



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE HIDRÁULICA

TEMA

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE LA
MICROCUENCA RÍO CHITA, JAMA, MANABÍ, ECUADOR.**

PREVIO AL TÍTULO DE

INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR:

RAÚL AGUSTÍN CEDEÑO SALAVARRÍA

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

MGTR. FABIÁN RODRIGO ESPINALES CEDEÑO

NOVIEMBRE, 2021

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

MGTR. FABIÁN RODRIGO ESPINALES CEDEÑO

TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Mgtr. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño

PRIMER LECTOR

Mgtr. Jhon Enrique Félix Mera

SEGUNDO LECTOR

Mgtr. Jesús Enrique Chavarría Párraga

TERCER LECTOR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Portoviejo, noviembre 2021

f. _____

Raúl Agustín Cedeño Salavarría
C.I: 1313529818
Dir.: Chone, Manabí, Ecuador
e-mail: he-511@pucem.edu.ec
Telf.: +593 96 934 9261

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Raúl Agustín Cedeño Salavarría

C.C.: 1313529818

DEDICATORIA

Primeramente, darle gracias a Dios por sus bendiciones y permitirme llegar hasta el final de otra etapa de mi vida.

A mis padres, Patricia Salavarría y Roberto Cedeño, por darme la vida, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por su amor, por apoyarme siempre en todo, por siempre guiarme y sobre todo por el sacrificio que han hecho por mí. El éxito es nuestro.

A mi hermana María Patricia por brindarme su apoyo y amor en momentos buenos y malos de esta bella etapa.

A mi abuela Nancy Thalía por su amor incondicional, por todos sus consejos.

A mi familia en general, por brindarme su apoyo incondicional.

A todos aquellos que de una u otra manera siempre me ayudaron y me inculcaron cosas positivas en mi formación profesional.

RESUMEN

El presente estudio descriptivo-observacional tuvo como objetivo caracterizar la microcuenca Río Chita, Jama, Manabí, Ecuador, con respecto a la morfometría e hidrología, ya que es de suma importancia la identificación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos de una zona determinada, para así lograr edificar adecuadamente proyectos hidráulicos y civiles. De este modo, esta investigación fue ejecutada desde octubre de 2020 hasta octubre de 2021; la metodología abarcó el uso de fórmulas de diversos autores y de herramientas del Sistema de Información Geográfico (SIG), para la determinación del área, perímetro, coeficiente de forma, coeficiente de compacidad, drenaje, orden de corrientes, curva hipsométrica y caudal medio de esta microcuenca. Los resultados obtenidos revelan que la microcuenca Río Chita tiene una superficie de 90,76 km²; un perímetro de 49,60 km; un coeficiente de forma de 0,47; un coeficiente de compacidad de 1,46; una densidad de drenaje de 0,47; un cuarto orden de corrientes; una curva hipsométrica de nivel C; y un caudal medio de 0,049 m³/s. Se concluye que ésta es una cuenca pequeña, moderadamente achatada, en etapa de vejez y con un drenaje bajo. Se recomienda que para futuras investigaciones se tomen en consideración modelaciones de inundaciones en la zona.

Palabras clave: morfometría, hidrología, Sistema de Información Geográfico.

ABSTRACT

This descriptive-observational research study aimed to characterize the *Río Chita* Micro-basin, in *Jama, Manabí*, Ecuador, by regarding its morphometry and hydrology, since it is of great importance to identify both surface-water bodies and underground-water bodies in a given area, in order to build hydraulic and civil constructions properly. Hence, this research study was carried out from October 2020 through October 2021; the methodology included the use of formulas from several authors, as well as of Geographic Information System (GIS) tools, to calculate the area, perimeter, shape coefficient, compactness coefficient, drainage, sequence currents, hypsometric curve, and average flow rate of this microbasin. The findings show that the *Río Chita* Micro-basin has a surface area of 90.76 km²; perimeter of 49.60 km; shape coefficient of 0.47; compactness coefficient of 1.46; drainage density of 0.47; fourth-order of currents; C-level hypsometric curve; and average flow rate of 0.049 m³/s. It is concluded that this is a small, moderately flattened basin, at the old-age stage with low drainage. It is recommended taking into consideration flood modeling in the area for future research studies.

Keywords: morphometry, hydrology, Geographic Information System

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iii
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES.....	18
ANEXOS	23

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de tamaños de cuencas.....	5
Tabla 2 Tipos de superficie	5
Tabla 3 Clases de valores de compacidad	7
Tabla 4 Coeficiente de forma	8
Tabla 5 Rango de pendiente	9
Tabla 6 Densidad de drenaje	10

Índice de figura

Figura 1 Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión	8
Figura 2 Número de Orden de las corrientes según Horton.	9
Figura 3 Zona de la microcuenca Río Chita – Jama.....	12
Figura 4. Número de orden de corrientes de la cuenca del Río Chita	15

Índice de gráficos

Gráfico 1 Curva Hipsométrica.....	13
Gráfico 2 Precipitación media anual (mm).....	16

INTRODUCCIÓN

A escala global, los cambios de uso del suelo más elocuentes tanto en términos de superficie involucrada como en efectos hidrológicos son los procesos de deforestación y reforestación. De acuerdo con el criterio de Tayupanta (1993), la deforestación genera preocupación respecto a erosión, que incluye factores naturales y la separación y arrastre de materiales y suelo por parte de los humanos.

Los efectos que provoca la erosión pueden llegar a ser catastróficos. Morfologías como cárcavas, que según Nadal *et al.*, (2006) la génesis y desarrollo está favorecida por la litología margosa del substrato, la topografía y la estacionalidad climática, pueden ocasionar grandes movimientos de suelos. Originando diversos inconvenientes como el transporte y deposición de sedimentos en los cauces y pérdidas de nutrientes.

La gestión contraproducente de los recursos naturales tiene un impacto negativo en las actividades productivas de los habitantes de las cuencas hidrográficas, y también permite la producción de riesgos de catástrofes. En las pendientes de las montañas, los productores tienen suelos mal manejados, afectando el equilibrio ecológico del ecosistema de la cuenca, ocasionando un sin número de consecuencias naturales que afecta a la productividad del suelo (Zambrano, 2008).

Los efectos de la deforestación en cuencas urbanas, que generalmente es debido a los asentamientos sin planificación, sobre todo en zonas de ladera, la producción y transporte de sedimentos puede llegar a provocar problemas sanitarios ya que los sedimentos movilizados llegan a almacenarse en la red de desagüe pluvial o sanitario, abriendo el telón a la generación de múltiples enfermedades. Con respecto a la deforestación en zonas rurales, la tala de la flora nativa ayuda a la erosión, ya que la vegetación funciona como una capa protectora que disipa la intensidad de impacto entre las gotas y el suelo, sin esta protección y con otras condiciones, como una precipitación persistente y una alta energía erosiva, se podrían producir desplazamientos considerables de suelos. Es importante mencionar que múltiples estudios a nivel mundial han encontrado entre los sedimentos acarreados la presencia de contaminantes tóxicos como restos de fungicidas o metales pesados, lo que puede ocasionar daños severos a la salud de los individuos (FAO, 2001).

Es de gran trascendencia que se realicen investigaciones en las diferentes microcuencas no estudiadas de la provincia ya que al obtener esta recopilación de datos ayuda a un empleo de los bienes de agua. Siendo así un problema, el efecto de la escorrentía que se produce al momento de la deforestación en las microcuencas urbanas y rurales. Se espera que los datos obtenidos sean comparados con datos de diferentes

microcuencas y así poder saber la diferencia de caudales que aportan cada una de las cuencas (Rangel, López, & Rey, 2014).

