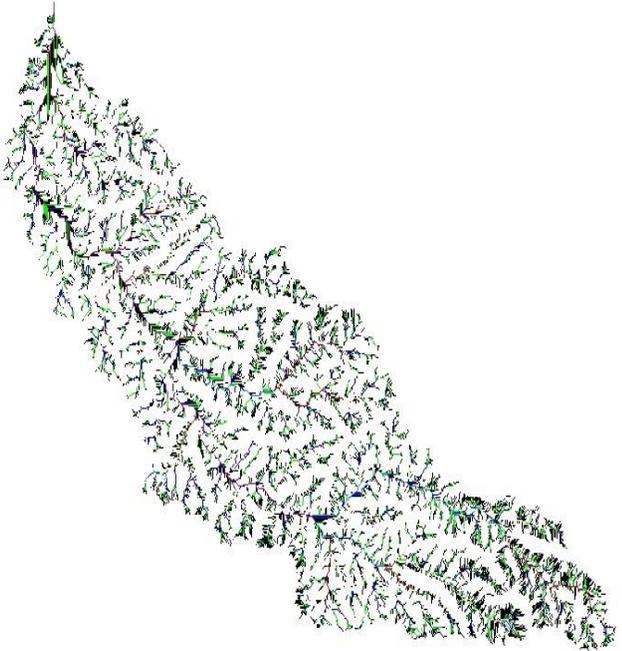
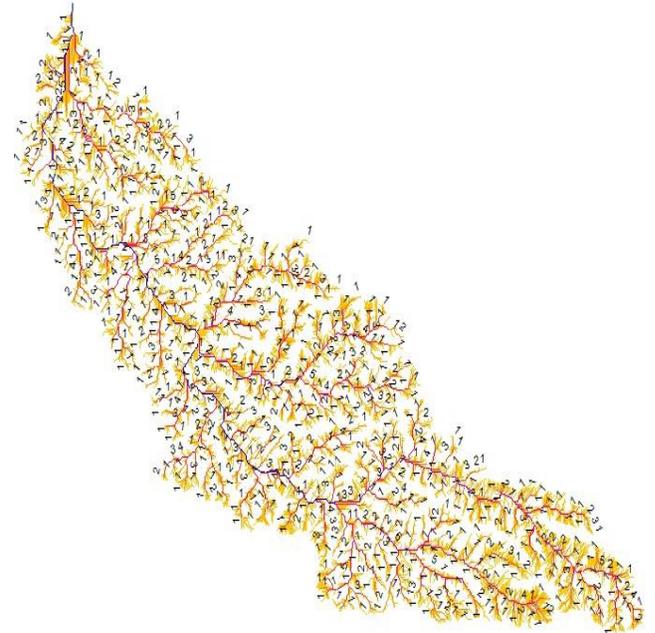
Anexo 6. Análisis de parámetros de forma de la cuenca La Jagua.

	
<p>Descripción: Corte y delimitación de la cuenca La Jagua en la imagen satelital.</p>	<p>Descripción: Dirección de los flujos de agua de la cuenca La Jagua.</p>
	
<p>Descripción: Análisis de la acumulación de agua, y su ramificación dentro de la cuenca La Jagua.</p>	<p>Descripción: Análisis de la superficie del suelo mediante la colocación de triángulos para la cuenca La Jagua.</p>

Anexo 7. Determinación de pendientes y altitudes.

	
<p>Descripción: Curvas de nivel de la cuenca hidrográfica La Jagua.</p>	<p>Descripción: Longitud de áreas según las curvas de nivel determinadas.</p>
	
<p>Descripción: Determinación de pendiente de la cuenca a partir de las curvas de niveles.</p>	<p>Descripción: Determinación de longitudes de áreas según las pendientes.</p>

Anexo 8. Determinación de la red de drenaje y orden de la cuenca.

	
<p>Descripción: Identificación de las redes de drenaje de la cuenca</p>	<p>Descripción: Determinación de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica.</p>
	
<p>Descripción: Determinación de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica.</p>	<p>Descripción: Determinación del número de orden de la cuenca hidrográfica a partir de la red hídrica de la cuenca La Jagua.</p>