



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

**CARACTERIZACION DE LAS MICROCUENCAS HIDROGRAFICAS QUE
COMFORMAN LA CUENCA DEL RIO SURATA EN EL MUNICIPIO DE
CALIFORNIA.**

AUTORES

**ELIZABETH PEDRAOS SUAREZ 1095814013
EDINSON ROJAS SUAREZ 1098756401
HUVER ANDREY TORRES 1094780056**

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS

TECNOLOGIA EN TOPOGRAFIA

**Bucaramanga
10/12/2019**



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

**CARACTERIZACION DE LAS MICROCUENCAS HIDROGRAFICAS QUE
COMFORMAN LA CUENCA DEL RIO SURATA EN EL MUNICIPIO DE
CALIFORNIA DEL PARAMO SANTURBAN.**

AUTORES

ELIZABETH PEDRAOS SUAREZ 1095814013

EDINSON ROJAS SUAREZ 1098756401

HUVER ANDREY TORRES 1094780056

**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en Topografía**

DIRECTOR

Carlos Mora Chaves

GRIMAT

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS**

TECNOLOGIA EN TOPOGRAFIA

Bucaramanga

10/12/2019

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por permitirnos llegar a esta etapa que esta por culminar; por los triunfos y momentos difíciles que con su ayuda hemos superado, a nuestras familias por apoyarnos brindándonos su apoyo incondicional en cada pequeño paso que dimos para llegar hasta aquí.

Agradecemos infinitamente cada palabra, cada voz de aliento en los momentos difíciles siempre con la intención de ayudarnos a salir adelante, hoy podemos decir que dio fruto cada pequeño esfuerzo.

Dedicamos especialmente este gran logro a todos los docentes que han hecho parte, acompañándonos hasta ver formada nuestra vocación de este proceso de formación, quienes nos guiaron de la mejor manera.

AGRADECIMIENTOS

Dedico este título a mi familia, a quienes les debo mi presente y dar gracias por toda la confianza depositada para la efectividad de esta investigación, también agradecer a nuestro director de proyecto por el empeño a través de la investigación en nuestra área asignada.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	16
TÍTULO DE LA FUENTE: EL ORDENAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y EL ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO, EN LA CUENCA DEL RIO RISARALDA	16
2. MARCOS REFERENCIALES	29
LAS CARACTERÍSTICAS DE LA COMPOSICION DE LA RED DE DRENAJE.....	32
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	34
3 DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	40
4. RESULTADOS.....	51
5 CONCLUSIONES	66
6 RECOMENDACIONES.....	67
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
8 ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca del Rio Lebrija	29
Figura 2. Plataforma EARTHDATA (ASF)	41
Figura 3. Herramienta Fill (rellenar)	42
Figura 4. Análisis dirección del flujo	43
Figura 5. Analisis flujo acumulado	43
Figura 6. Crear shapefile	44
Figura 7. Sistema de coordenadas	45
Figura 8. Crear punto de intersección	45
Figura 9. Análisis Cuenca Hidrográfica	46
Figura 10. Convertir Shapefile 2D a 3D	47
Figura 11. TIN	48
Figura 12. Convertir Shapefile 2D a 3D	48
Figura 13. Reclasificar Raster Cuenca Hidrográfica	49
Figura 14. Orden De Ramificacion	50
Figura 15. Dirección del flujo (Flow Direction)	51
Figura 16. Acumulación de flujo (Flow Accumulation)	51
Figura 17. Cuenca Hidrográfica	52
Figura 18. Cuenca Hidrográfica California	52
Figura 19. Longitud De La Cuenca	54
Figura 20. DEM Cuenca Hidrografica	59
Figura 21. TIN Cuenca Hidrográfica	60
Figura 22. Red Hidrológica Orden orden órdenes y longitud	61
Figura 23. Direccion Flujo Principal	62
Figura 24. Mapa de flujo acumulado y dirección de flujo	63
Figura 25. Cuenca Alturas	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características de la cuenca de acuerdo con el valor KC</i>	31
Tabla 2. Resultados Relativos al Relieve	53
Tabla 3. Curvas de Nivel	55
Tabla 4. Área entre cotas de la red hidrográfica	55
Tabla 5. Alturas características de la red hidrográfica.....	56
Tabla 6. Pendiente Cuenca.....	56
Tabla 7. Red Hídrica.....	57
Tabla 8. Clasificación De Los Segmentos De Rio.....	57
Tabla 9. Resultados De Características De Relieve Y Características De Patrón De Drenaje	58

RESUMEN EJECUTIVO

El comportamiento hidrológico de una cuenca hidrográfica está en función de numerosos factores, entre las cuales predominan el clima y la forma del territorio. Las formas de la superficie terrestre y su relación con el comportamiento hidrológico de una determinada cuenca pueden establecerse por medio de índices morfométricos; dichos índices describen las características de paisajes.

La caracterización está dirigida a cuantificar las variables que representan a la cuenca con el fin hacer una representación digital de una red hidrográfica.

Los componentes y variables que se incorporan en la caracterización de la cuenca se agrupan en tres grandes temas; 1) tipificar las características principales de la cuenca, 2) ubicación, morfometría e hidrología de la cuenca y sus afluentes 3) caracterización biofísica ((CATIE), 2011).

En la caracterización de la red de drenaje del municipio de California y para cumplir el desarrollo de las variables descritas se llevara a cabo en (5) fases: 1: Realizar una investigación sobre caracterización de cuencas y microcuencas, 2. Identificar las microcuencas que se pretende caracterizar a partir de los sistemas de información geográfica, 3. Realizar la recolección de datos los cuales sirvan para crear la caracterización física y territorial de una microcuenca, 4. Analizar y procesar la información recolectada, 5. Plasmar la información que se obtiene en el software ArcGIS, con el debido proceso en el desarrollo de esta metodología se espera tener el archivo .mpk en el que estará descrita toda la información de esta red de drenaje.

PALABRAS CLAVES:

CARACTERIZACION, MICROCUENCAS, TERRITORIO, AFLUENTES, VEGETACION.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación describe la caracterización de las microcuencas hidrográficas que conforman la cuenca del río Vetás en el municipio de California en el año 2019, en la actualidad el uso herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la interpretación de imágenes satelitales, permiten realizar la caracterización geomorfométricas de las cuencas hídricas y de las redes de drenaje.

Desde el punto de vista de su funcionamiento, una cuenca hidrográfica puede caracterizarse por su morfología, por la naturaleza del suelo y por la cobertura vegetal y uso del suelo según (Henaos, 1988; Mintegui Aguirre & López Unzú, 1990; Gaspari, 2002; Gaspari et al., 2009).

El análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca hidrográfica a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico en la modelación hidrológica para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia (Gaspari et al., 2009).

En base de esta caracterización, se puede plantear planes de ordenamiento territorial adoptados por entes encargados, así como planes de desarrollo que mejoren la economía local.

Para la caracterización de la red de drenaje del municipio de California se utilizó una metodología para la cual se implementaron cinco fases las cuales fueron descritas así: 1. Realizar una investigación sobre caracterización de cuencas y microcuencas, 2. Identificar las microcuencas que se pretende caracterizar a partir de los sistemas de información geográfica, 3. Realizar la recolección de datos los cuales sirvan para crear la caracterización física y territorial de una microcuenca, 4. Analizar y procesar la información recolectada, 5. Plasmar la información que se obtiene en el software ArcGIS.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las cuencas hidrográficas son los principales sistemas naturales que se encargan de la recolección y el transporte de agua y sedimentos en los ríos, arroyos y demás cursos de agua. La cantidad de líquido que fluye depende de la cantidad de lluvias que se presenten, de la capacidad de absorción, infiltración y saturación del suelo, de la forma del terreno (plano, inclinado, ondulado, etc.) de la transpiración de las plantas, de la evaporación.

Por su parte, la caracterización de una cuenca está dirigida fundamentalmente a cuantificar todos los parámetros que describen su estructura física y territorial. La caracterización de una cuenca se inicia con la delimitación de su territorio y continúa con la obtención de “parámetros morfométricos” como la superficie, pendiente, forma, red de drenaje, densidad de drenaje, clima, vegetación y geomorfología.

El manejo de cuencas representan en Colombia uno de los aspectos más importantes dentro del ámbito de los recursos naturales del país, dado el empuje industrial del mismo, y el alto índice de la tasa de crecimiento de la población. Para suplir esta necesidad de agua, que inevitablemente proviene de las hoyas hidrográficas, se requieren proporciones abundantes de ella en forma permanente y de óptima calidad, lo cual solo puede conseguirse con un manejo integrado y un aprovechamiento adecuado del recurso hídrico.

En Colombia el aprovechamiento de corrientes para acueductos veredales y municipales, y pequeñas hidroeléctricas (< 10 MW) POMCA ha modificado la naturaleza hidráulica de más de 3000 mil corrientes en zonas montañosas, deteriorando sistemas lóticos y alterando procesos de subsidio energético en la transferencia de materia orgánica entre áreas de crenon-ritron y remotas planicies de inundación, con graves repercusiones para las dinámicas del metabolismo fluvial, generando cambios morfológicos y variación en los regímenes de erosion-depositacion.

El municipio de California está ubicado en medio de dos grandes montañas de la cordillera oriental en el sistema montañoso andino, cuenta con una población de 2.062 habitantes a junio de 2019 (Población y Demografía por municipios del DANE) , cuenta con una topografía ondulada, quebrada y escarpada y con pendientes fuertes; hidrográficamente el páramo Santurban vierte parte de sus aguas a este municipio que hace parte de la

microcuenca del río Vetás, perteneciente a la subcuenta del río Surata que junto con siete subcuencas más forman la cuenca del río Lebrija.

En la investigación hecha sobre el tema del proyecto se logró determinar que el municipio de California no cuenta con una microcuenca propia, en cambio su red hidrográfica pertenece a la microcuenca del río Vetás.

El municipio de California no cuenta con un POMCA aprobado, pues el (Sostenible M. d., 2018) informó que actualmente hay 394 cuencas que son objeto de plan de ordenación y manejo, solo en 92 de ellas se están realizando los procesos de ordenación con el propósito de contar con este instrumento de planificación, de las cuales solo 17 de estas tiene aprobado y terminado el POMCA, siendo estas del departamento de Meta, Tolima, Norte de Santander, Atlántico, Huila, Risaralda y Antioquia.

Para la Subcuenca del Río Surata se estableció un periodo de ejecución según (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014) en el cual se definen metas a corto, mediano y largo plazo, iniciando en enero de 2008 y finalizando en 2014, el Plan de Ordenación de Cuencas está sujeto a actualizaciones después de 9 años de entrar en funcionamiento.

El plan de manejo de cuencas realizado para la subcuenca del río Surata se incluye las microcuencas entre las cuales está la microcuenca del río Vetás a la cual hace parte la red hidrográfica del municipio de California y este último será objeto de este estudio.

Como determinantes para la caracterización de la red hidrográfica del municipio de California se establece:

- Que la red hidrográfica del municipio de California está propensa a cambios físicos y morfológicos a causa de la explotación minera.
- Al finalizar el periodo de ejecución es necesario realizar una actualización en la caracterización de la red hidrográfica del municipio de California.
- Los datos para usos del suelo de este POMCA fueron tomados de un estudio realizado por “POA Microcuencas Vetás, Suratá Alto, Charta, Tona y Suratá Bajo. 2002” y por su tiempo de estudio requiere una actualización.
- El Artículo 25 del Decreto 1729 de 2002 prevé la elaboración por parte del IDEAM de una Guía Técnico Científica que permita a las Autoridades Ambientales competentes.

- En el POMCA no hay una caracterización detallada sobre la caracterización hidrográfica de este municipio.

1.1.1. Preguntas de investigación

1.1.1.1 ¿Es posible realizar una caracterización de la red hidrográfica del municipio de California mediante el uso de Sistema de Información Geográfica en el año 2019?

1.1.1.2 ¿Cuáles son los parámetros territoriales que se deben tener en cuenta para realizar la caracterización de la red hidrográfica en el municipio de California mediante el uso de ArcGis?

1.1.1.3 ¿Cuáles son las características físicas que se requieren caracterizar de la red hidrográfica del municipio de California?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La Guía Técnico Científica para la elaboración de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas hidrográficas de Colombia es una herramienta elaborada por el IDEAM, para responder al requerimiento del Decreto 1729 de 2002 que reglamenta dichos planes y los legitima como norma de superior jerarquía y determinante de los planes de ordenamiento territorial en consonancia con lo dispuesto en el Artículo 10 de la ley 388 de 1997.

El Decreto asigna al IDEAM la formulación de “una guía que contenga los aspectos técnico científicos que permitan a la respectiva Autoridad Ambiental competente o la Comisión Conjunta, según el caso, desarrollar las fases establecidas para la ordenación de las cuencas”.

En ese sentido, es necesario tener un conocimiento básico de nuestras cuencas hidrográficas, como unidad mínima de gestión; para poder hacer una caracterización y diagnóstico del recurso hídrico, que permita establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del recurso y planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

Por otro lado, las características físicas de una cuenca son elementos que tienen una gran importancia en el comportamiento hidrológico de la misma. Además el conocer las formas del relieve y la forma como actúan estos con los factores naturales así con el hombre son de gran importancia, es por esto que la cuenca como unidad hidrológica debe ser estudiada desde diferentes puntos, ya que no basta especificar su delimitación topográfica, su extensión y forma, es necesario efectuar una caracterización integral que permita definir lo que técnicamente es posible realizar en ella, desde el punto de vista de las prácticas de uso del suelo para definir prescripciones más adecuadas en la administración de los recursos naturales contenidos, para lo cual el agua se convierte en el elemento integrador del estudio.

Como parte del impacto socio-económico de la investigación, la caracterización de la red hidrografía, pretende brindar a la región una herramienta de conocimiento e información detallada del recurso agua con el que cuenta el territorio, lo cual permitirá a los entes gubernamentales, empresas y asociaciones formular estrategias que permitan una mejor planificación y ejecución de proyectos, lo que se traducirá en mejores fuentes de ingresos para los habitantes de la región y una mejora en la calidad de vida de los habitantes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización de las microcuencas hidrográficas que conforman la cuenca del río Surata en el municipio de California del Páramo Santurban en el año 2019 con el uso de Sistemas de Información Geográfica para identificar las características geomorfométricas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros para la caracterización morfométrica de la red hidrográfica en el municipio de California
- Realizar la caracterización morfométrica, física e hidrológica de la red hidrográfica en el municipio de California-Santander
- Generar la Cartografía a partir de la caracterización morfométrica de la cuenca en el municipio de California.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

ESTADO DEL ARTE N.1

LIBRO TOMADO DE (Lozano, 2016)

TITULO DE LA FUENTE: El Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas y el Ordenamiento Ambiental del Territorio, en la cuenca del río Risaralda

AUTOR: Diana Lorena Morales Lozano

AÑO DE PUBLICACION: 2015

El presente informe tiene como objetivo general, identificar los factores del ordenamiento de la cuenca del río Risaralda en la jurisdicción del departamento de Risaralda que influyen en la gestión del ordenamiento ambiental del territorio. Sobre este objetivo general se estarán teniendo en cuenta los siguientes objetivos específicos que serán base fundamental para la solución del problema.

Entre ellos tenemos:

Analizar los instrumentos de planificación ambiental existentes en la cuenca del río Risaralda.

Determinar la inclusión el ordenamiento de la cuenca del río Risaralda en los instrumentos de planificación de los municipios que la componen.

Plantear los factores emergentes de las interacciones entre las cuencas del río Risaralda y sus unidades municipales.

El método, hace referencia al conjunto de procesos que se abordan en una investigación para demostrar la verdad (Vásquez, 2005); apoyándonos en esta afirmación podemos decir que la metodología que se utilizó en el presente proyecto se divide en tres etapas las cuales fueron:

- recolección de información
- sistematización y análisis de datos.

Llevadas a cabo totalmente y ejecutadas las tres etapas anteriormente nombradas podemos hacer una pequeña síntesis de los resultados de ellas.

Los resultados se dividieron en tres criterios.

Criterio 1: ubicación de los municipios dentro de la cuenca

Criterio 2: población

Criterio 3: área del municipio al anterior de la cuenca

Para este proyecto se escogieron tres municipios modelos en los cuales que se aplicaron los criterios nombrados, se ejecutó teniendo en cuenta la totalidad del área de la cuenca y la población de cada municipio, de esta manera se promedió y se repartió u ordeno la cuenca en función a la población.