En este sentido, el ciclo hidrológico, la cantidad de agua movida por sublimación es insignificante comparada con la cantidad de movimiento de evaporación y transpiración. El agua condensada forma niebla y nubes, y luego forma precipitación (Fernández, 2011).

Para un adecuado uso del agua, agricultura y de los recursos urbanos; además de dimensionar los proyectos de infraestructura física para fines de conservación del agua, también es importante estimar correctamente el caudal en la cuenca, mismo que permitirá establecer las diferentes modalidades de caudales cuantificables, gráficos que expliquen su comportamiento (Beltrán, 2003).

Para todo esto, es básico tener a mano información estadística e histórica de precipitaciones, en si todos los datos relacionados con la cuenca determinada y otros parámetros geométricos (Auge, 2002).

Por otra parte, de acuerdo con Ramakrishna (1997) se conoce como cuenca hidrográfica a una determinada zona natural del recurso hídrico que provenga debido a las lluvias. Dicha cuenca hidrográfica es reconocida como la unidad de geografía física. Con naturalidad se fijan los límites de cada cuenca y abordan las partes más altas de la superficie de un río (p. 19).

Además, Dourojeanni (1997) señaló que el uso de cuencas hidrográficas se ve reflejado en el empleo y crecimiento de la naturaleza que ha pasado por varias etapas. Esta situación se puede demostrar durante la Gran Depresión de la Autoridad del Valle de Tennessee (TVA) en 1932. En ese momento, había un acuerdo generalizado de que su objetivo era controlar la tasa de inundaciones, la reforestación en el río y realizar la gestión del uso. de tierras marginales en el Valle de Tennessee y promover el desarrollo agrícola e industrial en el valle.

Para integrar plenamente la cuenca, es necesario incorporar más variables, temas, intereses y participantes en el trascurso del manejo de múltiples medidas de intervención de la cuenca. La gestión ambiental integrada de cuencas es una de las variantes más recientes del enfoque que se le está dando (CEPAL, 2013). De acuerdo con Geraldí et al (2010) para generar un mayor cuidado de los recursos hídricos será necesaria la delimitación de la cuenca y las subcuencas. Así también Olden et al (2012) expresa que pese a ser de gran importancia también se torna en una de las tareas más complejas para el análisis regional. El autor asegura que existen dos enfoques distintivos:

Enfoque deductivo: este tipo de delimitación puede llevarse a cabo mediante ciertos aspectos que describen las áreas naturales ya estos guardan una estrecha relación con la respuesta hidrológica (Olden, Kennard, & Pusey, 2012).

Enfoque inductivo: la presente puede lograrse mediante el uso de atributos pertenecientes a la serie de tiempo de caudal. La "clasificación de caudales" es el método asociado, además es necesario destacar que incluye patrones de flujo estacional, sequías, variabilidad anual, etc. (Olden, Kennard, & Pusey, 2012)

Ante lo expuesto se plantea el objetivo general en la presente investigación como: Caracterizar la microcuenca Rio Chita, Jama, Manabí, Ecuador, con respecto a la morfometría e Hidrología. Y Para proporcionar acatamiento al objetivo general, se compendiaron los siguientes objetivos específicos: a) Delimitar y caracterizar morfométricamente la microcuenca río Chita, a partir de índices de forma de drenaje, relieve, tipos y uso de suelos. b) Caracterizar hidrológicamente la microcuenca río Chita en función de la precipitación dentro del área de la microcuenca, en función de caudales y precipitación.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

El estudio fue descriptivo – observacional, puesto que, se evaluaron los parámetros desde una realidad digital por medio de herramientas del Sistema de Información Geográfico (SIG).

Descriptiva

Se trata de un estudio donde se abordan los aspectos hídricos y morfométricos de la microcuenca Río Chita – Jama.

Un estudio descriptivo detalla la incidencia y las propiedades más relevantes del fenómeno de estudio (Veiga, Fuente, & Zimmermann, 2008).

Se realizó una visita de campo (*Anexo 5*) para el reconocimiento de la microcuenca; que permitió establecer el valor del coeficiente de escurrimiento, además, de recopilar la información necesaria para generar los mapas de uso y tipo de suelo en ArcGis.

Observacional

Refiere un estudio en el cual no se cambia la realidad de los hechos, puesto que se extrajeron directamente del Sistema de Información Geográfico.

Un estudio observacional se enfoca en la investigación directa en línea del sitio bajo una interfaz donde no existe la intervención por parte del autor (Rojas, 2015).

Objeto de estudio

El presente estudio aborda un enfoque técnico, bajo la modalidad investigativa y de análisis en herramientas digitales. Es conveniente indicar que no existe una población y muestra de estudio, sin embargo, se delimita bajo la zona de la microcuenca Río Chita – Jama, Manabí, Ecuador.

El sitio de estudio se analizó mediante las herramientas SIG evaluando los parámetros físicos e hídricos de la zona por medio de archivos con formato tipo shape y ráster para proceder a la ejecución de las herramientas digitales.

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Procedimiento para la selección de la información

Se indagaron las imágenes ráster correspondientes a la zona de estudio y se analizaron los datos obtenidos en las herramientas SIG.

Además de ello, se hizo uso de bases conceptuales de estadística básica para el análisis de los valores hídricos de la zona.

Los ítems y fórmulas que se emplearon fueron las siguientes:

Área de la cuenca

El área se refiere al terreno de desagüe del mismo que apunta al río, su unidad de medidas es el km², el área se obtuvo mediante herramientas del SIG y DEM (Digital Elevation Model o Modelo Digital de Elevación). (Campos, 1992)

El área de la cuenca de acuerdo a Campos (1992) corresponde a una clasificación específica de cuencas tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Clasificación de tamaños de cuencas.

Rangos de áreas (km ²)	Calificación
< 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia – pequeña
500 a 2 500	Intermedia – grande
2 500 a 5 000	Grande
> 5 000	Muy grande

Fuente: Campos (1992).

Elaboración: Propia del autor

Tabla 2 Tipos de superficie

Tipos de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40

Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras varias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: Aparicio (1999)

Elaboración: Propia del autor

Perímetro de la cuenca

Delimitación del límite que envuelve una cuenca hidrográfica, su unidad de medida es el km, y se obtuvo mediante las herramientas SIG. (Zambrano, 2008)

Longitud axial

Es la extensión que existe entre la desembocadura del estero o río y el punto más lejano con relación a la cuenca y se mide en (km). (Aparicio, 1999)

Ancho promedio

De acuerdo con Campos (1992) es la asociación entre la superficie y el largo de la cuenca, y se mide en (km), se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$Ap = \frac{A}{La}$$

Ap: ancho promedio

A: superficie de la cuenca

La: longitud

Coefficiente de compacidad (Kc)

Comparación entre la circunferencia y la forma de la cuenca. (Lux, 2012)

$$Kc = \frac{P}{Pc} = \frac{P}{2\pi R}$$

Kc: coeficiente de compacidad

P: perímetro de la cuenca

Pc: perímetro de la circunferencia

R: radio de la circunferencia

P= perímetro de la cuenca

Pc= perímetro de la circunferencia

R= radio de la circunferencia (Lux, 2012).

Tabla 3 Clases de valores de compacidad

Rango de Kc	Clases de compacidad
1 – 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: INE (2004).

