

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL FILIAL
JAÉN



**ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL
RÍO AMOJÚ EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
EN LA PROVINCIA DE JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA.**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal

Presentado por el Bachiller:

Darwin Montenegro Arévalo

Asesor:

Dr. Wilfredo Poma Rojas


JAÉN -PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:
Darwin Montenegro Arévalo
DNI: 45211360
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
- Asesor:
Dr. Wilfredo Poma Rojas
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
- Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOJÚ EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DE JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA.
- Fecha de evaluación: 06/03/2023
- Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 5 %
- Código Documento: oid: (D169563217)
- Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/03/2023

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

<hr/> Dr. Wilfredo Poma Rojas DNI: 26719942



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

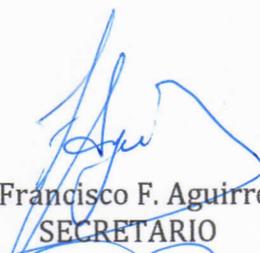
En la ciudad de Jaén, a los **Veintiséis** días del mes de **enero** del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°348-2023-FCA-UNC, de fecha 14 de agosto 2023, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOJÚ EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DE JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don DARWIN MONTENEGRO ARÉVALO**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **quince** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **MAYORIA** con el calificativo de **trece (13)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

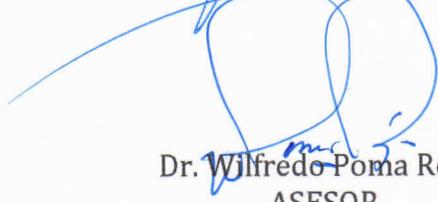
A las **dieciséis** horas y **cinco** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 26 de enero de 2024.


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Francisco F. Aguirre de los Ríos
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
VOCAL


Dr. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mi madre Irene Arévalo Altamirano pues sin el apoyo de ella no lo había logrado. Su bendición a lo largo de mi formación profesional, sentaron en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, para lograr la obtención de este grado.

A mi padre, José Luis Montenegro Dávila que desde el cielo ilumina para seguir adelante con todos mis proyectos profesionales.

A mi hermano, por su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles con los recursos necesarios para poder obtener este logro.

A mi esposa, que de manera desinteresada estuvo conmigo en los momentos más complicados dándome su apoyo emocional para no desistir y lograr concluir con la culminación de mi carrera profesional.

A mi hijo, Lucas Fabricio Montenegro Ortiz que es mi fortaleza y la fuerza que me impulsa cada día a seguir adelante, todos los logros te lo dedico a ti mi campeón.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante y cumplir mis metas personales.

A toda mi familia gracias por todo su apoyo tanto emocional y económico brindado a lo largo de mis estudios que han permitido que cumpla con la obtención de este grado profesional anhelado.

A mi asesor Dr. Wilfredo Poma Rojas y al Ing. Alex Vergara Anticona quienes me brindaron su apoyo de manera desinteresada para obtener este gran logro.

ÍNDICE

Contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE	4
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Objetivos	13
1.1.1. Objetivo general	13
1.1.2. Objetivos específicos	13
CAPITULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Antecedentes de la investigación	14
2.1.1. A nivel internacional	14
2.1.2. A nivel nacional	17
2.1.3. A nivel regional	19
2.1.4. Cuenca hidrográfica	20
2.1.5. Delimitación de cuenca hidrográfica	21
Componentes de una cuenca hidrográfica	22
2.1.6. Tipos de cuencas	22

2.1.7. Manejo integrado de cuencas.....	23
2.1.8. Sistemas de información geográfica	23
2.1.9. Modelo digital de elevación	25
2.2. Definición de términos básicos.....	25
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Localización.....	26
3.2. Tipo y diseño de investigación	27
3.3. Materiales y procedimientos.....	30
Etapa de gabinete.....	31
Etapa de campo.....	38
3.3.5. Etapa post campo	38
3.3.6. Análisis de datos	38
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Resultados.....	40
4.1.1. Parámetros geomorfológicos generales de la cuenca del río Amojú	40
4.1.2. Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje.....	43
4.1.3. Parámetros geomorfológicos asociados al relieve	45
4.1.4. Parámetros geológicos de la cuenca	48
4.2. Discusión.....	51
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55

5.1. Conclusiones	55
5.2. Recomendaciones	55
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros geomorfológicos generales	357
Tabla 2. Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje	368
Tabla 3. Parámetros geomorfológicos asociados al relieve	379
Tabla 4. <i>Parámetros geomorfológicos generales de la cuenca del río Amojú</i>	4042
Tabla 5. Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje	435
Tabla 6. Parámetros geomorfológicos asociados al relieve	457
Tabla 7. Parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú	5052

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	29
Figura 2. Flujograma metodológico	303
Figura 3. Geoportal MINAM	324
Figura 4. Earth explorer USGS	324
Figura 5. Geoportal MINEM	325
Figura 6. Portal del servidor de la NASA	335
Figura 7. Flujograma de delimitación de la cuenca y red de drenaje	346
Figura 8. Delimitación de la cuenca hidrográfica del río Amojú	44
Figura 9. Red hídrica de la cuenca hidrográfica del río Amojú	¡Error!
Marcador no definido.6	
Figura 10. Curva hipsométrica	457
Figura 11. Mapa de pendiente de la cuenca hidrográfica del río Amojú	479
Figura 12. Histograma de frecuencia altimétrica	50
Figura 13. Mapa de parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú, (a) Era; (b) Periodo; (c) Tipo de roca; (d) Litología.	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa del cauce principal de la cuenca hidrográfica del río Amojú	64
Anexo 2. Mapa de relieve	65
Anexo 3. Tabla de tributos de orden de la hidrografía de la cuenca del río Amojú	66
Anexo 4. Tabla de cálculo de histograma altimétrico	67

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue Analizar la geomorfología de la cuenca hidrográfica del río Amojú de la provincia de Jaén, región Cajamarca empleando Sistemas de Información Geográfica., para lo cual se realizó el análisis de parámetros geomorfológicos y la delimitación de la cuenca hidrográfica en un ambiente SIG. Los resultados indican que el área de la cuenca encontrada fue de 354.52 km² y el perímetro de 111.57 km, lo que indica que es una cuenca pequeña-mediana, además, se encontró que la cuenca estudiada presentó un factor de forma de 0.3228, el coeficiente de circularidad y de compacidad es de 0,0112 y 1,67 respectivamente indicando que es una cuenca de forma alargada de tamaño pequeña-mediana con baja densidad de drenaje, así mismo los resultados indican que una gran área de la cuenca tiene un relieve fuertemente ondulado, lo que indica que el agua fluye a alta velocidad y tiene un bajo coeficiente de circularidad lo que indica que tiene poco tiempo de concentración, la cuenca estudiada presentó un drenaje red de orden 5, lo que indica una baja capacidad de drenaje y la densidad de drenaje obtenida fue de 1,69 km / km², lo que indica un drenaje deficiente, Según la litología de la cuenca hidrográfica del río Amojú en el territorio predominan los Conglomerados, areniscas, lutitas ya que se encuentra un área total de 111.97 km² de estas formaciones. Se concluye que la cuenca en estudio tiene baja probabilidad de inundación, pero se debe atender la parte baja de la cuenca, pues debido a la forma topográfica existe una baja probabilidad que se inunden las áreas aledañas.

Palabras clave: Morfometría, geología, cauce principal, inundación, manejo integrado.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to analyze the geomorphology of the hydrographic basin of the Amojú river in the province of Jaén, Cajamarca region employing Geographical Information Systems, for the place where the analysis of geomorphological parameters and the delimitation of the hydrographic basin was carried out GIS environment. The results indicate that the area of the river basin found was 354.52 km² and the perimeter of 111.57 km, which indicates that it is a small-median river basin, furthermore, it was found that the studied river basin had a form factor of 0.3228, the coefficient of circularity and compactness of 0.0112 and 1.67 respectively indicating that it is a small-medium-sized river basin with low drainage density, similarly the results indicate that a large area of the river basin has a strong relieve wavy, which indicates that the water flows at high speed and has a low coefficient of circularity, which indicates that there is little time of concentration, the studied river basin has a red drainage of orden 5, which indicates a low drainage capacity and it Drainage density obtained was 1.69 km / km², which indicates a deficient drainage, according to the lithology of the hydrographic basin of the Amojú river in the predominant territory of Conglomerates, arenaceous, struggles and what if It has a total area of 111.97 km² of these formations. If it is concluded that the watershed in the studio has a low probability of flooding, but the lower part of the watershed must be attended to, because due to the topographical shape there is a low probability that it will flood. alledañas areas.

Keywords: Morphometry, geology, main channel, flood, integrated management.

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

(Según FAO., 1992) menciona que una cuenca hidrográfica es una zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema fluvial, es decir, la superficie total de las tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río; además, es una unidad físico-biológica y en algunas ocasiones es una unidad socio-económica-política que sirve para la planificación y ordenamiento de los recursos naturales. Por otra parte, la cuenca hidrográfica es concebida como el territorio delimitado por los escurrimientos superficiales que convergen a un mismo cauce, es el entorno básico indispensable para estudiar la función ambiental, económica y social de los cuerpos de agua y su impacto en la vida de las mujeres y hombres, en vista de que los recursos hídricos están directamente afectados, debido a la actividad agropecuaria y humana, en general, es necesario efectuar un diagnóstico del estado actual de las cuencas hidrográficas a fin de procurar su preservación (Ortega, 2013).

La definición de la cuenca hidrográfica es fundamental para enfrentar los desafíos de la gestión integrada de los recursos hídricos, considerando las demandas sociales, productivas y ambientales. Su apropiada delimitación espacial es una condición esencial para la comprensión de procesos eco hidrológicos en el territorio en diferentes escalas. En este trabajo se desarrolló la delineación y codificación de regiones hidrográficas al sur de la Patagonia Austral bajo procedimientos estandarizados y nuevas tecnologías de geo información, aún sin antecedentes en la región. Se trabajó con el modelo ALOS World 3D, escenas de alta resolución WorldView y algoritmos del software libre QGIS 3.12 para realizar delineaciones automatizadas de cuencas en diversos niveles de anidación hidrológica y su posterior codificación y nomenclado. Se logró un

producto cartográfico preciso, en escala 1:25.000, sobre un territorio de 366.357,4 km², consistente en 7.307 unidades hidrográficas distribuidas en 5 niveles, con 14 grandes regiones hidrográficas (RH), en el nivel superior, 46 subregiones, 249 cuencas hidrográficas, 1.110 subcuencas y 5.888 microcuencas. La cartografía lograda mejoró la resolución y precisión de productos regionales disponibles, representando una herramienta valiosa para la gestión del recurso agua en diferentes niveles de organización y complejidad de los procesos naturales. (Díaz, B. G., Giménez, M. M., Almonacid, L., Gaspari, F. J., Bertinat, M., & Peri, P. L., 2021).

Las cuencas hidrográficas son unidades físicas que sirven como marco práctico objetivo para la planificación y gestión del desarrollo sostenible (DS). Es necesario integrar la gestión del agua a la planificación de los usos del suelo y el ordenamiento territorial, permitiendo evaluar de manera integral y equitativa, la distribución y el manejo del agua en todo el ciclo hidrológico, trascendiendo las fronteras político-administrativas a nivel municipal, regional y hasta global Aumassanne, C. M., & Gasparini, F. J. (2023); dentro de los análisis que se realizan a las cuencas hidrográficas se tiene los análisis morfométricos los cuales son importantes puesto que funcionan como herramienta para evaluar el funcionamiento del sistema hidrológico de una región y pretenden hallar parámetros que sirvan para caracterizar un ambiente geomorfológico y que, además, sean susceptibles de un tratamiento estadístico o matemático que permita disminuir la influencia de la subjetividad en las conclusiones que se deriven de esos parámetros (Bustos & Georgieff, 2020; Camino et al., 2018; Doffo & Bonorino, 2005; Quesada & Zeledón, 2020).

En la actualidad el análisis de cuencas y los modelamientos de recursos hídricos viene siendo desarrollado con sistemas de información geográfica ya que con estas herramientas se determinan un sin número de características de las cuencas hidrográficas además que ofrecen un

análisis consistente y preciso de dicha área en estudio. En la provincia de Jaén de la región Cajamarca se encuentra ubicada la cuenca hidrográfica del río Amojú la cual, debido a su ubicación geográfica-espacial tiene importancia social y ecológica ya que abastece de recurso hídrico a los distritos de Jaén, Bellavista y Las Pirias en donde los pobladores aprovechan dicho recurso para el desarrollo de sus actividades socio económicas, sin embargo; a pesar de la gran importancia que significa la cuenca hidrográfica del río Amojú se tiene escasa información sobre la geomorfología de ésta cuenca lo cual representa un gran problema para los técnicos y encargados de las tomas de decisiones tanto en instituciones públicas y privadas ya que no se tiene información detallada en base a sus características y dimensiones, por lo cual es que nace la siguiente problemática ¿Cómo es la geomorfología de la cuenca hidrográfica del río Amojú de la provincia de Jaén, región Cajamarca?. Por lo anteriormente expuesto se desarrolla el presente trabajo de investigación, el cual es de gran importancia ya que se generará datos informativos sustentados en bases científicas con lo cual se contribuirá a la ciencia generando un antecedente analítico para futuras investigaciones.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Analizar la geomorfología de la cuenca hidrográfica del río Amojú de la provincia de Jaén, región Cajamarca empleando Sistemas de Información Geográfica.

1.1.2. Objetivos específicos

Analizar los parámetros geomorfológicos generales de la cuenca hidrográfica del río Amojú.

Analizar los parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje de la cuenca hidrográfica del río Amojú.

Analizar los parámetros geomorfológicos asociados al relieve de la cuenca hidrográfica del río Amojú.

CAPITULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

(Gutierrez et al., 2019) en su estudio describió las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila aporta información base para la planificación estratégica del manejo de recursos naturales, así como para la realización de estudios hidrológicos. El trabajo emplea los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta base que permite el análisis de la cartografía digital de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), conformando imágenes de la red de corrientes, hipsometría y pendientes, y manipulación de imágenes digitales. La cuenca, que se distribuye en 21 municipios y una superficie de 3642,43 km², se conforma por 24 cuencas tributarias, drenaje dendrítico y 10288 corrientes superficiales. Basado en 35 parámetros morfométricos se estimaron modelos de correlación, identificando la mayor dependencia en el tiempo de concentración con respecto a la longitud de la cuenca ($R^2 = 0.91$) y la proporción de elongación en relación al área de la cuenca ($R^2 = 0.83$).

(Castillo-Cruz y Medrano-Pérez., 2023) en su estudio caracterizó la geomorfología de las subcuencas Grijalva y Usumacinta en el sureste de México usando sistemas de información geográfica (SIG) y una serie de parámetros morfométricos asociados a características generales, al relieve, a la red de drenaje y a la forma de estas subcuencas a fin de analizar y comprender el comportamiento hidromorfológico. Los resultados obtenidos muestran cierto contraste entre ambas cuencas en torno al parámetro de número de escurrimientos, lo cual tiene implicaciones en lo relativo a la energía y a la capacidad y magnitud de la captación de agua de la subcuenca y de la red fluvial de ambas subcuencas. En este contexto, se busca contribuir al conocimiento local y al

fortalecimiento de la toma de decisión en los ámbitos de ordenamiento territorial, protección civil, infraestructura y políticas públicas.

(Mendez - Gutierrez et al., 2021) en su estudio describieron detalladamente las características morfométricas e hipsométricas de la cuenca El Salto, Durango. A través de un Sistema de Información Geográfica y robustecido con datos de campo, se analizaron parámetros de forma, relieve y red hidrográfica; además, se realizó la curva hipsométrica y se calculó la integral hipsométrica para determinar la fase evolutiva de la cuenca. Los resultados sugieren que la cuenca es alargada, además el relieve evidencia un desnivel bajo (303 m) con una pendiente media de 2.23 % considerada como moderadamente inclinada. La red de drenaje es considerada de cuarto orden, y está formada por 94 cauces cuya longitud total es 90.53 km. La densidad e intensidad de drenaje presentaron valores de 2.02 km/km² y 1.04 km respectivamente, con una frecuencia de corrientes de 2.09 cauces/km²; estos valores se consideran bajos para cuencas con estas dimensiones. De acuerdo al valor de la integral hipsométrica (0.5), la cuenca se encuentra en la fase de equilibrio o madurez. El orden de corrientes que predomina es 1, por lo que la cuenca es más susceptible a presentar erosión hídrica durante los eventos de lluvia. Por otro lado, debido a la forma alargada de la cuenca esta debería ser menos susceptible a presentar inundaciones; sin embargo, se observaron valores bajos de densidad e intensidad de drenaje y frecuencia de corrientes, lo cual sugiere que el escurrimiento no es eficiente. Este estudio será útil para el desarrollo de proyectos de manejo y conservación de los recursos naturales, en especial para aquellos cuyo objetivo sea reducir la pérdida de suelo por erosión y realizar acciones de captación de agua.

(Ja et al. 2022) utilizó el MDE de la Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) para investigar la morfometría del drenaje y su impacto en el medio ambiente, así como el análisis

hidrológico de la cuenca del río Gandak, afluente destacado del río Ganges, India. Las características morfométricas de las cuencas hidrográficas se evaluaron con métodos vanguardistas como los desarrollados por Horton y Strahler, quienes demostraron que los sistemas de información geográfica y la teledetección son más eficaces para calcular y analizar dichos parámetros. Utilizando el programa Arc GIS 10.5, se determinaron 17 parámetros morfométricos, los cuales reflejan el patrón dendrítico de drenaje de la cuenca del Gandak. Concretamente, esta cuenca tiene un subsuelo poroso; por lo tanto, la escorrentía es modesta, como lo demuestran la baja densidad de drenaje, la tasa de infiltración y la frecuencia de arroyos. La baja densidad y el patrón de drenaje grueso sugieren una oportunidad para las estructuras artificiales de recarga. La actual priorización basada en la morfología se verificó geológicamente. En consecuencia, se requieren técnicas adecuadas de gestión de la erosión del suelo para proteger la tierra de la futura erosión en esta cuenca. Esta investigación contribuirá al uso eficaz de los recursos hídricos y al desarrollo, a largo plazo, de la cuenca del río Gandak.

(Quesada y Zeledón., 2020) en su investigación analizan algunas características morfométricas de la microcuenca hidrográfica de la quebrada El Estero en Costa Rica. Se analizan la forma, relieve y drenaje asociada a la morfodinámica de la microcuenca, con el objetivo de conocer la morfometría de la microcuenca, dado que es una quebrada que ha causado varias inundaciones. Para ello se calcularon ciertas mediciones básicas (superficie, forma, drenaje, elevación, desnivel del cauce principal y orden de cauces, entre otros). La microcuenca en su parte alta se caracteriza por un cauce más profundo en forma de V, con cierta presencia de vegetal riparia, aunque existen ciertos procesos erosivos. En la parte media se ubica una ciudad en una superficie ondulada, donde, aunado a un mayor caudal, y una serie de alcantarillas de poco diámetro causan acumulaciones caóticas (tapones) y daños a la infraestructura existente, por

medio de inundaciones durante eventos lluviosos intensos. La parte inferior la microcuenca presenta una falla tectónica, característico por presentar un salto o catarata y en sus márgenes fuertes procesos erosivos y de deslizamiento.

(Albarracín et al., 2021) realizaron un trabajo con el objetivo de analizar e interpretar los parámetros morfométricos de la cuenca del arroyo Nagel, en el departamento Leandro N. Alem (Misiones), Argentina. Los parámetros calculados se determinaron sobre datos georreferenciados procesados con SIG, generando en gabinete, una base de datos digital morfométrica de la zona de estudio. La cuenca tiene un área 55,2 km² con dirección principal en el eje NE-SO, con un rango altitudinal entre los 355 y 129 msnm. El análisis de forma mostró que es oval oblonga a rectangular, que propicia una evacuación rápida de la escorrentía que se genera en la misma. Presenta una red de drenaje bien estructurada. Estos resultados forman parte del procedimiento inicial para el diagnóstico de la dinámica del escurrimiento superficial en la cuenca, debido a que los mismos se corresponden con las formas de relieve terrestre, siendo el agua y su energía un factor modelador. Este trabajo constituye la etapa inicial para generar un modelo conceptual sobre el funcionamiento del sistema hidrológico del arroyo Nagel.

2.1.2. A nivel nacional

(Mattos., 2019) realizó la caracterización geomorfológica de las cuencas hidrográficas Chicama, Moche y Virú a nivel de microcuencas utilizando software Arcgis, para lo cual realizaron la delimitación de las cuencas hidrográficas según Pfafstetter, así como la caracterización geomorfológica del conjunto de microcuencas delimitadas con ayuda del programa ArcGis partiendo desde información satelital la cuál fue procesada, en primera instancia, en el software Global Mapper para luego realizar el procesamiento con diferentes herramientas de ArcGis y obtener características geomorfológicas. Los resultados obtenidos

muestran que la cuenca Chicama, Moche y Virú presentaron 58, 65 y 61 microcuencas para cada una, así mismo se observaron valores del factor de forma por debajo de la unidad, tiempo de retorno entre los 30 y 60 minutos y áreas entre los 10 a 20 km², concluyendo que el software ArcGis es necesario para la gestión del recurso hídrico, esto debido a la versatilidad de las herramientas que posee en el procesamiento de información orientada a la hidrología.

(Del Águila y Mejía., 2021) realizaron un análisis morfométrico evaluando las características de drenaje de dos cuencas de ríos altoandinos, en la región Junín, Perú: la cuenca del río Anya, en el lado oriental de la cordillera, y la del río Mchique, en el flanco occidental de los Andes centrales. Se delimitaron las cuencas y se calcularon los parámetros morfométricos de relieve, forma y drenaje, utilizando sistemas de información geográfica (SIG). Ambas cuencas son de orden 3 con patrones de drenaje diferenciados, siendo la cuenca Anya dendrítica y Mchique subdendrítica, con influencia de elementos estructurales, dada su forma alargada particular. Los valores bajos de densidad de drenaje (Dd) fijan a las cuencas como de altas tasas de infiltración, sin embargo, éstos responden a sus ubicaciones en cabeceras. Los valores de elongación (E) implican una forma alargada para Anya y más para Mchique, lo cual indica una menor vulnerabilidad a inundaciones repentinas y, consecuentemente, una gestión de avenidas más sencilla. El alto factor topográfico (Ft) de las cuencas es indicador de pendientes pronunciadas y, por consiguiente, de mayor intensidad de procesos erosivos. Los resultados pueden ser base de estudios hidrológicos e hidráulicos, manejo de cuencas y gestión de recursos hídricos en la zona.

Perez Soriano, K. M., & Reyes Mondragon, C. T. (2022, P.) realizaron estudios en diferentes regiones del Perú como la costa, sierra y selva, donde determinaron la calidad del agua con uno de los métodos biológicos más representativos como el Biological Monitoring Working Party (BMWP), esto con la finalidad de generar mapas ambientales y su posterior interpretación.

Los resultados del índice BMWP/Col en las cinco cuencas de interés, clasifica la calidad del agua en buena, aceptable, dudosa y crítica. El objetivo fue elaborar el modelo del índice BMWP/Col de las cinco cuencas hidrográficas del Perú aplicando las herramientas que ofrece el programa ArcGIS 10.6. Para ello, como primer paso se identificaron los datos geográficos y ambientales de las áreas de interés, luego se descargaron los datos del portal GEO GPS PERÙ en formato shapefile(.shp), seguido convertimos las coordenadas UTM de las áreas de estudio a coordenadas geográficas mediante la plataforma Atlas Cajamarca y asimismo digitalizaron los datos en Excel y procesamos la información; finalmente delimitaron, estructuraron y modelaron las áreas de estudio.

2.1.3. A nivel regional

(Alcántara., 2015, P.) realizó la caracterización hidromorfométrica de la microcuenca Puyllucana – Baños del Inca – Cajamarca, mediante la aplicación de ArcGis; donde, se busca, con un enfoque geológico, mejorar la calidad de los datos al obtener la oferta hídrica del caudal en la microcuenca Puyllucana cuyo valor sea lo más cercano a la realidad, para lo cual se obtienen los parámetros morfométricos con ayuda de uno de los software más completos y utilizado a nivel mundial, como es el ArcGIS y haciendo la comparación entre el formato tradicional 20 y una nueva metodología a manera de propuesta en formato de relieve 30 para finalmente señalar que el valor de la oferta hídrica del caudal en una cuenca hidrográfica debería ser realizado siempre en relieve 30. La unidad de estudio queda clasificada como: Microcuenca, de forma alargada, de forma oval alargada con tendencia a crecida media, moderadamente empinada, en fase de madurez, ubicada en la Región Quechua Baja, bien drenada y con bifurcación de orden 3.

(Salazar Guerrero, R. A., 2023) Realizo el estudio de inundación de la ciudad de Cutervo y su zona rural colindante, a través de un análisis hidrológico-hidráulico, con el propósito de

determinar el nivel de riesgo del mismo generado por el efecto de precipitaciones extraordinarias, además de elaborar una cartografía de la zona de estudio susceptible a ser inundada. Esto se llevó a cabo empleando las herramientas que nos ofrecen los SIG (Sistema de Información Geográfica). El desarrollo comenzó por el estudio de la cuenca hidrográfica, para establecer la dirección de flujo de las quebradas y la topografía del terreno natural que bordean la ciudad, incluyendo los afluentes que cruzan zonas urbanas. Asimismo, se realizó modelaciones hidráulicas que permitieron calcular la capacidad de la infraestructura necesaria para contener y canalizar este tipo de eventos máximos de precipitación. La metodología del estudio se funda en la utilización de diferentes softwares como lo son el ArcGIS, HEC-RAS e Iber.

Bases teóricas

2.1.4. Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son unidades físicas que sirven como marco práctico objetivo para la planificación y gestión del DS, que dependen de: a) La tendencia dinámica de funcionamiento de este tipo de sistema, b) la influencia de tratamientos integrados de producción y protección regionales, según elementos sociales, económicos, y c) el grado de deterioro ambiental. El manejo integral apropiado de una cuenca hidrográfica brinda beneficios a la sociedad, que se traducen en una amplia gama de bienes y servicios, que pueden ser aprovechados por la comunidad local y regional. (Aumassanne, C. M., & Gaspari, F. J., 2023).

(Vásquez., 2000) citado por (Huamán., 2015) define que una cuenca hidrográfica es el sistema, área o ámbito geográfico, delimitado por el *divortium aquarum*, donde ocurre el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo". Es definida también como la unidad natural definida por la existencia de la divisoria de aguas en un territorio dado, sus límites quedan establecidos por la

divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "*divortium aquarium*", que teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior.

Una cuenca es una superficie natural donde el agua que proviene de la lluvia forma un cauce principal, también se considera como una unidad fisiográfica conformada por sistemas de vertientes de agua definidos por su topografía.

2.1.5. Delimitación de cuenca hidrográfica

En el presente trabajo se presenta una metodología para la delimitación de la cuenca del río Bitá en el departamento del Vichada mediante el uso de un modelo digital de elevación (MDE) y sistemas de información geográfica. Partiendo de la falta de información cartográfica precisa de la zona y de las características topográficas de una zona predominantemente plana donde la información de curvas de nivel no es concluyente para la delimitación de una cuenca hidrográfica, el presente trabajo muestra como mediante el uso de un modelo digital de elevación (MDE) es posible realizar una delimitación precisa de la cuenca sin incurrir en altos costos financieros o de tiempo en la toma de información de campo. Se espera que el presente trabajo sirva de referente para la delimitación de cuencas hidrográficas en otras zonas del país donde no se cuente con información cartográfica actualizada o a escalas que permitan realizar estudios a escala local. (Rojas Ochoa, C. A., 2020).

