



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Obtención de Datos Hidrométricos de la Cuenca José Carlos
Mariátegui para su Aprovechamiento Hídrico, Cusco, 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Castro Suárez, Marco Antonio (ORCID: 0000-0003-1308-7064)

ASESOR:

Mg. Heredia Benavides, Raúl (ORCID: 0000-0001-5408-5706)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

CALLAO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi madre quien con sabiduría y dedicación me dio el sustento necesario en mi vida como hijo y como persona. A mi padre de quien aprendí el valor del trabajo y el esfuerzo que se debe poner en todo aspecto de la vida para lograr los objetivos propuestos.

Marco Antonio

Agradecimientos

Agradezco a mis padres por forjar en mí el espíritu de lucha y enseñarme con sus actos que debo fortalecerme para no rendirme al proponerme metas en el camino.

Índice de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	29
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	29
3.2 Variables y operacionalización.....	29
3.3 Población, muestra y muestreo.....	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5 Procedimientos.....	35
3.6 Método de análisis de datos.....	38
3.7 Aspectos éticos.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN.....	76
VI. CONCLUSIONES	80
VII. RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de la cuenca de acuerdo al área	13
Tabla 2: Factor de forma de Horton (Kf).....	17
Tabla 3: Coeficiente de esorrentía para el método racional	23
Tabla 4: Resumen de valores morfométricos de la cuenca.....	46
Tabla 6: Precipitaciones acumuladas incompleta.....	49
Tabla 7: Continuación tabla: Precipitaciones acumuladas incompleta	50
Tabla 8: Precipitaciones acumuladas completada	51
Tabla 9: Continuación tabla: Precipitaciones acumuladas completada.....	52
Tabla 10: Precipitación acumulada anual.....	53
Tabla 11: Continuación tabla: Precipitación acumulada anual	54
Tabla 12: Precipitación máxima en 24 horas.....	55
Tabla 13: Continuación tabla: Precipitación máxima en 24 horas	56
Tabla 14: Probabilidad de precipitación mediante Gumbel	57
Tabla 15: Continuación tabla: Probabilidad de precipitación mediante Gumbel...	58
Tabla 16: Precipitaciones máximas probables para distintas frecuencias.....	59
Tabla 17: Valores para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas.....	59
Tabla 18: precipitación máxima por tiempos de duración	60
Tabla 19: Intensidad de lluvia según periodo de retorno	60
Tabla 20: Periodo de retorno para 2 años	61
Tabla 21: Periodo de retorno para 5 años	62
Tabla 22: Periodo de retorno para 10 años	63
Tabla 23: periodo de retorno para 25 años	64
Tabla 24: Periodo de retorno para 50 años	65
Tabla 25: Periodo de retorno para 100 años	66
Tabla 26: Periodo de retorno para 500 años	67
Tabla 27: Resumen de constantes para los periodos de retorno	68
Tabla 28: Regresión potencial para determinar K y m	68
Tabla 29: Intensidad de lluvia y duración por periodo de retorno.....	69
Tabla 30: Caudales máximos por periodo de retorno.....	73
Tabla 31: Caudales medios anuales	73
Tabla 32: Continuación tabla: Caudales medios anuales.....	74
Tabla 33: Parámetros relativos al drenaje de la cuenca.....	75

Índice de Figuras

Figura 1.	Área de una cuenca	14
Figura 2.	Perímetro de una cuenca	14
Figura 3.	Longitud de cuenca	15
Figura 4.	Coeficiente de Compacidad de la cuenca	16
Figura 5.	Curva Hipsométrica	19
Figura 6.	Longitud de cauce principal.....	20
Figura 7.	Orden de los cauces.....	21
Figura 8.	Ubicación de la Cuenca José Carlos Mariátegui (a, b, c y d)	33
Figura 9.	Plataforma del USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos).....	39
Figura 10.	Determinación del cuadrante de descarga	40
Figura 11.	Imagen del DEM visto en el software ArcGIS	40
Figura 12.	Visualización tri-dimensional del DEM	41
Figura 13.	Curvas de nivel obtenidas a partir del DEM.....	41
Figura 14.	Delimitación de la Cuenca en software ArcGIS	42
Figura 15.	Delimitación de la Cuenca en el visor espacial de ArcGIS	42
Figura 16.	Determinación de escorrentías de la Cuenca	43
Figura 17.	Representación tri-dimensional de la escorrentía de la Cuenca	43
Figura 18.	Área y perímetro de la Cuenca obtenido en el ArcGIS	44
Figura 19.	Longitud de la cuenca.....	44
Figura 20.	Curva hipsométrica calculada con ArcGIS y Excel.	47
Figura 21.	Descarga de datos meteorológicos del SENAMHI.....	48
Figura 22.	Gráfico de los datos meteorológicos de la Estación Cay Cay.....	48
Figura 23.	Reporte de precipitaciones obtenido del SENAMHI.....	49
Figura 24.	Gráfico periodo de retorno 2 años	61
Figura 25.	Gráfico periodo de retorno 5 años	62
Figura 26.	Gráfico periodo de retorno 10 años	63
Figura 27.	Gráfico periodo de retorno 25 años	64
Figura 28.	Gráfico periodo de retorno 50 años	65
Figura 29.	Gráfico periodo de retorno 100 años	66
Figura 30.	Gráfico periodo de retorno 500 años	67
Figura 31.	Curva IDF de la Cuenca	70
Figura 32.	Caudal medio mensual litros/s.....	75

Resumen

La presente investigación tuvo por finalidad determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica José Carlos Mariátegui, ubicada en el distrito de Lucre de la provincia de Quispicanchi y del departamento del Cusco.

Para esta investigación se usó de una metodología no experimental de corte transversal, con un muestreo analítico y a criterio del investigador, del cual se eligió la cuenca José Carlos Mariátegui de una población de cinco cuencas. Con la investigación realizada se pudo encontrar las características geomorfológicas de la cuenca José Carlos Mariátegui, de la cual se obtuvo el área de 51.6706 km² (cuenca pequeña), perímetro de 28.4821 km, longitud de cuenca de 7.1007 km, pendiente de 51.92 %, pendiente del cauce de 6.88 %, con un coeficiente de compacidad de 1.109 (capaz de acumular grandes cantidades de agua), con factor de forma de 1.025 (achatada, concentra mayor escurrimiento en precipitaciones fuertes), se obtuvo el IDF (intensidad, frecuencia y duración de precipitaciones) para periodos de retorno de 2 hasta 500 años, así la precipitación anual de 448.28 mm, asimismo se obtuvo los caudales medio 0.404 m³/s, caudal mínimo de 23.1629 litros/s y el máximo de 42.8513 litros/s, datos necesarios para el aprovechamiento hídrico de la cuenca.

Palabras clave: Aprovechamiento hídrico, Geomorfología, morfometría, cuenca hidrográfica, hidrometría.

Abstract

The purpose of this research was to determine the geomorphological parameters of the José Carlos Mariátegui hydrographic basin, located in Lucre district of the Quispicanchi province and the department of Cusco.

For this research, a non-experimental cross-sectional methodology was used, with analytical sampling and at the discretion of the researcher, from which José Carlos Mariátegui basin was chosen from a population of five basins. With the investigation carried out, it was possible to find the geomorphological characteristics of the José Carlos Mariátegui basin, from which values were obtained such as: area of 51.6706 km² (small basin), perimeter of 28.4821 km, basin length of 7.1007 km, slope of 51.92 %, channel slope of 6.88%, in addition to a compactness coefficient of 1.109 (basin capable of accumulating large amounts of water), with a shape factor of 1.025 (flattened capable of concentrating greater runoff in heavy rainfall). The IDF (intensity, frequency and duration of rainfall) was found for return periods of 2 to 500 years, thus the annual rainfall of 448.28 mm. Finally, with these values, the average flow rates of 0.404 m³/s, a minimum flow rate of 23.1629 liters/s and a maximum of 42.8513 liters/s were obtained.

Keywords: Water use, Geomorphology, morphometry, hydrographic basin, hydrometry.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es el octavo país que cuenta con gran cantidad de agua, debido a que posee tres grandes vertientes, con la que dispone de casi 2 billones de metros cúbicos de agua anualmente de acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua en cifras, con la que podría abastecer sin ningún problema a gran cantidad de habitantes del país, sin embargo, es de lamentar que en la actualidad existen muchas personas que no cuentan con este recurso, a pesar de su importancia para el desarrollo de la población. El abastecimiento de agua se ha vuelto un problema álgido que muy pocos quieren resolver, presentándose distintos factores que limitan su desarrollo, entre ellos el desinterés y trabas políticas. El Cusco como departamento, no escapa a esta realidad, aún existe gran cantidad de poblaciones que no cuentan con agua potable y vienen padeciendo por falta de este recurso, esto por falta de datos hidrométricos necesarios para poder plantear proyectos de abastecimiento de agua. Asimismo, los datos de precipitación generados por el SENAMHI vienen a ser una fuente importante para el análisis de caudales que se generan en cuencas hidrográficas, sin embargo, no existe interés en los funcionarios públicos para poder valerse de estos datos y poder plantear proyectos para el abastecimiento de agua.

Una cuenca hidrográfica es un área superficial de la naturaleza que, de acuerdo a la precipitación de la zona, genera un curso de agua importante, asimismo una cuenca hidrográfica se considera una unidad fisiográfica que, debido a su relieve, genera un sistema de cursos de agua. Una cuenca hidrográfica está delimitada superficialmente por divisoria de aguas, las cuales corresponden a las partes más altas que encierran a la cuenca en sí (Wang *et al.* 2021, p. 2)

Las cuencas hidrográficas, en el país vecino de Ecuador, tienen una gran importancia para el abastecimiento equitativo de agua, ya que estas cuencas delimitan las regiones importantes, y cumplen un rol en el desarrollo y generación de riquezas relacionadas a la agricultura, además de que las cuencas contribuyen al ordenamiento territorial (Rodríguez Palacios, Ramón Alarcón 2021, p. 3)

Un recurso hídrico es un elemento importante y determinante en el desarrollo social y económico, y a su vez, tiene por función básica mantener la integridad de la naturaleza. Sin embargo, el agua solo es, entre muchos, un recurso vital, y resulta importante que sea tratado con responsabilidad.

La mayoría de proyectos que existen en el Cusco relacionados al abastecimiento de agua, son aquellos que provienen de fuentes internas (escorrentías y afloramientos) y externas (lagos), pero no han tomado como referencia las cuencas hidrográficas que podrían aprovechar el agua de lluvia como fuente de abastecimiento de agua, muy a pesar que, con la geomorfología del Cusco se podría fomentar proyectos de abastecimiento de agua basados en la captura y acumulación de precipitaciones en cuencas hidrográficas. Gracias a la geomorfología del Cusco hay muchas localidades que podrían abastecerse de agua potable por medio de cuencas hidrográficas, sin embargo, se debe tomar en consideración los caudales mínimos necesarios para lograr abastecer a la población presente y con proyección a futuro.

Por tanto, con la presente investigación se pretende obtener los datos hidrométricos que genera el estudio de una cuenca hidrográfica, esto con la finalidad de aprovechar el potencial hídrico que genera a partir de precipitaciones y a su vez, para que esta pueda servir como fuente en el abastecimiento de agua.

El problema marcado en esta investigación es la falta de datos hidrométricos que se pueden obtener del estudio de una cuenca hidrográfica, para su aprovechamiento hídrico.

Planteamiento del Problema

En el contexto actual, no existe escases del recurso hídrico, sino, existe una dejadez de las autoridades respecto a la formulación de proyectos de abastecimiento de agua, toda vez que, no existe información hidrométrica que pueda respaldar dichos proyectos de saneamiento básico y de esta manera aprovechar hídricamente las fuentes que generan este recurso.

En el distrito de Lucre existen varias cuencas que podrían satisfacer necesidades hídricas, sin embargo, no tendrían el impacto que se pretende demostrar con el estudio de la Cuenca José Carlos Mariátegui.

Además, considerando que en el Cusco se presenta meses del año bien definidos, en los que las precipitaciones son abundantes, por ende, las mismas pueden ser acumuladas y reutilizadas luego de un tratamiento adecuado, para dejarlas en condiciones mínimas para consumo humano

Formulación del Problema

El problema principal es la carencia de información hidrométrica que permita el aprovechamiento hídrico y, por ende, el desarrollo de un proyecto de infraestructura para el abastecimiento de agua de la población cercana a la cuenca José Carlos Mariátegui, por tanto, se formula la siguiente interrogante:

¿De qué manera los datos hidrométricos permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?

Asimismo, los problemas específicos de la presente investigación son los siguientes

- ¿Cómo la caracterización morfológica permitirá el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?
- ¿De qué manera los datos de precipitación de la zona permitirán el aprovechamiento hídrico de la cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?
- ¿De qué manera los caudales permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?

Justificación de la Investigación

El proyecto de investigación busca generar los datos hidrométricos necesarios para poder calcular los caudales necesarios para el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui.

Justificación Económica, se pretende minimizar los costos del estudio de las cuencas hidrográficas, ya que la información de entrada se encuentra elaborada por entidades públicas como el SENAMHI, de la cual se puede obtener gratuitamente información de precipitaciones; así mismo, para el estudio del ámbito físico de la cuenca se tiene acceso a servidores web que permiten la libre descarga de imágenes satelitales de tipo DEM (Digital Elevation Modeling), sin embargo, se debe tomar en consideración el uso de un software para procesar dicha información, el mismo que puede ser licenciado o de libre licencia.

Justificación Social, el presente proyecto pretende demostrar la posibilidad del aprovechamiento hídrico en una cuenca hidrográfica, en una zona donde las precipitaciones pluviales son fuente importante para el abastecimiento de agua, de tal manera que se puedan beneficiar las poblaciones aledañas a la Cuenca José Carlos Mariátegui.

Justificación Ambiental, la presente investigación y los resultados del mismo no presentan repercusiones ambientales, sino todo lo contrario, se pretende mantener inalterable el estado geomorfológico de la cuenca, ya que de esta manera se garantiza que provea de caudales necesarios para su aprovechamiento hídrico.

Justificación Técnica, en la presente investigación será necesario el uso de modelos matemáticos y software que permitan simular un embalse de la cuenca con información real de precipitaciones obtenidas del SENAMHI, y de esta manera procesarla y obtener como resultado los valores necesarios para la generación de futuros proyectos de abastecimiento de agua u otros.

Esta investigación, tiene también como objetivo servir de fuente y consulta para otros profesionales relacionados a proyectos que requieran datos hidrométricos en la zona de estudio.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar de qué manera los datos hidrométricos permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022.

Objetivos Específicos

- Determinar cómo la caracterización morfológica permitirá el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022
- Analizar de qué manera los datos de precipitación de la zona permitirán el aprovechamiento hídrico de la cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022
- Determinar de qué manera los caudales permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Antecedentes Internacionales

(Yadav *et al.* 2020), en su artículo científico del Arabian Journal of Geosciences “Regionalización espacial de las características morfométricas de la minicuenca del Foreland Norte de la India Peninsular”, tuvo como objetivo (i) determinar cómo se asocia la litología con las características hidráulicas de una cuenca y (ii) delinear y analizar las clases regionales morfológicas multivariadas de la cuenca del Barua a través de la generación de varias capas de parámetros morfométricos. El presente estudio está basado en un análisis morfométrico detallado de la cuenca del Barua utilizando sensores remotos y un sistema de información geográfica, con los cuales llegaron a las siguientes conclusiones: El estudio cuantitativo mediante técnicas geoespaciales es una herramienta eficaz en el análisis de la regionalización espacial para determinar la variación espacial y la correlación de las características morfométricas de una cuenca. Estos parámetros morfométricos facilitan estimar la interrelación entre las características litológicas y las actividades hidrológicas. Los mapas de isopletas de la variabilidad espacial de los parámetros morfométricos permiten las comparaciones entre los aspectos de drenaje y los aspectos altimétricos, mientras que el diagrama de barras revela la cantidad porcentual de cobertura espacial de los atributos morfométricos. región moderadamente montañosa, permeabilidad moderada de los estratos rocosos, alta escorrentía y menor posibilidad de infiltración de agua subterránea. Estas regiones indican una mayor posibilidad de actividades erosivas y necesitan plantaciones y más cobertura vegetal. El relieve de la cuenca baja (< 60 m) cubre alrededor del 65% del área total de la zona de estudio; el tercio restante del área tiene un relieve de cuenca moderado a moderadamente alto. En la región, más del 85% del área tiene pendiente media suave a moderada (2–10°) que se debe a la cima plana de las tierras altas de Bhandar; La pendiente pronunciada se encontró solo a lo largo de la

escarpa de la meseta de Bhandar. La curva hipsométrica y el valor (0.47) de la integral hipsométrica indican la etapa de madurez (equilibrio) del desarrollo geomórfico de la cuenca. Después de calcular los parámetros morfométricos y un extenso estudio de campo, hemos estimado que la cuenca de Barua tiene forma alargada, pendiente moderada a empinada y capacidad de infiltración moderada. El estudio morfométrico de la región propuso que las partes oeste, noroeste y suroeste de la región de estudio necesitan preferencia para implicar proyectos de planificación hidrológica (como presas de contención, redes de riego, etc.) y medidas de prevención de la erosión del suelo primero que en otras regiones. La matriz de correlación permite determinar la correlación entre los parámetros morfométricos de la región de estudio. La matriz de correlación muestra claramente que en la región de estudio donde la frecuencia de la corriente es alta, la densidad y la textura del drenaje también son altas.