De tal manera podemos concluir que gracias las dimensiones del territorio son objeto de dinamismo, la ocurrencia de eventos de desastre, de cambio climático, el cambio de coberturas y de los usos de suelos, el incremento demográfico, la ejecución de políticas de vivienda, ñas modificaciones en los sistemas de abastecimiento y de saneamiento básico, y las vigencias administrativas son variables con capacidad de moldear el entorno.

Las variables más empleadas o tenidas en cuenta fueron:

- Longitud de la cuenca
- Población cercana a la cuenca
- Área de los municipios cercanos al cuenca
- Población beneficiada de la fuente hídrica

ESTADO DEL ARTE N.2

LIBRO TOMADO DE (Benavides Mora, Tarlé Pizarra, & Galbiatti, 2009)

TITULO DE LA FUENTE: Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del rio bobo, departamento de Nariño-Colombia.

FUENTE Y AÑO DE LA PUBLICACION: Revista Ingeniería e Investigación VOL. 29 No. 3, DICIEMBRE DE 2009 (97-101)

AUTORES: Victoria Benavides Mora, Teresa Cristina Tarlé Pizarra, Joao Antonio Galíbate.

El objetivo de este trabajo fue el de caracterizar morfométricamente la cuenca hidrográfica del río Bobo, en el Departamento de Nariño, Colombia. A partir de cartas topográficas del área, en la escala 1: 25.000, se elaboró un mapa base de la red de drenaje y de los límites de las microcuencas de segundo orden de magnitud. Las características morfométricas dimensionales, de patrón de drenaje y del relieve, fueron determinadas para el estudio del comportamiento hidrológico de la cuenca hidrográfica del río Bobo.

Materiales y métodos

El área en estudio está localizada al sureste del departamento de Nariño, administrada por los municipios de San Juan de Pasto y Tangua. La cuenca hidrográfica del río Bobo presenta una superficie continua de 22.571 hectáreas, se distribuye entre las coordenadas UTM 178704,12 mN a 66407,16 mN; 232895,43 mE y 315537,93 mE, MC 78GW, zona 18 (CorpoNariño, 1993; Conif,2003).

Para la descripción de los paisajes presentes en la zona de estudio (Conif, 2003), se dividen las unidades de suelos de acuerdo al modelaje del relieve, el clima y la pedología, con la intención de describir las condiciones agrícolas de la cuenca.

Para elaboración del mapa base fueron utilizadas como material básico en este estudio las cartas topográficas de la red drenaje, suelos, uso y ocupación de la red hidrográfica del río Bobo, editadas en la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo de Nariño (CorpoNariño), de 1993, en la escala 1:25.000, con equidistancia vertical entre curvas de nivel de 25 m.

El mapa base de la red de drenaje y la exposición de vertientes fue generado a partir del decalque de la red de drenaje, donde a partir del análisis de curvas de nivel fueron delimitadas las microcuencas hidrográficas teniendo en cuenta los aspectos topográficos, luego este mapa fue digitalizado en el programa AutoCAD 2008. La clasificación de los canales de la red de drenaje de cada microcuenca hidrográfica fue hecha de acuerdo con la metodología propuesta por (Horton, 1945), modificada por (Strahler, Análisis cuantitativo de la geomorfología de cuenca, 1957), considerando los canales de primera orden, los que no presentan ramificación; los canales de 2ª orden, cuando reciben a los de 1er primer orden; y los canales de 3er orden cuando reciben a los de 2ª orden de magnitud, y así sucesivamente.

La caracterización morfométrica de cada microcuenca de 2º orden fue realizada mediante la determinación de las características dimensionales, de composición de la red de drenaje, del patrón de drenaje y del relieve.

Las características dimensionales son:

- Área (A)
- Perímetro (P)

Mayor ancho (L): Mayor dimensión lineal que la cuenca presenta en el eje transversal
Largura de la red de drenaje (Cr): corresponde a la largura total del río

Las características de la composición de la red de drenaje (Franca, 1968) son:

- Orden de ramificación o magnitud (w)
- Número de segmentos de ríos (N)
- Largura total de segmentos de ríos (C_{tw})
- Razón de ramificación o bifurcación (R_b)
- Razón de larguras totales (R_{lw})
- Razón de la largura media (R_{lm})
- Relación entre largura media y razón de ramificación (R_{lb})

Las características del padrón de drenaje expresan la textura topográfica de la cuenca y son definidos como:

- Densidad de drenaje (D_d):
- Frecuencia de ríos (F)
- Razón de textura (T):
- Extensión del recorrido superficial (E_{ps}):

Las características del relieve son:

Amplitud altimétrica (H)

Razón de relieve (R_r)

Razón de relieve relativo (R_{rl})

Declividad media de la cuesta (DME)

En seguida, estos valores fueron transformados para declividad media de la cuesta en porcentaje (%); Coeficiente de rugosidad (R_N). Para la evaluación de los resultados obtenidos fueron considerados diversos aspectos relacionados con la variación de las características morfométricas de las microcuencas, siendo empleados para valorar contrastes entre datos relacionados con la variación, conforme Banzatto y Kronka.

El uso de diferentes técnicas topográficas, computacionales y de sistemas de información geográfica, permitió la producción de información que posibilita un mejor entendimiento de la dinámica física de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica del río Bobo. El análisis cuantitativo de las características morfométricas permitió diferenciar áreas de suelos presentes de la Cuenca del río Bobo, así como establecer que las características del relieve son las que mejor describen las formas de las microcuencas.

ESTADO DEL ARTE N. 3

LIBRO TOMADO DE (Carmen Vasquez Rangel, 2014)

LUGAR Y AÑO DE LA PUBLICACION: BOGOTÁ D.C – 2014

TITULO DE LA FUENTE: Caracterización Morfométrica de la Cuenca de la quebrada Tatamaco, del Municipio Villavieja del Departamento del Huila, mediante el uso de la herramienta hec-geohms.

AUTOR: Carmen Adriana Vásquez Rangel, Diana Marcela Herrera López, Yolanda Patricia Gutiérrez Rey

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del caudal pico teniendo en cuenta las características morfométricas de la cuenca Quebrada Tatamaco, del municipio de Villavieja del departamento del Huila cuya área es de 158.9 Ha , aplicando la herramienta HEC - GEOHMS, para establecer el comportamiento de la red de drenaje, topografía e hipsométrica, asociada a la morfodinámica de la cuenca. Se empleó cartografía a escala 1:25000 y 1:10000, para el cálculo de las mediciones básicas (superficie, perímetro, longitud de la cuenca, cauces, elevación, desnivel del cauce principal y número de cauces de menor orden).

El estudio ha sido abordado teniendo en cuenta los aspectos referidos a la hidrometeorología, relieve, morfometría, clima y disponibilidad del agua. Estos datos se tomaran de información del IDEAM, IGAC, POT y estudios realizados en el departamento de Huila. Aplicando la herramienta HEC – GEOHMS y de ahí el cálculo de los demás parámetros morfométricos.

En la elaboración de este proyecto se realizó una recopilación de datos, procesamiento de datos y con esto se generó el procesamiento grafico en Arcgis 10.1

Conversión de Formato Grid a TIN

Para generar a partir de una capa vectorial de curvas de nivel y puntos acotados un Triangular Irregular Network o Red Irregular Triangulada (TIN) y posteriormente una superficie de altitudes conocida como Modelo de Elevaciones Digitales (MED) un subtipo

de modelos Digitales de Terreno (MDT). Un TIN permite densificar la información en áreas complejas y dispersarlas en zonas más homogéneas; sus puntos tienen coordenadas XY y un valor Z que en el caso de los MDE son las altitudes.

Conversión de TIN a Raster

Una vez obtenido el TIN, se calcula la superficie continua referida a los valores de altitud del territorio analizado.

Se debe considerar un vector Z de exageración del relieve para discriminar adecuadamente zonas con diferencias altitudinales y morfológicas, dejando el valor de Z igual a uno (1) por defecto, quedando el valor de cada pixel como está. Como tamaño de la celda se escogió 20 metros, nuevamente considerando la mínima distancia entre las curvas de nivel; no se debe usar una resolución demasiado burda ya que se estaría obviando información, ni usar una resolución muy minuciosa que no aumente el detalle de los datos ya que se tendría la misma información repetida en numerosos píxeles. Como resultado de este proceso se obtiene la imagen.

Una vez que se obtiene el Modelo de Elevación Digital, se pueden conseguir algunos parámetros de la morfología del relieve, aunque no sea necesario calcular todos los parámetros para un proyecto, como relleno de depresiones, dirección y acumulación del flujo entre otras.

FASE III: Implementación de los Programas Hidrológicos

Procesamiento de las características físicas del terreno de la Cuenca Quebrada Tatamaco, mediante el uso del HEC-GEOHMS 4.2.

Pre procesamiento del Terreno.

El pre procesamiento del terreno implicó ejecutar las siguientes opciones en forma consecutiva: reacondicionamiento del terreno, relleno de depresiones, direccionamiento del flujo, acumulación del flujo, definición de corrientes, segmentación de corrientes, delineación de cuencas, procesamiento poligonal de la cuenca, procesamiento de los segmentos de corrientes y agregación de cuencas.

Carga de datos del terreno

Dirección del Flujo

Una de las claves de la derivación de características hidrológicas de una superficie es la capacidad de determinar la dirección de flujo desde cada celda en el ráster. Esto se lleva a cabo con la herramienta Dirección de flujo. Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción **Ráster de eliminación de salida**, se creará un ráster de salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes. Si se elige la opción **Forzar todas las celdas de eje para que se desplacen hacia fuera**, todas las celdas en el eje del ráster de superficie se desplazan hacia fuera desde el ráster de superficie.

Acumulación del Flujo

Con este paso se determina el número de corrientes en las celdas de drenaje para una determinada celda. Las áreas de drenaje aguas arriba en una celda determinada se calculan como la multiplicación de los valores de acumulación del flujo por las áreas de celdas.

Definición de Corriente

Clasifica todas las celdas con una gran acumulación del flujo y una entrada definida como celdas pertenecientes a la red de drenajes. Es común que celdas con una alta acumulación de corrientes con una estimación de uso definida a la entrada sea considerada parte a la red de corrientes. La entrada de uso específico permite definir un área en unidad de distancia cuadrada, millas cuadradas o como número de celdas. En el MED el área de la longitud de drenaje por defecto es 1%.

Segmentación de Corriente

Se dividen las corrientes en segmentos. La segmentación de corrientes o enlaces son las secciones de una corriente que conecta dos uniones sucesivas, una unión y una salida, o una unión y división de drenajes.

Delimitación de la Cuenca

Aquí se delinea la subcuenca para todos los segmentos de corrientes.

Procesamiento del tipo de Suelo

La base de datos utilizada para el estudio de suelo, se fundamentó en los documentos del uso de la tierra y tipos de suelo, suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Se requirió unir diversas bases de datos del suelo para establecer una base de datos común.

Tipos de coberturas

PXE: LADERAS DE PIEDEMONTE, Asociados a Geoformas de colinas denudacionales
suelos tipo: Typic Ustorthents, Lithic Ustorthents y Typic Ustipsamments.

PXEd3: LADERAS DE PIEDEMONTE, Asociados a geoformas de laderas de
Piedemonte suelos tipo: Typic Ustropepts.

PXKa: Asociados a depositos inconsolidados tipo abanico, suelos tipo: Typic Haplustalfs,
Lithic Ustorthents, Typic Haplustolls,

ESTADO DEL ARTE N.4

LIBRO TOMADO DE: (GASPARI, y otros, 2012)

LUGAR Y AÑO DE LA PUBLICACION: GRANDEBUENOS AIRES, ARGENTINA, 2012

TITULO DE LA FUENTE: CARACTERIZACION MORFOMETRICA DE LA CUENCA ALTA DEL RIO SAUCE GRANDE.

AUTORES: FERNANDA J GASPARI, ALFONSO M RODRIGUEZ, GABRIELA E SENESTIERRA, GERARDO DENEGRI, MARIA I DELGADO, SEBASTIAN BESTEIRO.

RESUMEN

La cuenca alta del río Sauce Grande abastece el complejo hidráulico embalse paso de las piedras, comportándose como servicio ambiental primordial para el consumo hídrico de

Bahía Blanca. El análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca

hidrográfica a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico en la modelación hidrológica para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia. Estos indicadores pueden apoyar una formulación de un Sistema de pago por servicios ambientales, como estrategia básica de ordenamiento territorial y desarrollo local, centrado en la oferta de agua generada por la cuenca. El objetivo fue caracterizar morfométricamente la cuenca alta del río Sauce Grande. La metodología aplicada se basó en establecer y analizar los parámetros morfométricos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y planillas de cálculo, a partir de un modelo digital del terreno e imágenes satelitales. Los resultados alcanzados definieron que la cuenca posee un área de 1502.6 km. La longitud axial es de 41.6 km con un ancho promedio de 36.1 km. El Factor de forma (0.87) indica que posee forma alargada, siendo rectangular oblonga según el coeficiente de compacidad de Gravelius (2.8).

La longitud del cauce principal es 58.34 km con pendiente media de 0.48 %. La densidad de drenaje es 0.27 km.km⁻² y su coeficiente de sinuosidad 1.42. El tiempo de concentración es 11.8 hs. La curva hipsométrica adimensional corresponde a una cuenca con un avanzado grado de desarrollo. Todos estos parámetros facilitan la cuantificación del caudal líquido en la cuenca.

INTRODUCCION

El funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación y convirtiendo parte de está en escurrimiento. La transformación depende de las condiciones climáticas y las características físicas de la cuenca.

Desde el punto de vista de su funcionamiento, una cuenca hidrográfica puede caracterizarse por su morfología, por la naturaleza del suelo y por la cobertura vegetal y uso del suelo (Henaos, 1988; Mintegui Aguirre & López Unzú, 1990; Gaspari, 2002; Gaspari et al., 2009).

Las propiedades morfométricas de una cuenca hidrográfica proporcionan una descripción física espacial que permite realizar comparaciones entre distintas cuencas hidrográficas. Al mismo tiempo, pueden proporcionar conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas superficiales.

En la actualidad, herramientas metodológicas tales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la interpretación de imágenes satelitales, permiten realizar la caracterización espacio temporal de las propiedades morfométricas de las cuencas hídricas y de las redes de drenaje.

El análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca hidrográfica a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico en la modelación hidrológica para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia (Gaspari et al., 2009). Asimismo, esta modelación permite explicar el movimiento del agua superficial y predefinir la oferta hídrica complementada con otros modelos matemáticos.

El objetivo del trabajo fue caracterizar morfométricamente la cuenca alta del río Sauce Grande, como material de apoyo al PSA.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca alta del río Sauce Grande (CARSG) (Provincia de Buenos Aires), se encuentra ubicada en el contexto geológico de las Sierras Australes. Presenta tres unidades geomorfológicas importantes: las serranías, los niveles de piedemonte con cobertura loésica y el valle del río (Rabassa, 1982). La primera incluye al cordón de Ventania, Las Tunas y Pillahuincó con pendientes pronunciadas en la zona de divisoria de aguas. En esa zona se observan cárcavas de carácter torrencial que dan lugar a la formación de la mayoría de los afluentes, algunos permanentes y otros temporarios, que discurren en pequeños y profundos.

El análisis de las características morfológicas y funcionales de la cuenca alta del río Sauce Grande, se basó en establecer y analizar los parámetros morfométricos de forma, de relieve y relativos a la red hidrográfica, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Idrisi Taiga® (Eastman, 2006) y planillas de cálculo.

El material de base utilizado fue cartografía topográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM), a escala 1:50.000, denominadas Tornquist, Sierra de la Ventana, Peralta, Tres Picos, Saldungaray, Estancia Las Águilas, Cabildo y Lartigau. Además se emplearon imágenes satelitales Landsat 5, 226/086 y 226/087 con fecha 26 de marzo de 2003, obtenidas en la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), y el modelo digital de elevación del Misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) en formato ASCII, disponible en la web gratuitamente bajo entorno Google Earth, el cual representa el modelo digital de elevación de la superficie terrestre de buena resolución espacial. Este mapa fue recortado al área de estudio para su posterior procesamiento con el SIG.