Elaboración: Propia del autor

Coefficiente de forma (Kf)

Es la asociación entre el área de la cuenca y el largo de la cuenca. (Lux, 2012)

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

Kf: coeficiente de forma

A: área

L: longitud de la cuenca

Tabla 4 Coeficiente de forma

Rango de K_f	Clases de forma
0.01 – 0.18	Muy poco achatada
0.18 – 0.36	Ligeramente achatada
0.36 – 0.54	Moderadamente achatada

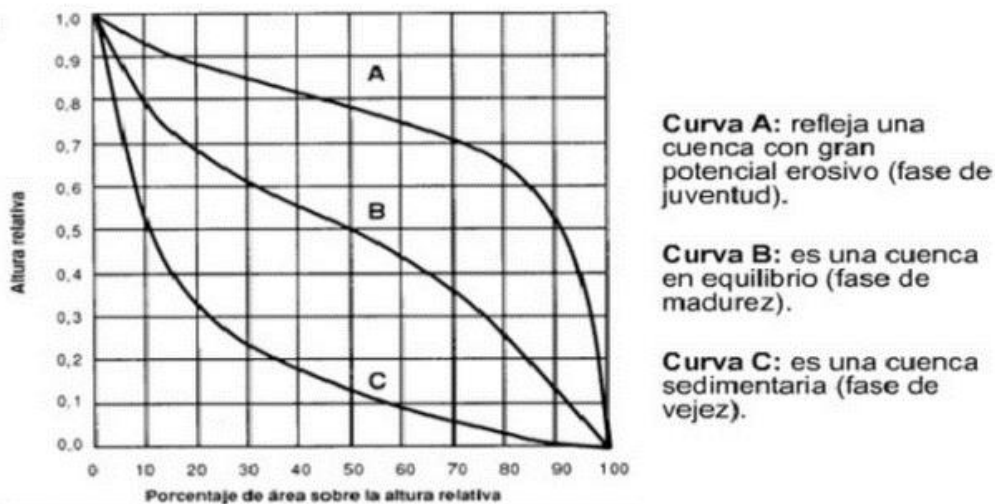
Fuente: Jiménez (2011).

Elaboración: Propia del autor

Curva hipsométrica

De acuerdo con el criterio de Gaspari et al., (2012) es la percepción esquemática del realce medio de la cuenca. Mediante un gráfico se incorporan las diferentes variaciones de la elevación de la microcuenca con referencia al nivel del mar. Se adquirió utilizando el área de la zona de estudio y sus elevaciones generados por la herramienta GIS seguido por la tabulación de los datos en una tabla de Excel.

Figura 1 Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión



Fuente: Strahler (1952)

Pendiente de la cuenca

Este parámetro es la media de todas las pendientes del área básica, donde la pendiente máxima se considera constante. En otras palabras, expresa la rugosidad del suelo como porcentaje (López, 2015).

Cabe destacar que este parámetro se halló directamente de las herramientas SIG correspondientes.

Tabla 5 Rango de pendiente

Porcentaje %	Tipo
< 5	Plano
5 – 12	Ligeramente ondulado
12 – 18	Ondulado
18 – 24	Fuertemente ondulado
24 – 32	Escarpado
32 – 44	Fuertemente escarpado
> 44	Montañoso

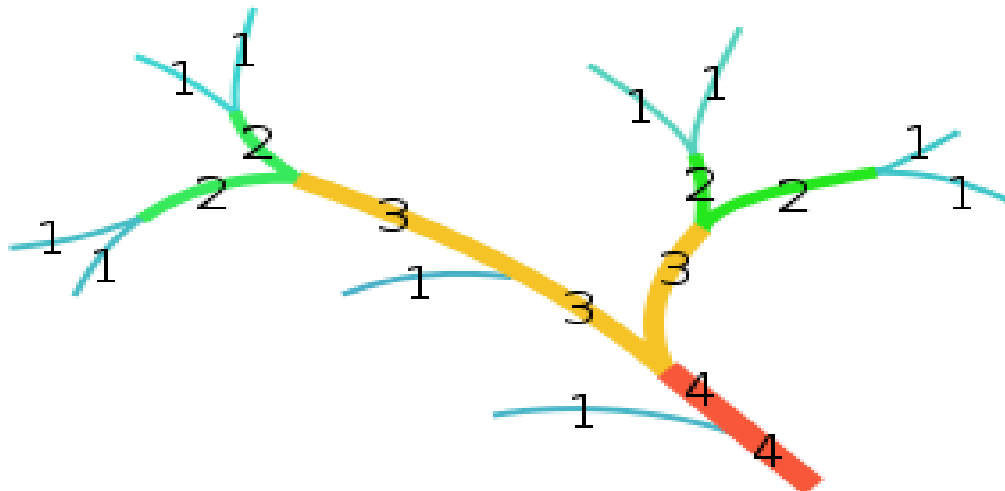
Fuente: Araya (2011).

Elaboración: Propia del autor

Número de orden

Nivel de bifurcación en la cuenca (Lux, 2012). Se obtiene mediante la herramienta ARCGIS.

Figura 2 Número de Orden de las corrientes según Horton.



Fuente: Horton (1945)

Densidad de drenaje

Es aquella asociación entre la suma de largo de todos los cursos de agua que fluyen a través de la cuenca y su área (López, 2015).

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Donde:

Dd: densidad de drenaje en km

L: longitud total de las corrientes perennes o intermitentes en km

A: área total de la cuenca en km²

Tabla 6 Densidad de drenaje

Rango	Nivel de drenaje
0.05 – 1.8	Bajo
1.9 – 3.6	Moderado
3.7 – 5.6	Alto

Fuente: Jiménez (2011).

Elaboración: Propia del autor

CAUDAL MEDIO

De acuerdo con el criterio de Herencia y Carrera (2019) la conceptualización de caudal medio hace referencia al volumen de flujo y a un intervalo de tiempo específico, su ecuación se simplifica en función del área de una cuenca como se expresa a continuación:

$$Qm = aA^b$$

Donde:

A: Es el área de la cuenca en km²

a y b: son variables que pueden expresarse de la siguiente manera

$$a = \frac{31,71 * C * P}{10^6}; b = 1$$

C= coeficiente de esorrentía

P= precipitación anual media (*Anexo 4*) de la cuenca en milímetros y definirán el valor de a.