(Zhicay Lombaida 2020), en su trabajo de investigación de la Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador, estudió la caracterización morfométrica y un estudio hidrológico de la microcuenca del Río San Francisco, tuvo como objetivo principal estudiar las características morfométricas y el caudal generado por la microcuenca del río San Francisco, con fines de gestión del recurso hídrico. Llegando a las siguientes conclusiones: Dentro de los parámetros morfométricos estudiados, el investigador encontró que el cauce principal más largo presenta una pendiente ligera, y destaca que algunos tramos poseen pendientes más pronunciadas, mencionando el caso del Sector Cascada de Zumbliid. Luego del análisis hipsométrico de la microcuenca, se determinó que el río se encuentra en una etapa intermedia o de madurez.

El estudio también identificó la falta de información en los registros de precipitación para el período (1983 – 2015), datos elaborados por el INAMHI. Por esta razón, se realizó un cálculo por regresión lineal, para determinar los 66 datos faltantes para cumplir con la homogeneidad necesaria en el estudio. Al tener la información completa, se calculó la precipitación media anual de la zona, dando como resultado de forma

aritmética un valor de 970.5 mm, asimismo, usando el método de polígonos de Thiessen se obtuvo un valor de precipitación media anual de 772.12 mm, y por el método de Isoyetas se obtuvo un valor de precipitación media anual de 866.03 mm. Con lo cual se pudo determinar que el método de las Isoyetas es un método más preciso, debido a que únicamente presentó un error relativo de 12.06 %, en cambio el método de polígonos de Thiessen y el aritmético obtuvieron errores relativos mayores al del método de Isoyetas.

Finalmente, en los lugares de aforo fueron aplicados métodos directos como el flotador, resultando 6 caudales. La velocidad promedio en el punto 1 dio como resultado 0.4 m/s y en el punto 2 1.07 m/s. De igual forma, se obtuvieron las curvas de gasto con coeficientes de determinación de 0.99 y usando la información de los dataloggers (Hobo U-20L), se obtuvo un promedio para el caudal de 0.34 m³/s en el punto 1 y 3.98 m³/s para el punto 2 (setiembre y octubre del 2019).

(Duque-Sarango, Patiño, López 2019), de la Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador, en su artículo científico realizó una evaluación del modelamiento hidrológico HEC-HMS, con el cual realizó una simulación de una microcuenca tropical, tuvo como objetivo realizar una simulación del comportamiento hidrológico de la microcuenca Chaquilcay, la cual se encuentra ubicada en la reserva de Bosques Protectores y Vegetación Aguarongo (BVPA), esto en los Andes del Ecuador, para ello se hizo uso de una metodología de tipo orientativo, la cual mostró el desarrollo de la fase de manejo de los datos con GIS, y el uso del modelo HEC-HMS. De dicha investigación se han llegado a las siguientes conclusiones, la metodología usada ha sido satisfactoria en cuanto al objetivo de la investigación, por lo que el número de Curva del SCS se puede aplicar a cuencas con limitada información, menores a 250 kilómetros cuadrados, asimismo los caudales obtenidos han sido aceptables. El caudal de diseño se obtuvo con el software HEC-HMS 4.1,

Posteriormente realizando el análisis de sensibilidad, se usaron como parámetros los números de curva y el Lag Time. De la esorrentía general, se ha concluido en que el 25% de la esorrentía es generada

por la precipitación de la zona, y el restante de la escorrentía es generada a las condiciones generadas por la presencia de árboles en la zona, incluyendo la evaporación, evapotranspiración y otros sistemas de agua

Antecedentes Nacionales

(Fernanda, Montero 2020) en su trabajo de investigación de la Universidad de Piura, realizó el cálculo de los caudales de las cuencas en las que se encuentra la comunidad campesina de Cujaca, tomando como objetivo principal el abastecimiento de agua para las familias, es decir, para el consumo y uso en actividades económicas realizadas en el lugar.

Luego de realizada la investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones: las cuencas estudiadas son pequeñas, por lo que el escurrimiento superficial estará influenciado por las labores del hombre en la zona; en cuanto a la forma de las cuencas, estas son alargadas y son altamente inundables, sin embargo, las velocidades de escorrentía son relativamente bajas; es necesario un mantenimiento constante de las estaciones meteorológicas, para tener un mejor reporte de precipitaciones actual, y no tener la necesidad de completar las series con cálculos matemáticos; en cuanto al caudal este fue calculado por el método de hidrograma unitario, debido a que las cuencas eran pequeñas y no podría hacerse uso del método racional.

(Huamani De la Cruz, Lazo Colqui 2020) en su trabajo de investigación de la Universidad Peruana Unión, realizó la caracterización geomorfológica de una cuenca usando modelos de elevación digital y software Qgis, tomando como objetivo la caracterización geomorfológica y delimitación de la cuenca del río Huari en la provincia de la provincia de Tayacaja, para ello se hizo uso de modelos digitales de elevación (MED), los cuales fueron obtenidos de un Geoservidor del MINAM, para posteriormente ser procesados en el software QGis y sistema GRASS con la finalidad de conocer los parámetros de la cuenca.

Llegando a la siguiente conclusión: La cuenca posee una forma ligeramente alargada, debido a su coeficiente de compacidad, con menores cauces y al agua acumulada. Los parámetros obtenidos del

modelo digital de elevación son muy necesarios para el cuidado de la cuenca, asimismo, se debe considerar que los terrenos de la cuenca están constantemente afectados por la erosión, acumulación de residuos y otros.

Existe relación entre el aprovechamiento hídrico y la captación de agua de lluvia, dando como resultado un valor de 0.89 de la correlación de Pearson, es decir el 89% de la captación. El área de aprovechamiento hídrico calculado es de 3316.94 m², distribuido para 4503 personas en los distintos horarios.

Existe relación entre el aprovechamiento hídrico y el almacenamiento de agua, dando como resultado un valor de 0.91 de la correlación de Pearson, es decir el 91 % para el almacenamiento en función del aprovechamiento hídrico. Esto representa aproximadamente 300m³, los cuales se distribuyen en tanques de 120 m³ y 180 m³.

(Silva Galvez 2019), En su trabajo de investigación de la Universidad Nacional de Cajamarca, estudió la generación de información hidrométrica, para que esta pueda ser aprovechada, para lo cual investigó la cuenca de El Porvenir del distrito de Huarango. Tomando como objetivo principal generar la información hidrométrica útil para su aprovechamiento, para ello realizó la recopilación de información cartográfica, así como la caracterización de la cuenca El Porvenir de tal manera que pudo obtener los caudales para el aprovechamiento en sí, los cuales comparó con una cuenca piloto denominada Manchara. Luego del estudio el autor llegó a las siguientes conclusiones, la similitud de las cuencas es cercano, teniendo diferencias geométricas, dinámicas y cinemáticas, sin embargo, se pudo utilizar la información hidrométrica de la cuenca piloto.

(Mattos Jiménez 2018), en su trabajo de investigación de la Universidad Nacional de Trujillo, estudió la caracterización geomorfológica de tres cuencas usando el software Arcgis, tomando como objetivo realizar la caracterización geomorfológica de las cuencas Chicama, Moche y Virú, para ello se valió del uso del software ArcGis, llegando a las siguientes conclusiones: El establecimiento de cuencas y

microcuencas bajo el sistema Pfafstetter permitió codificar metódicamente en cuanto a valores analíticos organizados con características que se aplican en forma global, dándole un sentido coherente con el territorio, dando como resultado la delimitación de unidades hidrográficas de forma sencilla y con criterios geográficos. De este análisis y delimitación se pudo encontrar 58, 65 y 61 microcuencas de las cuencas Chicama, Moche y Virú respectivamente, por lo que la aplicación de herramientas tecnológicas como el ArcGis, permitieron generar los parámetros geomorfológicos, obteniendo datos confiables. Si embargo, considera que, se debe contar con equipos de cómputo potentes que permitan procesar la gran cantidad de información que sirve de fuente de entrada para que sea procesada en un corto tiempo.

También se ha realizado la comparación de forma entre las 3 cuencas, dando como resultado que son alargadas, ya que poseen un valor $F < 1$, con un grado de achatamiento muy bajo, lo cual no es conveniente.

2.2. Bases Teóricas

Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica es una unidad de terreno natural que permite el paso de agua (escorrentía) proveniente de precipitaciones. El agua escurre por un cauce principal hasta un punto de salida donde alimenta un cauce común (Wang *et al.* 2021, p. 2)

Delimitación de Cuenca

Una cuenca es una demarcación limitada por divisorias de aguas que permiten el drenaje de aguas superficiales provenientes de las precipitaciones, y estas aguas son drenadas a un punto de salida (Ficher *et al.* 2019, p. 2)

Propiedades Morfométricas de una Cuenca

La forma de una cuenca está estrechamente relacionada con la posibilidad de aprovechamiento hídrico, esto responde a los eventos climáticos, dando como resultado la escorrentía superficial, la misma que se expresa en caudal, asimismo, el transporte de partículas

sedimentarias y otros que alimentan ecosistemas cercanos (Sukristiyanti, Maria, Lestiana 2018a, p. 2).

Recurso Hídrico, es la cuantificación de agua dulce disponible para consumo en un país cualquiera, por lo que calcular la disponibilidad del mismo de forma precisa es importante para poder gestionar su uso y reutilización (Delgado Munevar 2015, p. 282). Este recurso hídrico es de suma importancia para el abastecimiento de agua a las poblaciones, siendo el agua el líquido elemento que permite la vida humana y de los ecosistemas.

Hidrograma, es una gráfica que relaciona el volumen de agua versus el tiempo, que puede ser medido en días, meses o años (Jeong, Kim, Kim 2021, p. 1).

Modelo Digital de Elevaciones (DEM), Es una representación gráfica y matemática de las elevaciones respecto del nivel medio del mar que permiten mostrar las características físicas reales del relieve de la superficie terrestre. Muy útil en el trabajo topográfico en cuando al estudio de grandes áreas de terreno, las cuales pueden ser o no de fácil acceso, estos modelos digitales de elevaciones o DEM (por sus siglas en inglés) en la actualidad son muy utilizados en distintos ámbitos de la ingeniería y otros (Guth *et al.* 2021, p. 3).

Balance Hidrológico, es el ciclo de agua que se encuentra en equilibrio, es decir, que la precipitación, la escorrentía y evapotranspiración de una determinada área se mantienen constante (Gregar *et al.* 2017, p. 138).

Categorización de la Cantidad de Agua, para la categorización del agua existen enfoques metodológicos como la ISO 14046 y WFN (red de huella hídrica por sus siglas en inglés). Con ello se realiza una gestión del recurso hídrico con el fin de conocer el consumo de agua asociado a unidades diversas analizadas, y las consecuencias de estos consumos relacionadas a la conservación del recurso hídrico (Martínez A. *et al.* 2016, p. 7).

Parámetros Asociados a la Forma de la Cuenca, La morfometría de una cuenca establece inherentemente la velocidad de la escorrentía superficial y otras características hidrológicas de descarga, esto es importante debido al relieve que presenta la cuenca en eventualidades de crecidas máximas. En otras palabras, las cuencas que poseen área similar, pero con morfometría distinta, generan escurrimientos distintos (Brieva 2018, p. 21).

- **Área (A)**

El área de una cuenca está conformada por la delimitación natural existente entre las divisorias de aguas y la superficie de drenaje que permite la escorrentía desde la parte más alta al punto de salida en común. El área de una cuenca generalmente está expresada en Km² o Ha, la cual se clasifica según su valor, de acuerdo a la tabla 1 (Brieva 2018, p. 21).

Tabla 1: Clasificación de la cuenca de acuerdo al área

Descripción	Tamaño de la cuenca (km²)
Cuenca muy pequeña	< 25
Cuenca pequeña	25 – 250
Cuenca Intermedia – pequeña	250 – 500
Cuenca Intermedia - grande	500 – 2500
Cuenca Grande	2500 – 5000
Cuenca Muy grande	> 5000

Fuente: (Brieva 2018, p. 21).

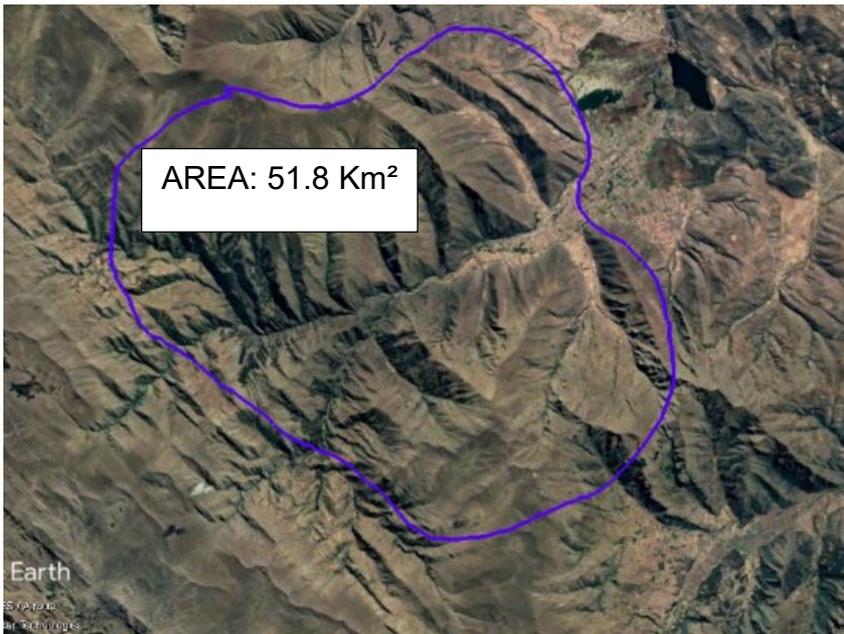


Figura 1. Área de una cuenca
Fuente: Imagen Google Earth y elaboración propia.

- **Perímetro (P)**

Es la longitud que se obtiene al recorrer los límites de la cuenca (divisoria de aguas), así como el punto más alto al punto de salida de la escorrentía. La longitud se expresa generalmente en kilómetros (Brieva 2018, p. 21).

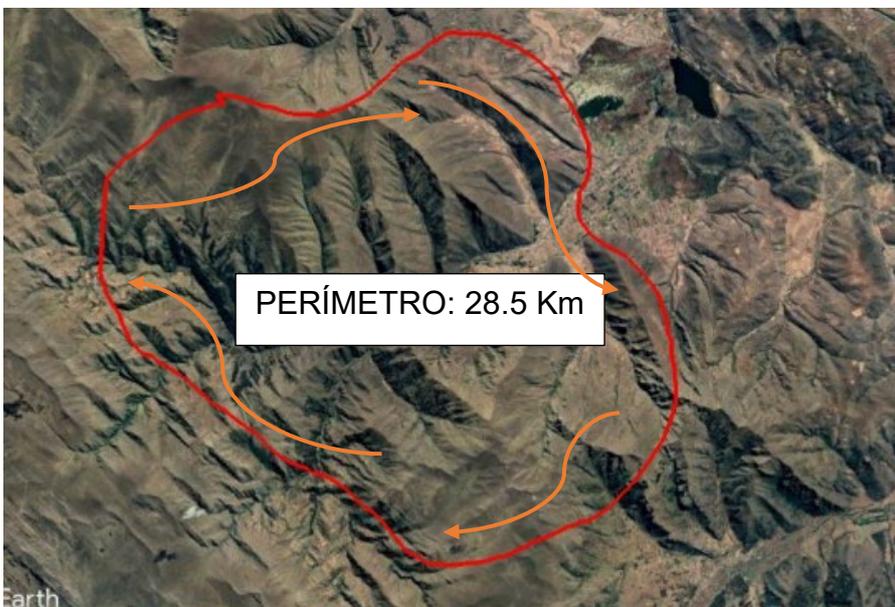


Figura 2. Perímetro de una cuenca
Fuente: Imagen Google Earth y elaboración propia.

- **Longitud de Cuenca (L)**

Corresponde a la distancia horizontal desde la parte más alta de la cuenta a la parte en la que desemboca la escorrentía. La longitud de la cuenca es expresada en kilómetros (Brieva 2018, p. 21).

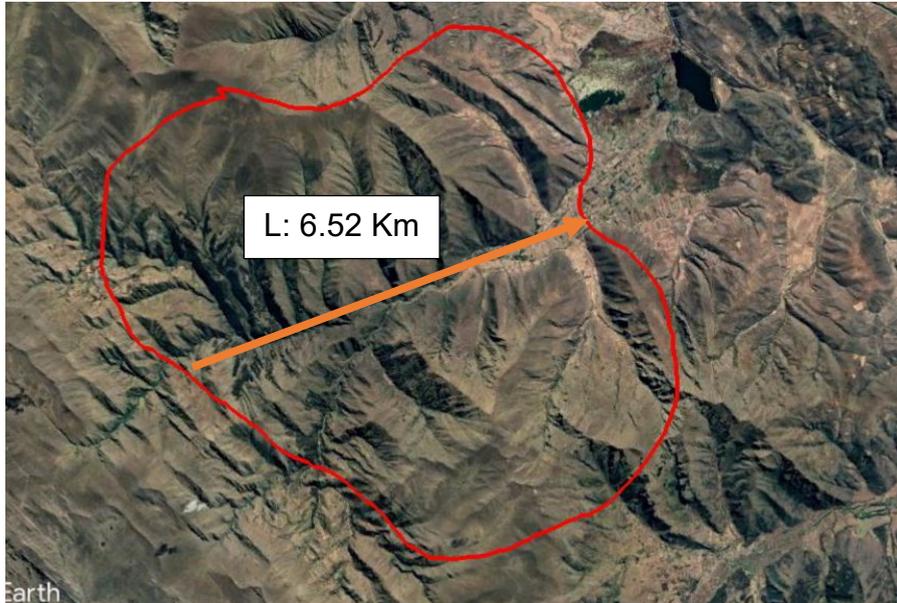


Figura 3. Longitud de cuenca
Fuente: Imagen Google Earth y elaboración propia.