La red de drenaje fue creada por digitalización en pantalla a partir de una composición de las bandas 1, 2 y 3 del satélite Landsat 5, anteriormente mencionado, y con apoyo de imágenes actuales disponibles en Google Earth.

Otros indicadores destinados a determinar la influencia de la forma de la cuenca en el movimiento y captación del agua de lluvia, se engloban en los parámetros de forma, relieve y de la red de drenaje (López Cadenas del Llano, 1998). La determinación de estos parámetros se realizó a nivel de cuenca hidrográfica según las metodologías mencionadas a continuación:

Parámetros de Forma

Perímetro (P) (km)
Longitud Axial (La) (km)
Longitud del curso principal (L) (m)
Longitud total del drenaje (Ln) (km)
Coeficiente de sinuosidad total (S)
Largo del cauce (L)
Área(A) (km²)
Ancho promedio (Ap) (km)
Factor de forma (IF)
Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)

Parámetros de Drenaje

Para jerarquizar una red de drenaje se asignan valores numéricos a los órdenes de los cursos

que conforman la red de drenaje, asignándole valor 1 a los cursos que son las nacientes, valor 2 a la conjunción de dos cauces de orden 1, valor 3 a la unión entre dos cauces de orden 2. Así se procede sucesivamente hasta finalizar con la jerarquización de

la red de drenaje. El curso de agua cuyo cauce alcanza la máxima magnitud dentro del área ocupada por la

Cuenca, es el río principal.

Densidad de drenaje (Dd)

Pendiente media del cauce (J)

Tiempo de concentración (Tc):

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados morfométricos alcanzados en el análisis con SIG permitieron generar Cartografía temática descriptiva en la CARSG.

Se presenta el mapa del modelo digital de elevación (MDE) cuya cota mínima es de 141 msnm y la máxima es de 1214 msnm. En su desembocadura se ubica el dique Paso de las Piedras, con una superficie de embalse de 53.3 km².

Para el análisis morfométrico inicial se definieron el perfil longitudinal y los perfiles transversales en la cuenca.

CONCLUSIONES

Las propiedades morfométricas de la CARSG aportan un marco referencial a los efectos de definir la escala espacial de las investigaciones en ecología fluvial y de esa forma unificar criterios para la delimitación al momento de realizar la colecta, registros y sistematización de información producto de los trabajos empíricos.

Particularmente, la cuenca hidrográfica como unidad de investigación y las propiedades Morfométricas de los sistemas fluviales, como marco de referencia, permiten comenzar con la diagramación de un Sistema de Pago por Servicios Ambientales, aportando al ordenamiento territorial. Los parámetros estudiados proporcionaron información sobre la dinámica espacio temporal del caudal líquido en la cuenca. La cuenca presenta una red de drenaje de cuarto orden. La densidad de la red de drenaje en la CARSG manifiesta la capacidad de entalle de los cauces fluviales y el equilibrio dinámico del sistema acorde a sus condicionantes hidrológicas, geomorfológicas y topográficas, generando posibles áreas de acumulación de escorrentía temporal en épocas de alta intensidad de precipitación, en forma intermitente en la zona de derrame.

El análisis geoespacial logrado con SIG como herramienta de apoyo, constituyó un aporte para dilucidar las variables que actúan a una misma escala espacial y altitudinal sobre la extensión de la red de drenaje y dinámica hídrica y sedimentaria. En relación a la hipsometría de la cuenca se corroboró un avanzado grado de desarrollo, correspondiente en su mayoría a un tipo sedimentario de baja erosionabilidad. Esto se acompañó con los resultados alcanzados con los parámetros de forma y drenaje. El relieve de la CARSG en su cabecera expresó una forma accidentada a fuerte (17 %), la

zona media presentó áreas planas (10 %) y los relieves suaves a lomadas abarcaron aproximadamente el 73 % de la superficie de la cuenca.

Por último, la integración de los parámetros morfométricos en cuencas hidrográficas es un aporte significativo relevante para la consolidación del ordenamiento ambiental, constituyendo una herramienta para la organización de las comunidades y su entorno.

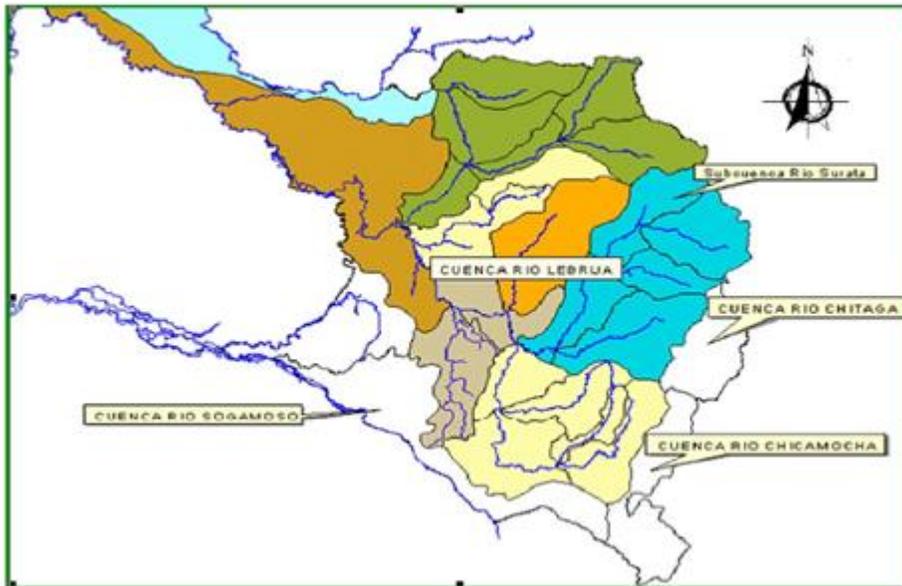
2. MARCOS REFERENCIALES

2.1 Localización Geográfica:

El Municipio de California se encuentra ubicado en la Provincia de Soto, a 51 Kms. Geográficamente se localiza a 7° 21' de latitud norte y 72° 57' de longitud oeste. Cuenta con una extensión de 5.260 Hectáreas (52.60Km²) y limita al Norte con el municipio de Suratá y el Departamento de Norte de Santander, por el Oriente con el Municipio de Vetas y por el Occidente y Sur con el Municipio de Surata.

Figura 1. Cuenca del Río Lebrija

Figura N. 1. Cuenca del Río Lebrija



Fuente: Grupo Sistema de Información Ambiental (SIA) CDMB.

2.2 MARCO TEORICO

Uso actuales y a futuro del suelo que puedan repercutir en las cuencas.

- Uso agrícola
- Uso minero
- Macro proyectos de Desarrollo Actuales o Proyectados.

Variable ancho de la Cuenca (B):

Esta variable está conformada por el área que es la magnitud más importante de la cuenca, define el volumen total de agua y la longitud que depende de la superficie y forma de la cuenca; la cual será definida posteriormente como cuenca hidrográfica. (Secretaria de la convencion de Ramsar, 2010)

Objetivo: determinar la relación que existe entre el área y longitud de la cuenca.

Evaluación: esta variable se avaluara automáticamente mediante Arcgis, este nos identificara los parámetros de la longitud y área de la cuenca.

Variable Factor de forma de Horton (kf):

Se define como la relación que existe entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca, esta se utiliza para saber qué tan alargada es la cuenca. El valor de kf es el que indica el achatamiento de ella o de un rio principal. (Secretaria de la convencion de Ramsar, 2010)

Objetivo: identificar los valores de kf para determinar la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

Evaluación: se evalúa mediante esta fórmula $Kf= A/L^2$, la cual dará los valores para determinar la forma de (Horton, 1945)

Variable Coeficiente de Compacidad (kc):

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, es otro índice de forma y es el resultado de dividir el perímetro de la microcuenca por el perímetro de un círculo de igual área que la de la microcuenca. Es la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas o divisoria.

$Kc=P/PC=P/2\pi R$. Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parte aguas), Pc es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. (Benavides Mora, Tarlé Pisarra, & Galbiatti, 2009)

Tabla 1. *Características de la cuenca de acuerdo con el valor KC*

VALORES DE KC	KC
1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
1.26 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.51 o más de 2	De oval oblonga a rectangular Oblonga

Objetivo: identificar los valores de **Kc** y **Km** para determinar su característica.

Evaluación: se evalúa de esta forma **$Kc=P/PC=P/2\pi R$** . Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parte aguas), Pc es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. **$Km=P/2\pi R$** .

Variables Relativas al Relieve:

Para el estudio y determinación de los parámetros geomorfológicos se precisa de la información cartográfica de la topografía, del uso del suelo y de la permeabilidad de la región en estudio, una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. (Ibisate, 2004)

Objetivo: identificar cada una de sus variables.

Evaluar: pendiente (**S**), curva hipsométrica, parámetros relativos al perfil [(cota mayor del cauce (**CMc**), cota menor del cauce (**Cmc**)] pendiente promedio del cauce (**S0**), longitud del cauce principal (**Lc**).

Las características del relieve son:

Amplitud altimétrica (H): altura representada por el desnivel entre el punto más bajo de la microcuenca (desembocadura) y el punto de mayor altitud.

Objetivo: Determinar la amplitud Altimétrica de la red de drenaje.

Forma de Calculo: (m) (Strahler, Geomorfología cuantitativa de paisajes erosivos, 1952) los datos altimétricos serán obtenidos en un único punto, expresando la cota máxima en

relación a la mayor largura de la cuenca, obteniéndose, de esta manera, la amplitud altimétrica relativa. (Ibisate, 2004)

Razón de relieve (Rr): relación entre amplitud altimétrica y mayor largura.

Objetivo: Determinar la Razón del Relieve.

Forma de Cálculo: (m/m): $Rr = H/C$. (Jardi, 1985)

Razón de relieve relativo (Rrl): Relación entre amplitud altimétrica y perímetro de la cuenca, (m/m): $Rrl = H/P$ (Benavides Mora, Tarlé Pisarra, & Galbiatti, 2009).

Variables Relativas al Drenaje:

Dimensionales:

Es el orden de bifurcación de los mismos, en este caso se hace caso al método Horton, que se emplea de la siguiente manera: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden. (Ibisate, 2004)

Objetivo: determinar las diferentes variables que existen.

Evaluar: variables longitud de los cauces orden uno (**L1**), densidad de drenaje (**Dd**), área (**A**), perímetro (**P**), mayor largura (**C**), mayor ancho (**L**).

LAS CARACTERISTICAS DE LA COMPOSICION DE LA RED DE DRENAJE

Orden de ramificación o magnitud (w): *Representa los canales de drenaje.*

Objetivo: Representar los canales de drenaje clasificados.

Forma de Cálculo: De acuerdo con el sistema de (Horton, 1945), modificado por (Strahler, 1952) ($w-w1, w2$).

Número de segmentos de ríos (N): Número de segmentos de los ríos en cada orden.

Objetivo: Determinar el número de segmento de ríos de cada orden.

Forma de Cálculo: ($Nw-Nw1, Nw2$) y el total (Nt) de acuerdo con (Horton, 1945).

Largura total de segmentos de ríos (Ctw): Largura total de segmentos de los ríos en cada orden.

Objetivo: determinar la largura total de segmentos de cada orden.

Forma de Calculo: $(C_{tw}-C_{tw1}, C_{tw2})$ (Horton, 1945)

Largura media de ríos (Cm): Relación entre la largura total de segmentos de los ríos y el número de segmentos de los ríos determinado para cada orden.

Forma de Calculo: $(C_{mw}-C_{mw1}, C_{mw2}) - C_m = C_t/N_t$, (Franca, 1968)

Razón de larguras totales (Rlw): Es la relación entre la suma de las larguras de segmentos de ríos de un orden dado y del orden inmediatamente superior.

Objetivo: conocer la relación entre segmentos de un orden con el inmediatamente superior.

Forma de Calculo: (Strahler, Análisis cuantitativo de la geomorfología de cuenca, 1957):
 $R_{lw} = C_{tw1}/C_{tw2}$.

Las características del padrón de drenaje expresan la textura topográfica de la cuenca y son definidos como:

Densidad de drenaje (Dd): Relación entre la largura de la red de drenaje (C_r) y el área de la cuenca (A)

Objetivo: Determinar la densidad de drenaje de la red hidrográfica.

Forma de Calculo: (km/km^2) : $D_d = C_r/A$ (Horton, 1945)

Frecuencia de ríos (F): relación entre el número de segmentos de ríos y el área de la cuenca, **Objetivo:** Determinar la Frecuencia de los causes

Forma de Calculo: (N/km^2) : $F = N_t/A$ (Horton, 1945)

Razón de textura (T): relación entre el número de segmentos de ríos y el perímetro de la cuenca.

Objetivo: Determinar la textura de la red de drenaje.

Forma de Calculo: (N/km) : $T = N_t/P$ (Franca, 1968); (Smith, 1950).

Extensión del recorrido superficial (Eps): función de la densidad de drenaje, (km) : $E_{ps} = 1/(2D_d)$ (Horton, 1945)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Cuenca Hidrográfica

Está representada por un área de topografía y de geología definida y variable, con determinada cobertura vegetal, que recibe y distribuye tanto las aguas de lluvia como fluviales; concentrando todo el efluente superficial a través de una salida simple.

Los parámetros morfométricos de las cuencas dependen de la forma, el relieve, la red de drenaje, tipo y uso del suelo, entre otros, con los cuales se puede calcular el comportamiento de los cuerpos de agua y sus posibles variaciones con respecto al régimen hidrológico. (Gárvez, 2011).

Características físicas de Cuencas:

- Longitud del flujo superficial
- Longitud de las corrientes
- Pendiente del Cauce Principal

Longitud del flujo superficial

Es la longitud del recorrido del flujo no canalizado desde un punto sobre la divisoria del drenaje hasta un punto del cauce adyacente, proyectado sobre la horizontal. (Solórzano, 2010).

Longitud de las corrientes

La longitud promedio de un segmento de cauce de orden u es una propiedad dimensional reveladora del tamaño característico de los componentes de una red de drenaje y de las superficies de sus cuencas contribuyentes. (Solórzano, 2010)

Pendiente del cauce principal

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua depende de la pendiente de sus canales fluviales. A mayor pendiente mayor velocidad. Los perfiles típicos de los cauces naturales son cóncavas hacia arriba: además, todas las cuencas, exceptuando las más pequeñas, tiene varios canales cada uno con un perfil diferente. (Solórzano, 2010)

Cuenca

Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas. (Gárvez, 2011)

Subcuencas

Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente. (Gárvez, 2011)

Microcuencas

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir, que una subcuenca está dividida en varias microcuencas. (Gárvez, 2011).

Quebradas

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca. (Solórzano, 2010)

Afluentes

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

En principio, de dos ríos que se unen es considerado como *afluente* el de menor importancia (por su caudal, su longitud o la superficie de su cuenca). (Solórzano, 2010)

Características Morfométrica de una cuenca

Para caracterizar una cuenca hidrográfica, necesitamos cuantificar todos los parámetros que describen la estructura física y territorial con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus Recursos Naturales pero también para identificar los problemas presentes y potenciales. (Jardi, 1985)

La caracterización de una cuenca se inicia con la delimitación de su territorio, la forma, tamaño o área, pendiente media y pendiente del cauce principal, red de drenaje, etc. Algunos de estos “parámetros geomorfológicos” sirven de base para identificar la vulnerabilidad y considerar peligros a los desastres.

Delimitación de una cuenca

La delimitación de una cuenca se puede hacer a partir de fotografías aéreas sin embargo, lo más común es utilizando los mapas topográficos (escala 1:100,000). Consiste en trazar la

línea divisoria que se denomina parteaguas y se ubica en las partes más altas dividiendo el curso de la escorrentía hacia una u otra cuenca. (Jardi, 1985)

Divisoria o parteaguas de la Cuenca

Es una línea imaginaria que corresponde a puntos físicos del terreno que dividen el contorno de la cuenca que la separa de otras cuencas vecinas, la longitud de esta línea divisoria es el perímetro de la cuenca y la superficie que encierra esta línea es el área proyectada sobre un plano horizontal, es por eso que la delimitación de las cuencas hidrográficas se realizan a partir de criterios topográficos (morfográficos) e hidrográficos (red de drenaje superficial) donde esta línea no corta cuerpos de agua como lagos, arroyos y ríos excepto el punto de interés. (Jardi, 1985)

Área de la cuenca (A)

Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Representada con la letra “A” mayúscula, es probablemente la característica geomorfológica más importante, y su importancia radica en las siguientes razones: (Gárvez, 2011)

Parámetros de forma de la cuenca

Es la configuración geométrica de la cuenca tal como está proyectada sobre el plano horizontal. La forma incide en el tiempo de respuesta de la cuenca, es decir, al tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje, y, por consiguiente, a la forma del hidrograma resultante de una lluvia dada. (Gárvez, 2011)

Perímetro de la cuenca (P)

Es la longitud del contorno del área de la cuenca. Es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula “P”. (Solórzano, 2010)

Longitud del río principal (L)

Es la longitud del río principal de la cuenca, donde van a drenar todos los afluentes y quebradas. Representada con la letra “L” mayúscula. (Solórzano, 2010)

Pendiente de Cuenca (S%):

Es un parámetro es de importancia pues da un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca. (Jardi, 1985)

Red de Drenaje

La red de drenaje de una cuenca, se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, es decir, la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca. (Jardi, 1985).