(Huamani De la Cruz, F. L., & Lazo Colqui, F. N., 2020). Caracterizan la geomorfología de una cuenca hidrográfica desde un modelo de elevación digital. Como material y metodología se utilizó imágenes del modelo de elevación digital (MED) que fueron extraídos del sistema

Geoservidor del MINAM y para su procesamiento se importó al software QGis complementado con el sistema GRASS, teniendo como resultado la delimitación y sus características geomorfológicas de la cuenca del río Huari ubicado en la provincia de Tayacaja. Estos datos obtenidos serán útiles o permitirán una mejor planificación y gestión de recursos en el área de estudio.

Componentes de una cuenca hidrográfica

(Escobar, 1996), indica que existen diversos componentes de una cuenca en función a su relieve. Los principales se detallan a continuación:

Vertientes. Son también llamadas laderas, son las partes inclinadas que se encuentran entre las divisorias y los cauces.

Red de causas. Secciones longitudinales en la cuenca definida por las cotas más bajas a través de las cuales las aguas discurren permanentemente.

Valle. Zonas planas adyacentes a los cauces de los ríos.

Río receptor. Es aquel cause de mayor envergadura al cual confluyen dos o más microcuencas.

Interfluvio. Son áreas o secciones de forma triangular que se encuentra en el medio de dos microcuencas adyacentes.

2.1.6. Tipos de cuencas

Huamán (2015, P.) menciona que existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas, sin embargo, encontramos otros tipos considerando la salida, y son:

Cuenca Endorreica. Cuencas que desembocan a lagos, lagunas o salares, no tienen comunicación ni salida fluvial al mar, es decir, el punto de salida a los escurrimientos se encuentra dentro de los límites de la propia cuenca.

Cuenca Exorreica. Este tipo de cuenca, el punto de salida se encuentra en los límites de la misma y drena sus aguas a otra corriente o al mar u océano.

Cuenca Arreica. Las aguas de estas cuencas se evaporan o se filtran en el terreno antes de formar parte de una red de drenaje, ya que no existe una permanente.

Cuenca Criptorreica. Este tipo de cuenca se da cuando los escurrimientos se filtran y se convierten en ríos subterráneos.

2.1.7. Manejo integrado de cuencas

Para (Sánchez., 2018) es un proceso interactivo de toma de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo para la sustentabilidad de los recursos, con la finalidad de obtener en el tiempo:

1. Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los usuarios de los recursos naturales.
2. Conservación de los recursos naturales conforme las políticas y estrategias establecidas del país.
3. Obtención de una mayor productividad de los recursos naturales y su mantenimiento, de acuerdo a las exigencias del país.
4. Restauración de áreas degradadas.
5. Regulación del régimen hidrológico.

2.1.8. Sistemas de información geográfica

Elemento que permite analizar, presentar, e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre; la información que albergan está referenciada geográficamente, ya sean datos,

estadísticas o mapas de un territorio concreto permitiendo: la lectura, almacenamiento y gestión de datos espaciales; el análisis de estos datos como elaboración de complejos modelos o consultas sencillas; y la generación de resultados a partir de los datos, informes, gráficos, etc. (Chuvieco., 2010)

Sistema de Información Geográfica (SIG), es comprendido como "un conjunto interactivo de subsistemas orientados hacia la captura y organización de la información georreferenciada, con el fin de suministrar elementos de juicio para apoyar la toma de decisiones". Para cumplir con estos objetivos, un SIG lleva implícito el uso del computador para la entrada, manipulación, análisis y despliegue de la información descriptiva y espacial (Saavedra., 1992)

(Gómez., 2006) menciona que los Sistemas de Información Geográfica se han constituido durante los últimos veinte (20) años en una de las más importantes herramientas de trabajo para investigadores, analistas y planificadores, etc., en todas sus actividades que tienen como insumo el manejo de la información (Bases de Datos) relacionada con diversos niveles de agregación espacial o territorial, lo cual está creando la necesidad de que estos usuarios de información espacial conozcan acerca de esta tecnología. Aunque los Sistemas de Información Geográfica SIG tienen gran capacidad de análisis, estos no pueden existir por sí mismos, deben tener una organización, personal y equipamiento responsable para su implementación y sostenimiento, adicionalmente este debe cumplir un objetivo y estar garantizados los recursos para su mantenimiento.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una colección organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, análisis espacial, y despliegue de todo tipo de información geográficamente referenciada (Burgos & Salcedo., 2016).

2.1.9. Modelo digital de elevación

(Borough., 1986) define a modelo digital de elevación como una representación de la variación continua del relieve sobre el espacio, por medio de una matriz de valores relacionados con una rejilla regular.

Los modelos digitales de elevación son productos geomáticos esenciales en el estudio, manejo y administración del territorio. Su uso, así como la disponibilidad de datos de alta resolución, ha ido en crecimiento sostenido en las últimas décadas, permitiendo diversos y variados análisis cuyos resultados permiten cualificar y cuantificar las características propias del terreno (Frau et al., 2011).

Se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE) a un modelo simbólico, de estructura numérica y digital que pretende representar la distribución espacial de la elevación del terreno, siendo la altura una variable escalar (sobre un nivel de referencia) que se distribuye en un espacio bi-dimensional (Burgos & Salcedo., 2016).

2.2. Definición de términos básicos

Modelo cartográfico. Se describe como un conjunto de operaciones, consiste en un flujograma de operaciones que de un modo preciso el conjunto de procesos a ejecutar sobre los niveles básicos de información para obtener consecutivamente un nivel o niveles de información que responden a los objetivos planteados (Ortega., 2013).

Almacenamiento de información espacial. El almacenamiento y publicación de la información, consiste en dejar de forma libre la base de datos sobre la información que se obtiene del área de estudio, y puedan visualizar de forma dinámica los mapas generados, de tal forma que sea útil principalmente para las comunidades aledañas y se tenga oportunidad de desarrollar en otros proyectos en beneficio de las mismas, tanto como para el estado (Ortega., 2013).

Cuenca hidrográfica. territorio, región o zona, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común. Es decir que, toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar (Jimenez., 2005).

Geomorfología. Rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que la generan (Piccolo & Perillo., 1997).

Formación Geológica. Secuencia de rocas, generalmente de características semejantes, en cuanto a litología, fósiles y edad. (Alcántara., 2015).

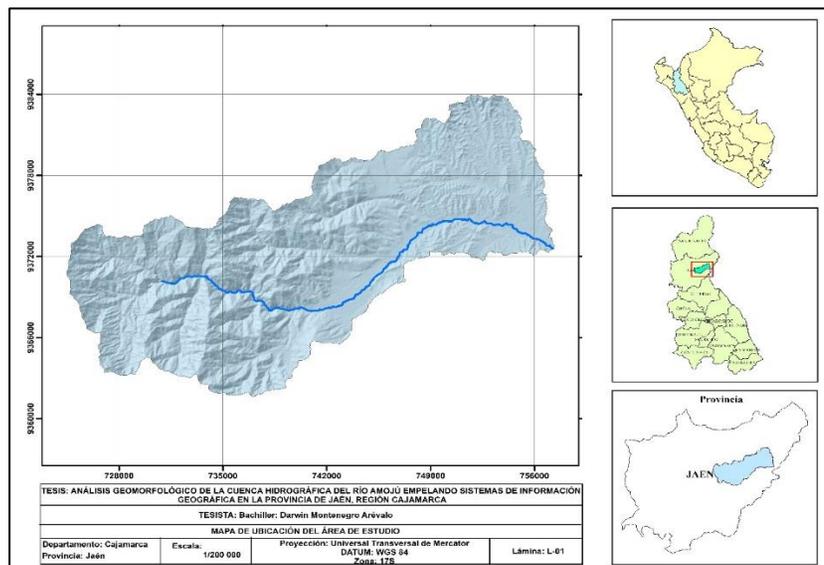
Divisoria de Aguas o Divortium Aquarium. (Dávila., 2011) define como la línea de cumbres o de máxima altura de los terrenos entre dos vertientes, que separa las aguas de las lluvias o de los deshielos. La divisoria de aguas da lugar a la formación de las cuencas hidrográficas.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

La cuenca del río Amojú comprende parte de los distritos de Jaén, Bellavista y Las Pirias de la provincia de Jaén, en la región Cajamarca. La cuenca en estudio se origina por la unión de las quebradas Huamantanga, Rinconada Lajeña y La Cascarilla las cuales forman el río Amojú el cual desemboca finalmente en el río Marañón (Corro & Tafur, 2014). La cuenca del río Amojú tiene una extensión de 354.52 km², se encuentra localizado entre las coordenadas UTM: 756251 y 725802 m Este y entre 93786874 y 9366638 m Norte; La cuenca en estudio se encuentra entre los límites altitudinales que van de 395 a 3,178 msnm, el clima es seco con una temperatura media anual que oscila de 14 a 33 °C. La precipitación media anual varía de 712 a 1222 mm, con un período seco de mayo a octubre y la más lluviosa entre octubre y abril (Anticona, 2021).

Figura 1.
 Mapa de ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.2. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva ya que se va a describir los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú, además es de diseño no experimental pues no se manipularán las variables.

3.2.1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Escala de medición
Geomorfología	La geomorfología es la ciencia que tiene por finalidad describir el relieve terrestre,	Parámetros geomorfológicos	Geomorfología general.	Índice de medición

continental y submarino. Es una disciplina de síntesis orientada, especialmente hacia el estudio de uno de los componentes del medio natural. En la geomorfología se pueden distinguir 3 ámbitos de estudio principales estructural, dinámico y climático (Morales, 2019).	Geomorfolo gía asociada a la red de drenaje. Geomorfolo gía asociada al relieve
---	--

3.2.2. Población, muestra y unidad de análisis

Población: La población de esta investigación estuvo constituida por todas las cuencas hidrográficas de la provincia de Jaén

Muestra: La muestra estuvo constituida por la cuenca hidrográfica del río Amojú.

Unidad de Análisis: La unidad de análisis estuvo constituida por cada uno de los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

3.2.3. Fuentes técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuente de los datos: Los datos empleados para esta investigación fueron obtenidos de fuentes online como el geoportal del MINAM, el portal web de USGS, NASA, entre otros.

Técnicas de recolección de datos: Debido a que la obtención de todos los datos de los parámetros geomorfológicos analizados fue adquirida durante la ejecución de la investigación se

empleó la técnica de recolección de datos de observación y se corroboró con datos obtenidos en campo.

Instrumentos de recolección de datos: Como instrumento para la recolección de datos se empleó la libreta de apuntes, GPS Garmin 64s y la ficha de recolección de información (Anexo 1).



3.2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en la investigación fueron procesados y analizados en el software Excel del paquete Microsoft Office 2019 donde se calcularon los índices de los parámetros geomorfológicos analizados, además se elaboraron tablas y gráficos de datos para la representación de los resultados.

3.2.5. Aspectos éticos

La presente investigación conserva la ética del investigador, pues la información obtenida y presentada es confiable ya que se siguieron todos los parámetros indicados en la metodología de la investigación, además todo texto escrito ha sido citado con las normas *APA 7th edition*, y el documento ha sido redactado según la normativa de investigación de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3. Materiales y procedimientos

3.3.1. Materiales

Material de campo: Machetes, linterna, botas de jebe, poncho impermeable, lapiceros, libreta de apuntes, material cartográfico.

Material de gabinete: Base de datos ZEE Cajamarca, Carta nacional Escala 1:100 000, Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros.

3.3.2. Equipos

Equipos de campo

GPS Garmin 64s, brújula, cámara fotográfica y libreta de apuntes.

Equipos de gabinete

Computadora, impresora, scanner, calculadora.

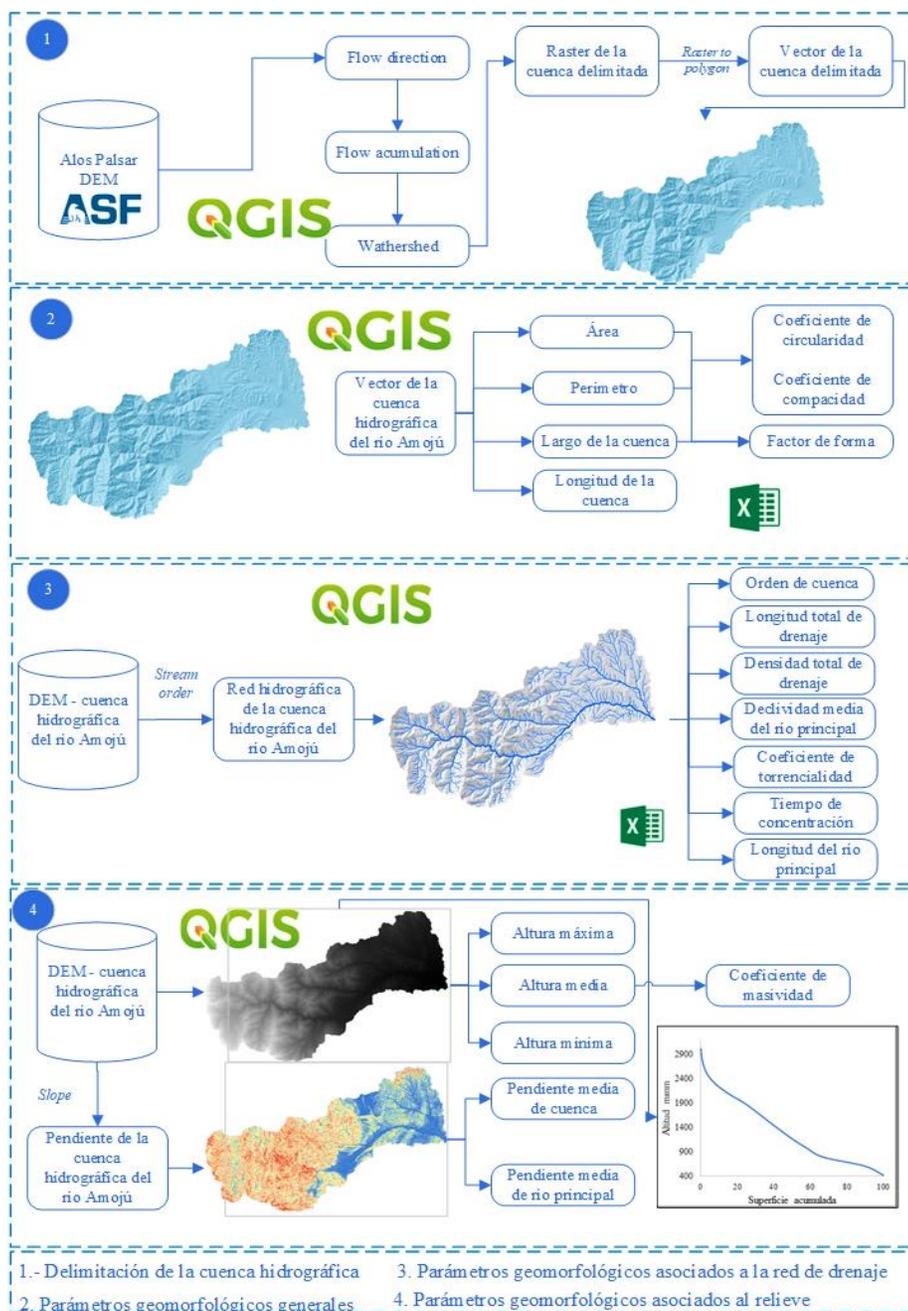
3.3.3. Software

Microsoft Office 16, Envi 5.2, Qgis 3.12.3, ArcGis 10.5

3.3.4. Procedimiento

Figura 2.