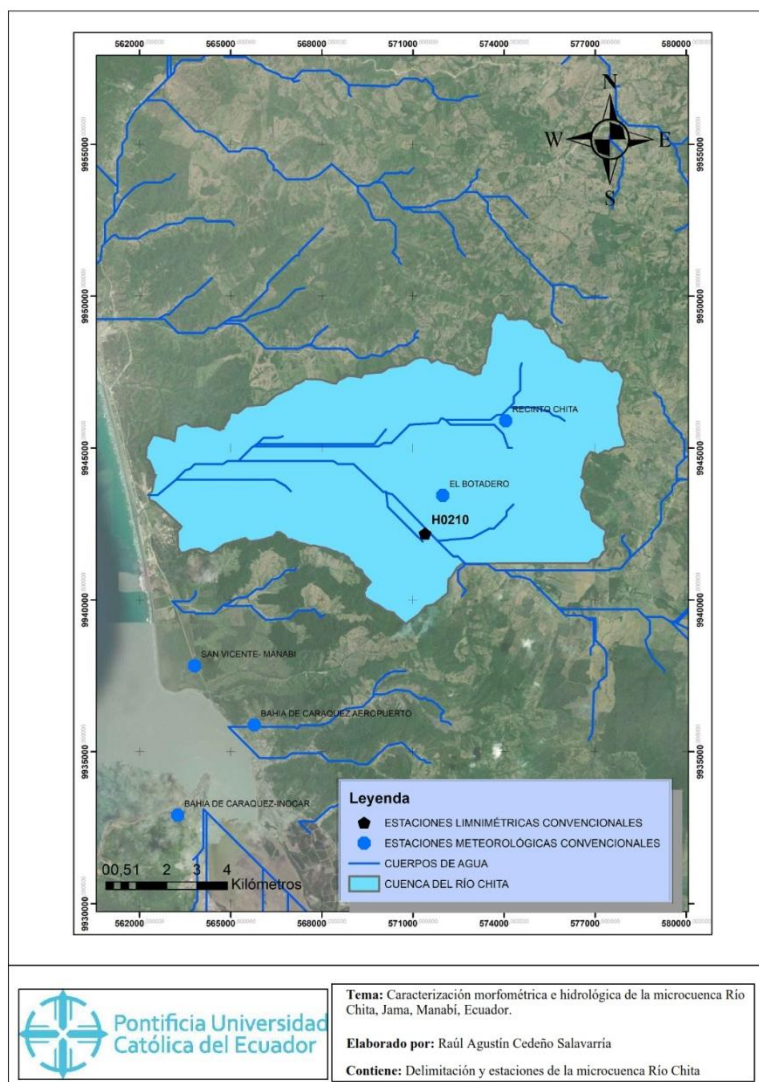
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Delimitación y caracterización morfométrica la cuenca río Chita, a partir de índices de forma, de drenaje, relieve, tipos y uso de suelos.

Área de la cuenca

El Chita posee un área de 90.76 km² pertenece a una cuenca pequeña, su delimitación se muestra a continuación.

Figura 3 Zona de la microcuenca Río Chita – Jama.



Elaboración: Propia del autor

Perímetro de la cuenca

La delimitación del Chita es de 49.60 km.

Longitud axial

Por medio de implementar las herramientas SIG se llegó a 13,91 km en relación a la longitud axial.

Ancho promedio

De acuerdo a la fórmula empleada es de 6,53 km.

Coefficiente de compacidad (KC)

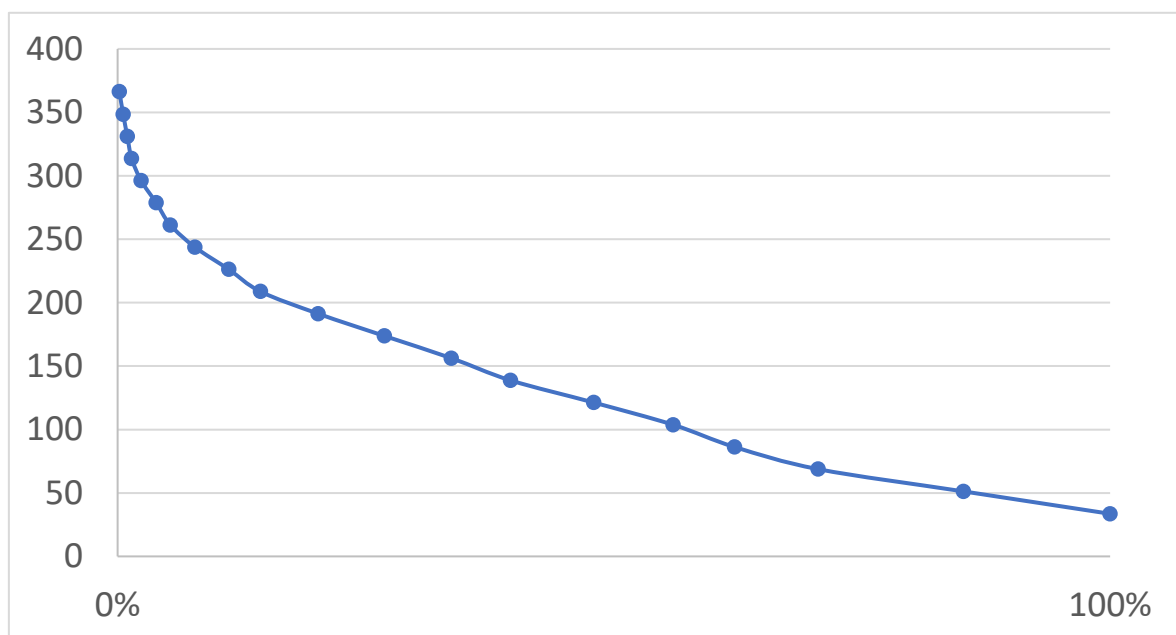
La cuenca tiene una compacidad de oval redonda a oval oblonga.

Coefficiente de forma (KF)

Se considera moderadamente achatada por tener un resultado de 0,47 en su coeficiente de forma.

Curva hipsométrica

Gráfico 1 Curva Hipsométrica de la cuenca del Río Chita



Elaboración: Propia del autor

En relación al gráfico 1, se puede asegurar que la cuenca del Río Chita es de tipo C, lo que significa que es sedimentaria y se encuentra en fase de vejez.

Pendiente de la cuenca

Mediante la aplicación de GIS se encontró que la pendiente de la cuenca es de 12,20% (ver anexo 7) lo cual corresponde a una pendiente ondulada.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la herramienta SIG se puede observar que la coloración azul representa las pendientes más altas en la zona, mientras que las coloraciones verdosas y beige representan las pendientes más bajas.

Densidad de drenaje

En relación a los niveles proporcionados en la tabla 4 y el resultado del proceso se determinó que la densidad de drenaje es de clase baja.

Tipos y usos de suelo

La cuenca del río Chita posee diversidad de vegetación (ver anexo 8). La diversidad de usos de la cuenca del río Chita en su mayoría corresponde a bosque natural, vegetación arbustiva y pastos naturales.

En relación con los resultados obtenidos, se pueden contrarrestar y comparar con los siguientes estudios:

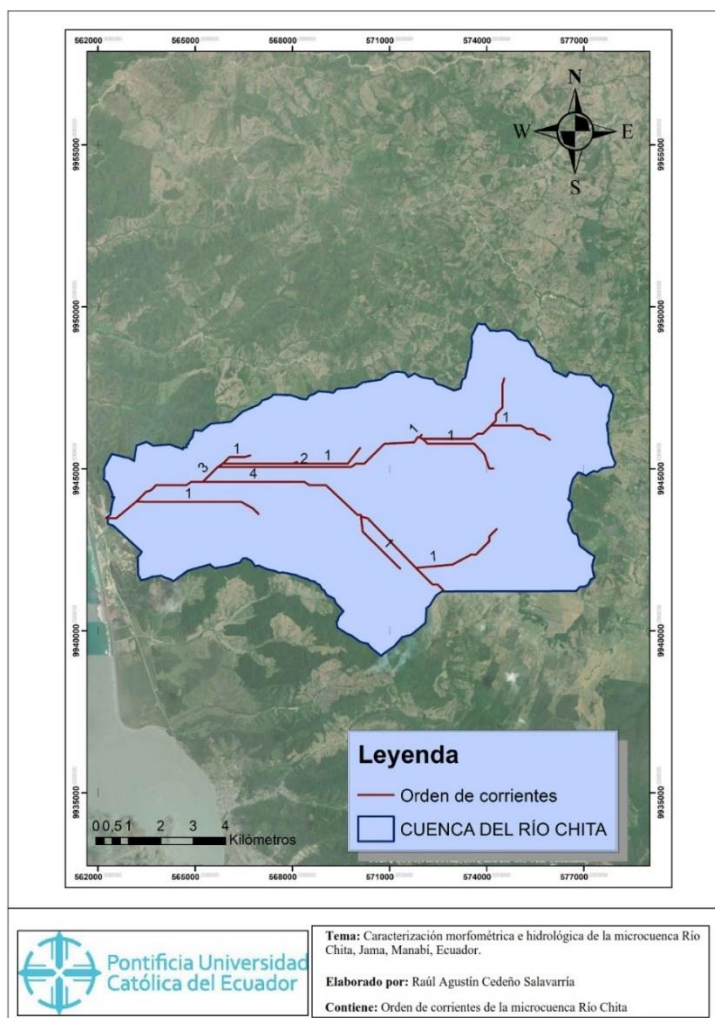
Además, Benavides, *et al.*, (2009) expresaron en sus resultados indicaron que el área máxima es de 224,97 kilómetros cuadrados y la circunferencia de la cuenca hidrológica es de 71,31 kilómetros. La red de drenaje es de 8,95 kilómetros cuadrados. Por otro lado, señalaron que la superficie de su cuenca se define mostrando patrones de uso típicos andinos, que tienen bosques vírgenes, principalmente cultivos de transición como la papa y hortalizas tradicionales lo cual se puede relacionar a la variabilidad de cultivos en la zona del Río Chita, sin embargo, al no ser un área andina con abundante drenaje se contrarresta esta información, generando la necesidad de impulsar los estudios en zonas costeras.