- **Coeficiente de Compacidad (Kc)**

Este coeficiente compara la forma de la cuenca respecto de un círculo, circunferencia cuya característica que el área del círculo es el mismo que de la cuenca. El coeficiente de compacidad es la razón entre el perímetro de la cuenca, respecto del perímetro del círculo, el resultado de esta razón es adimensional y con valores cercanos a la unidad, lo cual significa que: el grado de aproximación a la unidad implicará una tendencia a acumular grandes volúmenes de aguas superficiales, siendo mayor en cuanto se acerque más a la unidad. La Cuenca se denominará alargada cuando alcanza valores próximos a 3 (Brieva 2018, p. 21).

$$Kc = 0.28p/A^{1/2}$$

Donde:

A = área de la Cuenca.

P = Perímetro de la Cuenca.

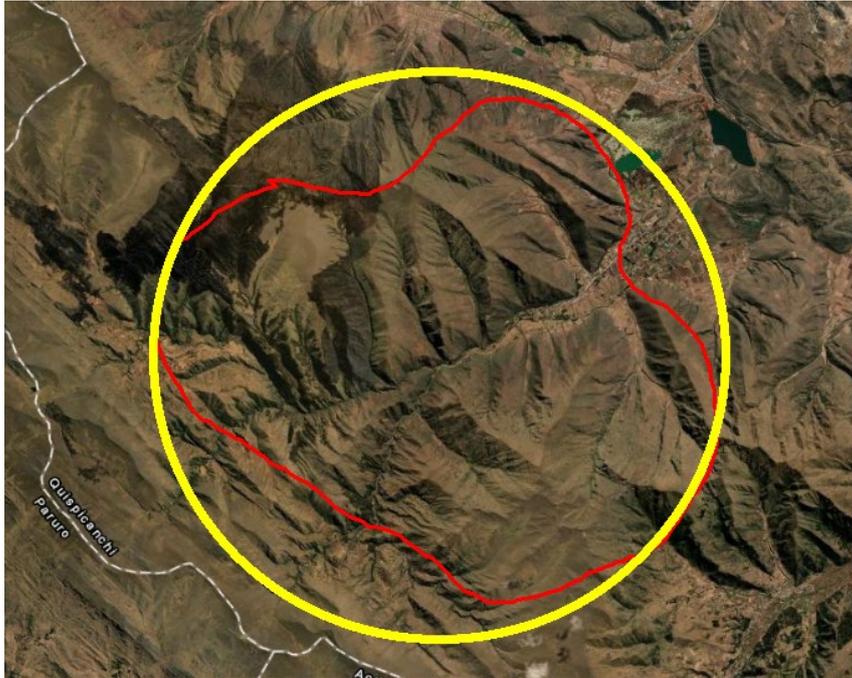


Figura 4. Coeficiente de Compacidad de la cuenca
Fuente: Imagen Google Earth y elaboración propia.

- **Factor de Forma de Horton (Kf)**

Este factor relaciona el área de la cuenca respecto de la longitud de la misma. Este factor con valores menores a la unidad, representa crecientes bajas por precipitación. Sin embargo, cuando el valor es mayor a la unidad, indica el grado de achatamiento de la cuenca, lo cual da como resultado que la cuenca puede concentrar mayor escurrimiento en precipitaciones fuertes, del cual se forman crecidas muy grandes (Brieva 2018, p. 21). Los valores del factor de forma de Horton se aprecian en la tabla 2.

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

Donde:

A = Área.

L = Longitud de la Cuenca.

Tabla 2: Factor de forma de Horton (Kf)

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada, ni achatada
0.45 – 0.60	Ligeramente achatada
0.60 – 0.80	Achatada
0.80 – 1.20	Muy achatada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: (Brieva 2018, p. 21)

- **Relación de Elongación (Re)**

La relación de elongación es la razón que se obtiene al dividir el diámetro del círculo que circunscribe a la cuenca y la longitud de la cuenca. El valor que se obtiene de esta relación se acerca a uno cuando es muy plana y circular.

Los valores de la Relación de elongación varían entre 0.5 y 0.8 (Brieva 2018, p. 21).

$$Re = \frac{\left(\frac{4A}{\pi}\right)^{1/2}}{L}$$

Donde:

A = área de la cuenca

L = Longitud de la cuenca.

Parámetros Relativos al Relieve, El relieve de una cuenca está relacionado a sus elevaciones, es decir, el conjunto de cotas las cuales definen las elevaciones propias de la cuenca. Aquí se presentan las cotas máximas, mínimas e intermedias (Brieva 2018, p. 22).

- **Cota Mayor de la Cuenca (CM)**

Es el punto de mayor altura en metros, respecto del nivel medio del mar, principalmente encontrado en la divisoria de la cuenca (Brieva 2018, p. 22).

- **Cota Menor de la Cuenca (Cm)**

Es el punto de menor altura en metros, respecto del nivel medio del mar, principalmente encontrado en el punto de desemboque de la cuenca (Brieva 2018, p. 22).

- **Elevación Promedio del Relieve**

Es el promedio de elevaciones mayor y menor de la cuenca expresada en metros respecto al nivel medio del mar (Brieva 2018, p. 22).

- **Pendiente Media de la Cuenca (S)**

Es el valor medio de pendientes de la cuenca, relacionando el declive del terreno y la inclinación respecto de un plano horizontal (Brieva 2018, p. 22).

- **Cota Mayor de Cauce (CMc)**

Es la altura del punto más alto del cauce de la escorrentía expresado en metros respecto del nivel medio del mar (Brieva 2018, p. 22).

- **Cota Menor de Cauce (Cmc)**

Esta cota es la misma que la cota menor de la cuenca (Brieva 2018, p. 22).

- **Pendiente Promedio del Cauce (Sc)**

Es la diferencia de la cota mayor del cauce y la cota menor del cauce, relacionada con la longitud del mismo cauce (Brieva 2018, p. 22).

$$Sc = (CMc - Cmc) / Lc$$

Donde:

CMc = cota mayor de cauce

Cmc = cota menor de cauce

Lc = longitud de cauce

- **Análisis Hipsométrico**

Integral hipsométrica, es la relación entre el % Altura y el % Área. Muestra estados de equilibrio o madurez e inequilibrio o juventud (procesos erosivos) (Adhikari 2020, p. 140) .

$$IH = \frac{\%Altura}{\%Area}$$

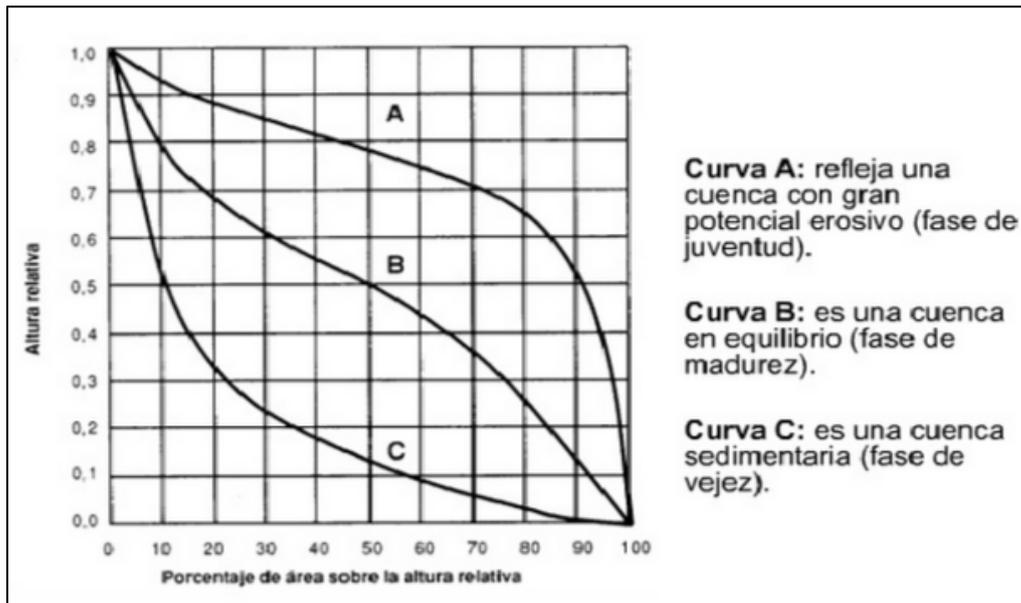


Figura 5. Curva Hipsométrica
 Fuente: <https://ingeciv.com/que-es-una-curva-hipsometrica/>

Parámetros Relativos al Drenaje, El drenaje es fundamental para poder obtener el cauce de la cuenca y su usabilidad para su aprovechamiento hídrico del mismo (Brieva 2018, p. 24).

- Longitud del Cauce Principal (Lc)**

Se encuentra definida como la longitud de la escorrentía, tomando en consideración la sinuosidad del cauce, la cual se expresa principalmente en Kilómetros (Brieva 2018, p. 24).

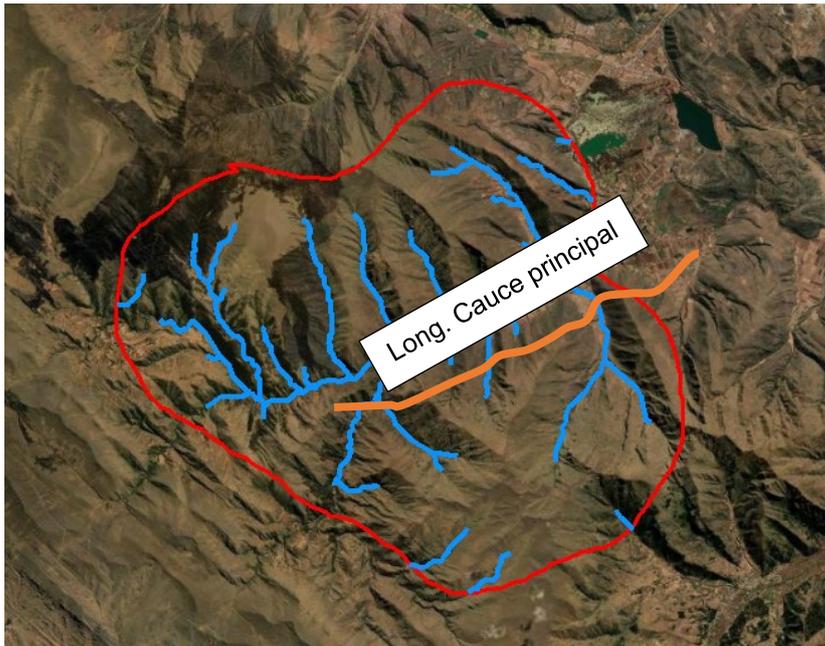


Figura 6. Longitud de cauce principal
Fuente: Imagen Google Earth y elaboración propia.

- **Orden de los Cauces**

Es el grado de bifurcación que presenta una cuenca hidrográfica, las cuales son permitidas por los relieves y morfometría de la misma. Se considera corriente de primer orden a aquellas que nacen con la cuenca y no tienen afluentes que los alimenten. Son corrientes de segundo orden cuando se unen dos corrientes de orden uno. Generalizando, cuando se unen dos corrientes de orden i , forman una corriente de orden $i+1$ (Brieva 2018, p. 24).

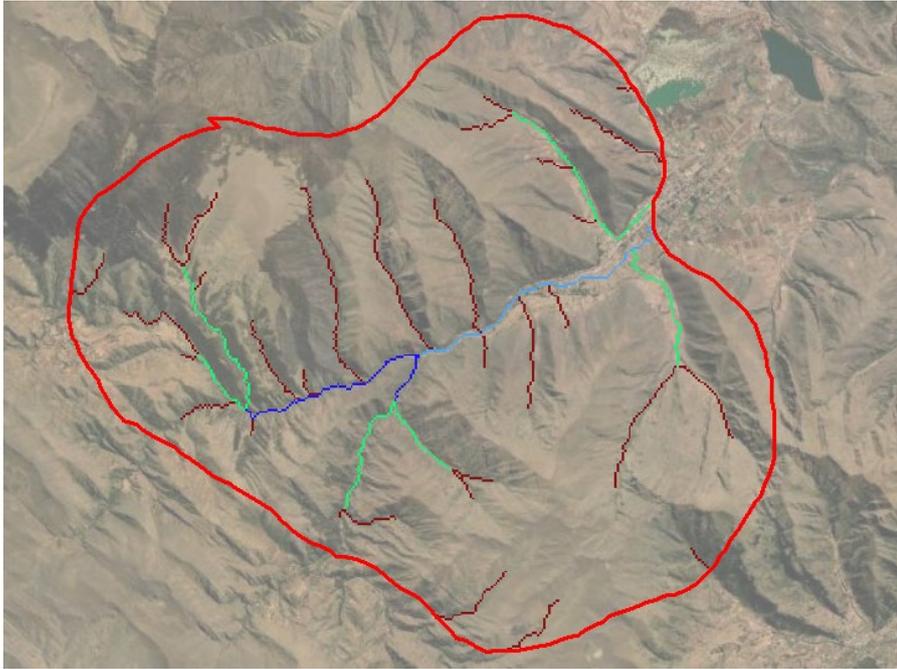


Figura 7. Orden de los cauces
Fuente: elaboración propia.

- **Longitud de los Cauces de Orden Uno (L1)**

Es la longitud de los cauces que tienen corrientes de orden uno (Brieva 2018, p. 24).

- **Densidad de Drenaje (Dd)**

La densidad de drenaje relación la longitud del drenaje respecto del área de la cuenca (Brieva 2018, p. 24).

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

Donde:

L = es la longitud de las corrientes perennes, efímeras e intermitentes de la cuenca en (Km).

A= el área de la cuenca expresada en (Km²).

Esta densidad de drenaje permite catalogar a la cuenca como bien drenada o mal drenada. Los valores de densidad de drenaje con valores cercanos a 0.5 km/km² o mayores, hacen entender que la red de drenaje es eficiente (Brieva 2018, p. 24).

- **Coefficiente de Torrencialidad (Ct)**

Este coeficiente permite conocer el grado de torrencialidad que posee una cuenca, ya que relaciona el número de corrientes de orden uno respecto del área total de la cuenca. A mayor valor del coeficiente, se entiende que la cuenca es altamente torrencial (Brieva 2018, p. 24).

$$Ct = \#Cl1/A$$

Donde:

#Cl1 = número de cauces

A = área de la cuenca

- **Tiempo de Concentración (Tc)**

Es el tiempo que recorre una gota de lluvia, la cual escurre superficialmente desde el lugar más alto hasta el punto de salida (Lisette, Luis, Petillo Mario 2014, p. 107). También se define como el tiempo efectivo de precipitación (efectiva1) desde el nacimiento de la cuenca hasta el punto final, siendo este valor la inflexión del hidrograma después del caudal pico.

$$T_c = 0.8773 \left(\frac{L_c^{1.5}}{\sqrt{CM_c - Cm_c}} \right)^{0.64}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración en horas

Lc = longitud de cauce principal

CMc = cota mayor de cauce principal

Cmc = cota menor de cauce principal

- **Coefficiente de Escorrentía**

Este coeficiente corresponde al valor de la fracción de agua de lluvia que genera escorrentía superficial, una vez se encuentre saturado el suelo por completo (Lisette, Luis, Petillo Mario 2014, p. 108).

El coeficiente de escorrentía presenta valores adimensionales comprendidos entre 0 y 1.

Para determinar el coeficiente de escorrentía, se puede hacer uso de la tabla 3:

Tabla 3: Coeficiente de escorrentía para el método racional

Cobertura Vegetal	Tipo de Suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2012, p. 42).

El valor del coeficiente de escorrentía será obtenido en base a las características de la cuenca, relacionadas a sus características geomorfológicas e hidrológicas.

Precipitación

La precipitación es todo desprendimiento de humedad proveniente de la estratósfera, más propiamente de las nubes, La cual es considerada una fuente primordial para la recarga de mares, lagos y ríos (Ribeiro Filho *et al.* 2017, p. 471).

Precipitación Promedio: es el promedio aritmético de las precipitaciones en un determinado tiempo (día, mes, año) (Zengin *et al.* 2017, p. 481).

Método aritmético:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Dónde:

n = número de años.

x = precipitación de la estación

Distribución de Gumbel

Es una función de distribución de probabilidades usada para calcular los valores extremos en hidrología y otras disciplinas (de Andrade, Gomes-Silva, Zea 2019, p. 2), con el cual se puede realizar el cálculo del IDF (intensidad, duración y frecuencia) de precipitaciones El cual presenta las siguientes relaciones:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}} \text{ Función de probabilidad}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} x S$$

$$\mu = \bar{x} - 0.5772 x \alpha$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dónde:

α = parámetro de escala

μ = parámetro de localización

s = desviación estándar.

\bar{x} = media

Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

Las curvas IDF es una herramienta para la estimación de crecidas en cuencas hidrográficas, con estas curvas se pretende hallar la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones (Gutiérrez-López, Barragán-Regalado 2019, p. 1).

Viene a ser la magnitud de precipitación o de lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, la cual se encuentra definida por la siguiente expresión:

$$I = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

Dónde:

K, m, n, c = constantes que se calculan por Gumbel, donde c puede ser cero.

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = periodo de retorno

$t = d + c$ = duración de la lluvia (mm)

Cálculo de CAUDALES Mínimo, Medio y Máximo por el Método sintético-racional

El caudal medio se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_m = aA^b$$

Siendo a y b son variables, cuyos valores son dados por la siguiente relación:

$$a = \frac{31.71 \times C\bar{P}}{10^6}, b = 1$$

Dónde:

Q_m = caudal medio.