Flujograma metodológico



Etapa de gabinete

a. Recopilación de información cartográfica y bibliográfica

Se realizó la recopilación de información bibliográfica y cartográfica; para esto se visitó de forma física y virtual instituciones como Gobierno regional de Cajamarca-Sub gerencia de acondicionamiento territorial, Autoridad nacional del agua (ANA), Ministerio del ambiente

(MINAM) y para la recopilación de información geoespacial y cartográfica se visitaron los geoportales de MINAM, Earth Explorer USGS y el geoportal del Ministerio de Energía y Minas.

Figura 3.

Geoportal MINAM



Figura 4.

Earth explorer USGS

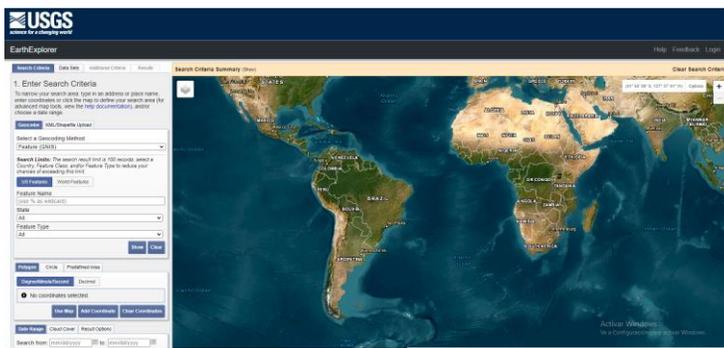


Figura 5.

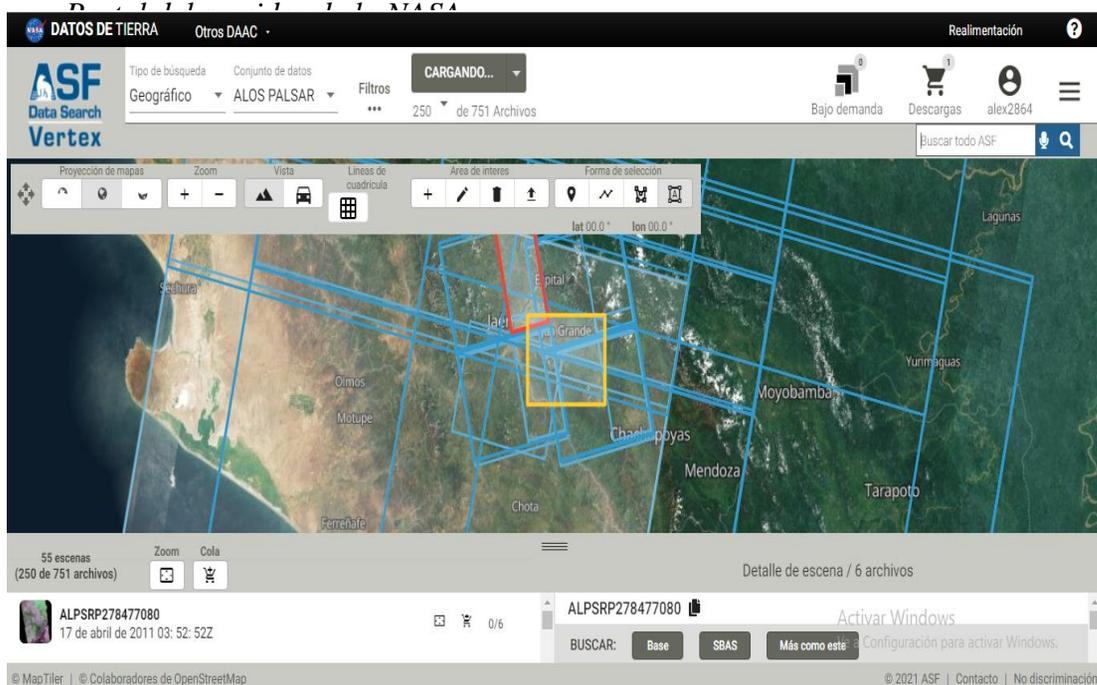
Geoportal MINEM



b. Obtención de modelo digital de elevación (MDE)

El modelo digital de elevación que fue usado en el presente estudio fue obtenido del DEM ALOS PALSAR, que tiene una resolución de 12.5 metros obtenido del geoservidor de la NASA, la misma que da un mayor detalle, comparado con el DEM ASTER, que tiene una resolución de 30 metros y el DEM SRTM, que tiene una resolución de 90 metros.

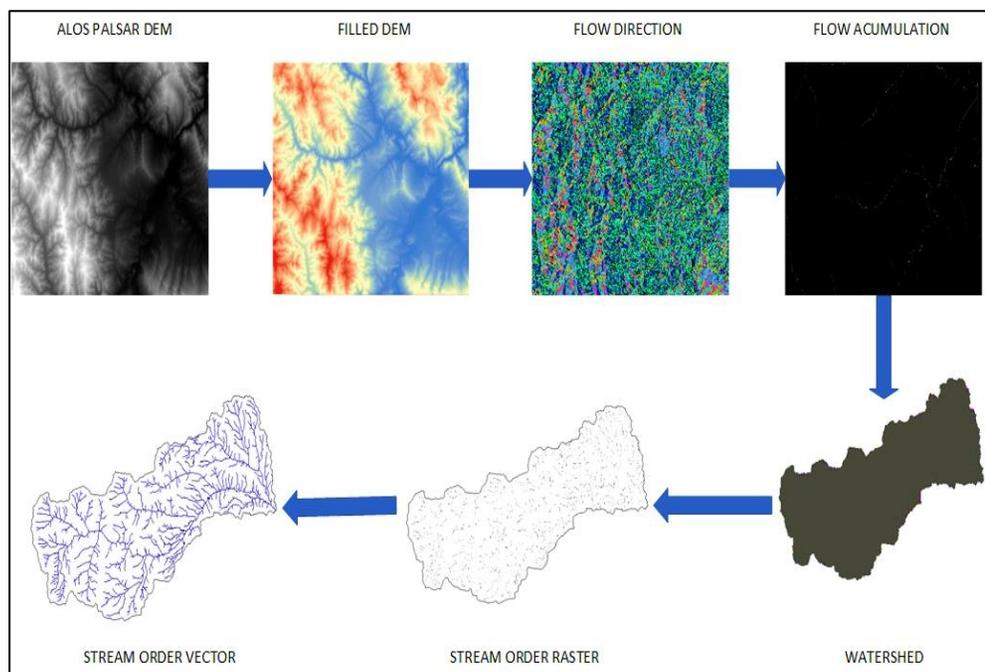
Figura 6.



La delimitación de la cuenca hidrográfica del río Amojú fue hecha en base a un modelo digital de elevación aplicando sistemas de información geográfica siguiendo la metodología de (Molano y Torres, 2018).

Figura 7.

Flujograma de delimitación de la cuenca y red de drenaje



d. Generación de cartografía de la cuenca hidrográfica

Como paso previo al análisis geomorfológico de la cuenca hidrográfica se procedió a la generación de cartografía base, ésta cartografía consistió en: mapa de red hidrográfica, mapa de delimitación hidrográfica, mapa de pendientes, mapa de la geología; esto se obtuvo a partir del procesamiento de modelo digital de elevación (MDE) en el software QGIS 3.12.3.

e. Análisis geomorfológico

Para el análisis geomorfológico se tuvo en cuenta la información cartográfica generada anteriormente, los parámetros geomorfológicos que se tomaron en cuenta para el presente estudio fueron:

Parámetros geomorfológicos generales. Los parámetros morfométricos generales evaluados en el presente estudio fueron: Área, Perímetro, Largo de la cuenca, Longitud de la cuenca, Factor de forma, coeficiente de circularidad y Coeficiente de compacidad. La expresión de cada parámetro se encuentra detallado en la tabla 1.

Tabla 1.
Parámetros geomorfológicos generales

Parámetro	Símbolo	Expresión
Área	A	Se define como el área total de la cuenca.
Perímetro	Pe	Longitud sobre un plano horizontal que recorre la divisoria de las aguas.
Largo de la cuenca	H	$H = \frac{A}{L}$
Longitud de la cuenca	L	Distancia horizontal entre la desembocadura hasta el punto más alto.
Factor de forma	K _f	$KF = \frac{A}{L^2}$
Coeficiente de circularidad	R _c	$Rc = \frac{4\pi A}{P}$
Coeficiente de compacidad	K _c	$Kc = 0.28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$

Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje. Los parámetros asociados a la red de drenaje evaluados en el presente estudio fueron: Orden de la cuenca, Longitud total del drenaje, densidad total de drenaje, declividad media del río principal, Coeficiente de torrencialidad, Tiempo de concentración, relación de bifurcación, Extensión media de

escurrimiento superficial. La expresión matemática de cada parámetro se encuentra detallado en la tabla 2.

Tabla 2.

Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje

Parámetro	Símbolo	Expresión
Orden de la cuenca	O_c	Subdivisión de los cursos de agua
Longitud total de drenaje	L_t	Medida del escurrimiento principal de la cuenca
Densidad total de drenaje	D_d	$Dd = \frac{L}{A}$
Declividad media del río principal	I	$I = \frac{H_{max} - H_{min}}{Lc} * 100$
Coefficiente de torrencialidad	C_t	$Ct = \frac{Nc1}{A}$
Tiempo de concentración	T_c	$Tc = \left(0,87 \frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$
Relación de bifurcación	Rb	$Rb = \frac{N_n}{N_{n+1}}$
Longitud del río principal	L_{rp}	Longitud total del cauce principal de la cuenca hidrográfica

Parámetros geomorfológicos asociados al relieve. Los parámetros geomorfológicos asociados al relieve evaluados en el presente estudio fueron: Pendiente media de la cuenca, Pendiente media del río principal, Índice de rugosidad, Curva hipsométrica, Coeficiente de

masividad y Altura media de la cuenca. La expresión de cada parámetro se encuentra detallado en la tabla 3.

Tabla 3.

Parámetros geomorfológicos asociados al relieve

Parámetro	Símbolo	Expresión
Pendiente media de la cuenca	J	$J = 100 * \frac{\sum Li * E}{A}$
Pendiente media del río principal	j	$j = \frac{DA}{L}$
Índice de rugosidad	D _d	$Dd = \frac{L}{A}$
Curva hipsométrica	Ch	Distribución del área en zonas parciales de la cuenca de acuerdo con un rango de elevación
Coefficiente de masividad	K _m	$Km = \frac{Altura\ media}{A}$
Altura media de la cuenca	h	Altura media de la cuenca en relación al área de la misma

Parámetro geológico de la cuenca hidrográfica. Para realizar el análisis de los parámetros geológicos se procedió a emplear la metodología desarrollada por De la cruz y Huayaney (2005, P.) el cual realiza un análisis geológico en base a cartografía generada con información espacial proveniente del geoportal de Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Etapas de campo

Validación cartográfica

Con la ayuda de un GPS garmin 64s, cámara fotográfica y una libreta de campo se realizó la verificación de la cartografía generada en el presente estudio, dicha verificación consistió en la georreferenciación de la principal red de drenaje de la cuenca hidrográfica, tal como se evidencia



en las imágenes.

3.3.5. Etapa post campo

La etapa post campo consistió en la generación de la cartografía final relacionada a la cuenca hidrográfica del río Amojú y la elaboración del informe final de investigación.

3.3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos en esta investigación fueron acumulados y ordenados en hojas de cálculo del software Excel para su posterior análisis. El análisis de los datos obtenidos consistió en el cotejo de información empleando el método revisión sistemática de bibliográfica a fin de validar y contrastar los datos obtenidos tanto en los DEM como los datos obtenidos en campo con GPS Garmin 64s.