Caracterización hidrológica la microcuenca río Chita en función de la precipitación dentro del área de la microcuenca, en función de caudales y precipitación.

Número de orden

El número de orden de corrientes de la cuenca del río Chita de acuerdo con el modelo de Horton y el análisis en herramientas SIG corresponde al cuarto orden como se muestra a continuación:

Figura 4. Número de orden de corrientes de la cuenca del Río Chita

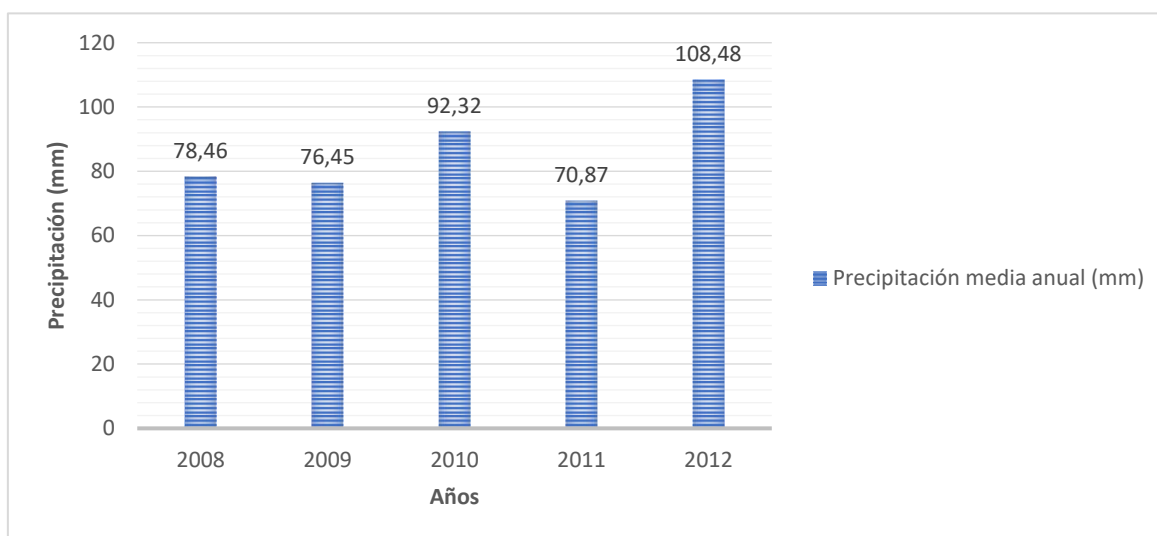


Elaboración: Propia del autor

Caudal medio

Para el cálculo del caudal medio es necesario conocer la precipitación anual media y el coeficiente de escorrentía respectivamente; para ello se tomaron en consideración los datos que proporciona el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015) durante los últimos cinco años dispuestos en la página oficial en la estación hidrometeorológica M0167 correspondiente a Jama (2008-2012), la ponderación se encuentra descrita en el *Anexo 4*.

Gráfico 2 Precipitación media anual (mm) del cantón Jama



Fuente: INAMHI (2015)

Elaboración: Propia del autor.

Cabe destacar que la selección de esta estación se debe a que es la más cercana con datos completos publicados por la entidad encargada.

Por otra parte, para el hallazgo del coeficiente de escorrentía se empleó la siguiente tabla de Aparicio (1999) seleccionando un promedio de los coeficientes mínimos y máximos de las zonas suburbanas, dado que el cantón Jama se encuentra en desarrollo actualmente.

En base a este criterio, el coeficiente de escorrentía es de 0,2.

- Cálculo de a y b

$$a = \frac{31,71 * 0,2 * 85,32}{10^6}; b = 1$$

$$a = 0,0005411; \quad b = 1$$

- Cálculo del caudal medio

$$Qm = 0,0005411 * 90,76^1$$

$$Qm = 0,0491 \text{ m}^3/\text{s}$$

Resultado: 0,049 m³/s.

En base a los resultados obtenidos se pueden discutir y contrarrestar con los hallazgos de los siguientes autores citados a continuación:

La microcuenca del Río Chita posee 90.76 km², en este sentido el estudio de Guevara, *et al.*, (2019) del cual los autores lograron destacar que su distribución abarca cerca de 21 municipios y cuya superficie es de 3642,43 km², estos datos se contrarrestan indicando que los estudios más minuciosos conllevan mayor extensión en la superficie estudiada. Cabe resaltar que la cuenca estudiada por los autores acoge a 24 cuencas tributarias, su forma de drenaje es dendrítico y existe 10 288 corrientes superficiales, dato que no es proporcional al encontrado con las corrientes de orden cuatro en el Río Chita. Además, dichos autores llevaron a cabo una estimación de modelos de correlación basado en 35 parámetros morfométricos del cual se destacó la dependencia en torno al tiempo de concentración con respecto a la longitud de la cuenca.

Por otra parte, Pincay, *et al.*, (2019) indicaron en su estudio “análisis morfométrico de la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador” que dicha cuenca tiene un tamaño intermedio grande, además su forma es oblonga y alargada lo que indica que las descargas tienen menor volumen en comparación con el cauce principal. El tipo de corriente es de quinto orden por lo tanto es altamente disectada, esto es similar a lo reportado en la microcuenca del Río Chita, ya que posee un cuarto orden de corrientes y un índice de drenaje bajo.

En cuanto a las pendientes del cauce principal del estudio de Pincay *et al.*, (2019) son relativamente bajas, así también resaltó que la altura media que posee la cuenca es de 230,92 m, la cuenca presenta un índice bajo en la densidad de drenaje y una respuesta hidrológica lenta. La conclusión a la que llegaron los autores demostró la relevancia que tiene la respuesta hidrológica y la influencia en la producción de escenarios de riesgos provocados por las inundaciones. Estos hallazgos de los autores referidos son

imprescindibles para la presente investigación, ya que son similares al comportamiento hidrológico (precipitación – escorrentía) de la microcuenca del Río Chita. Así, se denota la necesidad de verificar en estudios experimentales y estadísticos si la dinámica hídrica es la misma en toda la provincia, aludiendo a esta comparación explícita.