C = Coeficiente de escorrentía

\bar{P} = Precipitación promedio

A = Área de la cuenca en Km²

El caudal mínimo está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{min} = \frac{\bar{P}A}{10^6} = Q_{eco}$$

Dónde:

Q_{min} = caudal mínimo

\bar{P} = Precipitación promedio

A = Área de la cuenca en Km^2

El caudal máximo está dado por la siguiente expresión:

$$Qd = 0.278CIAK/3600$$

Dónde:

Qd = caudal máximo

C = coeficiente de escorrentía

I = Intensidad máxima de precipitación.

K = coeficiente de uniformidad

A = Área de la cuenca

De acuerdo a (Herencia Félix, Carrera Saavedra 2019, p. 20), en el Método Racional, el cual ha sido Modificado por Témez, K es un coeficiente que define la uniformidad, el cual corrige el tiempo de concentración de una cuenca. Para ello se toma en cuenta la variación de precipitación en el transcurso del tiempo, según la siguiente ecuación:

$$K = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración.

2.3. Base Conceptual

Los siguientes conceptos han sido referenciados de (Braz *et al.* 2020, p. 1)

Cuenca hidrográfica, Son cuerpos conformados por agua alimentada de subcuencas, sometidos a constantes cambios debido al su uso y cobertura natural, las cuales están delimitados por medio de cumbres llamadas divisorias.

Subcuenca, es el grupo de microcuencas que confluyen agua a un cauce de forma permanente.

Microcuenca, es un área con escorrentía que drena sus aguas a un cauce de una subcuenca.

Quebradas, es un área de terreno que genera el cauce para el drenaje de agua hacia una microcuenca.

Cuenca Alta, es el área que se encuentra en la parte superior de una montaña o cabecera de los cerros, la cual se encuentra limitada por divisorias de aguas.

Cuenca Media, es el lugar donde se acumulan las aguas que provienen de las divisorias y en la cual el río mantiene un cauce frecuente.

Cuenca Baja o Transicional, es el lugar donde el cauce principal desemboca a otros cauces mayores.

Divisoria de Aguas

Es una línea limítrofe de una cuenca que delimita su superficie y ámbito geomorfológico. Es el límite natural entre cuencas hidrográficas, sobre la cual las precipitaciones se dividen hacia las cuencas.

Afluentes, es un curso de agua tributario, es decir, el curso de agua que desemboca a otro curso de agua principal. El lugar de desembocadura es denominado confluencia.

Efluentes, este término es antónimo de afluente, es decir, es una derivación que puede ser natural o provocada (artificial), la cual se desprende del cauce principal.

Caudal, es el volumen de agua que pasa por un cauce en un tiempo determinado (Sánchez *et al.* 2017, p. 144).

Caudal Ecológico, está relacionado con conservar, adecuar o restaurar el funcionamiento ecológico y los servicios ambientales que proveen los sistemas naturales (calidad de agua, amortiguación de las inundaciones y sequías, protección y conservación de la biodiversidad, estética, circulación de elementos químicos naturales, entre otros). En función del aprovechamiento hídrico que se practique (Meza-Rodríguez *et al.* 2017, p. 1018).

Cauce, es un área de terreno natural o provocado (artificial) por donde discurre una corriente de agua.

Escorrentía, es el proceso por el cual discurre agua de precipitación por medio de una red de drenaje hasta alcanzar un punto de acumulación pluvial (Odiji *et al.* 2020, p. 423).

Precipitación, comúnmente denominado lluvia, es la caída de agua atmosférica hacia la superficie de la tierra. Es un dato muy importante para el estudio de proyectos relacionados a la hidrología (Morbidelli *et al.* 2020, p. 4).

Relieve, este término define la forma física de la superficie terrestre.

Morfología, estudia la descripción física, es decir, tamaño, forma, interrelación y disposición de los componentes en relación con el entorno geográfico (Sukristiyanti, Maria, Lestiana 2018, p. 1).

ArcGIS, es una aplicación de licencia cerrada creada por ESRI, que permite recolectar, organizar, administrar y distribuir información geográfica.

Cartografía, Ciencia que se encarga del estudio y elaboración de mapas, los cuales son una representación de la realidad física en cierta escala (Hernández, Olivero 2019, p. 128).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación: es este caso corresponde un tipo de investigación aplicada, la cual permite determinar los protocolos, métodos y tecnologías para cubrir una necesidad conocida y específica (CONCYTEC 2018, p. 2).

Diseño de la Investigación: Para esta investigación se tomará en cuenta un diseño no experimental, el mismo que será de corte transversal.

(Hernández Sampieri *et al.* 2014, p. 152), precisan que, para un tipo de investigación no experimental se debe tomar en consideración circunstancias históricas, las cuales no se pueden presionar por propia voluntad. Además, cada variable independiente no es susceptible a manipular directamente, por lo que su control tampoco es determinado. Es transaccional o transversal correlacional-causal, ya que permite la descripción de la relación entre dos o más variables en un tiempo determinado, en una relación de causa-efecto.

(Hernández Sampieri *et al.* 2014, p. 98), es un tipo de investigación descriptiva correlacional, debido a que, describe la relación que existe entre dos o más variables.

En esta investigación se recolectará la información en un solo momento, es decir en un tiempo único, siendo su principal objetivo describir las variables de estudio (datos hidrométricos y aprovechamiento hídrico)

3.2 Variables y Operacionalización

Variable Independiente

Una variable independiente corresponde al análisis que el investigador controla para lograr conocer sus efectos en un determinado fin. Estas variables independientes, son denominadas también variables de tratamiento.

Para la presente investigación la variable independiente es **Datos Hidrométricos**, para (Boris *et al.* 2016, p. 159) los datos hidrométricos están relacionados a la caracterización de la forma de las fuentes de donde existe escurrimientos superficiales, los cuales están relacionados a las precipitaciones de la zona y sectores de captación de agua.

Definición Operacional: Los datos hidrométricos vienen a ser la fuente principal para poder realizar los cálculos necesarios, de tal manera que permita definir las características morfométricas de una cuenca, las cuales estarán relacionadas a la precipitación de la zona y el caudal que se genere de la misma.

Operacionalización: Caracterización morfométrica de la cuenca, Caudal y Precipitación en mm.

Indicadores: Factor de forma de Horton, coeficiente de compacidad, área de cuenca, densidad de drenaje, coeficiente de escorrentía, caudal mínimo, caudal máximo, caudal promedio, coeficiente de torrencialidad, precipitación.

Variable Dependiente

Es considerado como la que manifiesta los resultados finales de la investigación. Las variables dependientes son los resultados que dependen del tratamiento experimental o no que el investigador modifica o analiza en un determinado tiempo.

Para la presente investigación la variable dependiente es **Aprovechamiento Hídrico**, (Parra Rodriguez, Montealegre M 2020, p. 3) en su artículo precisa que el aprovechamiento hídrico es la categorización de la cantidad de agua, la misma que será optimizada para su uso de forma eficiente de acuerdo a las finalidades destinadas, sin malgastar su disponibilidad y calidad en el uso de las actividades del territorio.

Definición Operacional: El aprovechamiento hídrico estará sujeto a los valores obtenidos por los datos hidrométricos. El aprovechamiento estará relacionado con las actividades que permita el caudal obtenido, de tal manera que se pueda aprovechar de forma sostenible este recurso.

Operacionalización: Abastecimiento de agua, Rendimiento de cuenca.

Indicadores: Volumen de agua en m³, Caudal ecológico, Intensidad, duración y frecuencia pluvial (IDF).

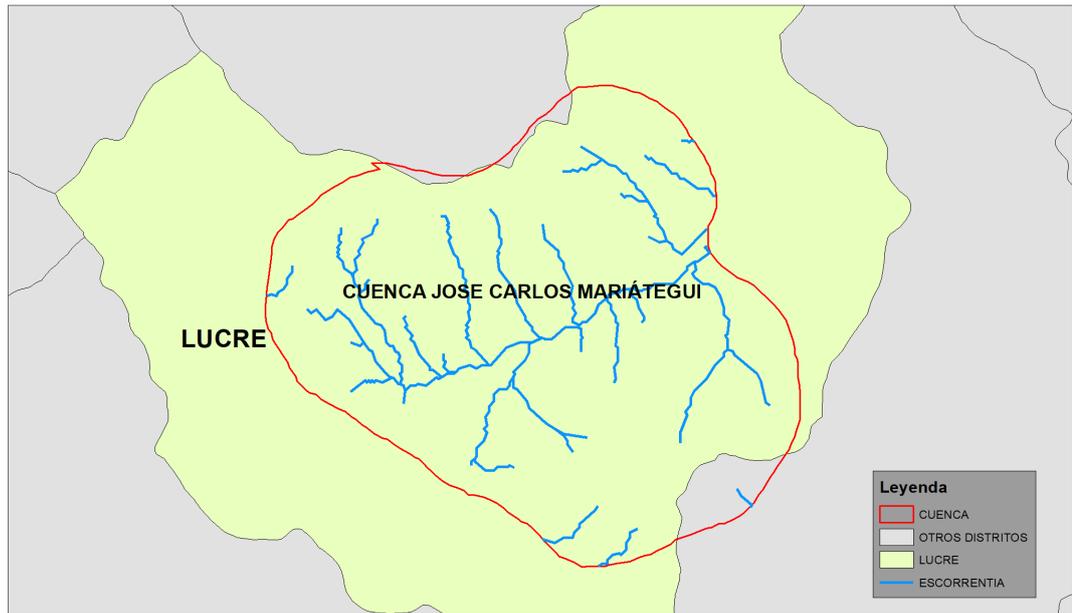
3.3 Población, Muestra y Muestreo

De acuerdo a (Arias-Gómez, Ángel Villasís-Keever, Guadalupe Miranda-Novales 2016, p. 202) **población** es el conjunto universal que puede estar conformado por persona, animales, cosas, registros, muestras, etc.

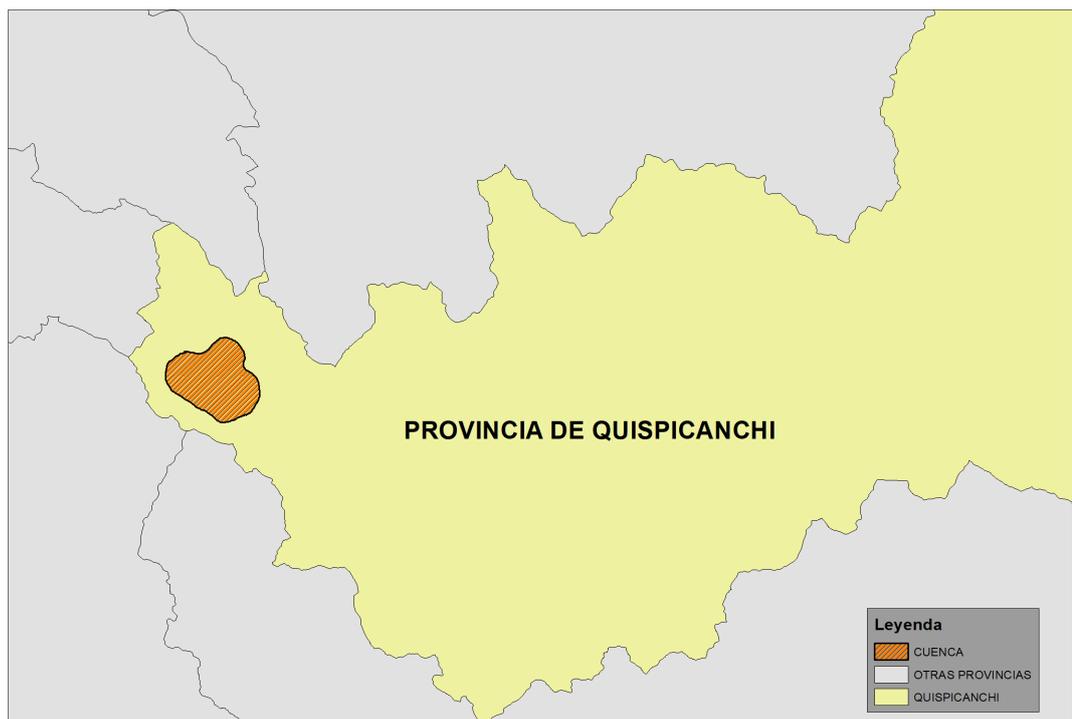
Para esta investigación se tomará como población 5 cuencas existentes en el distrito de Lucre, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco.

Muestra, es una parte que conforma la población, extraída por medio de procedimientos analíticos, lógicos y matemáticos.(Arias-Gómez, Ángel Villasís-Keever, Guadalupe Miranda-Novales 2016, p. 202).

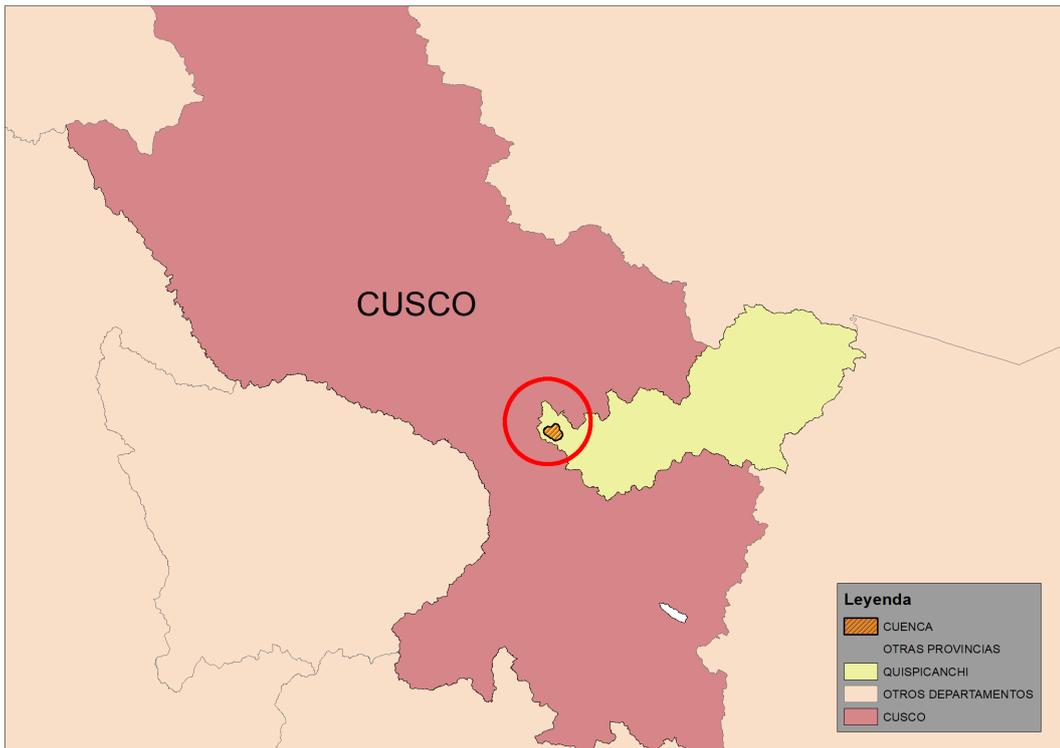
Para esta investigación se tomará como muestra la cuenca José Carlos Mariátegui ubicada en el distrito de Lucre, provincia de Quispicanchis y departamento del Cusco. La cuenca en mención se encuentra ubicada en la parte sur del departamento del Cusco, la cual tiene como acceso principal la Carretera Cusco – Sicuani.



a) Distrital



b) Provincial



c) Departamental



d) Nacional

Figura 8. Ubicación de la Cuenca José Carlos Mariátegui (a, b, c y d)
Fuente: Elaboración Propia

El **muestreo** será no probabilístico para esta investigación, ya que la cuenca será seleccionada al azar, la misma que ha sido tomada en base al criterio del investigador.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Existen diferentes técnicas para la obtención de información, entre las principales se tiene: la encuesta, pruebas estandarizadas, la entrevista y la observación (Borja S. 2016, p. 33).

En este proyecto de investigación se hará uso de la técnica de observación, esto con la finalidad de obtener los datos hidrométricos necesarios para analizar su aprovechamiento hídrico. Debido a esta técnica se puede obtener cierta ventaja, ya que está relacionada estrictamente con la realidad (Borja S. 2016, p. 33).

También esta técnica de observación nos permitirá obtener resultados mediante la simulación y cálculos matemáticos que permitirán conocer la morfometría de la cuenca en estudio, de tal forma que se caracterice físicamente y se obtengan los resultados importantes para su aprovechamiento hídrico.

En cuanto a la reunión de datos de las variables en estudio mediante los instrumentos de recolección de datos, en otras palabras, la observación de los hechos permitió estudiar en concreto la información recolectada y de esta manera poder procesarla.

Asimismo, gracias a estos instrumentos de recolección de datos permitirán cumplir con las necesidades de la investigación, de tal manera que se puedan analizar y permitan obtener los resultados deseados.

Por tanto, en esta investigación se hará uso del siguiente instrumento:

- Ficha técnica de registro de precipitaciones cuyo autor principal es el SENAMHI, ya que es una ficha ya establecida y utilizada ampliamente en investigaciones que requieran del uso de datos meteorológicos. Este mismo formato que ha sido aplicado y adaptado en la investigación de (Maldonado Mendivil 2021).

En cuanto a la validez de la información, esta va relacionado al grado de medida del instrumento que mide la variable.