2.4 MARCO LEGAL

Según lo establecido en el Decreto 2811 de 1974, la importancia de la preservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, se entiende por MANEJO DE LA CUENCA, la ejecución de obras y tratamientos y por ordenación de una cuenca la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna.

DECRETO No. 1729 DE 2002 – Cuencas hidrográficas: Artículo 25. Será el Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), quien definirá los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas con fines de ordenación

Decreto 1640 de 2012: La Gestión Integral del Recurso Hídrico, “*Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos*”. Para materializar el concepto de Gestión Integral del Recurso Hídrico adoptado por la PNGIRH, se incluye dentro del proceso de ordenación de la cuenca, además de las aguas superficiales, las aguas subterráneas, la gestión del riesgo y las zonas marinas costeras en el marco del ciclo hidrológico. El decreto reglamenta la estructura de planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas del país, por parte de las autoridades ambientales competentes y las diferentes entidades y actores responsables de su formulación e implementación y ejecución

Decreto 1480 de 2007: Por la cual se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas. Con el objetivo que las autoridades ambientales competentes inicien su proceso de ordenación y de manejo y de que las entidades territoriales adopten las medidas necesarias para prevenir y mitigar los factores de riesgo, se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de las cuencas hidrográficas.

Artículo 10 de la ley 388 de 1997: “*Determinantes de los planes de ordenamiento territorial*”. En la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial los municipios y distritos deberán tener en cuenta estas determinantes, que constituyen normas de superior jerarquía, en sus propios ámbitos de competencia, de acuerdo con la Constitución y las leyes: Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.

“El Artículo 25 del Decreto 1729 de 2002 prevé la elaboración por parte del IDEAM de una Guía Técnico Científica que permita a las Autoridades Ambientales competentes o la Comisión Conjunta, según el caso, desarrollar las fases establecidas para la ordenación de cuencas hidrográficas en el país.

Este proceso de planificación está precedido por el ejercicio de clasificación y priorización de cuencas en el área de jurisdicción de las respectivas Corporaciones Autónomas Regionales o Autoridades Ambientales con base en criterios y parámetros establecidos por el IDEAM en su Resolución No. 104/2003, que considera la discusión y construcción colectiva con participación de Corporaciones Autónomas Regionales, entidades académicas, organizaciones no gubernamentales, institutos de investigación del orden nacional y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.”

3 DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Mediante la investigación realizada para la ejecución de este proyecto se determinaron como parámetros de caracterización morfométrico de la red de drenaje del municipio de California los siguientes: Dimensión, relieve, red de drenaje.

- Las características dimensionales son:
Área (A), Perímetro (P), Mayor ancho (L), corresponde a la largura total del río (Cr), longitud de los cauces de cada orden, densidad de drenaje (**Dd**), mayor largura (**C**).
- Forma: La forma se define mediante los valores de k_f para determinar la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca. (Horton, 1945)
- Relieve: El relieve en la caracterización de cuencas es quien nos indica hacia donde corren los afluentes que la conforman, los puntos a caracteriza para el relieve de la red de drenaje del municipio de california son: pendiente (**S**), curva hipsométrica, parámetros relativos al perfil [(cota mayor del cauce (**CMc**), cota menor del cauce (**Cmc**)] pendiente promedio del cauce (**S0**), longitud del cauce principal (**Lc**), longitud del cauce hasta la divisoria (**Lf**).

Las características del relieve son:

Amplitud altimétrica (H)

Razón de relieve (Rr)

Razón de relieve relativo (Rrl)

La caracterización del relieve se realizó tomando como base lo determinado por (Strahler, Geomorfología cuantitativa, Enciclopedia de geomorfología , 1958), (Jardi, 1985), (Strahler, 1952), (Schumm, 1956).

- Red de drenaje

Las características de la composición de la red de drenaje (Franca, 1968) son:

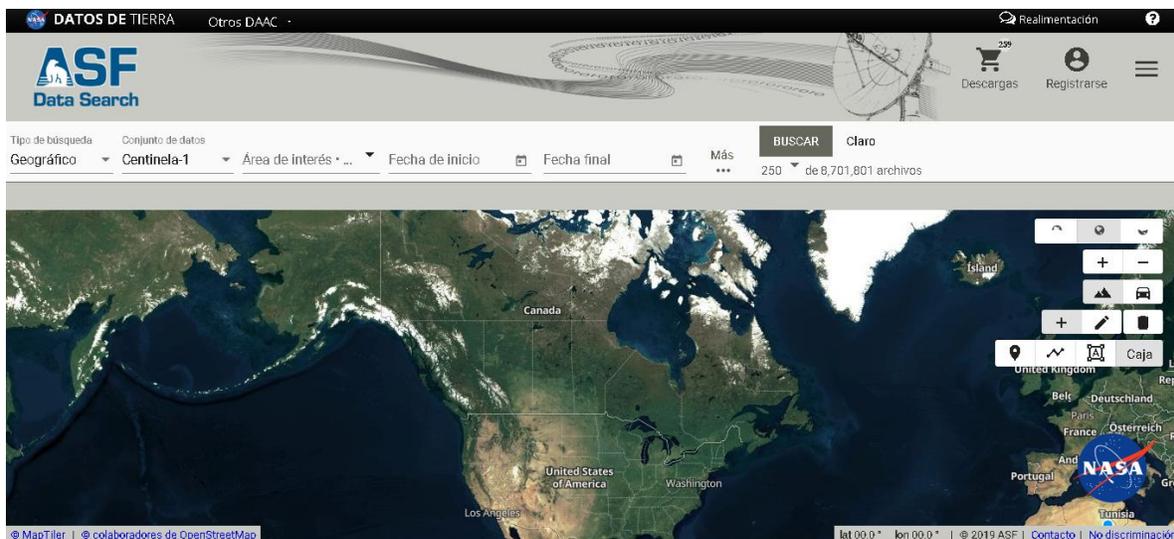
Orden de ramificación o magnitud (w), Número de segmentos de ríos (N), Largura total de segmentos de ríos (Ctw), Razón de larguras totales (Rlw), Largura media de ríos (Cm), Densidad de drenaje (Dd), Frecuencia de ríos (F), Razón de textura (T), Extensión del recorrido superficial (Eps).

Para la caracterización de la red de drenaje se tuvo en cuenta (Horton, 1945), modificado por (Strahler, Análisis cuantitativo de la geomorfología de cuenca, 1957), (Franca, 1968), (Smith, 1950), (Jardi, 1985), (Horton, 1945).

Desarrollo de la caracterización

Se buscó los datos Raster DEM necesarios para el análisis del proyecto mediante la ayuda de plataformas digitales para uso de investigación en imágenes satelitales, de allí se indagó que imágenes servirían para iniciar el procesamiento de los datos a través del software de ArcGIS 10.1, se encontraron los mejores datos Raster DEM en el Centro de Archivo Activo Distribuido (DAAC) de la NASA's instalación de satélites de Alaska (ASF) (NASA's Alaska Satellite Facility (ASF) Distributed Active Archive Center (DAAC)) en su plataforma digital (<https://search.asf.alaska.edu/>) donde se descargó un dato Raster DEM con pixeles de precisión 12,5 metros por 12,5 metros que fueron tomados por el satélite ALOS PALSAR.

Figura 2. Plataforma EARTHDATA (ASF)

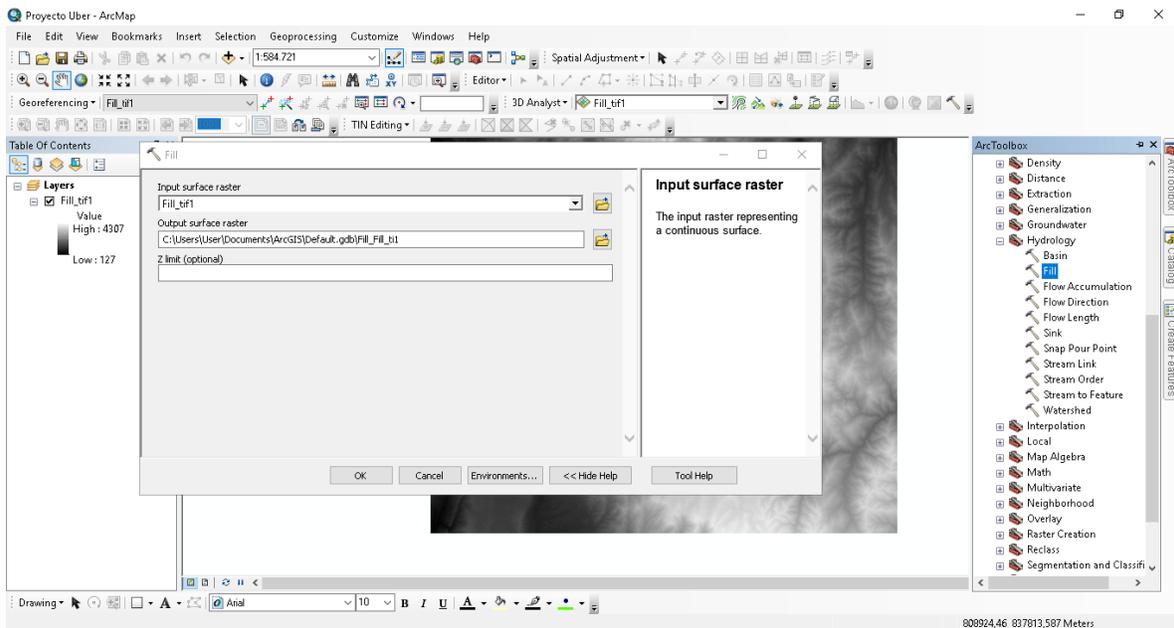


Posterior se creó un archivo de datos en ArcGIS, donde se analizará los datos recolectados de la investigación en el marco de datos (Data Frame) predeterminado que da el programa o se insertará un nuevo marco de dato; se le dará clic derecho sobre el marco de datos y elegiremos la opción propiedades, donde se abrirá una ventana y nos dirigiremos al sistema

de coordenadas (Coordinate System) y buscaremos el sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zone_18N o escribiremos en el buscador el ID de ese sistema de referencia que es 32618.

Luego se utilizaron los datos Raster DEM, para el análisis de la red hidrográfica del municipio de California delimitado por el polígono del área del municipio y así comenzando por analizar el Raster, primero para mejorar la exactitud en los datos de salida se utilizó la herramienta Resample (Remuestreo), para mejorar la calidad del pixel del Raster ya que como se cortó se reduce un poco su calidad aunque teóricamente queda de 12,5X12,5 metros la precisión es poco menor, para eso se utiliza la herramienta antes nombrada y se mejora el pixel de un rango de 12,5X12,5 metros a 5X5 metros haciendo que el Raster mejore su calidad, enseguida se utiliza la herramienta Fill (rellenar) para rellenar las imperfecciones que tendría la cuenca en el Raster DEM.

Figura 3. Herramienta Fill (rellenar)



Luego se utiliza la herramienta Flow direction (dirección del flujo) para analizar la dirección del flujo del raster Fill y seguidamente se utiliza la herramienta Flow Accumulation (Flujo acumulado) que se usa para analizar la dirección del flujo y de como respuesta donde se acumula el flujo en la cuenca.

Figura 4. Análisis dirección del flujo

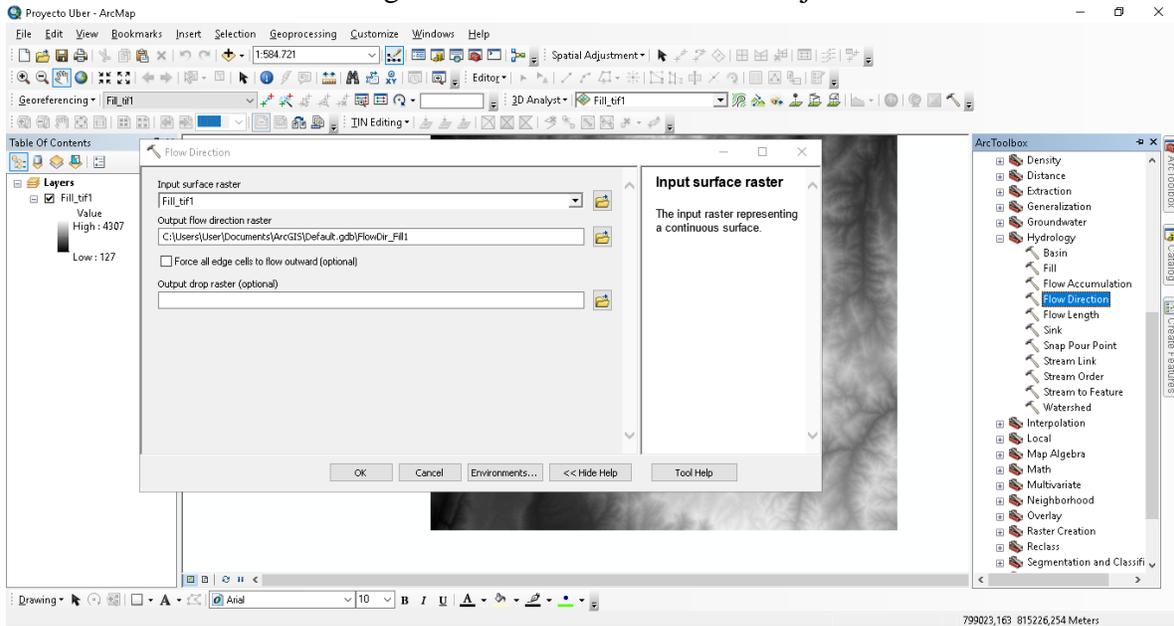
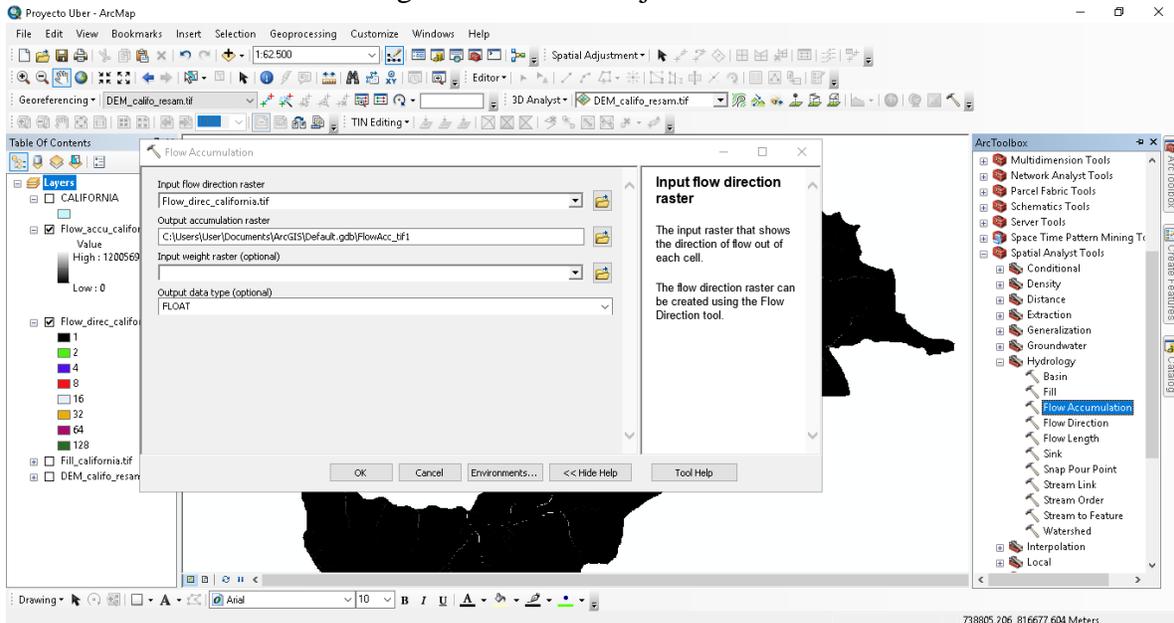


Figura 5. Analisis flujo acumulado



Posteriormente se creó un Shapefile de puntos el cual se agrega su sistema de coordenadas que es WGS_1984_UTM_Zone_18N, esto se realiza en el catalogo (catalogo) dando clic derecho en la carpeta donde se guardan los datos buscaremos la opción New (nuevo) esto

abrirá otro catálogo de opciones y se selecciona Shapefile, luego se edita el Shapefile y con ayuda de la herramienta Create Features se agregará un punto donde se analizará la cuenca hidrográfica del municipio, después se utiliza la herramienta Snap Pour Point, para intersectar el punto emisor que sería el punto que se creó para analizar la cuenca y el flujo acumulado, posteriormente se utiliza la herramienta Watershed (Cuenca) que delimitará la cuenca.