DEM	Alt. Máxima de la Cuenca	Resolución Espacial
ALOS PALSAR	3199 msnm	12.5 M
ASTER	3147 msnm	30 M
SRTM	3163 msnm	90 M
GPS Garmin 64s	3180 msnm	-

Los datos obtenidos en campo con GPS Garmin 64s, nos da un mayor detalle del punto más alto de la cuenca arrojando 3180 msnm con coordenadas $X = 726984$; $Y = 9363361$ la misma que se asemeja al dato obtenido del satélite ALOS PALSAR.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Parámetros geomorfológicos generales de la cuenca del río Amojú

Se delimitó la cuenca hidrográfica del río Amojú, para lo cual se siguió la metodología de (Molano y Torres., 2018, P.), el cual indica que la delimitación se debe realizar a partir de un modelo digital de elevación y empleando sistemas de información geográfica (SIG), posteriormente se evaluaron los parámetros geomorfológicos generales de la cuenca en estudio, el resultado del proceso se muestra a continuación:

Tabla 4.

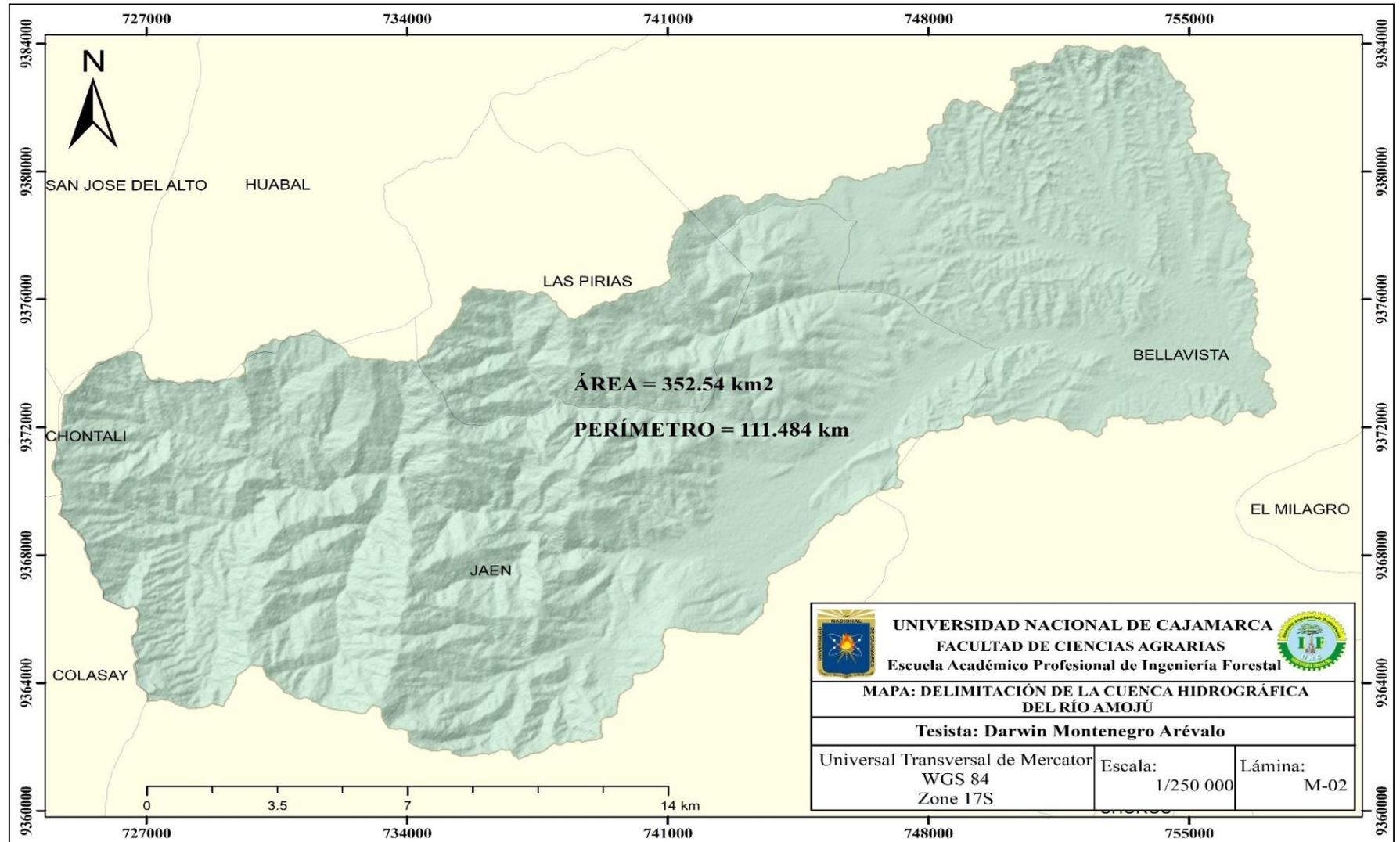
Parámetros geomorfológicos generales de la cuenca del río Amojú

Parámetro	Símbolo	Valor
Área	A	354.52 km ²
Perímetro	Pe	111.5754 km
Ancho de la cuenca	H	10.6794 km
Longitud de la cuenca	L	33.0796 km
Factor de forma	K _f	0.3228
Coefficiente de circularidad	R _c	0.0112
Coefficiente de compacidad	K _c	1.6740

En la tabla 4, se presentan los resultados del análisis de los parámetros geomorfológicos generales donde se puede apreciar que la cuenca del río Amojú tiene un área igual a 354.52 km², perímetro de 111.5754 km, el ancho de la cuenca es de 10.6794 km y la longitud es de 33.0796 lo

cual la clasifica como una cuenca pequeña-media, así mismo se puede observar que el Coeficiente de circularidad (R_c) es de 0.0112 y el Coeficiente de compacidad (K_c) es de 1.6740

Figura 8.
Delimitación de la cuenca hidrográfica del río Amojú



4.1.2. Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje

Tabla 5.

Parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje

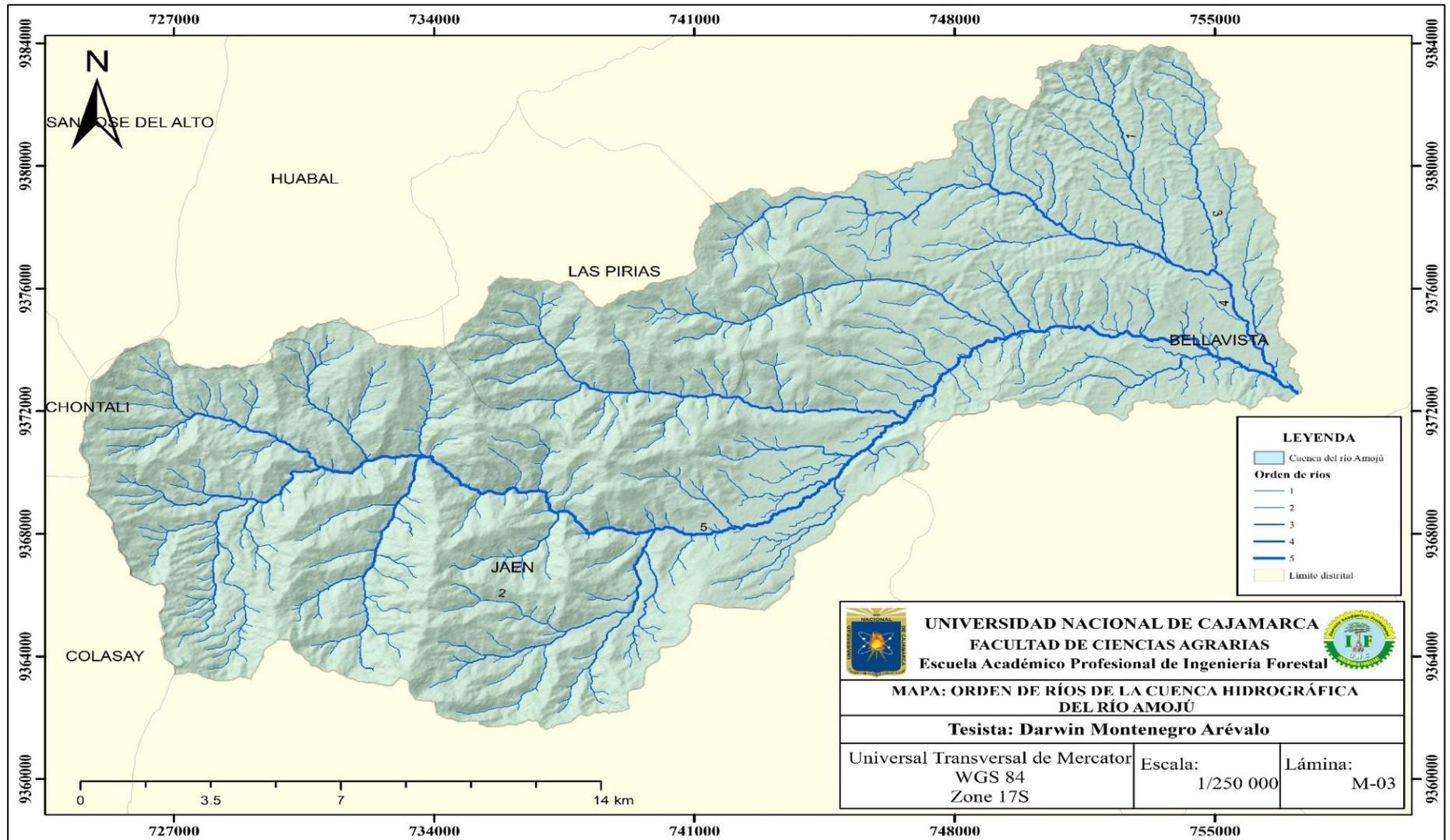
Parámetro	Símbolo	Valor
Orden de la cuenca	O _c	5
Longitud total de drenaje	L _t	600.06 km
Densidad total de drenaje	D _d	1.69km/km ²
Declividad media del río principal	I	7.66 %
Coefficiente de torrencialidad	C _t	4.40
Tiempo de concentración	T _c	2.828 minutos
Longitud del río principal	L _{rp}	36.1996 km

En la tabla 5, se presentan los resultados del análisis de los parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje, donde se observa que la cuenca hidrográfica del río Amojú es de orden 5, la Longitud total del drenaje es de 600.06 km, la densidad del drenaje es de 1.69, además el Coeficiente de torrencialidad es de 4.40, la cuenca tiene un tiempo de concentración igual a 2.828 y el río principal tiene una longitud de 36.1996 km y una declividad media de 7.66 %.

En la figura 9, se presenta el mapa de la red hídrica de la cuenca hidrográfica del río Amojú donde se puede apreciar que la mencionada cuenca presenta una red de drenaje de tipo dendrítica, de orden 5 y con un río principal que se extiende a lo largo de la cuenca.

Figura 9.

Red hídrica de la cuenca hidrográfica del río Amojú



4.1.3. Parámetros geomorfológicos asociados al relieve

Tabla 6.

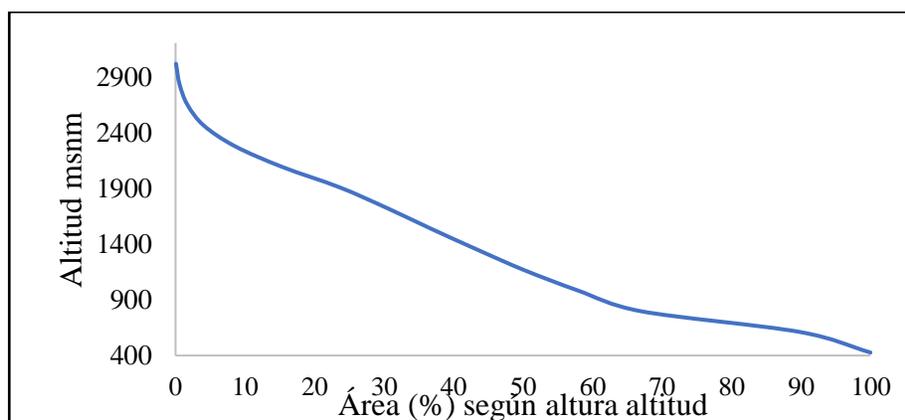
Parámetros geomorfológicos asociados al relieve

Parámetro	Símbolo	Valor
Pendiente media de la cuenca	J	19.36 %
Pendiente media del río principal	j	7.66 %
Coefficiente de masividad	K_m	3.70
Altura media de la cuenca	h	1313.66 msnm
Altura máxima (msnm)	A_{max}	3199 msnm
Altura mínima (msnm)	A_{min}	426 msnm

En la tabla 6 se presentan los resultados del análisis de los parámetros geomorfológicos asociados al relieve de la cuenca hidrográfica del río Amojú, donde se observa que la pendiente media de la cuenca es de 19.36 %, la pendiente media del río principal es de 7.66 %, el coeficiente de masividad asciende a 3.70, además, se aprecia que la altura máxima de la cuenca es de 3199 msnm y la altura mínima es de 426 msnm.

Figura 10.