La validez del instrumento de recolección de datos se encuentra avalada por especialistas, ya que es un formato que las entidades del estado, en este caso el SENAMHI, usa para dar a conocer la información y a la que cualquier persona puede acceder libremente, además de que es un formato utilizado por otros investigadores, en tesis, artículos, etc.

En cuanto a la confiabilidad para los datos hidrometeorológicos, la información es recolectada con el instrumento, la cual proviene de fuentes especializadas del estado, en este caso del SENAMHI. En cuanto a la información de campo, esta se obtendrá de modelos digitales de elevación o DEM (Digital Elevation Modeling por sus siglas en inglés) provenientes del geovisor del Servicio Geológico de Estados Unidos - USGS (United States Geological Survey por sus siglas en inglés), la cual no tendrá una antigüedad mayor a 20 años (Woolfenden *et al.* 2021, p. 28).

En la presente investigación se obtendrán los datos hidrométricos de la cuenca en estudio, con la finalidad de procesar esta información y dar punto de inicio al aprovechamiento hídrico de la cuenca.

3.5 Procedimientos

3.5.1. Tratamiento de la Información Cartográfica

La información cartográfica será descargada del Geovisor del USGS Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey por sus siglas en inglés). Esta información no tiene ningún costo, siempre y cuando se esté registrado en la plataforma. La información que se descarga corresponde a lo que se denomina DEM (Digital Elevation Modeling, por sus siglas en inglés) o Modelo Digital de Elevaciones, el cual es una representación gráfica-matemática de la realidad, como producto obtenido de la captura de imágenes satelitales. Asimismo, este DEM a nivel informático tiene una extensión de archivo del tipo Geotiff, el cual sólo puede ser procesado por software especializado (ArcGIS, Autocad Map 3D, Qgis, Envi, etc).

Para la presente investigación, la información cartográfica (Archivo DEM) será procesada haciendo uso de la versión educacional del ArcGIS (versión de uso gratuito). La finalidad del procesamiento de la información cartográfica (Archivo DEM) es la de delimitar la cuenca hidrográfica José Carlos Mariátegui, de tal manera que se puedan obtener los primeros parámetros físicos como área, perímetro y cotas respecto del nivel medio del mar (Woolfenden *et al.* 2021, p. 7).

3.5.2. Estudio de Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca José Carlos Mariátegui

Luego de haber obtenido los primeros parámetros físicos (área, perímetro, cotas respecto del nivel medio del mar), se procederá a realizar los cálculos detallados en las bases teóricas del presente proyecto de investigación, como el caso de (Sukristiyanti, Maria, Lestiana 2018, p. 2). Esto con la finalidad de definir las características morfológicas o morfométricas de la cuenca hidrográfica José Carlos Mariátegui.

3.5.3. Recopilación de la Información Hidrometeorológica del SENAMHI

La recopilación de la información hidrometeorológica será obtenida del SENAMHI, esta información es de carácter público, por lo que no representa un gasto económico, sin embargo, para poder acceder a esta información se debe tener una cuenta con usuario y contraseña y así hacer uso de la plataforma del SENAMHI.

La información que se descargará corresponderá a los datos históricos de precipitación en un período de 56 años, es decir la serie de datos de precipitación desde el 1965 al año 2021 (información histórica disponible para descargar) correspondiente a la estación meteorológica de Ccatcca. La información de precipitación desde enero del año 2015 a diciembre del 2021 será recolectada de la misma estación, pero de otra plataforma del SENAMHI, esto para completar la serie de precipitaciones a la actualidad.

3.5.4. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica del SENAMHI

La información histórica obtenida del SENAMHI, se encuentra disponible desde el año 1965 al 2021, información faltante debido a falla de lecturas o no lecturas de la estación meteorológica de Cay Cay, se completarán con los datos de precipitación con la estación meteorológica más cercana, en este caso, la estación meteorológica de Ccatcca. La información faltante, deberá ser procesada de forma estadística mediante regresiones lineales que permitan obtener los valores faltantes.

Luego de tener la serie completa se procederá a realizar el cálculo de la precipitación promedio e IDF (intensidad, duración y frecuencia) de precipitación, para ello se usará el modelo probabilístico de Gumbel (para datos extremos), en el cual se considerará la evaluación de IDF (intensidad, duración y frecuencia) con periodos de retorno que van desde 2 años hasta los 500 años.

3.5.5. Cálculos Finales para el Aprovechamiento Hídrico que Genera la Cuenca José Carlos Mariátegui

Con la información morfológica de la cuenca hidrográfica José Carlos Mariátegui, y los datos de precipitación procesados se podrá realizar los últimos cálculos relacionados al caudal máximo, mínimo y promedio. Con esta información se tendrá la posibilidad de plantear el mejor aprovechamiento hídrico que brinda la cuenca hidrográfica, además de proporcionar información de precipitaciones muy importante para la zona de estudio, con la cual, las autoridades pueden realizar proyectos de inversión que permitan aprovechar adecuadamente el recurso hídrico.

3.5.6. Resultados

Los resultados serán presentados en cuadros estadísticos, gráficos y otros elementos que permitan su comprensión.

3.6 Método de Análisis de Datos

Una vez reunida la información, esta será procesada en el software ArcGIS y del cual se obtendrán gráficos, la delimitación de la cuenca y otras propiedades geométricas de la cuenca.

Con esta información y los datos de precipitación recabados del SENAMHI, se procederá a realizar los demás cálculos numéricos haciendo uso de las fórmulas propuestas. Los resultados serán mostrados en gráficos e imágenes.

Asimismo, para su procesamiento se utilizará el método de estadística descriptiva, el cual corresponde aplicar las fórmulas estadísticas conocidas, como las de tendencia central, etc (Borja S. 2016, p. 35).

3.7 Aspectos Éticos

En cuanto a los aspectos éticos, se asume con responsabilidad la información recabada, los fundamentos y otros que suman en la elaboración de la investigación. Lo cual nos conlleva a respetar la veracidad de los resultados que se obtendrán y dotar de confiabilidad al proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la tesis titulada “Obtención de Datos Hidrométricos de la Cuenca José Carlos Mariátegui para su Aprovechamiento Hídrico, Cusco, 2022” de acuerdo a las etapas planteadas fueron los siguientes:

4.1. Tratamiento de la Información Cartográfica

En esta etapa se adquirió de forma gratuita el Modelo Digital de Elevaciones, por sus siglas en inglés DEM (Digital Elevation Modeling), del Servicio Geológico de Estados Unidos, por sus siglas en inglés USGS (United State Geological Service). El DEM fue descargado del catálogo de imágenes satelitales, corresponde a un Cuadrante en el que se encuentra parte del departamento del Cusco y por ende todo el distrito de Lucre.

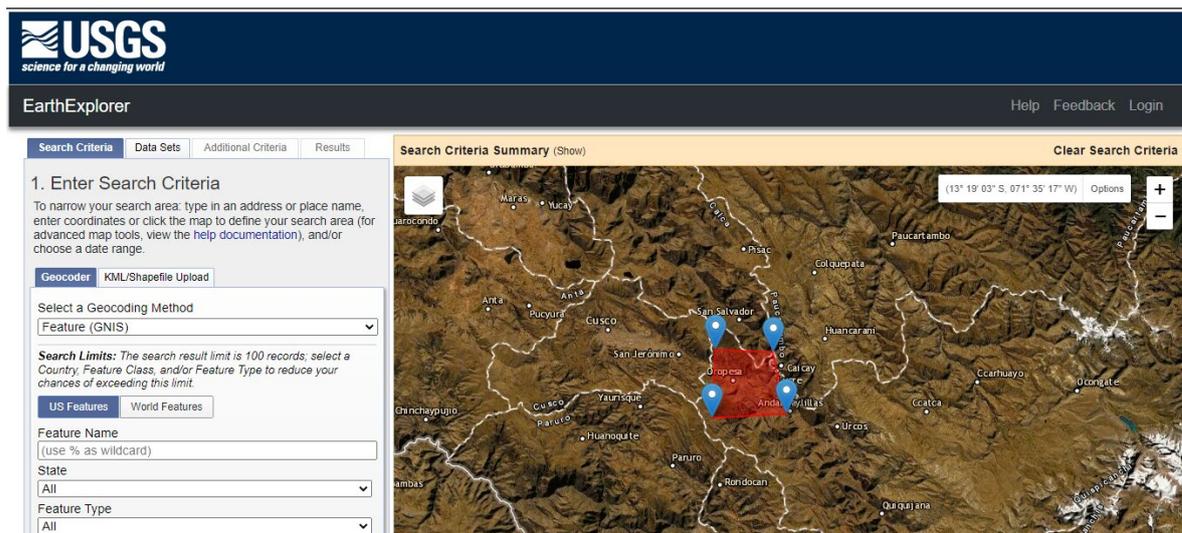


Figura 9. Plataforma del USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos)
Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

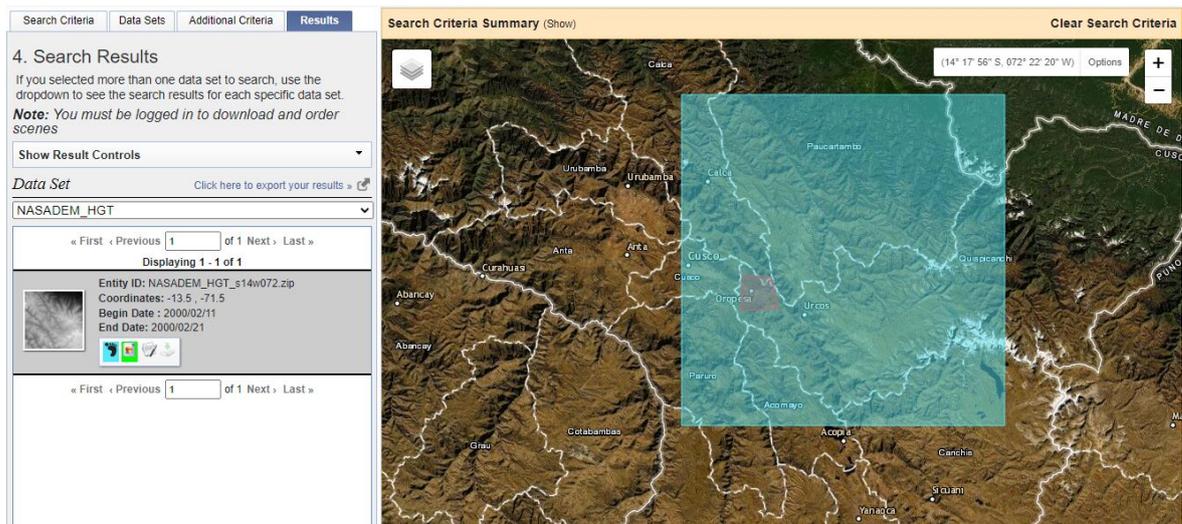


Figura 10. Determinación del cuadrante de descarga
 Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Luego de seleccionar el cuadrante se procedió a descargar el Modelo Digital de Elevaciones (DEM), dando el siguiente resultado.

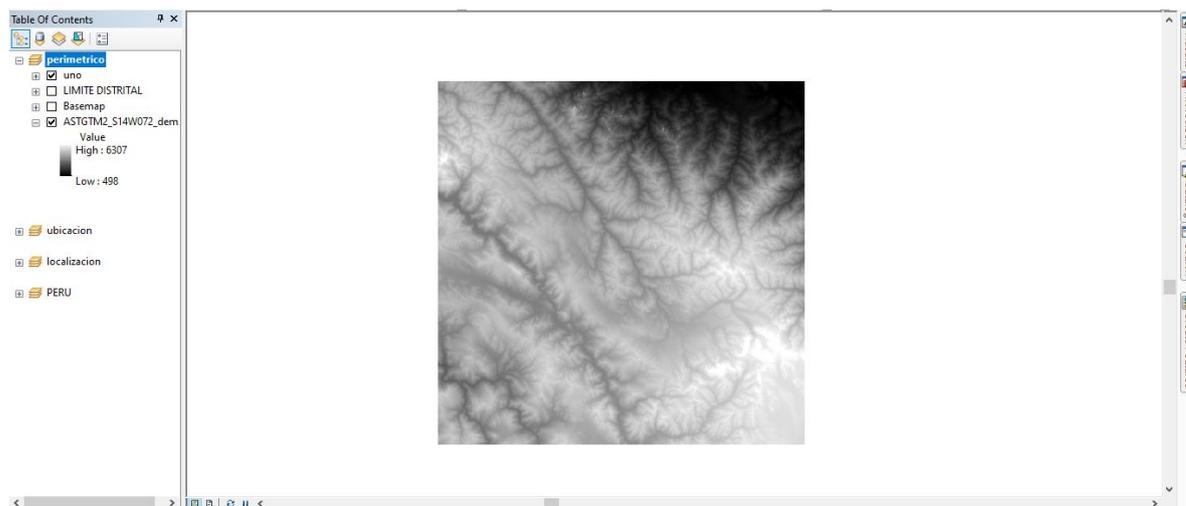


Figura 11. Imagen del DEM visto en el software ArcGIS
 Fuente: Elaboración propia

Una de las ventajas de trabajar con Modelos Digitales de Elevación es que permiten visualizar las elevaciones y datos relacionados en un entorno de gabinete. Con esta visualización y con el software adecuado se pueden obtener datos relevantes del terreno.

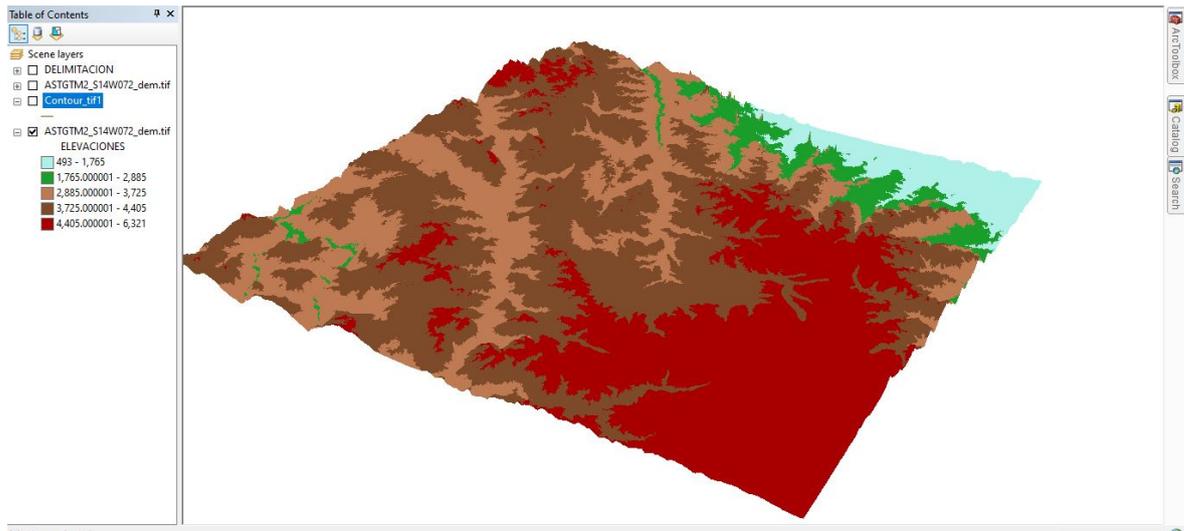


Figura 12. Visualización tri-dimensional del DEM
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia a la izquierda, tenemos una leyendo de colores, las cuales se relacionan a las elevaciones obtenidas por el Modelo Digital de Elevaciones (DEM). Asimismo, con esta información es posible obtener las curvas de nivel de todo el ámbito del Modelo.

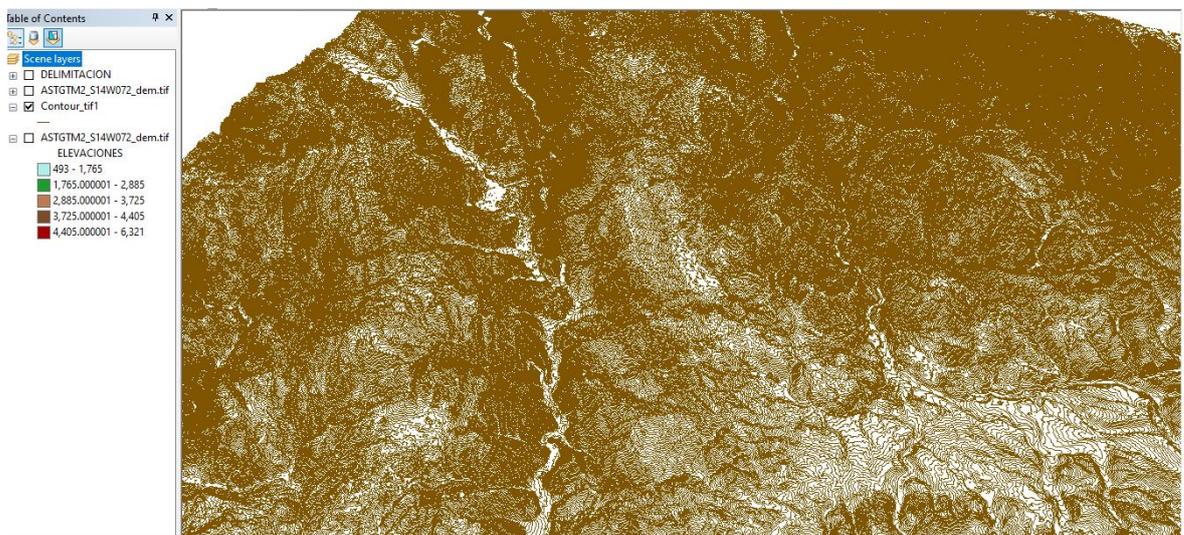


Figura 13. Curvas de nivel obtenidas a partir del DEM
Fuente: Elaboración propia.