Figura 6. Crear shapefile

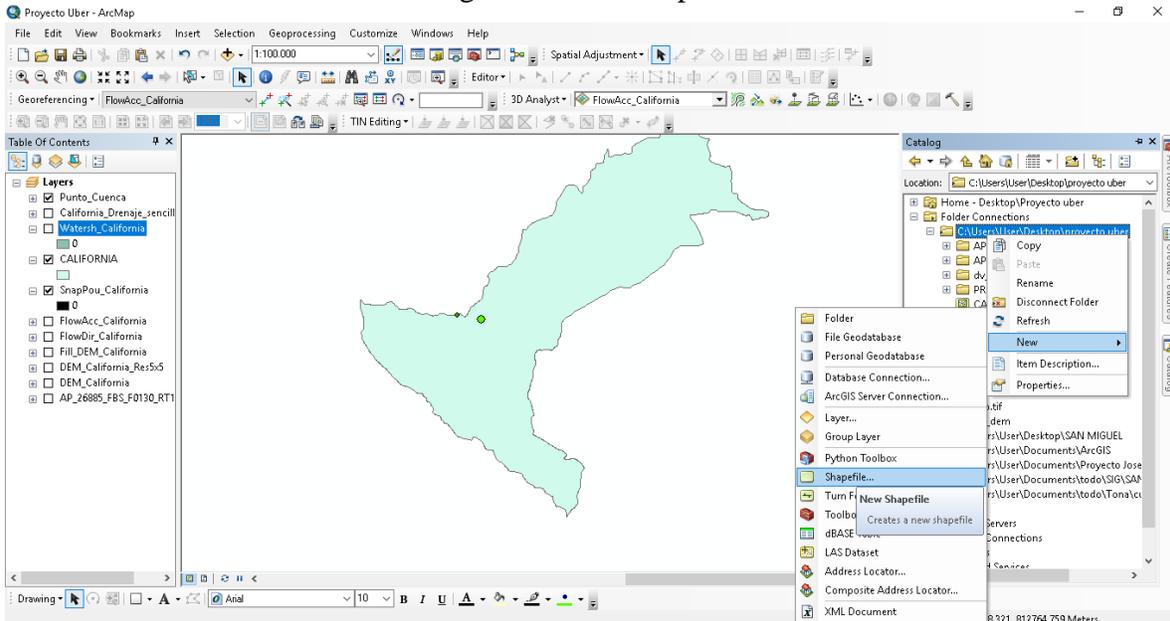


Figura 7. Sistema de coordenadas

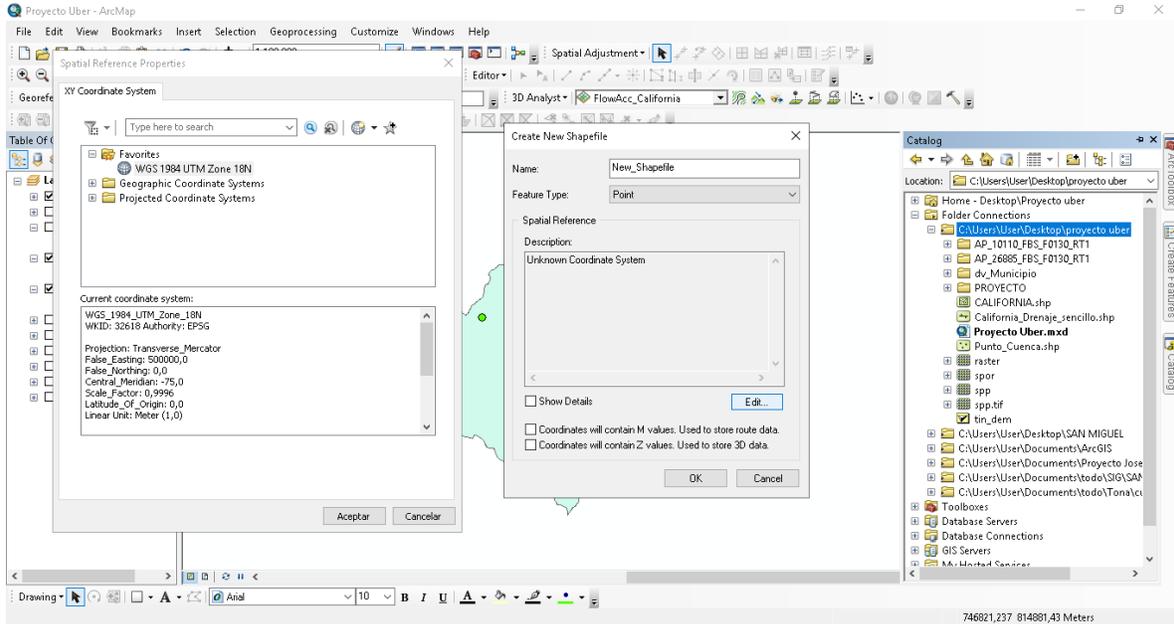


Figura 8. Crear punto de intersección

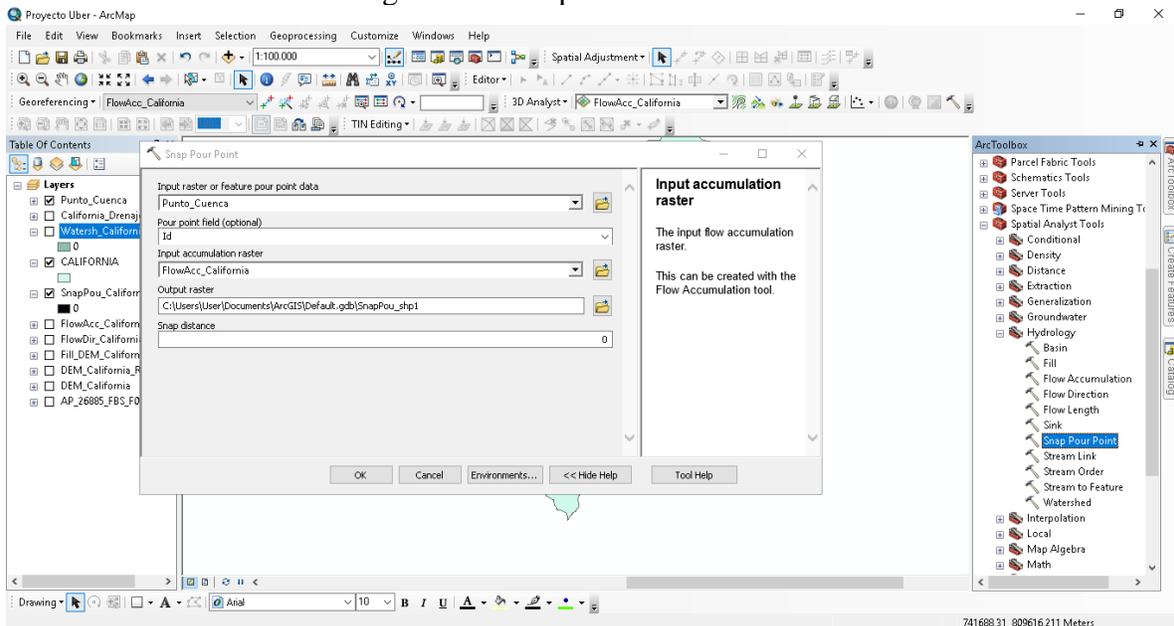
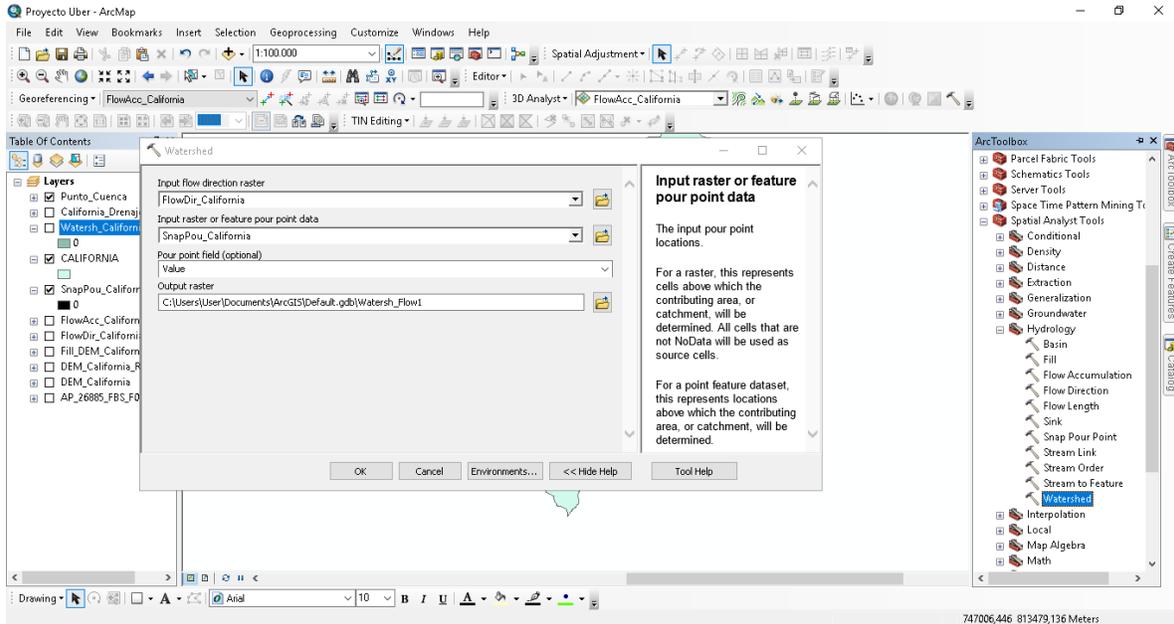
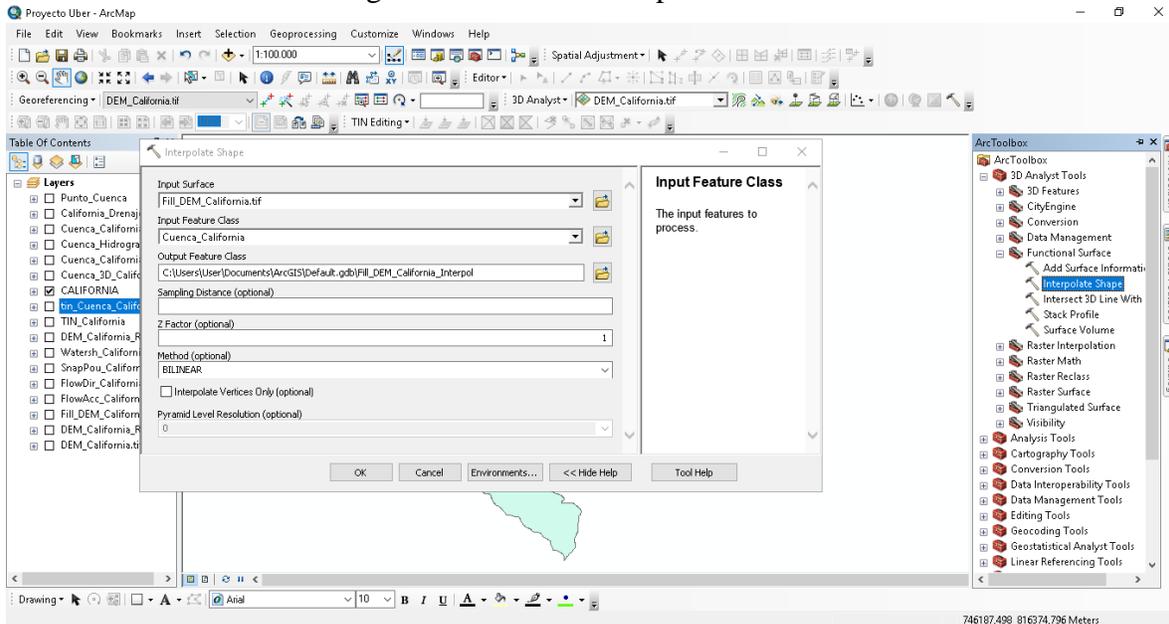


Figura 9. Análisis Cuenca Hidrográfica



Seguientemente se utiliza la herramienta Raster to Polygon, para convertir el raster de la cuenca hidrografica del municipio en poligono de la cuenca y asi poder calcular el area, perimetro, Y centroide y X centroide de la cuenca hidrografica que hace parte del municipio de California , continuamente se utiliza la herramienta interpolate Shape, para poder convertir el Shapefile de 2D a 3D y asi calcular cota maxima, minima y media de la cuenca. Con el shapefile de la cuenca hidrografica se prosede a cortar el DEM del municipio y haci dejar el area de la cuenca que hace parte del municipio.

Figura 10. Convertir Shapefile 2D a 3D



Se crea un archivo TIN de la cuenca hidrográfica a partir del DEM (modelo de elevación digital) para calcular área entre curvas de nivel, con la herramienta Reclassify (Reclasificar) se reclasifica los intervalos de alturas del Raster de la cuenca, para después calcular el área que tiene cada intervalo de altura con la herramienta Zonal Statistics as table que dará una tabla con las áreas entre curvas de la cuenca hidrográfica, también se puede hacer este mismo análisis convirtiendo el Raster reclasificado de la cuenca a polígono con la herramienta Raster to polygon, para calcular la altura más frecuente y altura más frecuente media. Posteriormente se utilizó la herramienta slope, para el análisis de la pendiente promedio de la cuenca y a este análisis reclasificando poder calcular los parámetros de pendiente de cuenca promedio con la herramienta Zonal Statistics as table.