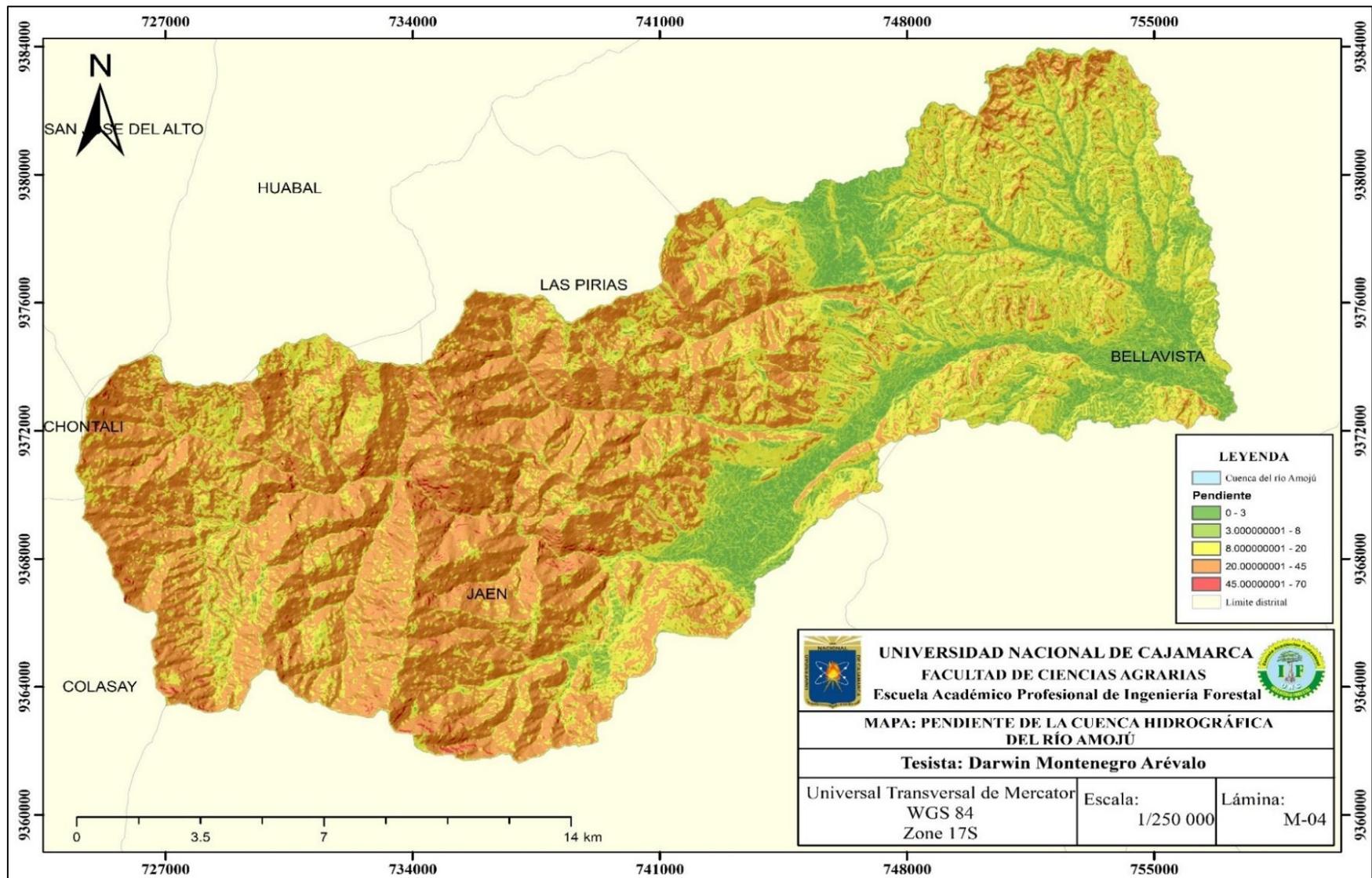
Curva hipsométrica



En la figura 10, se presenta el mapa de la pendiente de la cuenca hidrográfica del río Amojú donde se puede apreciar que la mayor extensión de la cuenca presenta un relieve ondulado y relieve fuertemente ondulado con 121.1449 km² y 165.1782 km² respectivamente, tal como se evidencia en la tabla de cálculo del histograma altimétrico, Anexo 1.

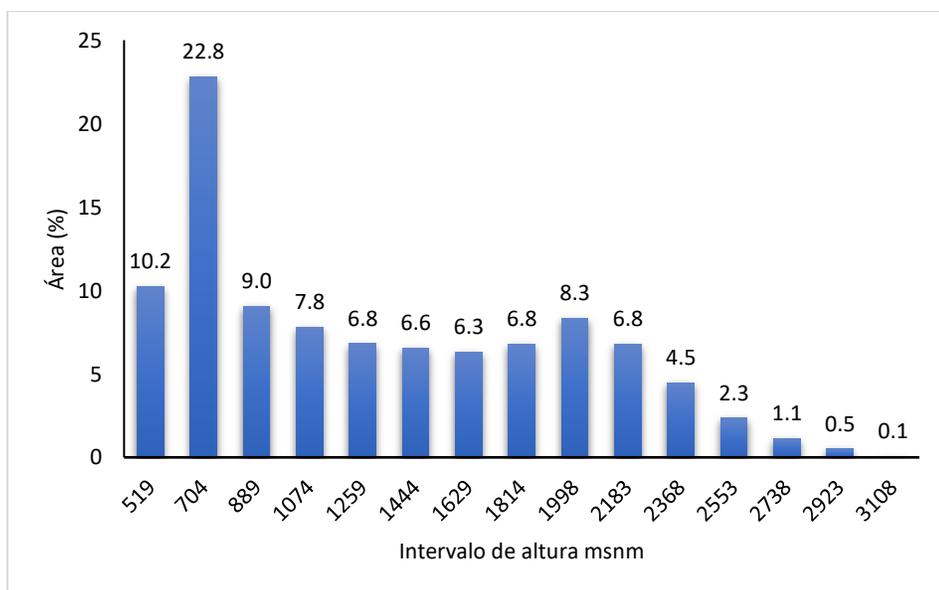
Figura 11.

Mapa de pendiente de la cuenca hidrográfica del río Amojú



En la figura 12, se presenta un histograma donde se presenta la altitud que abarca la mayor extensión territorial (%), siendo así se puede apreciar que 22.8 % del territorio de la cuenca se encuentra a una altitud de 704 msnm.

Figura 12.
Histograma de frecuencia altimétrica

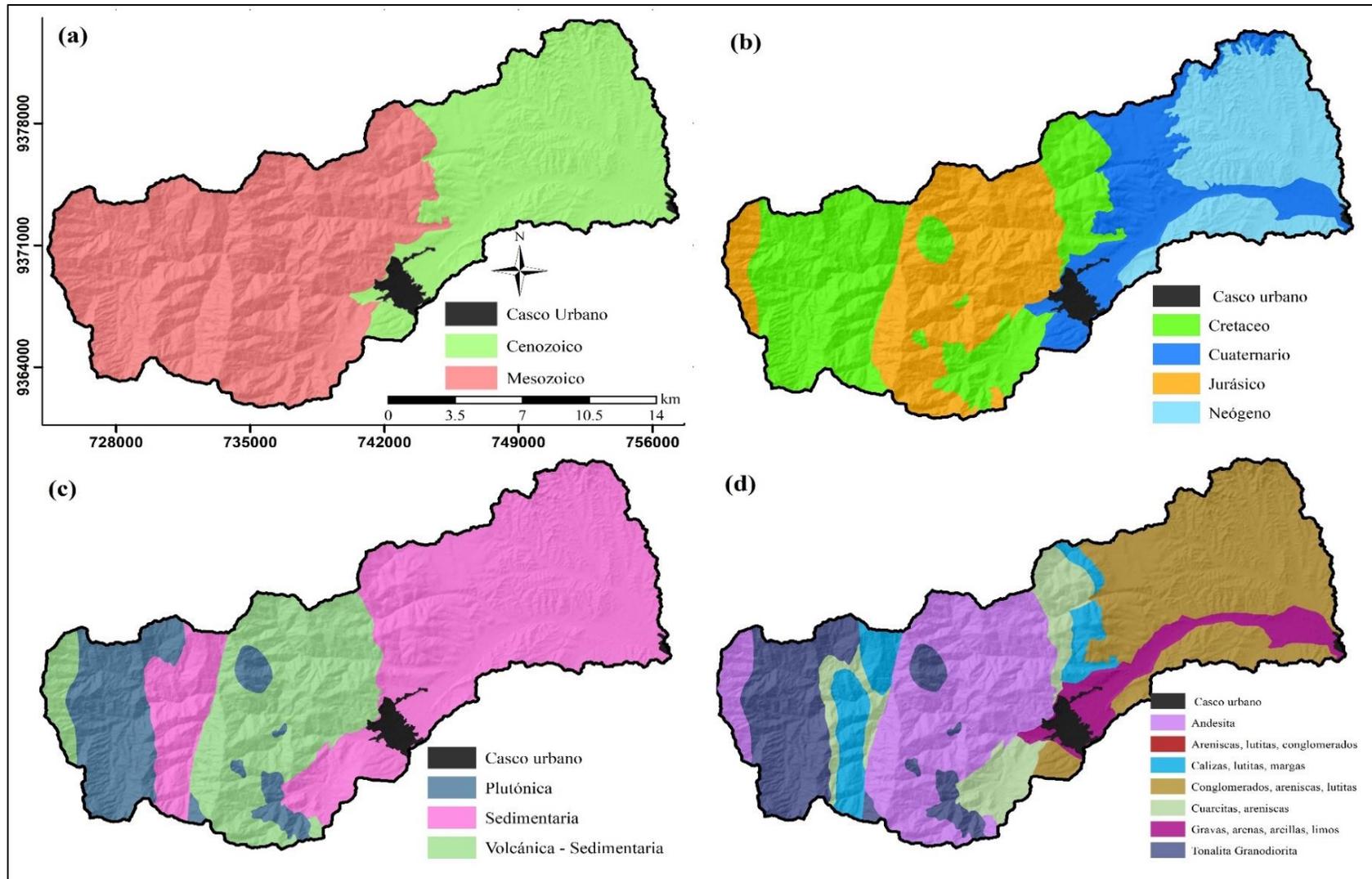


4.1.4. Parámetros geológicos de la cuenca

Se evaluaron los parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú, este análisis se basó en cartografía generada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), los resultados de este análisis se muestran a continuación:

Figura 13.

Mapa de parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú, (a) Era; (b) Periodo; (c) Tipo de roca; (d) Litología.



En la figura 13 se presenta los parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica, así mismo se observa que en la cuenca del río Amojú se tiene dos eras geológicas, la era Cenozoica y Mesozoica, tiene 4 periodos: Cretaceo, Cuaternario, Jurásico y Neógeno; los tipos de rocas presentes en el territorio que abarca la cuenca son Plutónicas, Sedimentarias y Volcánicas-Sedimentaria, litológicamente se tiene presencia de andesitas, areniscas, conglomerados, calizas, margas, lutitas, cuarcitas, gravas, arenas, arcillas, limos, tonalita granodiorita.

Tabla 7.

Parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú

Geología		Área (km ²)
Era	Cenozoica	135.45
	Mesozoica	213.55
Periodo	Cretaceo	117.05
	Cuaternario	58.72
	Jurásico	96.45
	Neógeno	76.74
Roca	Plutónica	54.82
	Sedimentaria	197.68
	Volcánica-Sedimentaria	96.5
Litología	Andesitas	96.5
	Areniscas, lutitas, conglomerados	0.13
	Calizas, lutitas, margas	27.60

Conglomerados, areniscas,	111.97
lutitas	
Cuarcitas, areniscas	34.50
Gravas, arenas, arcillas, limos	23.48
Tonalita Granodiorita	54.82

En la tabla 7 son presentados los parámetros geológicos de la cuenca hidrográfica del río Amojú, donde se puede apreciar que la era Mesozoica es la que abarca mayor extensión territorial con 213.55 km²; además, el Periodo predominante en el área de estudio es el Cretaceo con 117.05 km²; por otra parte, la roca de tipo sedimentaria es la que predomina con 197.68 km² y Litológicamente en mayor cantidad se encuentran suelos con características de Conglomerados, areniscas, lutitas ya que se encuentra un total de 111.97 km².

4.2. Discusión

Mediante el análisis de los parámetros geomorfológicos generales de la cuenca hidrográfica del río Amojú se pudo demostrar que la mencionada cuenca abarca una extensión territorial de 354.52 km², lo que indica que se trata de una cuenca pequeña-mediana según lo que indican autores como (Arellano et al.,2019), (Cruz et al., 2015), (Guerrero et al., 2015) quienes mencionan que una cuenca pequeña-mediana son las que presentan un área entre 250 - 500 km²; además, el análisis indica que el Factor de forma es de $(K_f) = 0.3228$, el Coeficiente de circularidad (R_c) es igual a 0.0112 y el coeficiente de compacidad (K_c) es de 1.6740, estos parámetros sirvieron para determinar la forma geométrica de la cuenca (Cruz et al., 2015) con lo cual se determina que es una cuenca de forma oblongo alargada, así lo determinó (González, 2004) y (Senisterra et al., 2014) quienes indicaron que los valores del Coeficiente de

circularidad oscila entre 0 y 1 y cuando el valor es más cercano a la unidad indica que la cuenca es más redondeada de compacidad, además a partir de estos resultados se puede indicar que la cuenca hidrográfica del río Amojú presenta baja tendencia a la inundación (Cerignoni & Rodriguez, 2015; Guevara Gutiérrez et al., 2019; Moreno & Esquivel, 2015) en condiciones de precipitaciones extremas (del Águila & Mejía, 2021), por otra parte debido al bajo Coeficiente de circularidad se puede determinar que la topografía de la cuenca hidrográfica del río Amojú se encuentra en estado de formación (del Águila & Mejía, 2021; Rai et al., 2017).

Analizar los parámetros geomorfológicos asociados al relieve y pendiente de una cuenca es de suma importancia, pues con esto se conoce la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a los cauces (Calvi et al., 2016), la pendiente media de la cuenca hidrográfica del río Amojú es de 19.36 % lo cual indica alto riesgo de degradación (Guevara Gutiérrez et al., 2019, P.; Quiñónez & Dal Pozzo, 2005) lo cual es característico de cordilleras (del Águila & Mejía, 2021) ya que presentaría una respuesta rápida a inundaciones debido a una escorrentía veloz (Urbina et al., 2010) y el 46.42 % del área de la cuenca presenta un relieve fuertemente ondulado lo cual se confirma que en su mayoría el área de la cuenca es representativa de zonas de montaña o cordillera.