Ya con la información trabajada, se procedió a delimitar la cuenca José Carlos Mariátegui en estudio, dando como resultado lo siguiente:

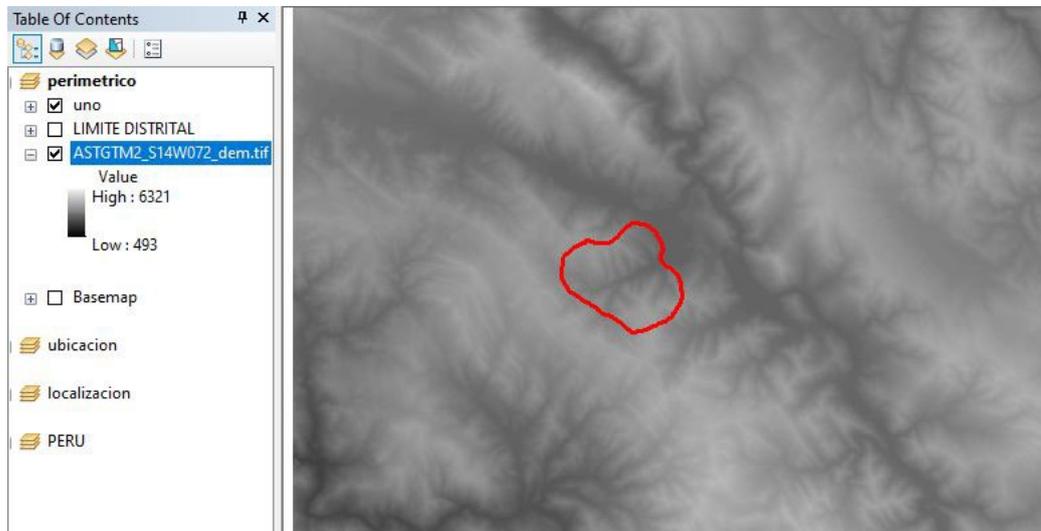


Figura 14. Delimitación de la Cuenca en software ArcGIS
Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Delimitación de la Cuenca en el visor espacial de ArcGIS
Fuente: Elaboración propia.

En el ArcGIS por medio del uso de las herramientas ArchYDRO, se pudo delimitar el ámbito de las escorrentías dentro de la delimitación de la Cuenca José Carlos Mariátegui.

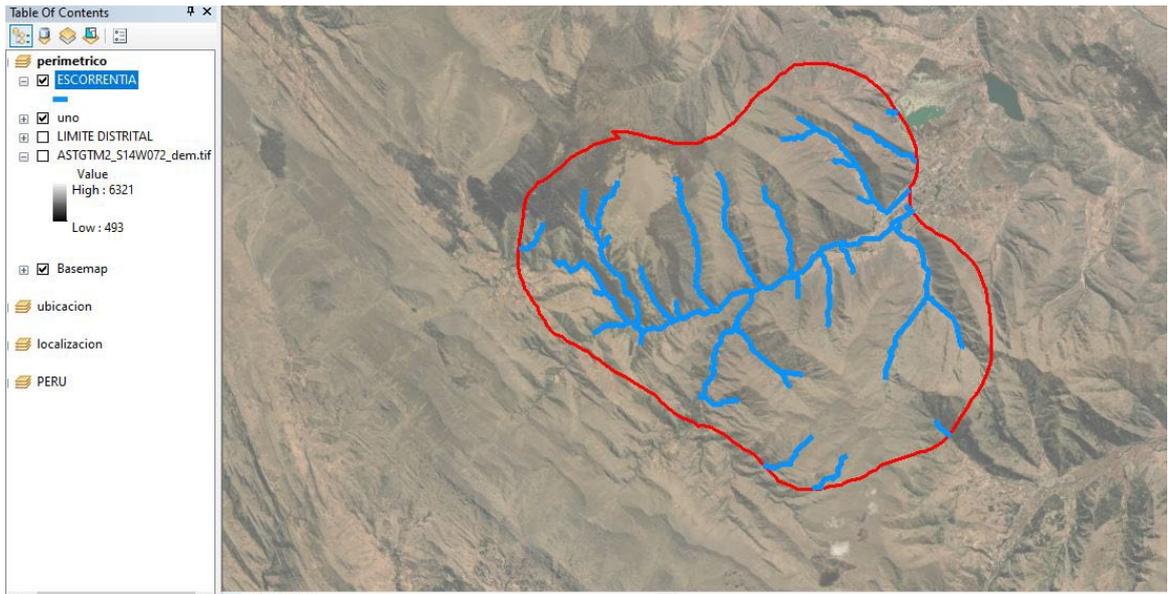


Figura 16. Determinación de escorrentías de la Cuenca
Fuente: Elaboración propia.

Visto en tres dimensiones se tendría lo siguiente:



Figura 17. Representación tri-dimensional de la escorrentía de la Cuenca
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Estudio de Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca José Carlos Mariátegui

- **Área (A):** Se hizo uso del software ArcGIS para obtener el área de la Cuenca José Carlos Mariátegui, dando el siguiente valor:

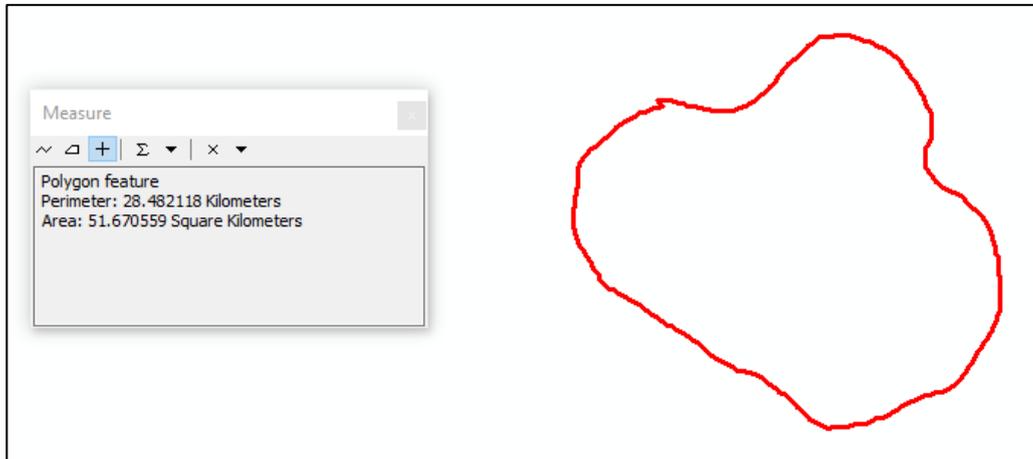


Figura 18. Área y perímetro de la Cuenca obtenido en el ArcGIS
Fuente Elaboración Propia.

El área de la cuenca es de 51.6706 km², la cual, en base a la *Tabla 01*, corresponde a una cuenca pequeña.

- **Perímetro (P)**

De acuerdo a la *Figura 18*, el perímetro de la cuenca es de 28.4821 km.

- **Longitud de Cuenca (L)**

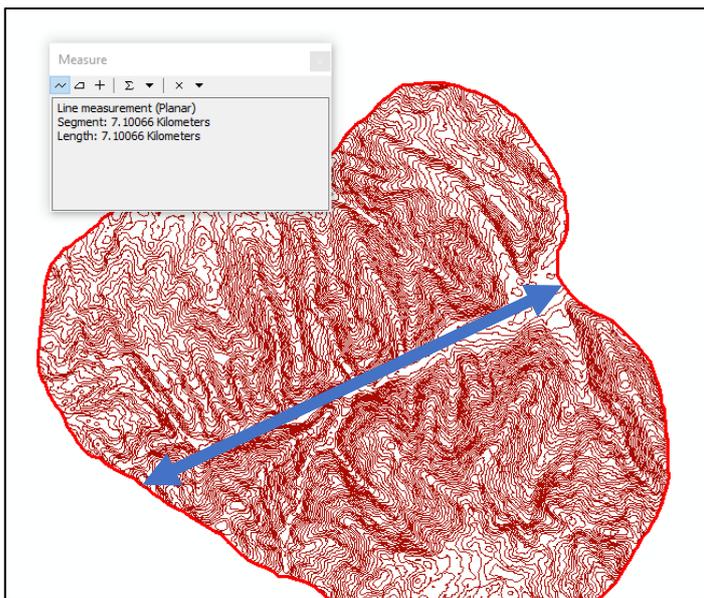


Figura 19. Longitud de la cuenca
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la *Figura 19*, la longitud de la Cuenca es de 7.1007 km.

- **Coeficiente de Compacidad (Kc)**, Con los datos antes obtenidos procedemos a calcular el coeficiente:

$$Kc = 0.28p/A^{1/2}$$
$$Kc = 0.28(28.4821 \text{ km})/(51.6706 \text{ km}^2)^{1/2}$$
$$Kc = 1.109$$

Este valor cercano a la unidad precisa que la cuenca es capaz de acumular grandes volúmenes de aguas superficiales.

- **Factor de Forma de Horton (Kf)**

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$
$$K_f = \frac{51.6706 \text{ km}^2}{(7.1007 \text{ km})^2}$$
$$K_f = 1.025$$

Este valor obtenido en contraste con la *Tabla 02*, precisa que la cuenca es Muy Achatada.

- **Relación de Elongación (Re)**

$$Re = \frac{\left(\frac{4A}{\pi}\right)^{1/2}}{L}$$
$$Re = \frac{\left(\frac{4(51.6706)}{\pi}\right)^{1/2}}{7.1007}$$
$$Re = 0.80$$

Este valor indica que la cuenca en cuanto a la relación de elongación es Circular.

Luego de los cálculos previos, se han encontrado los valores morfométricos de la cuenca José Carlos Mariátegui, mostrándose a continuación el resumen de los mismos en la *Tabla 4*.

Tabla 4: Resumen de valores morfométricos de la cuenca

Parámetros Morfométricos de la Cuenca José Carlos Mariátegui			
Parámetros	Unidad de medida	Cuenca	Descripción
Área	km ²	51.6706	Cuenca pequeña
Perímetro	km	28.4821	
Longitud de cuenca	km	7.1007	
Coeficiente de compacidad	-	1.109	Acumula grandes cantidades de agua
Factor de forma	-	1.025	Cuenca muy achatada, concentra mayor escurrimiento en precipitaciones fuertes
Relación de elongación	-	0.8	Cuenca con forma circular
Cota mayor de la cuenca	msnm	3740	
Cota menor de la cuenca	msnm	3120	
Elevación promedio	msnm	3430	
Pendiente media de la cuenca	%	51.92	
Cota mayor de cauce	msnm	3645.2562	
Cota menor de cauce	msnm	3120.2235	
Pendiente promedio del cauce	%	6.88	

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros Relativos al Relieve

- **Cota Mayor de la Cuenca (CM)**

Con el software ArcGIS, se encontró que la cota mayor de la cuenca es de 3740.00 msnm.

- **Cota Menor de la Cuenca (Cm)**

Con el software ArcGIS, se encontró que la cota menor de la cuenca es de 3120.00 msnm.

- **Elevación Promedio del Relieve**

Se realizó el cálculo del promedio de las cotas mayor y menor se tiene:

$$Elev. promerio = \frac{(3740 + 3120)}{2}$$

$$Elev. promerio = 3430.00 \text{ msnm}$$

- **Pendiente Media de la Cuenca (S)**

Con el software ArcGIS, se encontró que la pendiente media es:

$$S = 51.92 \%$$

- **Cota Mayor de Cauce (CMc)**

Con el software ArcGIS, se encontró que la cota mayor del cauce (CMc) es de 3645.2562 msnm.

- **Cota Menor de Cauce (Cmc)**

Con el software ArcGIS, se encontró que la cota menor del cauce (Cmc) es de 3120.2235 msnm.

- **Pendiente Promedio del Cauce (Sc)**

La longitud de cauce (Lc) fue hallada con el software ArcGIS, dando un valor de 7861.44 m o 7.8614 km

$$Sc = (CMc - Cmc)/Lc$$

$$Sc = (3645.2562 - 3120.2235)/7861.44$$

$$Sc = 6.88 \%$$

- **Análisis Hipsométrico**

$$IH = \frac{\%Altura}{\%Area}$$

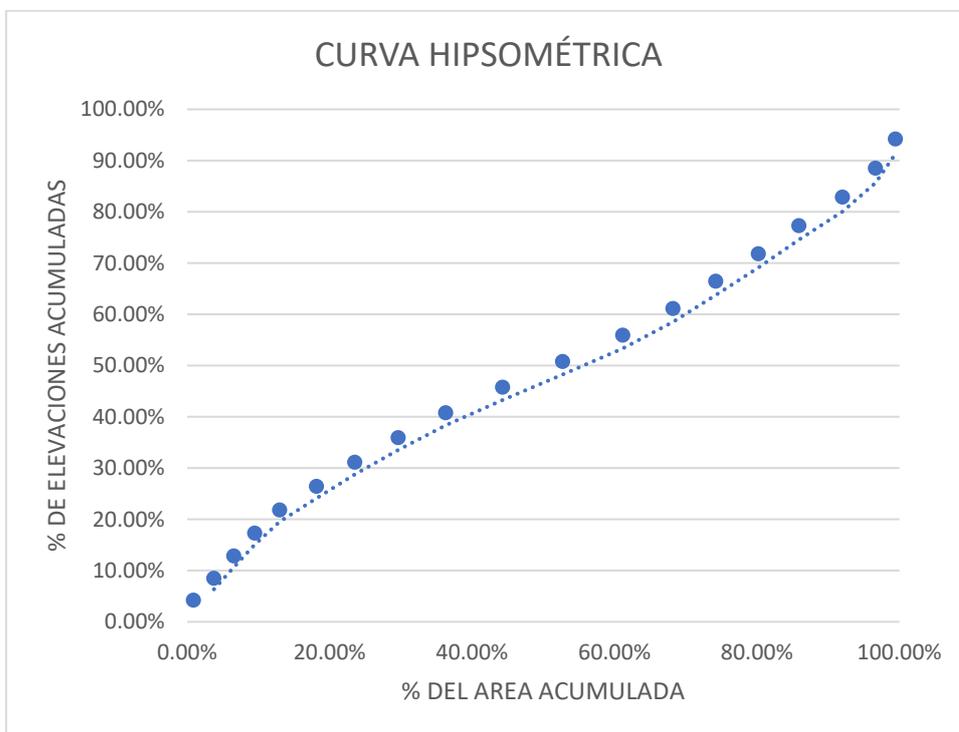


Figura 20. Curva hipsométrica calculada con ArcGIS y Excel.
Fuente: Elaboración propia.

Analizando la curva hipsométrica obtenida, esta corresponde al tipo de curva B, de acuerdo a la Figura 5. Por tanto, la cuenca José Carlos Mariátegui es una cuenca en equilibrio (en fase de madurez).

4.3. Recopilación de la Información Hidrometeorológica del SENAMHI

Se recopiló la información hidrometeorológica del SENAMHI, correspondiente a las estaciones meteorológicas Cay Cay y Ccatcca, las mismas que fueron descargadas gratuitamente desde el servidor principal del estado (figura 21), de la estación Cay Cay (Figura 22 y 23).