CONCLUSIONES

- La cuenca del Río Chita se logró delimitar de manera oportuna y sus resultados denotan una extensión de 90.76 km² dato que la clasifica dentro de las cuencas

pequeñas, su coeficiente de compacidad es oval redonda a oval oblonga, mientras que su forma se considera moderadamente achatada con una pendiente de 12,20%, posee además una diversidad en usos de suelo y se determina como una cuenca en etapa de vejez y con un drenaje bajo.

- En relación al aspecto hidrológico, la cuenca del río Chita posee un orden cuatro de corrientes y posee una precipitación media anual de 85,32 mm y su caudal medio resulta en 0,049 m³/s. Es oportuno mencionar que, de acuerdo con los resultados encontrados, la densidad de drenaje de a cuenca es baja lo que repercute en un caudal mínimo y poco significativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, F. (1999). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa. México.

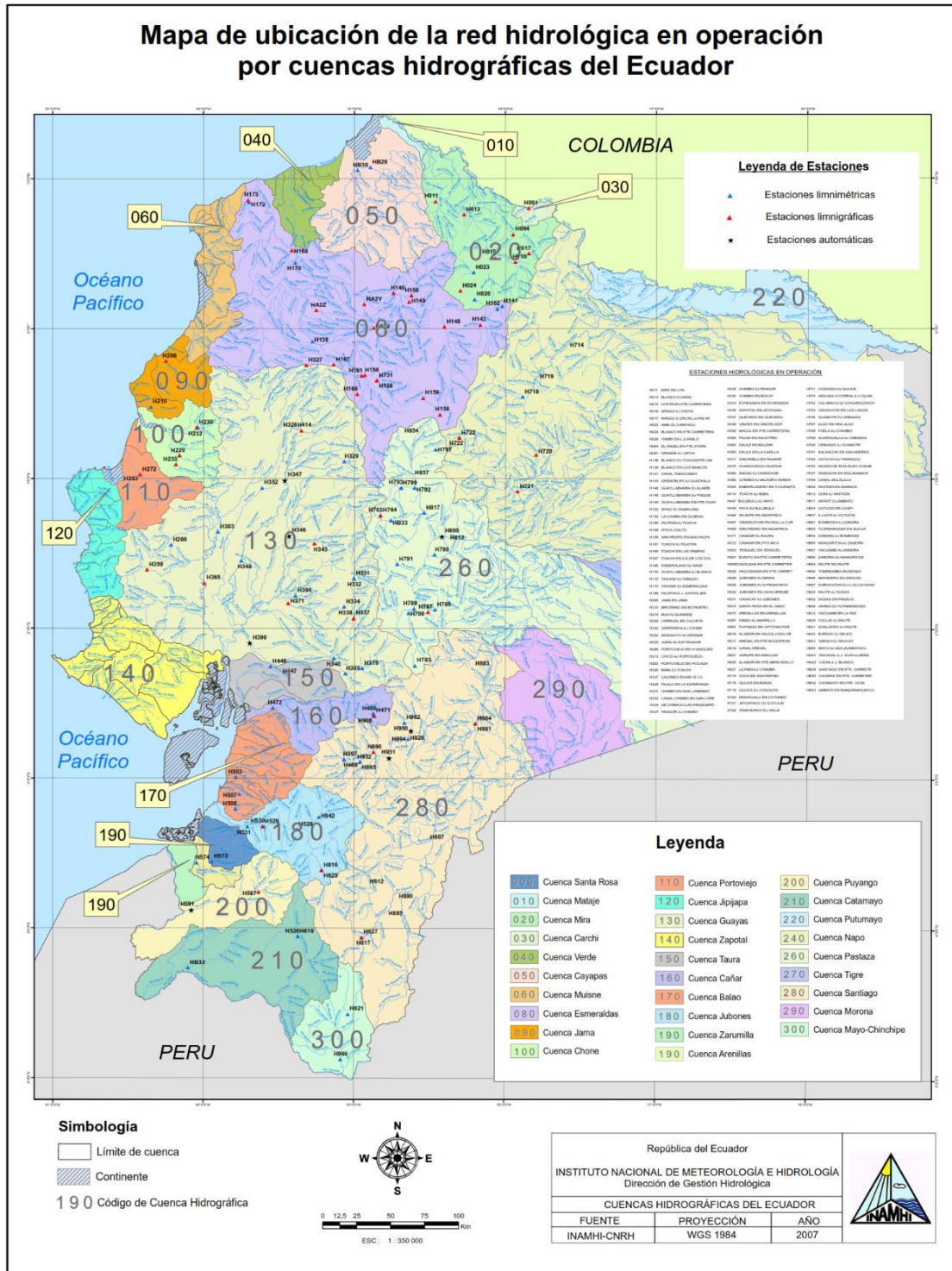
- Araya, E. (2011). Sistema de Clasificación y muestreo de suelos aplicado por el SAG. Seminario: “Difusión de Normas Chilenas para calidad del suelo y su aplicación en el contexto medioambiental”.
- Auge, M. (2002). Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Pueche en la provincia de Buenos Aires, Argentina. XXXII & VI ALHSUD Congress. Actas: 629-633, Mar del Plata. Argentina.
- Beltrán, J. (2003). Director general de obras hidráulicas y calidad de las aguas, reunión de la conferencia de directores generales de aguas de septiembre del 2003.
- Benavides, V., Tarlé, T., & Galbiatti, J. (2009). Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo, departamento de Nariño – Colombia. *Revista Ingeniería e Investigación, ISSN 0120-5609*.
- Campos, D. (1992). Procesos del Ciclo Hidrológico. . *San Luis de Potosí: Editorial Universitaria Potosina*.
- CEPAL. (2013). Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo*.
- Dourojeanni, A. (1997). Procedimientos de gestión para el Desarrollo Sustentable. (Aplicados a microrregiones y cuencas). En: Sepúlveda, Sergio y Edwards, Richard (Comp.):. *Desarrollo Sostenible. Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural (primera reimposición)*. San José, IICA, páginas 113- 148.
- FAO. (2001). Global Forest Resources Assessment 2000. *Main Report - FAO Forestry Paper 140*, 479.
- Fernández, P. (2011). Diseño Hidrológico. Water Assessment & Advisory Global Network. .
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande. Buenos Aires, Argentina. *Universidad Nacional de la Plata*.
- Geraldi, A., Piccolo, M., & Perillo, G. (2010). Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos. *Investigaciones Geográficas.*, 215-225.

- Guevara, R., Olguín, J., Mancilla, O., & Barreto, O. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *Revista GeoFocus.*, 141-158. doi:<http://dx.doi.org/10.21138/GF.622>
- Herencia, B., & Carrera, C. (2019). Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. . *Revista del Instituto de Investigación.*
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their dralnage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. . *Bull. Geol. Soc. Am.*, 56(1), 275-370.
- INAMHI. (2015). Publicaciones meteorológicas: anuarios. . *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.*
- INE. (2004). Instituto Nacional de Ecología. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro. México. pp. 47.
- Jiménez, L. (2011). Caracterización de la microcuenca del Río Manzano, Cantón Alausí, provincia de Chimborazo y propuesta de plan de manejo, utilizando herramientas SIG. Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4288>.
- López, J. (2015). Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del Río Pitura, Provincia de Imbabura, Ecuador. *Universidad Nacional de la Plata.*
- Lux, B. (2012). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Obtenido de Maestría en Energía y Ambiente.
- Nadal, E., Regüés, D., Martí, E., & Serrano, P. (2006). Dinámica estacional de los procesos de meteorización en cárcavas del Pirineo Central. *Revista C y G.*
- Olden, J., Kennard, M., & Pusey, B. (2012). "A framework for hydrologic classification with a review of methodologies and applications in ecohydrology", *Ecohydrology*, 5, pp. 503-518. Doi: 10.1002/eco.251.
- Pincay, D., Zambrano, D., & Cartaya, S. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador. *Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí"*.
- Ramakrishna, B. (1997). Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. San José, IICA/ GTZ.