Los parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje analizados en esta investigación indican que la cuenca del río Amojú es de orden 5 lo cual según (Salas-Aguilar et al., 2011) indican que es una cuenca con alto grado de ramificación con lo cual se puede presentar problemas de potencial erosivo, alto transporte de material sedimentario y mayor el escurrimiento directo (Senisterra et al., 2014) así como problemas de inundaciones en las partes bajas (Cruz et al., 2015), a partir de esto es que se deduce que la parte baja de la cuenca hidrográfica del río Amojú debe ser motivo de la implementación y desarrollo de planes de

prevención ante riesgos por inundaciones. La densidad de drenaje de la cuenca analizada en esta investigación es igual a 1.69 km/km^2 con lo cual se tiene una tendencia media de escorrentía, este resultado es similar al obtenido por (Rai et al., 2017) quien en su investigación obtuvo una densidad de drenaje de 1.72 km/km^2 y a partir de eso indica que la cuenca tiene un material subterráneo permeable de alta resistencia con drenaje intermedio y relieve de bajo a moderado, además se puede afirmar que existe baja probabilidad que exista agua subterránea; pues, según (Alvarado, 2021) densidades de drenaje con rango entre $1.4 - 1.9 \text{ km/km}^2$ indican una relación con potencial hidrogeológico bajo lo cual indica que son zonas con baja probabilidad de ocurrencia de agua subterránea.

El río Amojú que es el cauce principal de la cuenca tiene una longitud de 36.1996 km y su pendiente media es igual a 7.66% lo cual hace indicar que existe un movimiento medio de agua, así como un notorio desnivel producto de la topografía del lugar, el coeficiente de torrencialidad que se registra para la cuenca del río Amojú es de 4.40 .

El tiempo de concentración obtenido para la cuenca del río Amojú fue de 2.828 horas, lo que indica que hay poco tiempo de concentración de agua en la cuenca, lo que puede ser corroborado por el estudio de (Días et al., 1999) que indica que tiempos de concentración menores a 40 h corresponden a una rápida descarga de agua; el sistema de drenaje, según la jerarquía de (Strahler, 1957) presentó una red hidrográfica de orden cinco, lo que indica que la cuenca estudiada tiene un alto grado de desarrollo fluvial según (Horton, 1945)

Por otra parte como indica la relación hipsométrica es un importante indicador del estado de equilibrio de la cuenca, en este estudio se evaluó la relación entre la altitud y la superficie acumulada (Figura 8a) donde se puede apreciar la existencia de pendientes fuertes en el origen y se va estabilizando a altitudes menores con lo que se corrobora la existencia de llanuras en la

parte baja de la cuenca con lo cual se podría indicar posible riesgo a inundaciones de las zonas aledañas en la parte baja además de problemas de sedimentación si la cobertura vegetal que existe no es la óptima (Salas-Aguilar et al., 2011; Solís-Moreno et al., 2006) siendo así se puede determinar que es una cuenca en equilibrio que se encuentra en etapa de madurez, esto es corroborado por estudios como el de Gaspari et al. (2012) y (Strahler, 1952) (Pineda et al., 2017), de la misma manera, en la curva hipsométrica se puede determinar que la erosión en esta cuenca se daría desde la desembocadura avanzando hacia el interior de la cuenca avanzando entre los distritos de Bellavista y Jaén en la provincia de Jaén.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A través del análisis geomorfológico realizado a la cuenca hidrográfica del río Amojú, se puede concluir que la cuenca estudiada tiene una forma alargada, mostrando un menor riesgo de inundación en condiciones normales y extremas de lluvia.

Los parámetros geomorfológicos asociados a la red de drenaje de la cuenca del río Amojú fue del orden 5, además, la densidad de drenaje obtenida fue de 1,69 km / km², lo que indica que se trata de una cuenca con baja capacidad de drenaje.

Mediante el análisis de los parámetros geomorfológicos asociados al relieve de la cuenca hidrográfica del río Amojú se puede determinar que una gran parte del relieve de la cuenca (46 % del área total) corresponde al relieve fuertemente ondulado lo cual hace que el tiempo de concentración del agua en la cuenca sea bajo, característico de zonas montañosas, lo que permite que el agua se drene con alta velocidad.

5.2. Recomendaciones

A futuros investigadores se recomienda que realicen estudios sobre las áreas con mayor riesgo a la ocurrencia de inundaciones en la cuenca del río Amojú y así las autoridades competentes puedan tener un instrumento guía para la formulación y desarrollo de planes de contingencia ante este fenómeno.

Se recomienda que se realicen estudios a nivel edafológico para saber el tipo de suelo que se tiene en el territorio de influencia de la cuenca del río Amojú para que así se genere una base de datos complementarios a esta investigación.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castillo-Cruz, Z. G., & Medrano-Pérez, O. R. (2023). Análisis geomorfológico de las subcuencas Usumacinta y Grijalva en el sureste de México. *Acta universitaria*, 33.

Gutiérrez, R. D. G., López, J. L. O., Villa, Ó. R. M., & García, Ó. A. B. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (24), 9.

Méndez-Gutiérrez, A. G., Corral-Rivas, S., Nájera-Luna, J. A., Cruz-Cobos, F. y Pompa-García, M. (2021). Análisis morfométrico de la cuenca El Salto, Durango, México. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-11. e641. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.641>

Jha, A., Gupta, N. C., & Dey, B. (2022). Análisis morfométrico de la cuenca de drenaje del río Gandak mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) y SRTM-DEM. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2, 189-189.

Salazar Guerrero, R. A. (2023). Análisis de riesgo por inundación y propuesta de mitigación de la ciudad de Cutervo–Cajamarca–Perú.

Perez Soriano, K. M., & Reyes Mondragon, C. T. (2022). Modelamiento del índice Biological Monitoring Working Party en cinco cuencas hidrográficas del Perú aplicando el programa ArcGIS 10.6.

Aumassanne, C. M., & Gasparini, F. J. (2023). Conceptos para manejo integrado de cuencas. Caso de estudio: río Colorado, Argentina. Departamento Geografía, Universidad Nacional del Comahue.

Aumassanne, C. M., & Gaspari, F. J. Conceptos para manejo integrado de cuencas. Caso de estudio: río Colorado, Argentina. Concepts for integrated basin management. Case study: Colorado River, Argentina.

- Díaz, B. G., Giménez, M. M., Almonacid, L., Gaspari, F. J., Bertinat, M., & Peri, P. L. (2021). Delineación y codificación de cuencas hidrográficas en la Patagonia Austral.
- Araque Arellano, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). Cuencas Hidrográficas.
- Rojas Ochoa, C. A. (2020). Delimitación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bitá, Departamento del Vichada a Partir de Modelos Digitales de Elevación.
- Huamani De la Cruz, F. L., & Lazo Colqui, F. N. (2020). Caracterización geomorfológica de una cuenca hidrográfica utilizando un modelo de elevación digital (DEM) y el software QGIS 3.10.0.
- Castillo-Cruz, Z. G., & Medrano-Pérez, O. R. (2023). Análisis geomorfológico de las subcuencas Usumacinta y Grijalva en el sureste de México. *Acta universitaria*, 33.
- Albarracín, F. S., Alvarenga, F., Sanclement, E., & Pauluzek, A. (2021). Aspectos morfológicos de la cuenca del arroyo Nagel (Misiones, Argentina). *+Ingenio*, 2(Jul-Dic 2020 V2 N2), 81–89. <https://doi.org/10.36995/j.masingenio.2021.02.02.007>
- Alvarado, Z. K. J. (2021). *Determinación de zonas con potencial hidrogeológico mediante sistemas de información geográfica en la cuenca de Arcapamba, Catón Zaruma-Provincia de El Oro*. Universidad de Guayaquil.
- Anticona, V. A. J. (2021). Fuzzy logic applied to forest fire risk modeling in the Cajamarca region, Peru. In *Universidade Federal de Viçosa*. Universidade Federal de Viçosa.
- Ayala, R., Páez, G., & Araque, F. (2007). Análisis geomorfológico de la microcuenca El Guayabal, a propósito de la ocurrencia de las lluvias excepcionales de febrero de 2005. Cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 48(1), 59–82.

Burgos, V., & Salcedo, A. (2016). Modelos digitales de elevación: Tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información. *Instituto Nacional Del Agua - Centro Regional Andino, October 2014*, 16.

Bustos, M. S., & Georgieff, S. M. (2020). Análisis morfométrico de los principales tributarios del río Salí en la cuenca de Tapia – Trancas a partir del procesamiento en SIG y sensoramiento remoto. *Acta Geológica Lilloana*, 32, 27–46.

<https://doi.org/10.30550/j.agl/2020.32.1-2/2>

Calvi, C. M. R., Dapeña, C., Massone, H. E., & Martinez, D. E. (2016). Características Morfométricas Y Morfodinámicas De Una Cuenca Hidrográfica De Llanura. *Revista de Geología Aplicada a La Ingeniería y Al Ambiente*, 0(37), 29–36.

Camino, M., Bo, M. J., Cionchi, J., Del Rio, J., Lopez de Armentia, A., & De Marco, S. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 1–19.

Castro, S. B., & Carvalho, T. M. (2009). Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia Plena*, 5(2), 2639–2647.

Cerignoni, F., & Rodriguez, V. (2015). Análisis morfométrico de la microcuenca “C” núcleo Cunha, São Paulo, Brasil Cerignoni,. *Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 354, 343–354.

Corro, J., & Tafur, C. (2014). Calidad biológica del agua del río Amojú. Jaén, Cajamarca. 2013. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 1(2), 43–55.

<https://doi.org/10.36955/riulcb.2014v1n2.005>

Cruz, B., Gaspari, F., Rodríguez, A., Carrillo, F., & Téllez, J. (2015). Morphometric analysis of the Cuale river watershed, Jalisco, Mexico. *Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 64, 26–34.

del Águila, S., & Mejía, A. (2021). Morphometric characterization of two high Andean basins of Peru using Geographic Information Systems. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 12(2), 538–562. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-02-12>

Díaz, G. R., Gaspari, F. J., & Georgieff, S. M. (2017). Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 29(1), 3–19.

Doffo, N., & Bonorino, G. (2005). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico Morphometric characterization of the mountainous Las Lajas Creek drainage basin, Cordoba. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 60(1), 016–022.

Frau, C. M., Pino, L. M., Rojas, Y. O., & Hernández, Y. M. (2011). Digital elevation model generalization constrained by critical points of the terrain. *Boletim de Ciencias Geodesicas*, 17(3), 439–457. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702011000300007>

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2012). Caracterización de los agrosistemas predominantes de la Cuenca Alta del río Sauce Grande. *Revista Científica Del Comité de Medio Ambiente Del Grupo Montevideo*, 4, 143–158.

Gómez, H. (2006). Sistemas de Información Geográfica, uso, técnicas y múltiples aplicaciones. *Geoenseñanza*, 11(1), 3–4.

González, de M. A. I. (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 Asociación de Geógrafos Españoles*, 38, 311–330.

Guerrero, R., Serpa, D., & Vazquez, D. (2015). *Análisis geomorfológico de la cuenca del río mazán*. May 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3101.0165>

Guevara Gutiérrez, R. D., Olgún López, J. I., Mancilla Villa, O. ., & Barreto García, O. A. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *Revista Internacional de Ciencia Tecnología de La Información Geográfica*, 24, 141–158. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21138/GF.622>

Huamán, Y. G. (2015). *Análisis morfométrico e hidrológico de la subcuenca hidrográfica Arasá, departamento de Cusco, Perú*. Univesidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Jimenez, F. (2005). *Gestion_integral_de_cuencas_hidrograficas.pdf*. In *Recuros, Ciencia y Decisión* (Vol. 2, Issue Gestión Integral de Cuencas Hidrograficas. Enfoque y Estrategias Actuales, p. 1).

Mattos, H. M. (2019). Caracterización Geomorfológica De Las Cuencas Hidrográficas Chicama, Moche Y Virú, a Nivel De Microcuencas, Utilizando Software Arcgis. *Universidad Nacional De Trujillo*, 71.

Morales, Q. D. (2019). *Caracterización hidrogeológica y geomorfológica de la cenca y embalse del Parque Natural la Nitrera*. Universidad de Antioquía.

Moreno, F., & Esquivel, J. (2015). *Estudio morfométrico de la cuenca del Río Azul, afluente del río Calima, departamento del Valle del Cauca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Oré, L., Díaz, E., & Loarte, W. (2016). Parámetros morfométricos de las microcuencas del Parque Nacional Tingo María, Distrito Mariano Damaso Beraun – Huánuco. *Investigación y Amazonía*, 6(2), 39–49.

Ortega, P. F. A. (2013). *Propuesta de plan de manejo para la microcuenca del río Manzano mediante la línea base ambiental, apoyada por el uso de sistemas de información geográfica (SIG)*. Universidad San Francisco de Quito.

Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (1997). Geomorfología e hidrografía de los estuarios. *El Mar Argentino y Sus Recursos Pesqueros, January 1997*, 133–161.

Pineda, E. M. J., Robaina, S. L. E., Trentin, R., & Partida, L. R. D. (2017). Clasificación de unidades geomorfológicas en la cuenca del Río Neverí, Venezuela. *RA'E GA - O Espacio Geografico Em Analise*, 41, 189–207. <https://doi.org/10.5380/raega>

Pino, T. C. A. (2013). *Caracterización hidrogeomorfológica de la cuenca del río Caplina - Tacna* (Vol. 0, Issue 0). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Quesada, M. E., & Zeledón, K. J. (2020). Morfometría de la microcuenca quebrada El Estero, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Revista de Geografía*, 29(2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.37838/unicen/est.28-070>

Quiñónez, E., & Dal Pozzo, F. (2005). Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución del riesgo de degradación de los suelos por la erosión Hídrica en el estado Mérida, Venezuela. *Revista Internacional de Ciencia Tecnología de La Información Geográfica*, 5, 5–24.

Rai, P. K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., & Mishra, V. N. (2017). A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. *Applied Water Science*, 7(1), 217–232. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0238-y>

Salas-Aguilar, V. M., Pinedo-Álvarez, C., Viramontes-Olivas, O. A., Báez-González, A. D., & Quintana-Martínez, R. M. (2011). Morfometría de la cuenca del río Nazas- Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, 5(1), 34–42.