Figura 21. Descarga de datos meteorológicos del SENAMHI
Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

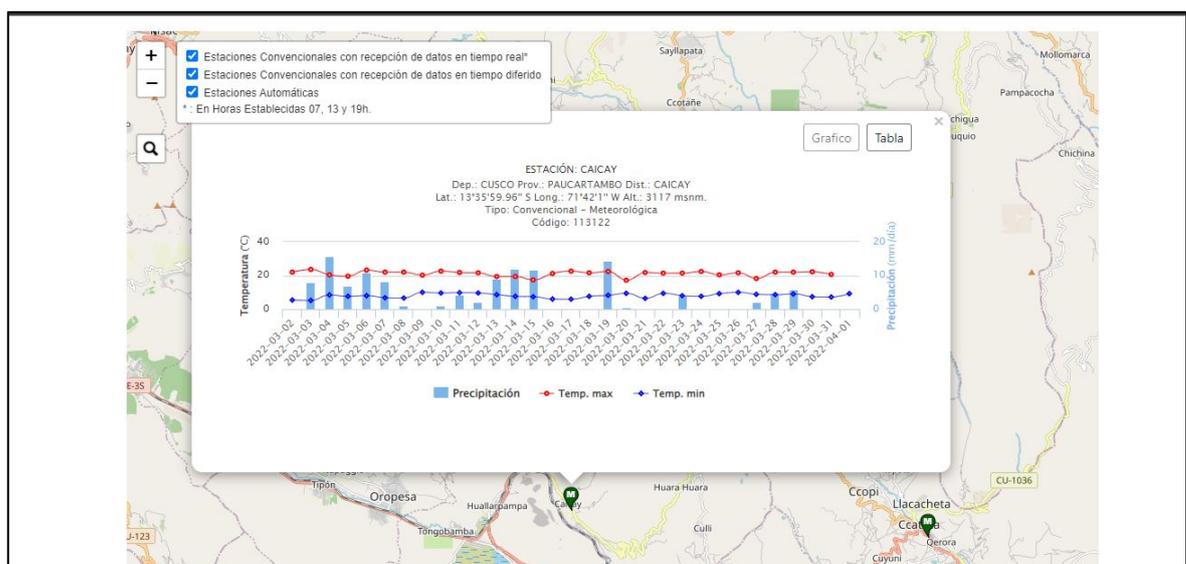


Figura 22. Gráfico de los datos meteorológicos de la Estación Cay Cay
Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Fuente: SENAMHI / DRD				
* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.				
Leyenda:				
* S/D = Sin Datos.				
* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).				
Estación : CAICAY				
Departamento : CUSCO		Provincia : PAUCARTAMBO		Distrito : CAICAY
Latitud : 13°35'59.96"		Longitud : 71°42'1"		Altitud : 3117 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 113122		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/11/2021	18.2	7.2	88.7	1.2
2/11/2021	24	6.4	79	0.1
3/11/2021	22.4	9	76.7	0.5
4/11/2021	23.6	8.8	79.1	0.4

Figura 23. Reporte de precipitaciones obtenido del SENAMHI
Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datoshidrometeorologicos>

Luego de la descarga se recolectó en el instrumento de recolección de datos un total de 20827 registros de precipitaciones en el período de años indicados, los cuales se resumen en la tabla 6 y 7, la cual muestra las precipitaciones acumuladas mensuales por años:

Tabla 6: Precipitaciones acumuladas incompleta

Precipitación Acumulada (mm)												
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1965	69.8	51.7	79.9	70.1	11	0	4.5	0.4	54.1	20.5	38.9	118.4
1966	65.4	101.9	107.8	21.1	28.1	1.2	0	3	5.3	18.8	73.7	48.3
1967	46.4	106.5	38.42	21.3	4.52	0	3.8	9.52	11.1	10.82	6.6	41.71
1968	57.95	88.8	44.05	8.14	3	2.8	7.3	7.1	12.67	7.65	57.78	26.64
1969	57.51	46.64	33.56	4.7	0.2	0.7	0	1	7.7	20.4	44.3	49.43
1970	59.97	27.56	43.72	24.97	5.42	0.05	0.01	0.02	6.34	25.04	8.05	84.67
1971	103.42	123.58	35.86	18.29	0	0.02	0.03	0.03	1.81	0.06	4.06	37.09
1972	28.68	22.18	21.58	7.66	0.04	0.01	0.02	31.24	0.07	0.08	19.79	65.36
1973	68.15	56.18	68.78	87.43	26.16	2.63	5.99	11.37	16.56	15.67	27.84	71.7
1974	70.05	118.46	88.85	44.95	4.62	0.02	0	19.95	0.02	10.17	14.34	43.85
1975		104.48	155.22	20.81	25.09	2.87	0	6.33	24.93	11.97	21.05	112.79
1976	100.87	83.2	62.78	55.82	13.52	12.32	0	0.02	17.38	2.03	4.86	27.54
1977	24.27	100.66	62.98	27.83	0	0.01	2.42	0.01	41.35	7.97	42	30.41
1978	99.91	48.08	48.89	21.16	2.21	0.01	0	0	5.61	0.03	37.08	52.87
1979	92.05	70.41	55.81	14.17	2.32	0	0	0.03	2.01	2.81	30.07	43.28
1980	35.1	47.19	36.89	8.83	0	0	0.01	0	0.01	11.36	19.35	26.44
1981	92.24	46.64	85.84	25.33	0	0.01	0	7.72	11.12	30.56	68.96	43.1

Tabla 7: Continuación tabla: Precipitaciones acumuladas incompleta

Precipitación Acumulada (mm)												
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1982	66.29	8.75	40.96	6.04	0	4.2	0.01	0.01	2.05	31.63	55.18	15.35
1983	48.28	24.66	6.02		5.31	3.04		0		2.31	9	15.66
1984	58.51	55.82	30.97	13.75	0	7.04	0	6.3	0		25.17	45.76
1985	27.63	24.92	13.05	3.42	3.31	5.72	0.02	0	4.2	5.12	39.54	57.89
1986	64.98	38.32	94	21.61	4.91	0	0	0.01		5.8	5.42	19.84
1987	116.9	30.56		0	0	0	0	0	0.01	8.72	81.86	33.54
1988	70.35	59.97	64.29	27.86	5.51	0	0		0	5.51	3.6	90.93
1989		44.47	76.05	11	0.02	0.03	0	0.01	0	17.8	32.62	42.15
1990	78.88	30.63	14.35	21.74	8.03	22.68	2.21	2.2	0	33.04	128.69	103.81
1991	25.86		24.23	10.01	5.8	10.91	0	0	0.02	6.73	68.64	70.74
1992	49.14	54.94	65.24	13.41	0	14.52	0	10.02	2.3	24.64	72.74	62.23
1993	69.42	40.5		18.62	0.01	0.01	0	4.23	0	2.2	57.93	90.73
1994	70.66	82.32	84.7	18.01	0	0	0	0	12	31.2	13.6	61.71
1995	66.83	12.72	87.93	0.01	0	0.01	0	0	0	6.21	21.64	61.2
1996	83.01	57.9	67.3	38.4	6.2	0	0	17.91	0	25.6	33.8	75.01
1997	63.3	74.9	98.6	7.5	3	0	0	3.5	6.8	15.01	54.4	31.4
1998	14.6	72.6	35.4	7.1	0	2.2	0	4.5	0	6.5	26.9	59.5
1999	72.3	102.3	82.7	52.3	0.8	0	4.9	0	17.6	16.2	24.6	106.6
2000	149.4	77	81.9	2.9	1.8	11.6	9	3.1	3.7	32.6	17.7	77
2001	250.8	155	140.4	29.6	17.7	0	20.6	24.4	19	93.5	71.2	80
2002	91.1	186	98.4	22.7	6	0	29	0	16.3	29.8	48.7	95.8
2003	159	157.2	225	28.6	2.5	6.2	0	17.3	10.4	7	19.5	155.7
2004	120.9	106.9	72.2	18.7	2.8	34.8	19.6	11.4	10.4	26	62	63.2
2005	72.6	139.6	85.2	30.8	3.8	0	0	5.9	10.6	28.9	46.6	90
2006	186.9	86	107.8	52.7	0	8.5	4.3	8.2	7.2	76.9	80.8	76.1
2007	156.2	114.5	167.11	37	4.5	0	10.8	1.4	0	40.7	74.2	54.7
2008	141.6	128.8	41.5	10.7	14.7	16.2	0	9.2	7.2	52.3	75.6	159.6
2009	109.5	89.3	62.6	35.5	6.5	0	4.5	2	6.7	5.7	80.5	78.1
2010	197.7	92.6	73.1	1.3	14.9	0	2	7.8	8.7	56.7	24	140.5
2011	121.3	229.8	95.5	68	0.3	4.5	5.5	0	19.7	53.1	63	99.6
2012	83.3	160.9	24.6	5.32	1.9	0.8	3	1.7	9.7	6	84.3	138
2013	168.6	116.9	102.7	22.21	3.9	3.6	6	5.7	11.2	105	81.5	136.2
2014	143.2	105.2	48.7	45.9	7.8	0						
2017					0	5.2	0	7	15.8	31.1	82.2	63.2
2018	98.3	163.3	145	27.7	1	18.3	22.6	11.2	6.8	95.6	80.1	104.9
2019	98.6	151.3	128.3	7.7	18.1	0	2.3	0	8.9	46.8	103.4	163.8
2020	102.6	164.3	63.7			6.5	0	0.5	0.6	15	26.5	111.7
2021	103.8	108.9	67.7	25.8	9.4	2.6	0.3	0.2	11.4	25.7	88.8	89.7

Fuente: Elaboración propia

Como se pudo notar, existen años (2015, 2016 y parte del 2017) que no cuentan con información de precipitación, y estos valores fueron completadas haciendo uso del método estadístico de regresión lineal, apoyándonos en los datos de la estación meteorológica de Ccatcca, la cual es cercana a la estación meteorológica de Cay Cay.

4.4. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica del SENAMHI

Con la información de precipitación recopilada de la estación meteorológica Cay Cay con la información faltante completada con ayuda de estación meteorológica de Ccatcca y el método de regresión lineal, se procedió a generar los cuadros estadísticos relacionados, completando información faltante la cual se muestra en las tablas 8 y 9, esto con la finalidad de hallar el promedio de precipitaciones mensuales y anuales.

Tabla 8: Precipitaciones acumuladas completada

Precipitación Acumulada completa (mm)													
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Máximo por año
1965	69.80	51.70	79.90	70.10	11.00	0.00	4.50	0.40	54.10	20.50	38.90	118.40	519.30
1966	65.40	101.90	107.80	21.10	28.10	1.20	0.00	3.00	5.30	18.80	73.70	48.30	474.60
1967	46.40	106.50	38.42	21.30	4.52	0.00	3.80	9.52	11.10	10.82	6.60	41.71	300.69
1968	57.95	88.80	44.05	8.14	3.00	2.80	7.30	7.10	12.67	7.65	57.78	26.64	323.88
1969	57.51	46.64	33.56	4.70	0.20	0.70	0.00	1.00	7.70	20.40	44.30	49.43	266.14
1970	59.97	27.56	43.72	24.97	5.42	0.05	0.01	0.02	6.34	25.04	8.05	84.67	285.82
1971	103.42	123.58	35.86	18.29	0.00	0.02	0.03	0.03	1.81	0.06	4.06	37.09	324.25
1972	28.68	22.18	21.58	7.66	0.04	0.01	0.02	31.24	0.07	0.08	19.79	65.36	196.71
1973	68.15	56.18	68.78	87.43	26.16	2.63	5.99	11.37	16.56	15.67	27.84	71.70	458.46
1974	70.05	118.46	88.85	44.95	4.62	0.02	0.00	19.95	0.02	10.17	14.34	43.85	415.28
1975	40.42	104.48	155.22	20.81	25.09	2.87	0.00	6.33	24.93	11.97	21.05	112.79	525.96
1976	100.87	83.20	62.78	55.82	13.52	12.32	0.00	0.02	17.38	2.03	4.86	27.54	380.34
1977	24.27	100.66	62.98	27.83	0.00	0.01	2.42	0.01	41.35	7.97	42.00	30.41	339.91
1978	99.91	48.08	48.89	21.16	2.21	0.01	0.00	0.00	5.61	0.03	37.08	52.87	315.85
1979	92.05	70.41	55.81	14.17	2.32	0.00	0.00	0.03	2.01	2.81	30.07	43.28	312.96
1980	35.10	47.19	36.89	8.83	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	11.36	19.35	26.44	185.18
1981	92.24	46.64	85.84	25.33	0.00	0.01	0.00	7.72	11.12	30.56	68.96	43.10	411.52
1982	66.29	8.75	40.96	6.04	0.00	4.20	0.01	0.01	2.05	31.63	55.18	15.35	230.47
1983	48.28	24.66	6.02	1.97	5.31	3.04	0.00	0.00	0.00	2.31	9.00	15.66	116.25
1984	58.51	55.82	30.97	13.75	0.00	7.04	0.00	6.30	0.00	0.00	25.17	45.76	243.32
1985	27.63	24.92	13.05	3.42	3.31	5.72	0.02	0.00	4.20	5.12	39.54	57.89	184.82
1986	64.98	38.32	94.00	21.61	4.91	0.00	0.00	0.01	4.38	5.80	5.42	19.84	259.27
1987	116.90	30.56	3.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	8.72	81.86	33.54	274.95

Tabla 9: Continuación tabla: Precipitaciones acumuladas completada

Precipitación Acumulada Completa (mm)													
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Máximo por año
1988	70.35	59.97	64.29	27.86	5.51	0.00	0.00	1.54	0.00	5.51	3.60	90.93	329.56
1989	27.44	44.47	76.05	11.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	17.80	32.62	42.15	251.59
1990	78.88	30.63	14.35	21.74	8.03	22.68	2.21	2.20	0.00	33.04	128.69	103.81	446.26
1991	25.86	9.76	24.23	10.01	5.80	10.91	0.00	0.00	0.02	6.73	68.64	70.74	232.70
1992	49.14	54.94	65.24	13.41	0.00	14.52	0.00	10.02	2.30	24.64	72.74	62.23	369.18
1993	69.42	40.50	3.11	18.62	0.01	0.01	0.00	4.23	0.00	2.20	57.93	90.73	286.76
1994	70.66	82.32	84.70	18.01	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	31.20	13.60	61.71	374.20
1995	66.83	12.72	87.93	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	6.21	21.64	61.20	256.55
1996	83.01	57.90	67.30	38.40	6.20	0.00	0.00	17.91	0.00	25.60	33.80	75.01	405.13
1997	63.30	74.90	98.60	7.50	3.00	0.00	0.00	3.50	6.80	15.01	54.40	31.40	358.41
1998	14.60	72.60	35.40	7.10	0.00	2.20	0.00	4.50	0.00	6.50	26.90	59.50	229.30
1999	72.30	102.30	82.70	52.30	0.80	0.00	4.90	0.00	17.60	16.20	24.60	106.60	480.30
2000	149.40	77.00	81.90	2.90	1.80	11.60	9.00	3.10	3.70	32.60	17.70	77.00	467.70
2001	250.80	155.00	140.40	29.60	17.70	0.00	20.60	24.40	19.00	93.50	71.20	80.00	902.20
2002	91.10	186.00	98.40	22.70	6.00	0.00	29.00	0.00	16.30	29.80	48.70	95.80	623.80
2003	159.00	157.20	225.00	28.60	2.50	6.20	0.00	17.30	10.40	7.00	19.50	155.70	788.40
2004	120.90	106.90	72.20	18.70	2.80	34.80	19.60	11.40	10.40	26.00	62.00	63.20	548.90
2005	72.60	139.60	85.20	30.80	3.80	0.00	0.00	5.90	10.60	28.90	46.60	90.00	514.00
2006	186.90	86.00	107.80	52.70	0.00	8.50	4.30	8.20	7.20	76.90	80.80	76.10	695.40
2007	156.20	114.50	167.11	37.00	4.50	0.00	10.80	1.40	0.00	40.70	74.20	54.70	661.11
2008	141.60	128.80	41.50	10.70	14.70	16.20	0.00	9.20	7.20	52.30	75.60	159.60	657.40
2009	109.50	89.30	62.60	35.50	6.50	0.00	4.50	2.00	6.70	5.70	80.50	78.10	480.90
2010	197.70	92.60	73.10	1.30	14.90	0.00	2.00	7.80	8.70	56.70	24.00	140.50	619.30
2011	121.30	229.80	95.50	68.00	0.30	4.50	5.50	0.00	19.70	53.10	63.00	99.60	760.30
2012	83.30	160.90	24.60	5.32	1.90	0.80	3.00	1.70	9.70	6.00	84.30	138.00	519.52
2013	168.60	116.90	102.70	22.21	3.90	3.60	6.00	5.70	11.20	105.00	81.50	136.20	763.51
2014	143.20	105.20	48.70	45.90	7.80	0.00	49.44	44.63	48.41	45.86	58.63	63.11	660.89
2015	159.90	174.80	201.60	2.00	2.50	6.20	6.40	10.90	10.40	7.00	19.50	175.04	776.24
2016	250.80	161.30	134.10	29.60	17.70	0.00	20.60	24.60	18.80	93.50	73.50	78.46	902.96
2017	24.69	21.33	16.95	4.78	1.59	5.20	0.00	7.00	15.80	31.10	82.20	63.20	273.84
2018	98.30	163.30	145.00	27.70	1.00	18.30	22.60	11.20	6.80	95.60	80.10	104.90	774.80
2019	98.60	151.30	128.30	7.70	18.10	0.00	2.30	0.00	8.90	46.80	103.40	163.80	729.20
2020	102.60	164.30	77.83	16.32	9.59	6.50	0.00	0.50	0.60	15.00	26.50	111.70	531.44
2021	103.80	108.90	67.70	25.80	9.40	2.60	0.30	0.20	11.40	25.70	88.80	89.70	534.30

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 10 y 11 muestran las precipitaciones acumuladas en mm de cada año:

Tabla 10: Precipitación acumulada anual

Precipitación Acumulada	
Año	Pp_acumulada (mm)
1965	519.30
1966	474.60
1967	300.69
1968	323.88
1969	266.14
1970	285.82
1971	324.25
1972	196.71
1973	458.46
1974	415.28
1975	525.96
1976	380.34
1977	339.91
1978	315.85
1979	312.96
1980	185.18
1981	411.52
1982	230.47
1983	116.25
1984	243.32
1985	184.82
1986	259.27
1987	274.95
1988	329.56
1989	251.59
1990	446.26
1991	232.70
1992	369.18

Tabla 11: Continuación tabla:
Precipitación acumulada anual

Precipitación Acumulada	
Año	Pp_acumulada (mm)
1993	286.76
1994	374.20
1995	256.55
1996	405.13
1997	358.41
1998	229.30
1999	480.30
2000	467.70
2001	902.20
2002	623.80
2003	788.40
2004	548.90
2005	514.00
2006	695.40
2007	661.11
2008	657.40
2009	480.90
2010	619.30
2011	760.30
2012	519.52
2013	763.51
2014	660.89
2015	776.24
2016	902.96
2017	273.84
2018	774.80
2019	729.20
2020	531.44
2021	534.30

Fuente: Elaboración propia

Con los datos mostrados en las tablas 10 y 11 se halló el promedio aritmético de precipitaciones anuales, dando como resultado lo siguiente:

$$Promedio PP = \sum_{1965}^{2021} Precipitaciones\ acumuladas$$

Promedio PP = 448.28 mm por año.