Figura 11. TIN

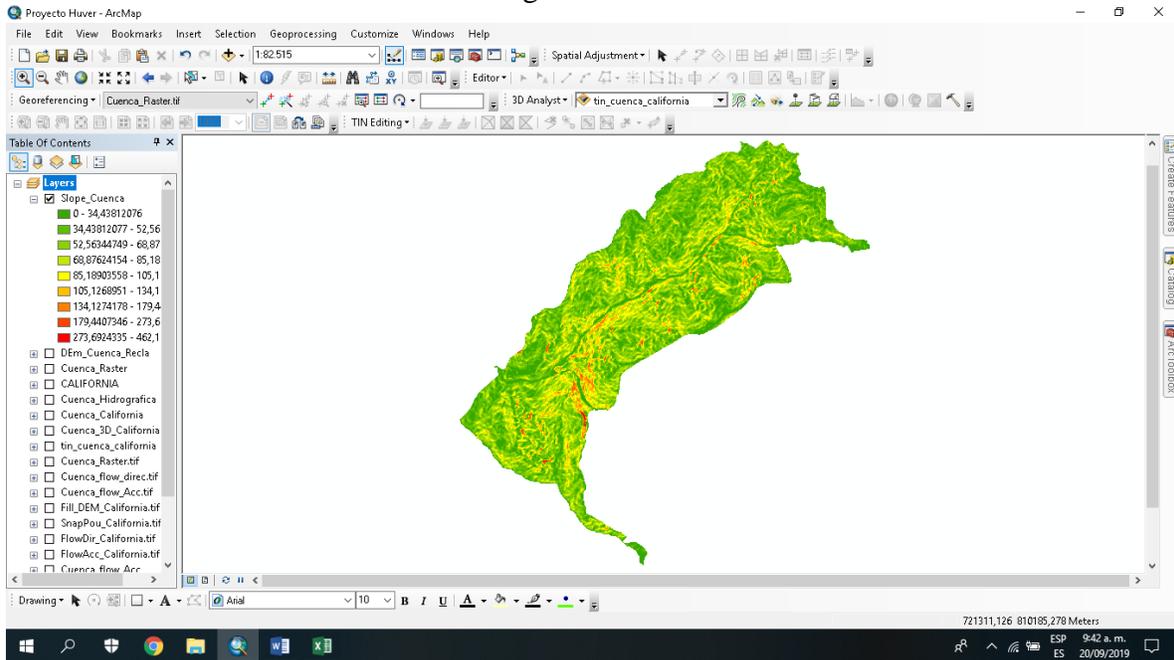
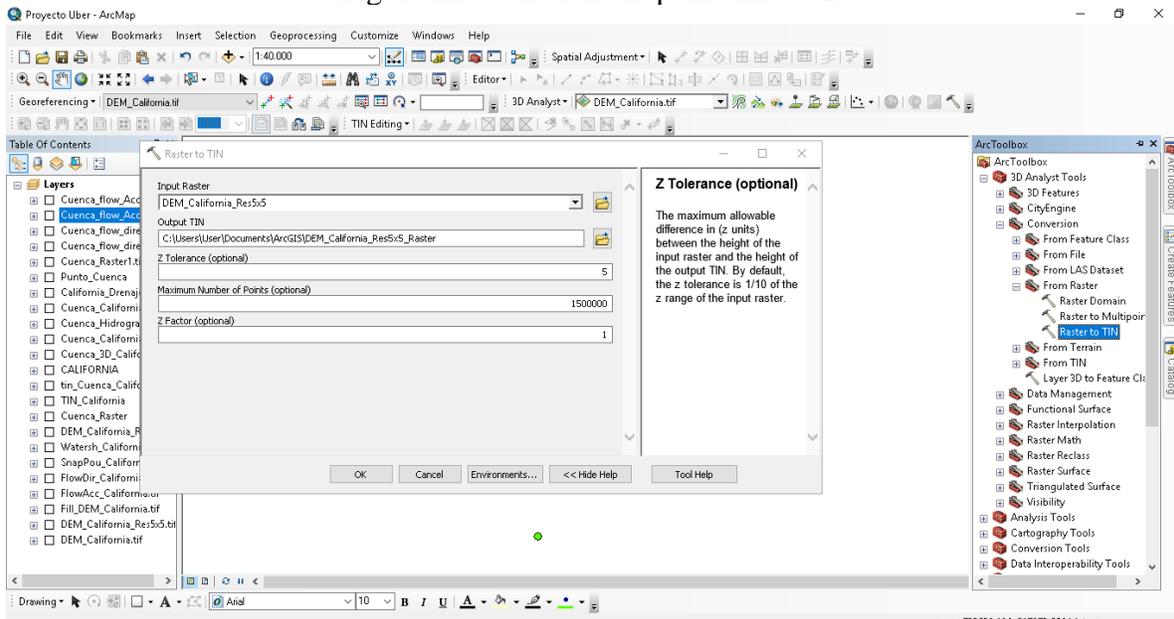


Figura 12. Convertir Shapefile 2D a 3D

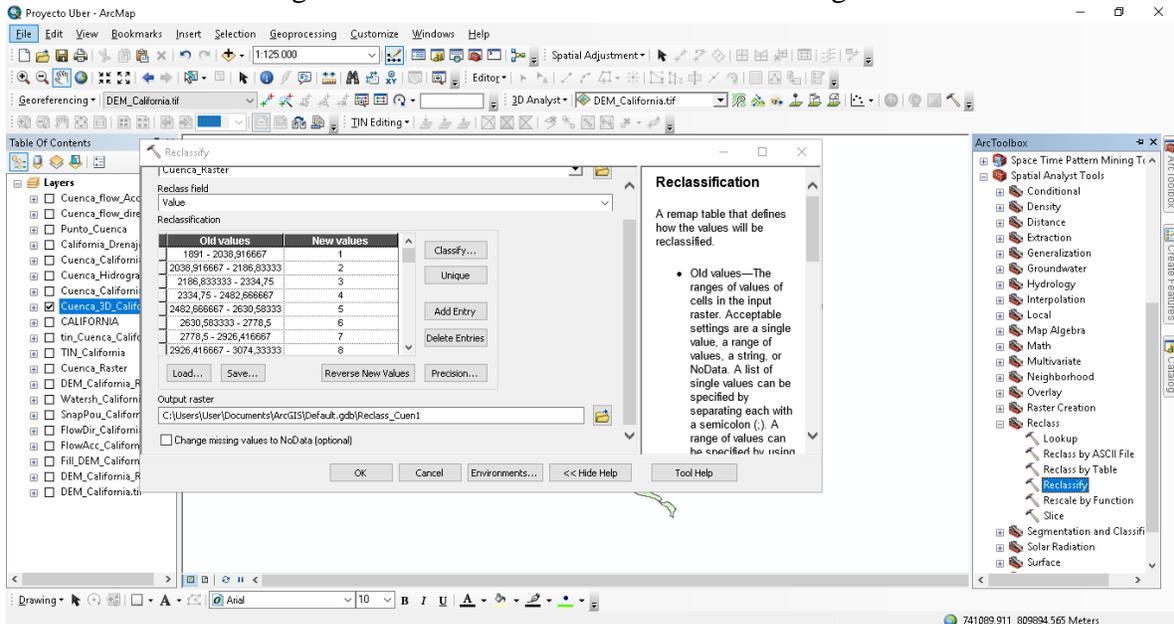


ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

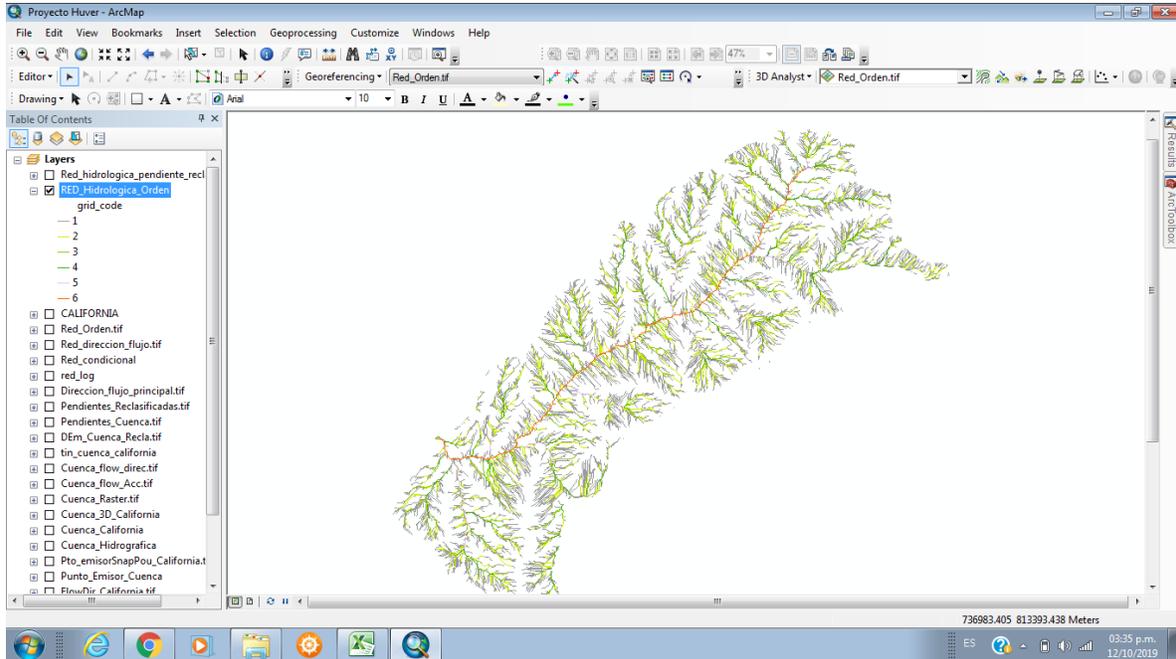
Figura 13. Reclassificar Raster Cuenca Hidrográfica



Se procede a crear un archivo excel donde se recopilara la informacion recolectada de los analisis anteriores en una tabla de datos, para analizar la curva hipsometrica, frecuencia de altitudes y porcentaje de pendiente promedio de la cuenca, y asi crear la grafica de curva hipsometrica y frecuencia de altitudes, mientras que el porcentaje de pendiente promedio se realizo sus respectivos calculos.

Luego se analizo la longitud mas larga del flujo con la herramienta flow length que da el resultado estimando de la longitud de maximo recorrido de la cuenca iniciando desde el punto mas bajo de la cuenca hasta el punto mas alto del cauce principal. Con esto se procedio a hallar el orden de los rios usando la herramienta Raster Calculator

Figura 14. Orden De Ramificacion



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

4. RESULTADOS

El resultado en la primera fase del análisis da los Raster de dirección de flujo, acumulación de flujo, cuenca hidrográfica.

Figura 15. Dirección del flujo (Flow Direction)

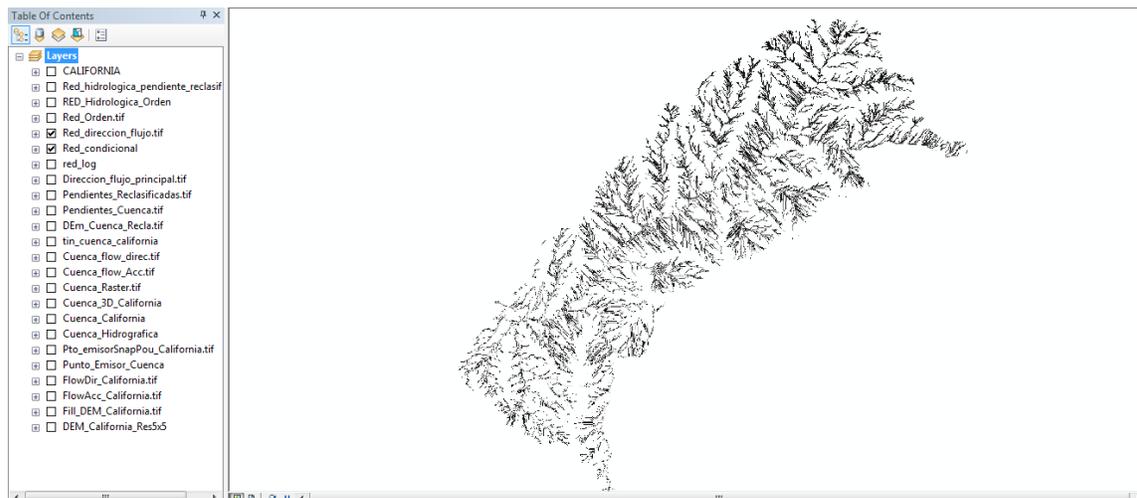


Figura 16. Acumulación de flujo (Flow Accumulation)

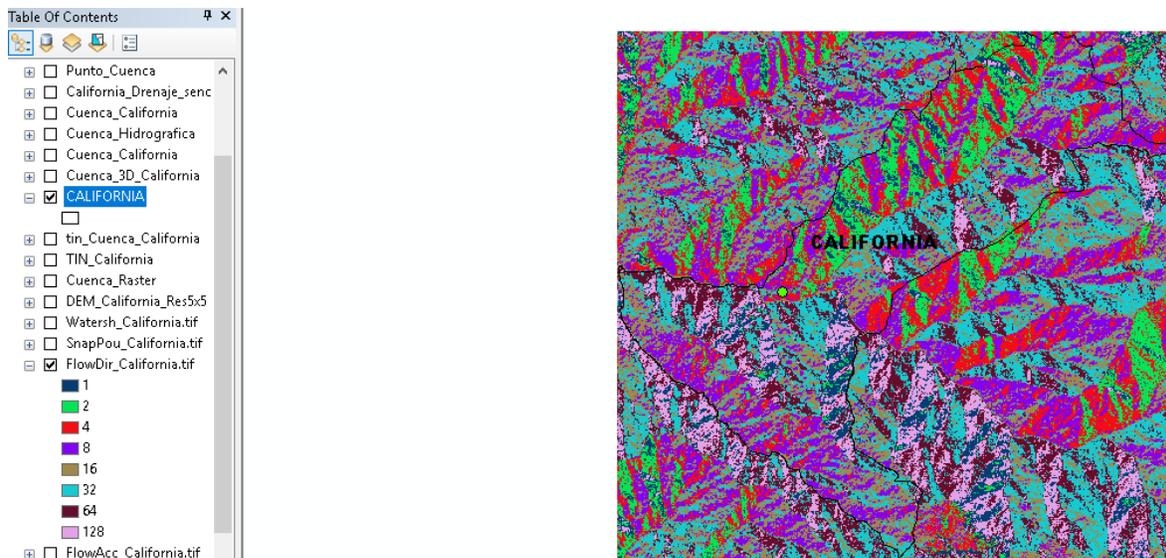


Figura 17. Cuenca Hidrográfica

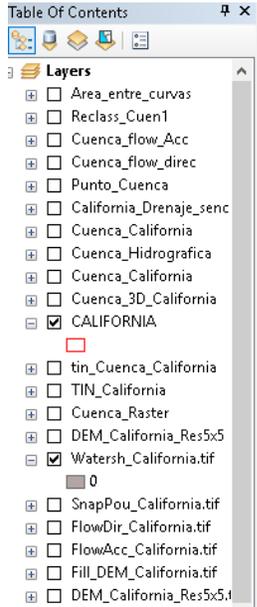
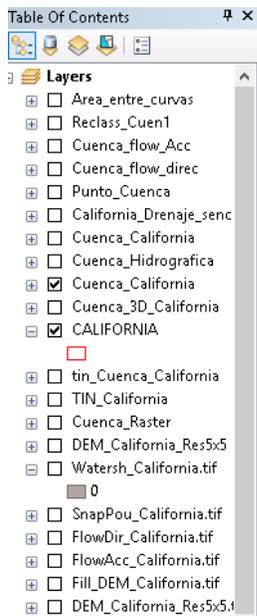


Figura 18. Cuenca Hidrográfica California



A continuación de los resultados se calculó el área, perímetro, Cota máxima, Cota mínima, Z Centroide, Y Centroide y X Centroide.