Sánchez, M. I. (2018). *Análisis morfométrico, hidrométrico y socioeconómico de la cuenca del río Caimito*. Universidad de Panamá.

Senisterra, G. E., Rodríguez Vagaría, A. M., Gaspari, F. J., & Mazzucchelli, M. G. (2014). Aspectos morfométricos de la cuenca alta del arroyo napaleofú, provincia de Buenos Aires-Argentina. *Revista Geografica Venezolana*, 55(2), 287–303.

Solís-Moreno, R., Treviño-Garza, E., Aguirre, O., Jiménez-Pérez, J., & Jurado-Ybarra, E. (2006). Análisis De La Cubierta Vegetal De La Cuenca Alta Del Río Nazas En Durango, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 12(2), 139–143.

Sotelo, R. (2014). *Morfometría de las microcuencas entre Matarani y Cocachacra: Caso de la microcuenca Mollendo Cruz De Fierro, Provincia Isla Y, Región Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Urbina, L., Farfán, F., Ferreira, S., & Brandán, E. (2010). Morfología de la Cuenca Endorreica Cachipampa en P.N. Los Cardones, Salta. *Ciencia*, 5(20), 105–123.

Vestena, L. R. (2010). Mapamento da susceptibilidade a deslizamentos na bacia hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner/SC. *Mercator*, 9(19), 175–190.

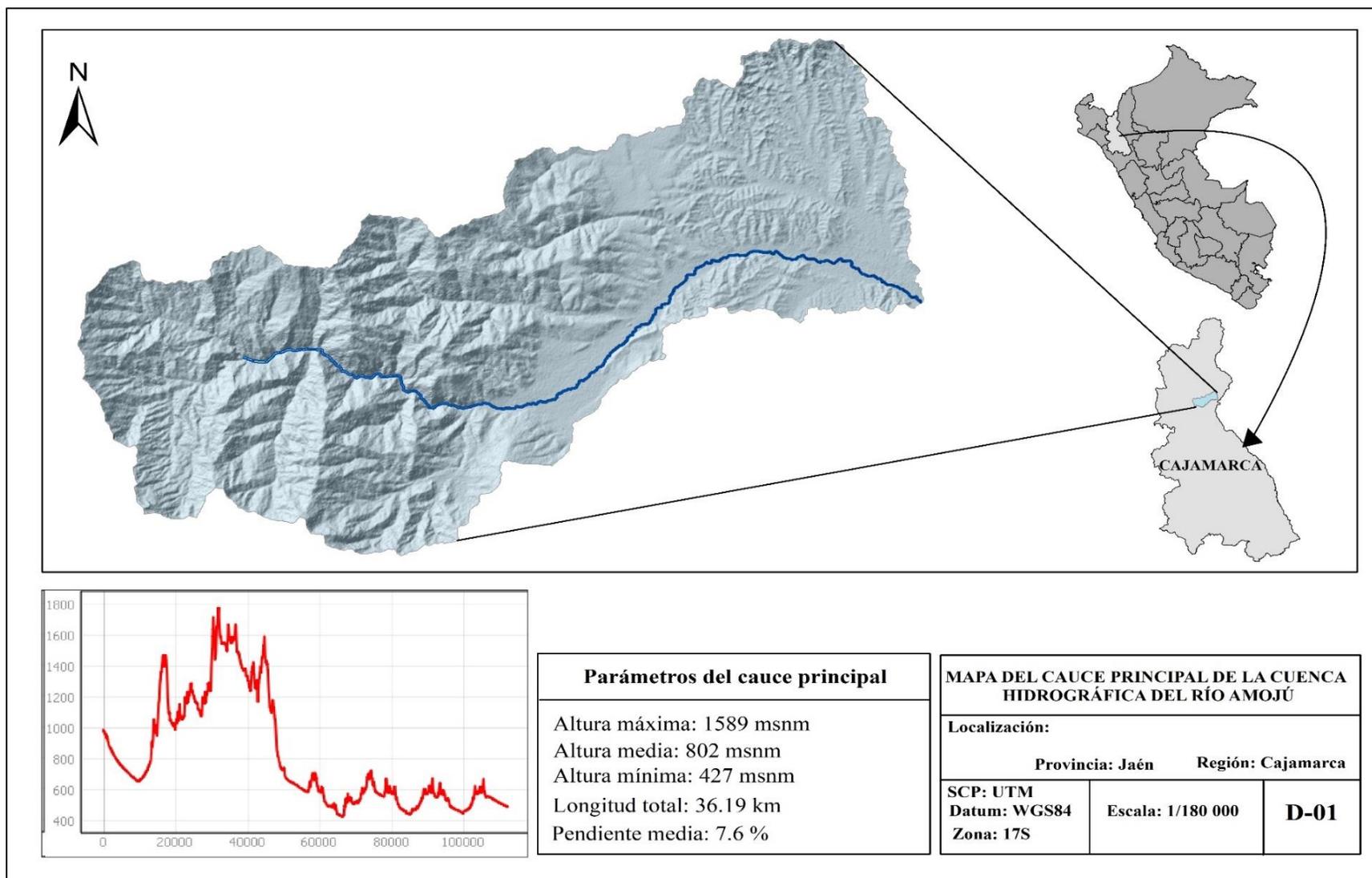
<https://doi.org/10.4215/rm2010.0919.0013>

Villón, B. M. (2004). *Hidrología* (E. T. de C. Rica (ed.); 1st ed.).

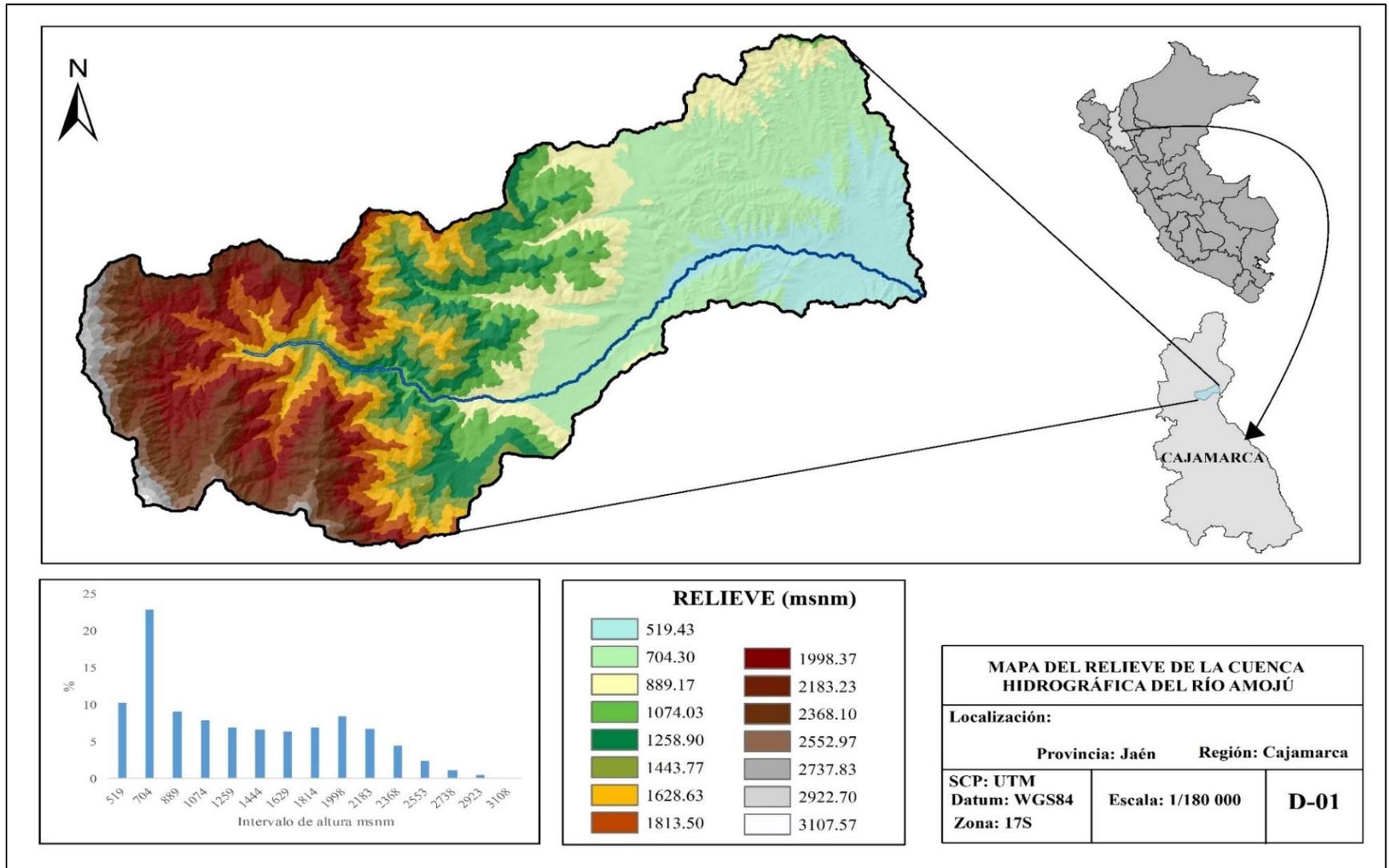
ANEXOS

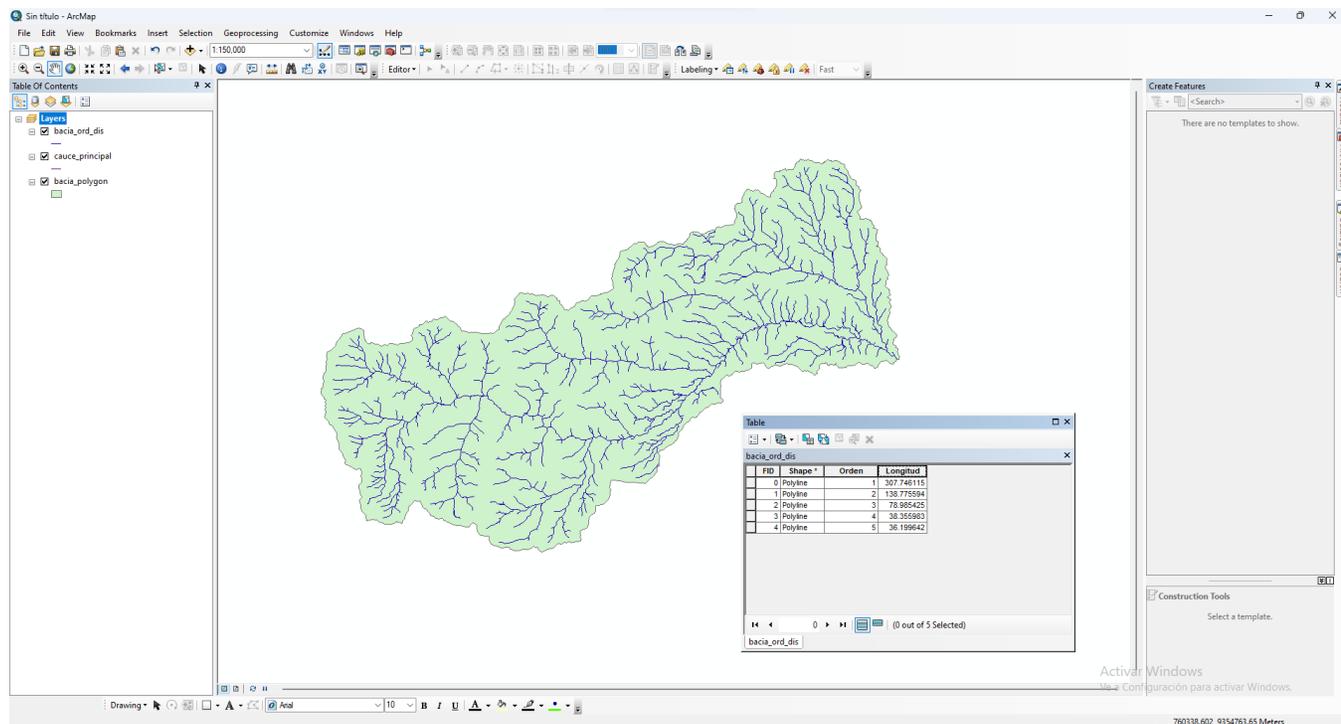
Anexo 2.

Mapa del cauce principal de la cuenca hidrográfica del río Amojú



Anexo 3.
Mapa de relieve



Anexo 4.*Tabla de tributos de orden de la hidrografía de la cuenca del río Amojú*

Anexo 5.*Tabla de cálculo de histograma altimétrico*

Cotas de intervalo		Cota media	Área parcial	Área acumulada	Área total	Altitud (%)
314.0000	506.4000	410.2000	36.128465	353.261559	100.00	10.2
506.4000	698.8000	602.6000	80.491201	317.133094	89.77	22.8
698.8000	891.2000	795.0000	31.937103	236.641893	66.99	9.0
891.2000	1083.6000	987.4000	27.607927	204.70479	57.95	7.8
1083.6000	1276.0000	1179.8000	24.054291	177.096863	50.13	6.8
1276.0000	1468.4000	1372.2000	23.18267	153.042572	43.32	6.6
1468.4000	1660.8000	1564.6000	22.335386	129.859902	36.76	6.3
1660.8000	1853.2000	1757.0000	23.965291	107.524516	30.44	6.8
1853.2000	2045.6000	1949.4000	29.445947	83.559225	23.65	8.3
2045.6000	2238.0000	2141.8000	23.939343	54.113278	15.32	6.8
2238.0000	2430.4000	2334.2000	15.787643	30.173935	8.54	4.5
2430.4000	2622.8000	2526.6000	8.296035	14.386292	4.07	2.3
2622.8000	2815.2000	2719.0000	4.051807	6.090257	1.72	1.1
2815.2000	3007.6000	2911.4000	1.797302	2.03845	0.58	0.5
3007.6000	3200.0000	3103.8000	0.250164	0.241148	0.07	0.1