- Rangel, C., López, D., & Rey, Y. (2014). Caracterización morfométrica de la cuenca de la Quebrada Tatamaco, del Municipio Villavieja del departamento del Huila, mediante el uso de la herramienta Hec-Geohms. *Universidad Católica de Colombia*.
- Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 16 (1), 1-14.
- Strahler, A. (1952). "Hypsometric (area-altitud) analysis of erosional topography". Bulletin of Geological Society of America, 63, 1117- 1142.
- Tayupanta, J. (1993). La Erosión Hídrica: Proceso, Factores y Formas. *INIAP: Boletín Divulgativo. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Suelos., 1(229)*. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/271>
- Veiga, J., Fuente, E., & Zimmermann, M. (2008). Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 54(210), 81-88.
- Zambrano, Y. (2008). Plan de manejo y gestión de la subcuenca del Río San Francisco Matagalpa Nicaragua. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente Farena. *Obtenido de Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente Farena*.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de estaciones hidrológicas en operación



Anexo 2: Datos generales de la cuenca (Herramientas SIG)

OBJECTID *	Shape *	Id	gridcode	Shape_Length	Shape Area	AREA	PERIMETRO	CMAX	CMIN	CENTROX	CENTROY	CENTRO_Z
1	Poligono Z	280	2230	0,446897	0,007376	90,755379	49,598277	375		25,570463,576	9944351,107114	200,879735

Anexo 3: Datos de la pendiente de la cuenca.

OBJECTID *	Id	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	284	34853	91568880,475445	0	50,563519	50,563519	12,196945	9,516696	425100,117006

Anexo 4: Datos de la pendiente de la cuenca.

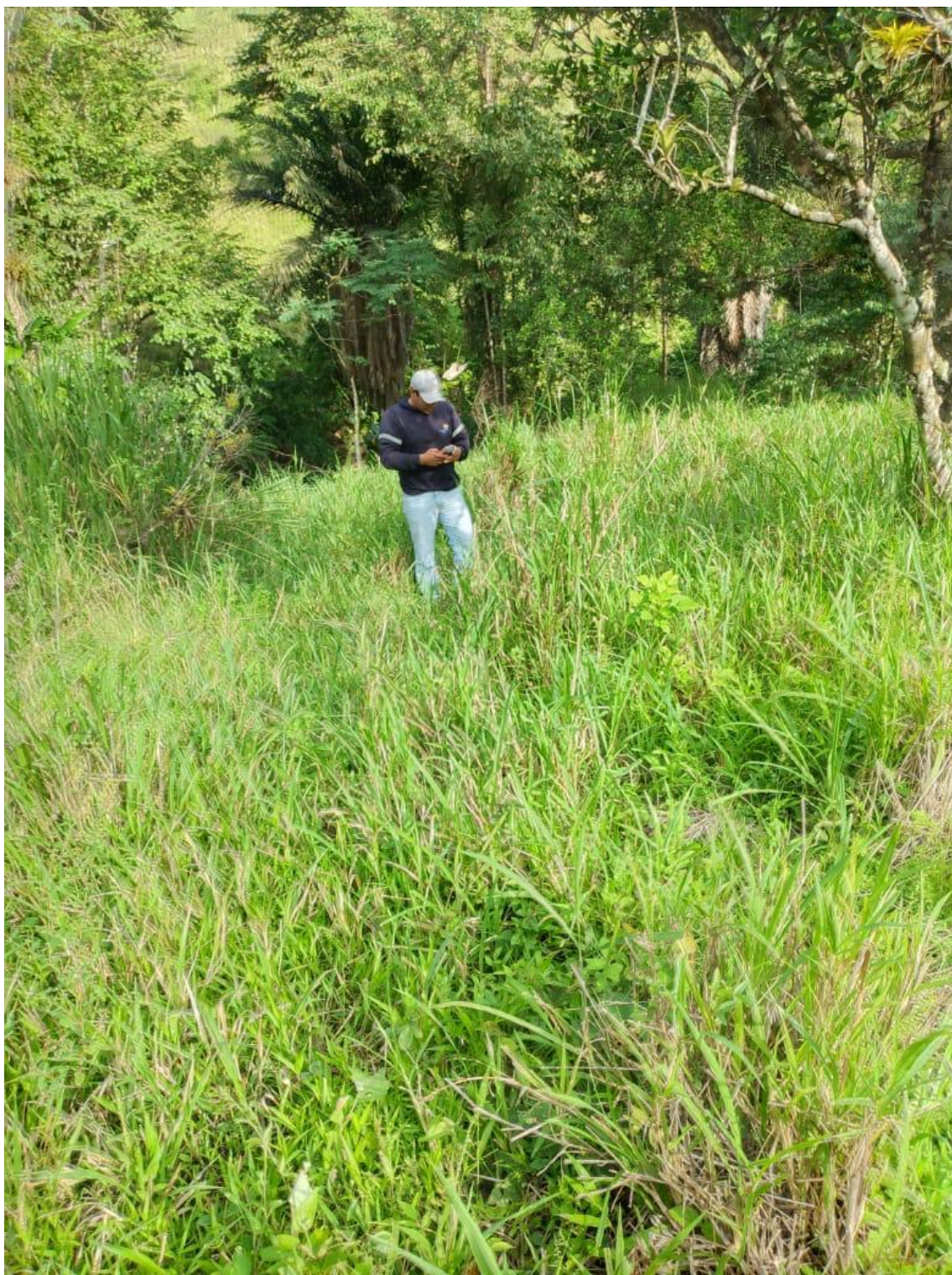
Tabla Ponderación de precipitación media anual (Jama-M0167)

Años	Precipitación media anual (mm)
2008	78,46
2009	76,45
2010	92,32
2011	70,87
2012	108,48
Promedio	85,32

Fuente: INAMHI (2015)

Elaboración: Propia del autor.

Anexo 5: Visita de campo



Anexo 6: Cálculos

Ancho promedio

$$Ap = \frac{A}{La}$$

$$Ap = \frac{90,76 \text{ km}^2}{13,91 \text{ km}} = 6,53 \text{ km}$$

Coefficiente de compacidad (KC)

$$Kc = \frac{P}{Pc} = \frac{P}{2\pi R}$$

$$Kc = 0,28 \frac{P}{A^{1/2}} \rightarrow Kc = 0,28 * \frac{49,60}{\sqrt{90,76}} = 1,46$$

Coefficiente de forma (KF)