Tabla 2. Resultados Relativos al Relieve

Resultados	
Área	33471296,814 m ² o 33,471 km ²
Perímetro	39874,883701 m
Cota Máxima	3665,665 msnm
Cota Mínima	1890,9998 msnm
Z Centroide	2886,77338037 msnm
X Centroide	729872,716966 m
Y Centroide	814362,970377 m
Altitud Máxima	3666 msnm
Altitud Mínima	1891 msnm
Altitud Media	2886,77338 msnm
Altitud más Frecuente	2692,19647 msnm
Altitud más Frecuente 1/2	2760,21587 msnm

Figura 19. Longitud De La Cuenca

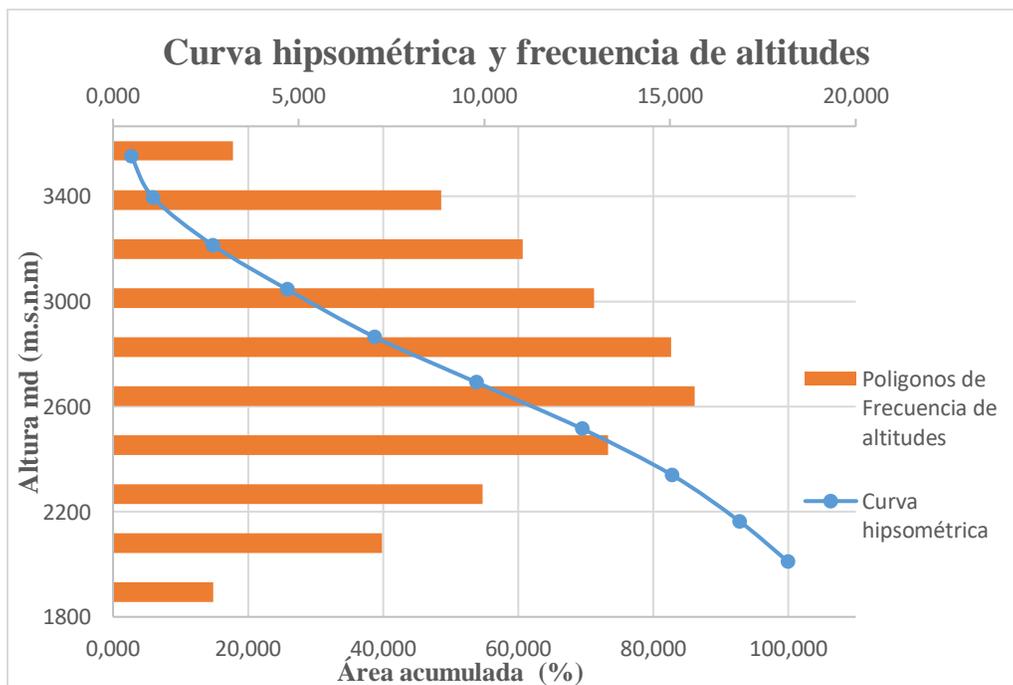
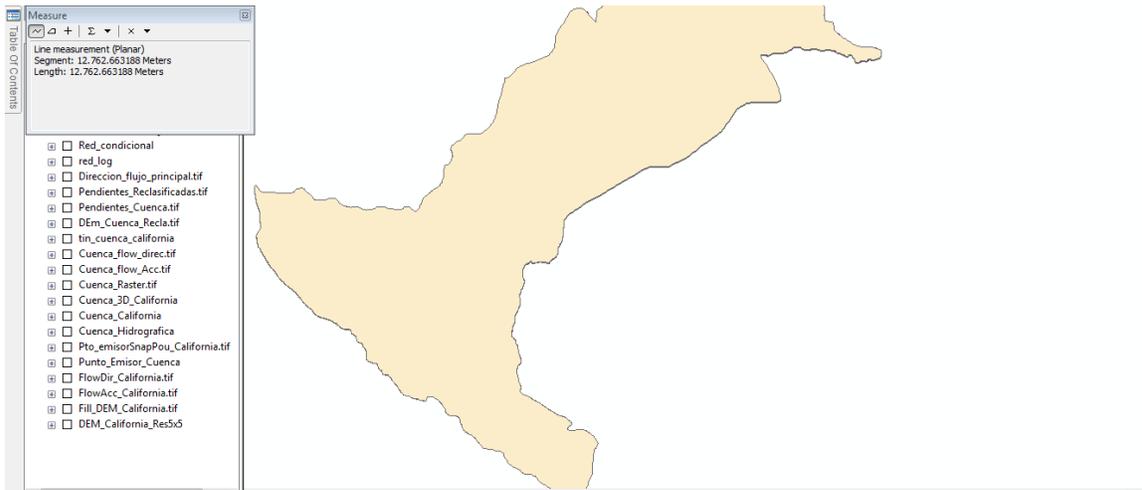


Tabla 3. Curvas de Nivel

ALTURAS CARACTERISTICAS CUENCA				
VALUE	Altura Mínima (msnm)	Altura Máxima (msnm)	COUNT (conteo de zonas)	Área
1	1891	2068	36218	905450
2	2069	2246	96945	2423625
3	2247	2423	133203	3330075
4	2424	2601	178582	4464550
5	2602	2778	209758	5243950
6	2779	2956	201168	5029200
7	2957	3133	173517	4337925
8	3134	3311	147710	3692750
9	3312	3488	118412	2960300
10	3489	3666	43335	1083375
Σ de Áreas =				33471200

Tabla 4. Área entre cotas de la red hidrográfica

ALTURAS CARACTERISTICAS CUENCA			
VALUE	Área en %	Área Acumulada	Área Acumulada%
1	2,71	33471200	100
2	7,24	31047575	92,75
3	9,95	27717500	82,81
4	13,34	23252950	69,47
5	15,67	18009000	53,80
6	15,03	12979800	38,78
7	12,96	8641875	25,82
8	11,03	4949125	14,79
9	8,84	1988825	5,94
10	3,24	905450	2,71

Tabla 5. Alturas características de la red hidrográfica

ALTURAS CARACTERISTICAS CUENCA			
VALUE	STD	SUM	Altura Media
1	40,6748455	72772991	2009,30452
2	50,4808913	209786105	2163,97034
3	51,83194	311590395	2339,21454
4	50,9961033	449203460	2515,39046
5	51,3024144	564709748	2692,19647
6	51,6003849	576209425	2864,3195
7	51,5548171	528435812	3045,44115
8	51,7127525	474691271	3213,67051
9	50,225321	402040601	3395,26907
10	46,2621127	153921990	3551,90931

STD= Desviación Estándar (Standard Deviation)

<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/cell-statistics.htm>

SUM= Calculo del valor total de todas las celdas en el Raster de valores que pertenecen a la misma zona que la celda de salida

CNT= Cantidad

Tabla 6. Pendiente Cuenca

PENDIENTE CUENCA					
VALOR	Intervalo Mínimo	Intervalo Máximo	Promedio Intervalo	Conteo de Pendientes	Zonas de Intervalo
1	0	10	5	425809	2129045
2	10	20	15	810183	12152745
3	20	30	25	90737	2268425
4	30	40	35	8958	313530
5	40	50	45	2157	97065
6	50	60	55	480	26400
7	60	70	65	225	14625
8	70	80	75	144	10800
9	80	90	85	116	9860
10	90	100	95	39	3705
Σ =				1338848	17026200

$$\text{Pendiente promedio de la cuenca: } \frac{\Sigma \text{ Zonas de Intervalo}}{\Sigma \text{ Conteo de Pendientes}} = 12,72$$

Tabla 7. Red Hídrica

RED HÍDRICA			
No. ORDEN	ORDEN Conteo	Valor Medio	Zonas de No. ORDEN
1	123838	1,72489866	213608
2	38752	1,64203138	63632
3	11727	1,53466636	17997
4	6287	1,34372515	8448
5	2717	1,19617225	3250
6	2219	1,02208202	2268
$\Sigma=$	185540	$\Sigma=$	309203

$$\text{Pendiente promedio de la red hídrica (\%): } \frac{\Sigma \text{ Zonas de No.ORDEN}}{\Sigma \text{ ORDEN Conteo}} = 1,67$$

Longitud Cuerpo Principal: 11814,8

Tabla 8. Clasificación De Los Segmentos De Rio

No. ORDEN	Cantidad de Orden (SEGMENTO)	SUMA LONGITUD (m)
1	5543	521933,9758
2	2601	168891,294
3	1063	52292,82337
4	758	28176,44384
5	405	12573,83714
6	1	10037,4098
	10371	793905,784

Longitud total de los segmentos (Ctw): 793905,784 m - 793,905784 Km

Numero de segmentos de ríos (N): 10371

Orden de ramificación (W): Orden 1, 2, 3, 4,5 y 6

Tabla 9. Resultados De Características De Relieve Y Características De Patrón De Drenaje

RED HIDRICA	
Pendiente del cauce principal (%)	15,02
Densidad del drenaje	0,0237
Razón del relieve	0,1502
Razón del relieve relativo	0,0445
Amplitud Altimétrica	1775
Frecuencia de Ríos	0,000323083
Razón de Textura	0,2712
Extensión de recorrido superficial	0,02108

Aplicando la formula de k_c , para calcular la forma de la cuenca se obtuvo un resultado de 1.95, lo que indica según la tabla que esta red hidrografica tiene una forma: De Oval Oblonga a Rectangular Oblonga.

Aplicando la formula k_f , de Horton se obtuvo un valor $k_f=0,205$, teniendo en cuenta que es menos de la unidad indica que no forma grandes crecidas con lluvias torrenciales.