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

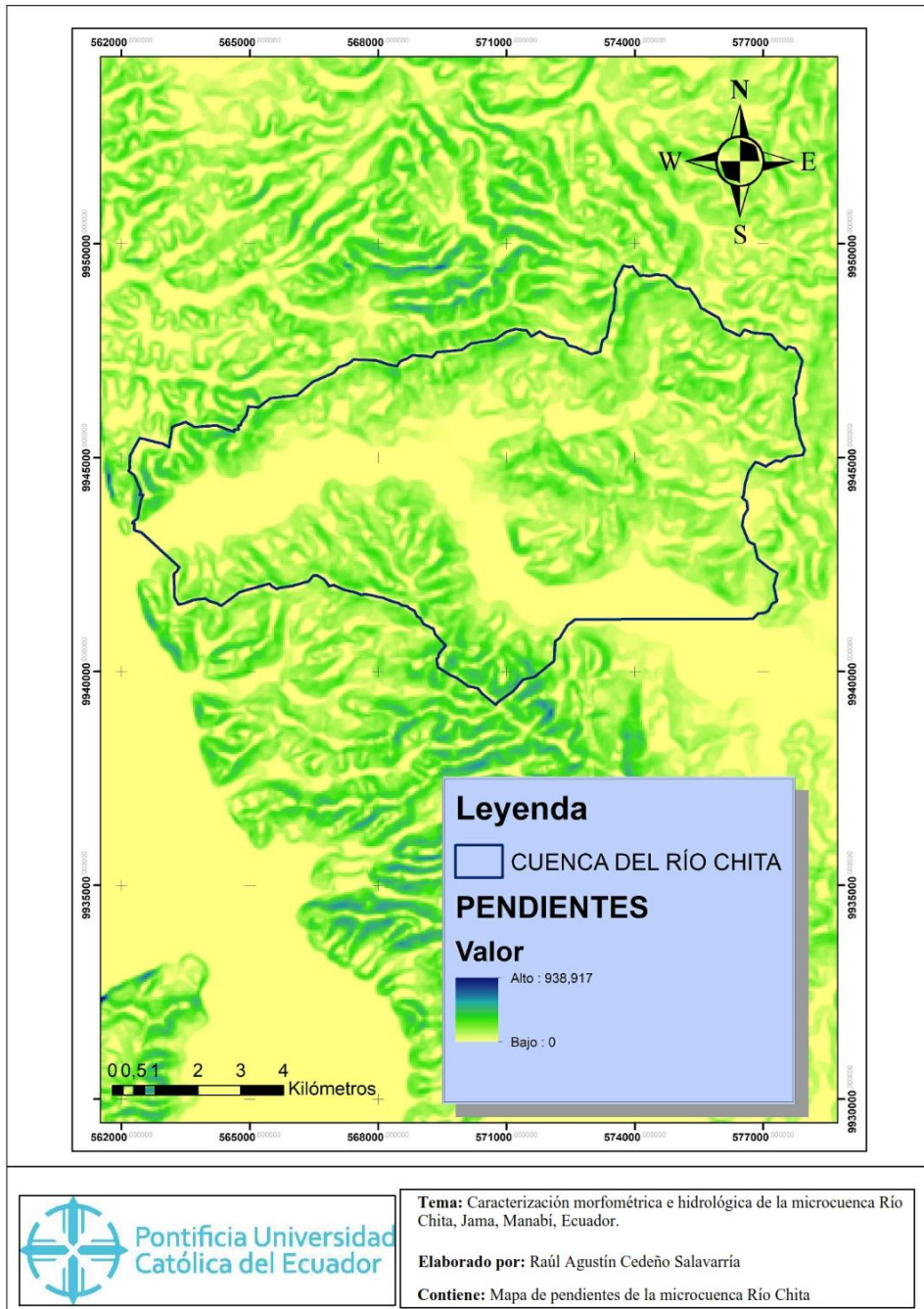
$$Kf = \frac{90,76 \text{ km}^2}{(13,91 \text{ km})^2} = 0,47$$

Densidad de drenaje

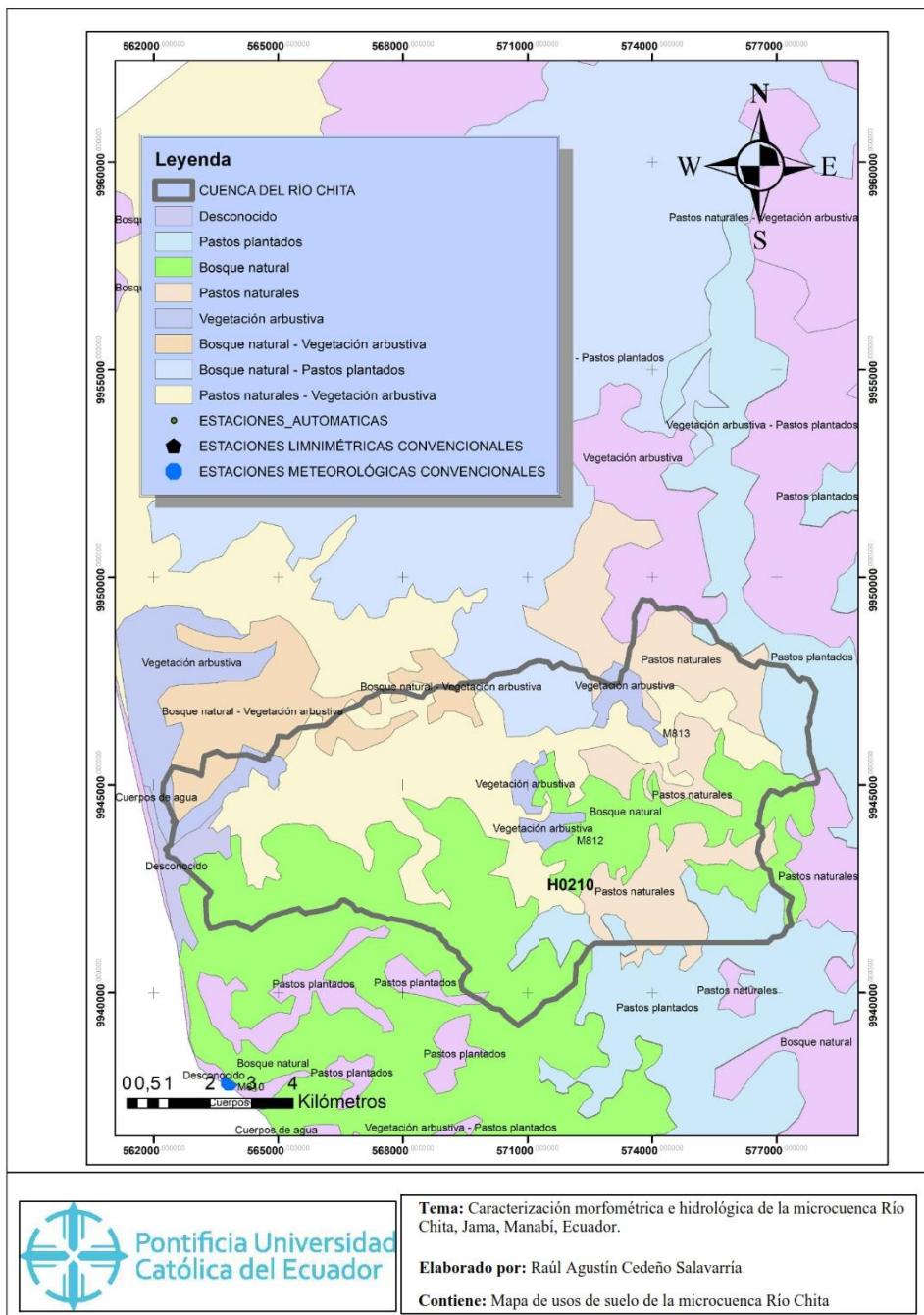
$$Dd = \frac{L}{A}$$

$$Dd = \frac{42,97 \text{ km}}{90,76 \text{ km}^2} = 0,47 \text{ km}$$

Anexo: 7 Mapa de pendientes del Río Chita



Anexo 8: Mapa de usos de suelo del Ríos Chita



Tema: Caracterización morfométrica e hidrológica de la microcuenca Río Chita, Jama, Manabí, Ecuador.

Elaborado por: Raúl Agustín Cedeño Salavarría

Contiene: Mapa de usos de suelo de la microcuenca Río Chita