Figura 20 DEM Cuenca Hidrografica

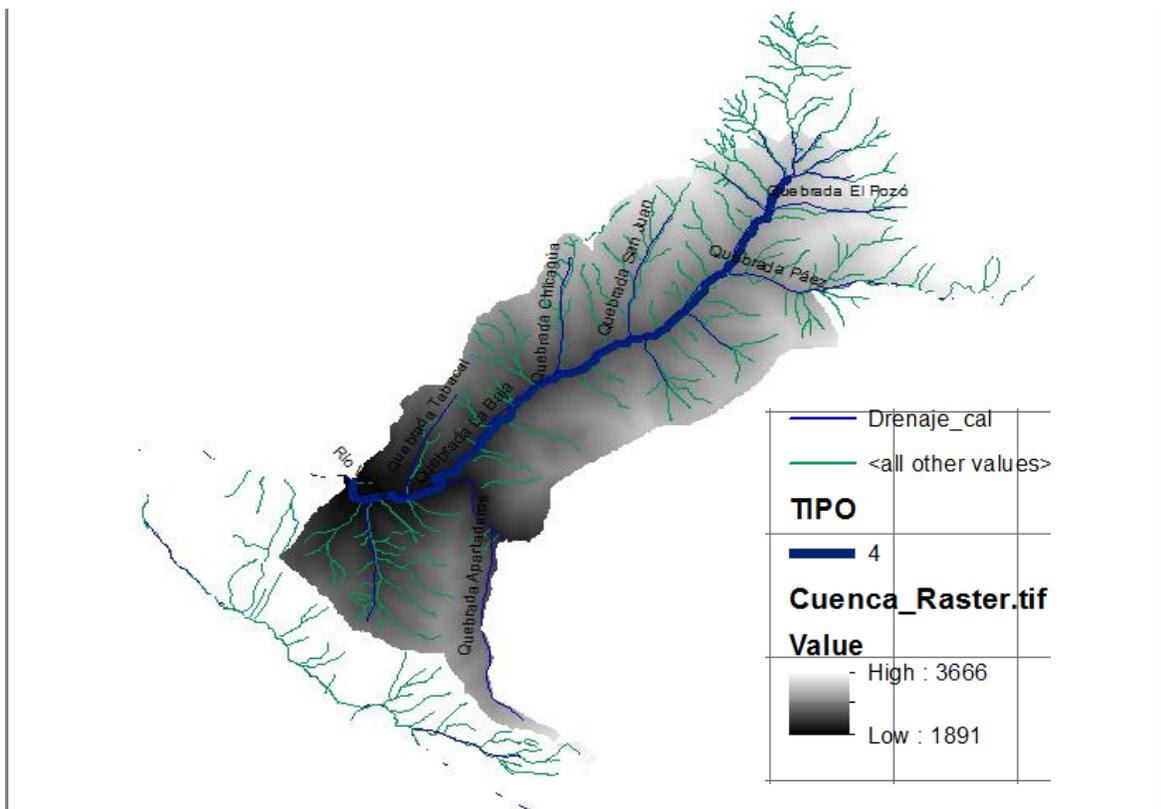


Figura 21. TIN Cuenca Hidrográfica

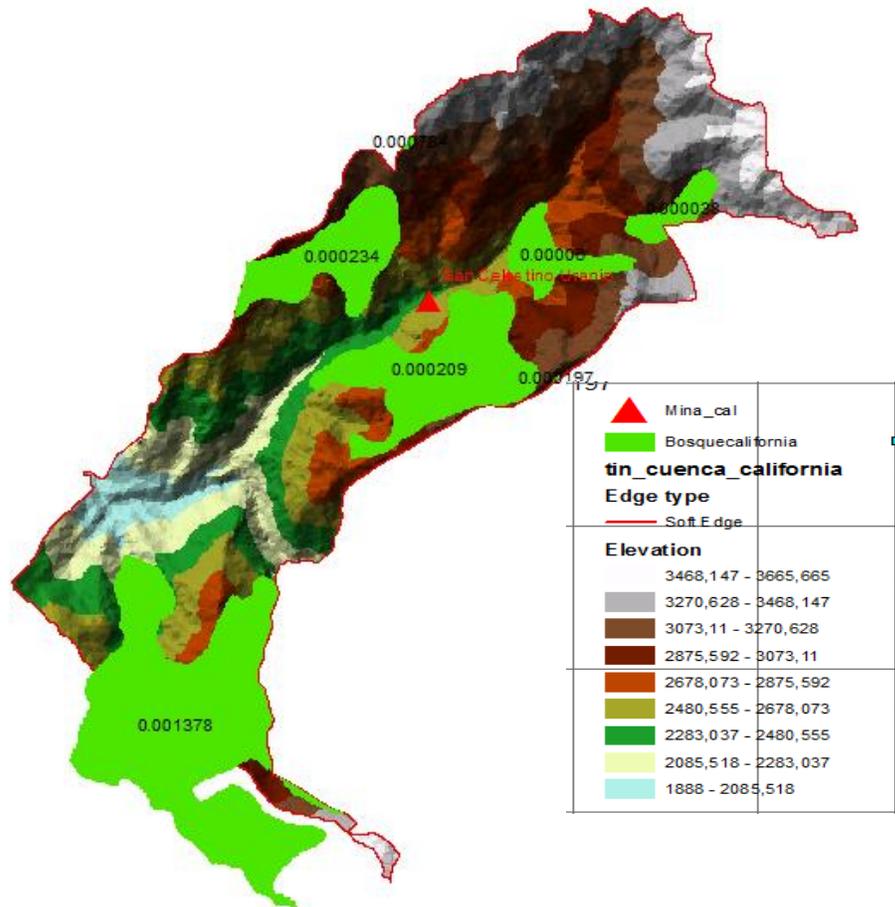


Figura 22.Red Hidrológica

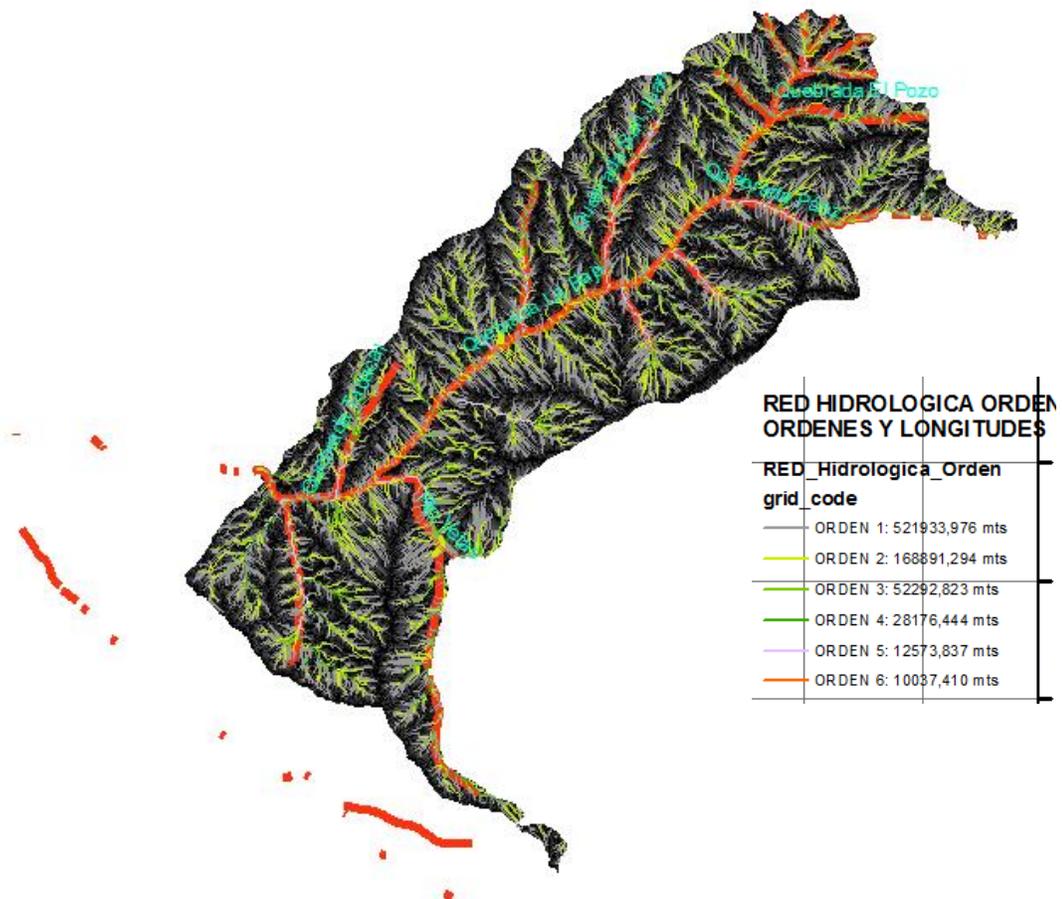


Figura 23. Dirección Flujo Principal

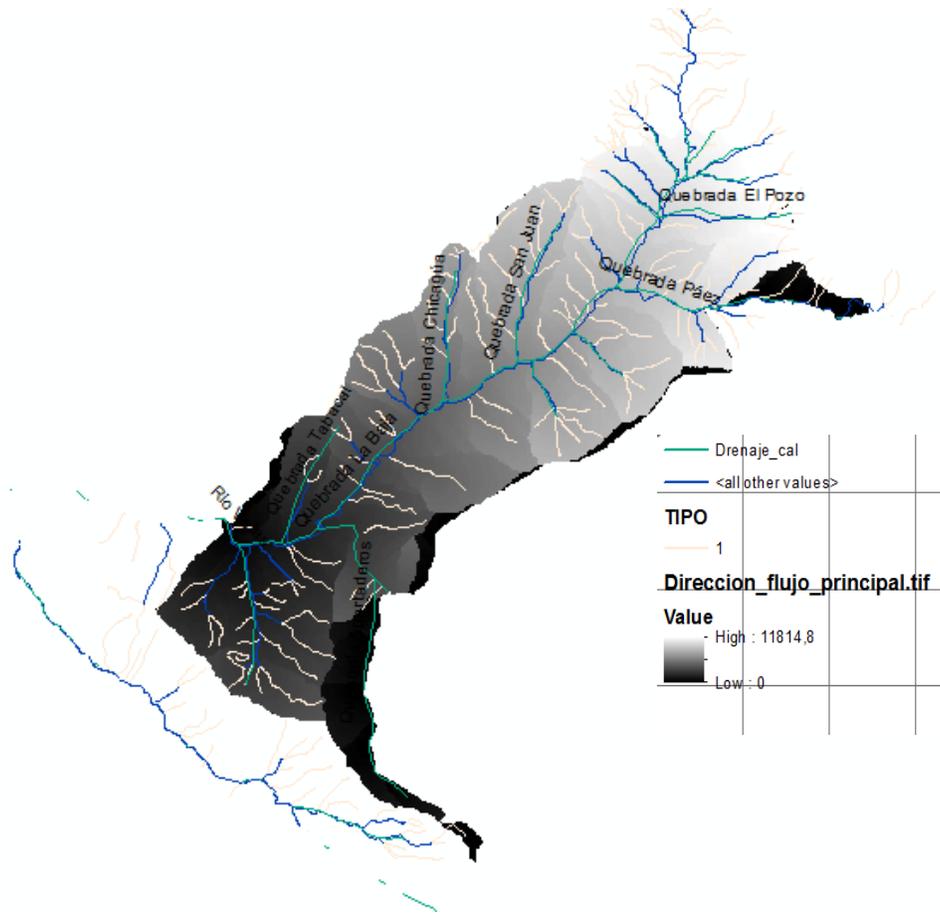


Figura 24. Mapa dirección de flujo

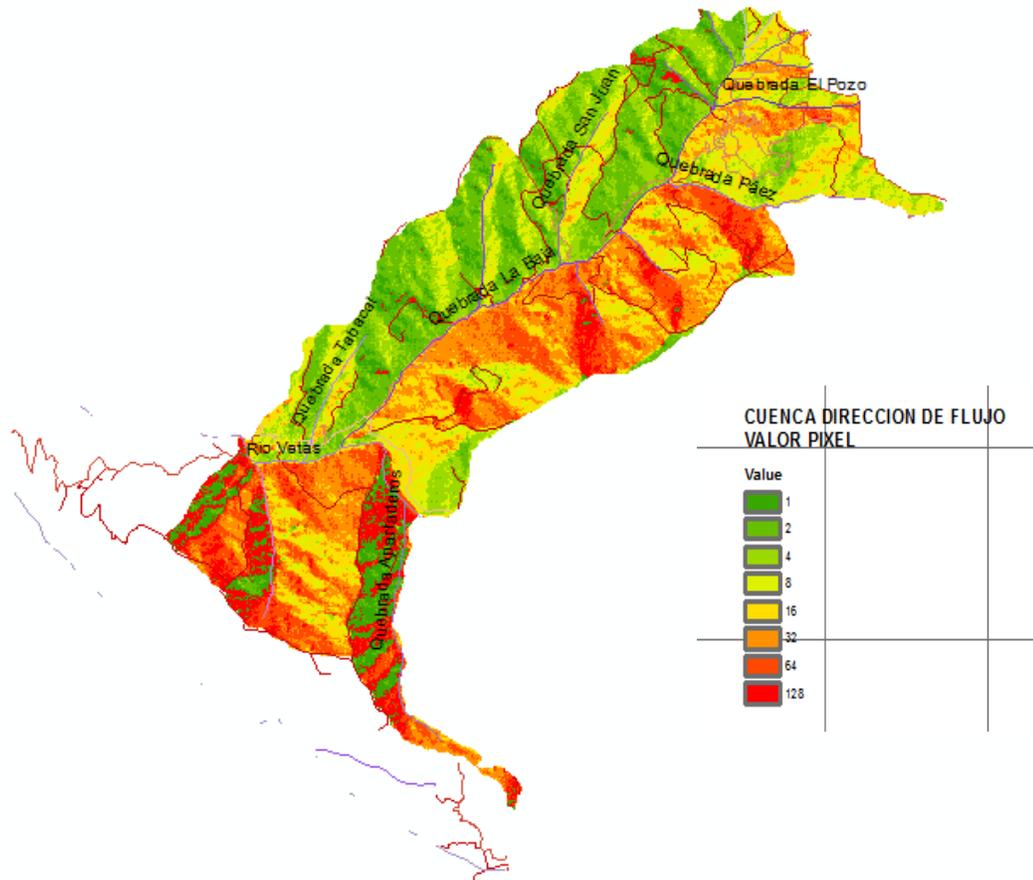


Figura 25. Cuenca Alturas

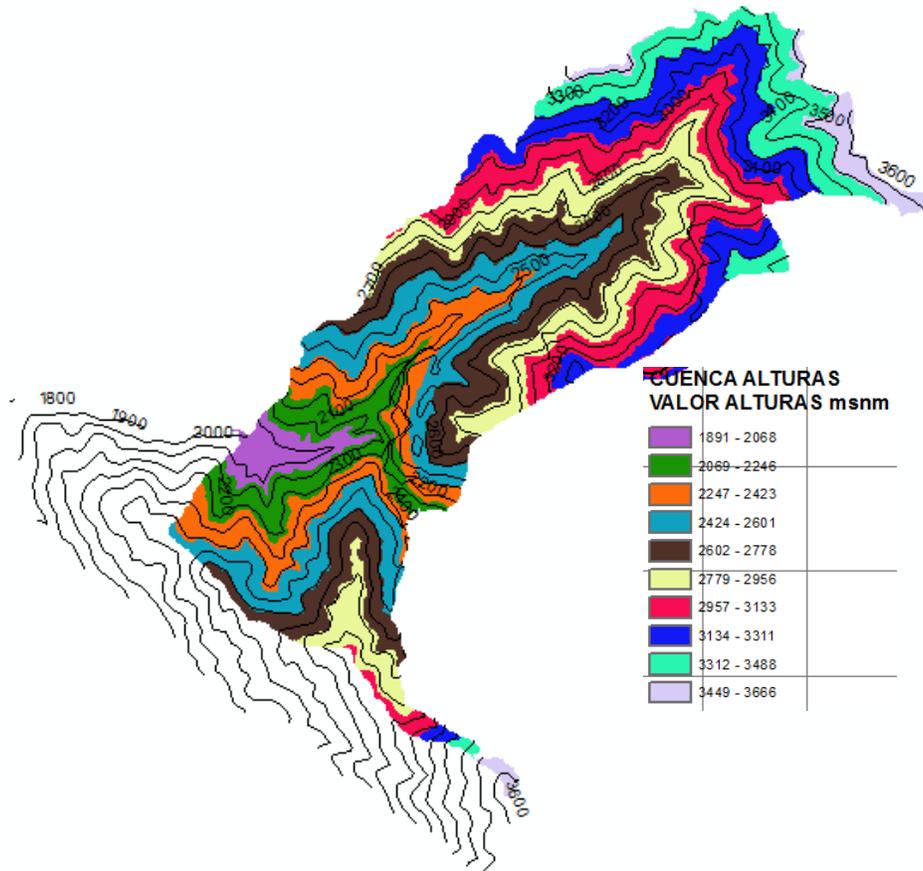
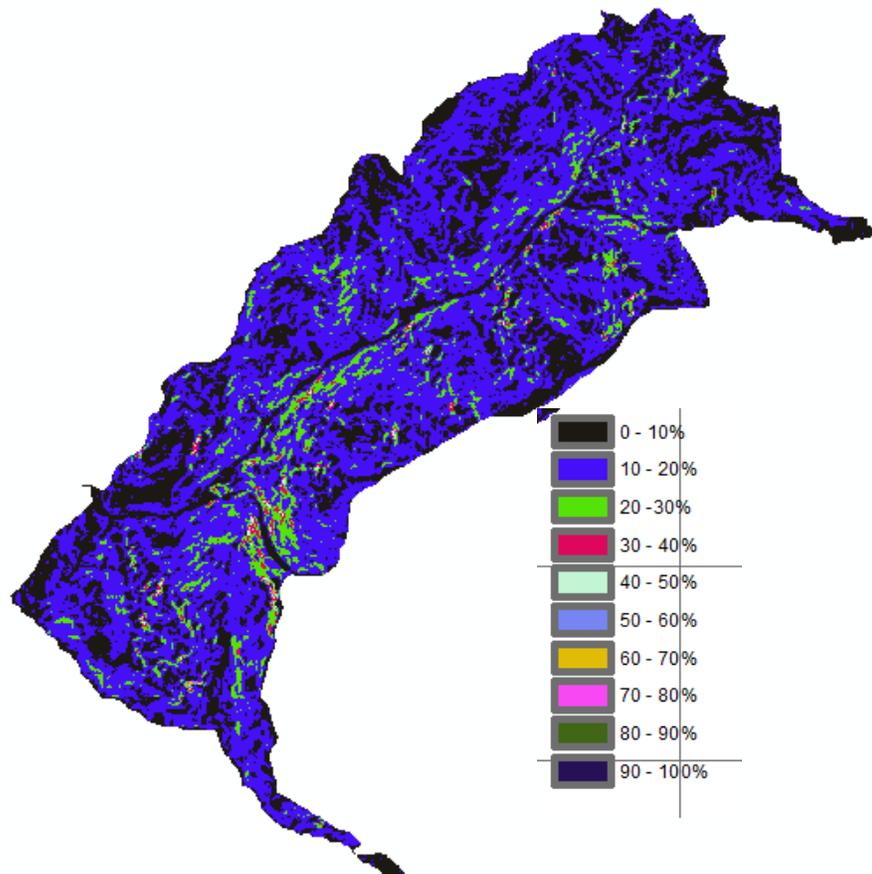


Figura 266. Intervalo de pendientes



5 CONCLUSIONES

Se caracterizó la morfometría de la de la red hidrográfica en el municipio de California, aplicando la herramienta Arcgys, en base a los parámetros de varias de sus características morfológicas, como la Dimensión, relieve, red de drenaje.

La recopilación y el procesamiento de antecedentes de otras cuencas, la toma de datos de información secundaria e información cartográfica suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi permitieron elaborar una base de datos cartográfica temática digital caracterizando ambientalmente el área.

En el análisis de las variables se identificó:

Las características dimensionales de la red hidrográfica del municipio de California presenta, una área de 33.471 km², un perímetro de 39.8 Km, pendiente promedio de 12,2 %, siendo considerada de orden 6° de magnitud.

Al emplear la fórmula de kc, para calcular la forma de la cuenca se obtuvo un resultado de 1.95, lo que indica según la tabla que esta red hidrográfica tiene una forma: De Oval Oblonga a Rectangular Oblonga.

Se define que esta red hidrográfica no es propensa a formar grandes crecidas frente a lluvias torrenciales puesto que el factor de forma de Horton (kf) representa menos de la unidad (1).

Con base en el análisis de las variables de relieve se identifica que el flujo de la red hidrográfica en este municipio vierte sus aguas a la microcuenca del río vetas y que este pertenece a la cuenca del río Lebrija, por tanto al llegar a una explotación minera a gran escala en este municipio se afectaría de forma directa la calidad del agua que fluye en este sistema hídrico del cual depende el municipio de Bucaramanga.

6 RECOMENDACIONES

Para conocer los límites de una cuenca no solo se necesita conocer zonas de mayor elevación, sino conocer como fluye el agua, teniendo en cuenta las elevaciones del terreno, considerando el análisis para flujo superficial. Gracias a esto se puede conocer el nacimiento de ríos que comprende cada cuenca y con ello obtener información que permita determinar características geomorfológicas de las cuencas. Para ello se cuenta con la herramienta ArcGis como las ArcHydro las cuales calcularan la dirección del flujo y la acumulación del flujo para poder luego delimitar la cuenca.

La morfometría de las cuencas es útil ya que permite el estudio de la semejanza de los flujos de diferente tamaño con el propósito de aplicar los resultados de los modelos elaborados en pequeña escala a prototipos de gran escala, al realizar una caracterización esta está orientada a inferir posibles picos de crecidas en el caso de tormentas, cuyas repercusiones de tipo socioeconómico motivan especial atención tanto a la hora de utilizar y/o ocupar el territorio, como en el momento de definir medidas de tipo estructural para el control de crecidas excepcionales.

Al realizar una cartografía de la red hidrográfica del municipio de California sirve como apoyo para la actualización de los datos del POMCA manejados por la AMB.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides Mora, V., Tarlé Pisarra, T., & Galbiatti, J. A. (2009). Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo, departamento Nariño. *Revista Ingeniería e investigación* , 5.
- Franca. (1968). *Interpretación fotográfica de cuencas y redes.drenaje aplicado a suelos de la región de Piracicaba*. sao pablo .
- Gárvez, J. J. (2011). *Que es una cuenca hidrografica* . Lima.
- Horton. (1945). *Analisis cuantitativo de 10 cuencas de drenaje pequeñas seleccionadas del distrito pulmonar, mizoram*.
- Ibisate, G. d. (2004). ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA Y DE LA RED DE DRENAJE DEL RÍO ZADORRA Y SUS AFLUENTES APLICADO A LA PELIGROSIDAD DE CRECIDAS. *Boletín de la A.G.E.N.*, 311-329.
- Jardi, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje.Analisis de las variables morfometricas que nos la definen. *Revista de GE*.
- Schumm. (1956). *Evolución de cuencas de drenaje y pendientes en Badlands en Perth Amboy*. New Jersey: vol. 67 pp.597-646.
- Secretaria de la convencion de Ramsar. (2010). *Manejo de cuencas hidrográficas: Integracion de la concervacion y del uso racional de los humedales en el manejo de las cuencas hidrograficas*. Suiza: Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales .
- Smith. (1950). *Estándares para clasificar la textura de la topografía erosiva*. vol. 268 pp 655-668.
- Solórzano. (2010). *Estimación de la pobación hidrica mediante la aplicación de modelos hidrológicos en la cuenca del río Paya, subcuenca río Pao-Estado Carabobo*. Carabobo.
- Strahler. (1952). *Geomorfologia cuantitativa de paisajes erosivos*.
- Strahler. (1957). *Análisis cuantitativo de la geomorfología de cuenca*. vol 38 913-920.
- Strahler. (1958). *Geomorfologia cuantitativa, Enciclopedia de geomorfologia* . New York: 898-912.

8 ANEXOS

A. Calculo Coeficiente de Compacidad (kc):

Se calcula el perímetro de una circunferencia de igual área a la cuenca.

Área de la cuenca = Área del círculo: 33,471 Km

P= perímetro de la cuenca

$$A = \pi r^2$$

$$r^2 = A/\pi$$

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{33,471Km/\pi}$$

$$r = 3.265Km = r = 3265m$$

$$Pc = 2\pi r = 20504.2 \text{ m}$$

$$Kc = \frac{p}{pc} = Kc = \frac{39874.88}{20504.2}$$

$$Kc = 1.94$$

B. Factor de forma de Horton (kf):

Relación entre el área de la cuenca y la longitud de la cuenca.

$$kf = A/L^2$$

$$kf = 33,471/12,763^2$$

$$kf = 0,205$$