Se hallaron las precipitaciones máximas por cada 24 horas, las cuales se muestran en las tablas 12 y 13:

Tabla 12: Precipitación máxima en 24 horas

Precipitación máxima en 24 horas			
Año	Pp diario	Pp diario - pp prom	(ppdiario - pp prom) ²
1965	25	-0.70	0.49
1966	23.4	-2.30	5.31
1967	17.4	-8.30	68.95
1968	25	-0.70	0.49
1969	16.4	-9.30	86.56
1970	12.9	-12.80	163.93
1971	24.6	-1.10	1.22
1972	12.6	-13.10	171.70
1973	46.5	20.80	432.49
1974	28.4	2.70	7.27
1975	20.4	-5.30	28.13
1976	16.4	-9.30	86.56
1977	24	-1.70	2.90
1978	22.1	-3.60	12.99
1979	33.2	7.50	56.20
1980	16.6	-9.10	82.87
1981	23.5	-2.20	4.86
1982	23.8	-1.90	3.62
1983	14.7	-11.00	121.08
1984	10.2	-15.50	240.36
1985	27.2	1.50	2.24
1986	24.8	-0.90	0.82
1987	23.2	-2.50	6.27
1988	21.6	-4.10	16.84
1989	14.3	-11.40	130.04
1990	14.8	-10.90	118.89
1991	28.1	2.40	5.74
1992	16.2	-9.50	90.32
1993	24.6	-1.10	1.22
1994	18.9	-6.80	46.29
1995	14.6	-11.10	123.29
1996	22	-3.70	13.72
1997	23	-2.70	7.31
1998	19	-6.70	44.94
1999	21.6	-4.10	16.84
2000	28.5	2.80	7.82
2001	21.5	-4.20	17.67

Tabla 13: Continuación tabla: Precipitación máxima en 24 horas

Precipitación máxima en 24 horas			
Año	Pp diario	Pp diario - pp prom	(ppdiario - pp prom) ²
2002	25.7	0.00	0.00
2003	43.7	18.00	323.87
2004	20.2	-5.50	30.29
2005	24.4	-1.30	1.70
2006	49.1	23.40	547.40
2007	50.1	24.40	595.19
2008	30.2	4.50	20.22
2009	27.4	1.70	2.88
2010	35.4	9.70	94.02
2011	40.3	14.60	213.06
2012	20.7	-5.00	25.04
2013	39.5	13.80	190.34
2014	26.3	0.60	0.36
2015	43.7	18.00	323.87
2016	21.5	-4.20	17.67
2017	27.4	1.70	2.88
2018	36.6	10.90	118.73
2019	43.3	17.60	309.64
2020	27.4	1.70	2.88
2021	31.2	5.50	30.21

Fuente: Elaboración propia

De las tablas 12 y 13 se ha obtenido el valor de la precipitación promedio de 25.70 mm con una desviación estándar de 9.52.

Distribución de Probabilidades de Precipitación Mediante Gumbel

En las tablas 14 y 15 se muestran los datos de las precipitaciones máximas mensuales, las mismas que serán fuente de datos para el cálculo de la distribución de probabilidad de Gumbel, esto con la finalidad de obtener sus variables y poder determinar los periodos de retorno de las precipitaciones y de las intensidades de precipitación:

Tabla 14: Probabilidad de precipitación mediante Gumbel

N°	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1965	Abril	25.00	0.49
2	1966	Enero	23.40	5.31
3	1967	Febrero	17.40	68.95
4	1968	Enero	25.00	0.49
5	1969	Octubre	16.40	86.56
6	1970	Diciembre	12.90	163.93
7	1971	Febrero	24.60	1.22
8	1972	Diciembre	12.60	171.70
9	1973	Abril	46.50	432.49
10	1974	Febrero	28.40	7.27
11	1975	Diciembre	20.40	28.13
12	1976	Enero	16.40	86.56
13	1977	Febrero	24.00	2.90
14	1978	Enero	22.10	12.99
15	1979	Febrero	33.20	56.20
16	1980	Febrero	16.60	82.87
17	1981	Marzo	23.50	4.86
18	1982	Noviembre	23.80	3.62
19	1983	Enero	14.70	121.08
20	1984	Diciembre	10.20	240.36
21	1985	Diciembre	27.20	2.24
22	1986	Marzo	24.80	0.82
23	1987	Enero	23.20	6.27
24	1988	Febrero	21.60	16.84
25	1989	Marzo	14.30	130.04
26	1990	Diciembre	14.80	118.89
27	1991	Diciembre	28.10	5.74
28	1992	Noviembre	16.20	90.32
29	1993	Diciembre	24.60	1.22
30	1994	Febrero	18.90	46.29
31	1995	Marzo	14.60	123.29
32	1996	Diciembre	22.00	13.72
33	1997	Febrero	23.00	7.31
34	1998	Febrero	19.00	44.94
35	1999	Febrero	21.60	16.84
36	2000	Enero	28.50	7.82
37	2001	Enero	21.50	17.67
38	2002	Febrero	25.70	0.00
39	2003	Marzo	43.70	323.87
40	2004	Febrero	20.20	30.29

Tabla 15: Continuación tabla: Probabilidad de precipitación mediante Gumbel

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
41	2005	Marzo	24.40	1.70
42	2006	Enero	49.10	547.40
43	2007	Febrero	50.10	595.19
44	2008	Noviembre	30.20	20.22
45	2009	Enero	27.40	2.88
46	2010	Enero	35.40	94.02
47	2011	Enero	40.30	213.06
48	2012	Febrero	20.70	25.04
49	2013	Octubre	39.50	190.34
50	2014	Enero	26.30	0.36
51	2015	Marzo	43.70	323.87
52	2016	Enero	21.50	17.67
53	2017	Noviembre	27.40	2.88
54	2018	Febrero	36.60	118.73
55	2019	Febrero	43.30	309.64
56	2020	Febrero	27.40	2.88
57	2021	Febrero	31.20	30.21

Fuente: Elaboración propia

Se hallaron también otras variables probabilísticas, las cuales son:

Cálculos Variables Probabilísticas

Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 25.70 \text{ mm}$$

Desviación típica:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 9.52 \text{ mm}$$

Parámetro de localización:

$$\mu = \bar{x} - 0.5772 \times \alpha = 21.42 \text{ mm}$$

En la tabla 16 se muestra la corrección de intervalos, precipitaciones y probabilidades de frecuencias, las cuales se hallaron Usando la fórmula

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}} \text{ para los años de retorno planteados:}$$

Tabla 16: Precipitaciones máximas probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	24.1392	0.5000	27.2772
5	1.4999	32.5549	0.8000	36.7870
10	2.2504	38.1268	0.9000	43.0833
25	3.1985	45.1669	0.9600	51.0386
50	3.9019	50.3897	0.9800	56.9404
100	4.6001	55.5739	0.9900	62.7985
500	6.2136	67.5539	0.9980	76.3359

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de correlación que se muestran en la tabla 17, se usarán para calcular las precipitaciones máximas para los tiempos de precipitación entre 1 y 24 horas.

Tabla 17: Valores para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Fuente: (Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de llubias extremas en Tunja Colombia, 2020 pág. 199)

Con estos coeficientes se obtuvieron los valores máximos de precipitación en diferentes tiempos de duración de lluvia que se muestran en la tabla 18:

Tabla 18: precipitación máxima por tiempos de duración

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	27.2772	36.7870	43.0833	51.0386	56.9404	62.7985	76.3359
18 hr	X18 = 91%	24.8223	33.4762	39.2058	40.8309	51.8157	57.1467	69.4656
12 hr	X12 = 80%	21.8218	29.4296	34.4666	40.8309	45.5523	50.2388	61.0687
8 hr	X8 = 68%	18.5485	25.0152	29.2966	34.7063	38.7195	42.7030	51.9084
6 hr	X6 = 61%	16.6391	22.4401	26.2808	31.1336	34.7336	38.3071	46.5649
5 hr	X5 = 57%	15.5480	20.9686	24.5575	29.0920	32.4560	35.7952	43.5114
4 hr	X4 = 52%	14.1842	19.1292	22.4033	26.5401	29.6090	32.6552	39.6947
3 hr	X3 = 46%	12.5475	16.9220	19.8183	23.4778	26.1926	28.8873	35.1145
2 hr	X2 = 39%	10.6381	14.3469	16.8025	19.9051	22.2067	24.4914	29.7710
1 hr	X1 = 30%	8.1832	11.0361	12.9250	15.3116	17.0821	18.8396	22.9008

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de la Tabla 18 se obtuvo la intensidad de lluvia en mm/hr, así como su frecuencia en los periodos de retornos hallados.

Para ello se usó la fórmula: $I = \frac{P \text{ (precipitación)}}{t \text{ (duración en min)}}$ dando como resultado

los valores de intensidad de lluvia de 1 a 24 hr para los periodos de retorno planteados, los mismos que se aprecian en la tabla 19:

Tabla 19: Intensidad de lluvia según periodo de retorno

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	1.1366	1.5328	1.7951	2.1266	2.3725	2.6166	3.1807
18 hr	1080	1.3790	1.8598	2.1781	2.2684	2.8787	3.1748	3.8592
12 hr	720	1.8185	2.4525	2.8722	3.4026	3.7960	4.1866	5.0891
8 hr	480	2.3186	3.1269	3.6621	4.3383	4.8399	5.3379	6.4885
6 hr	360	2.7732	3.7400	4.3801	5.1889	5.7889	6.3845	7.7608
5 hr	300	3.1096	4.1937	4.9115	5.8184	6.4912	7.1590	8.7023
4 hr	240	3.5460	4.7823	5.6008	6.6350	7.4022	8.1638	9.9237
3 hr	180	4.1825	5.6407	6.6061	7.8259	8.7309	9.6291	11.7048
2 hr	120	5.3191	7.1735	8.4012	9.9525	11.1034	12.2457	14.8855
1 hr	60	8.1832	11.0361	12.9250	15.3116	17.0821	18.8396	22.9008

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se hallaron los parámetros para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Dando como resultado las siguientes tablas y gráficos:

La tabla 20 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 2 años:

Tabla 20: Periodo de retorno para 2 años

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.1366	7.2724	0.1280	0.9309	52.8878
2	1080	1.3790	6.9847	0.3214	2.2447	48.7863
3	720	1.8185	6.5793	0.5980	3.9344	43.2865
4	480	2.3186	6.1738	0.8409	5.1918	38.1156
5	360	2.7732	5.8861	1.0200	6.0038	34.6462
6	300	3.1096	5.7038	1.1345	6.4709	32.5331
7	240	3.5460	5.4806	1.2658	6.9376	30.0374
8	180	4.1825	5.1930	1.4309	7.4307	26.9668
9	120	5.3191	4.7875	1.6713	8.0013	22.9201
10	60	8.1832	4.0943	2.1021	8.6066	16.7637
11	4980	33.7662	58.1555	10.5129	55.7527	346.9435
Ln (d) = 4.6359		d = 103.1223		n = -0.6164		

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente gráfico (figura 24) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 2 años:

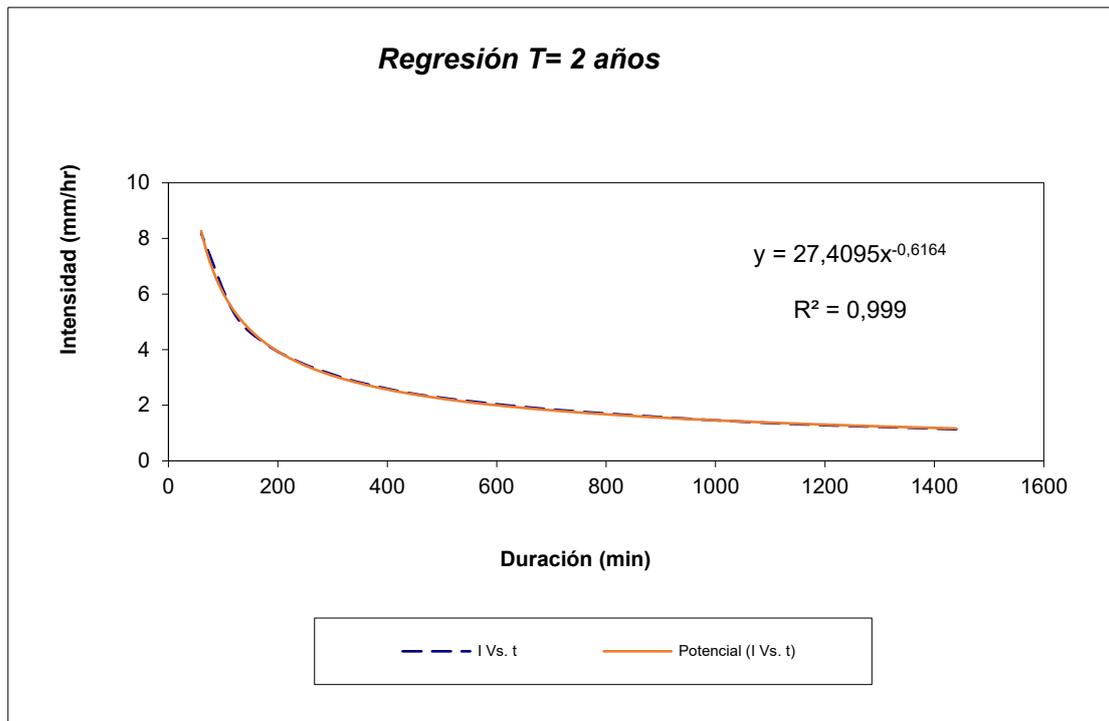


Figura 24. Gráfico periodo de retorno 2 años

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 21 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 5 años:

Tabla 21: Periodo de retorno para 5 años

Periodo de retorno para $T = 5$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.5328	7.2724	0.4271	3.1060	52.8878
2	1080	1.8598	6.9847	0.6205	4.3338	48.7863
3	720	2.4525	6.5793	0.8971	5.9022	43.2865
4	480	3.1269	6.1738	1.1400	7.0384	38.1156
5	360	3.7400	5.8861	1.3191	7.7643	34.6462
6	300	4.1937	5.7038	1.4336	8.1769	32.5331
7	240	4.7823	5.4806	1.5649	8.5768	30.0374
8	180	5.6407	5.1930	1.7300	8.9838	26.9668
9	120	7.1735	4.7875	1.9704	9.4332	22.9201
10	60	11.0361	4.0943	2.4012	9.8312	16.7637
11	4980	45.5382	58.1555	13.5038	73.1465	346.9435
$Ln(d) = 4.9350$		$d = 139.0741$		$n = -0.6164$		

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente gráfico (figura 25) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 5 años:

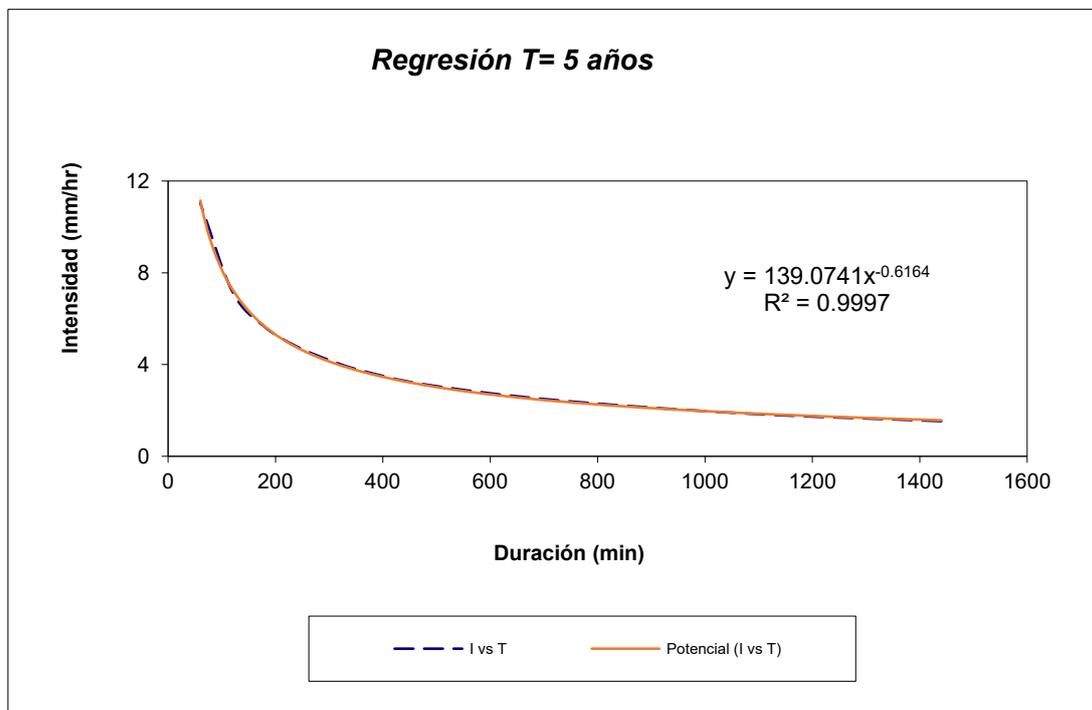


Figura 25. Gráfico periodo de retorno 5 años

Fuente: Elaboración propia

La tabla 22 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 22: Periodo de retorno para 10 años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.7951	7.2724	0.5851	4.2549	52.8878
2	1080	2.1781	6.9847	0.7785	5.4373	48.7863
3	720	2.8722	6.5793	1.0551	6.9417	43.2865
4	480	3.6621	6.1738	1.2980	8.0138	38.1156
5	360	4.3801	5.8861	1.4771	8.6942	34.6462
6	300	4.9115	5.7038	1.5916	9.0780	32.5331
7	240	5.6008	5.4806	1.7229	9.4427	30.0374
8	180	6.6061	5.1930	1.8880	9.8043	26.9668
9	120	8.4012	4.7875	2.1284	10.1896	22.9201
10	60	12.9250	4.0943	2.5592	10.4781	16.7637
11	4980	53.3323	58.1555	15.0838	82.3345	346.9435
Ln (d) = 5.0930		d = 162.8774		n = -0.6164		

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico (figura 26) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 10 años:

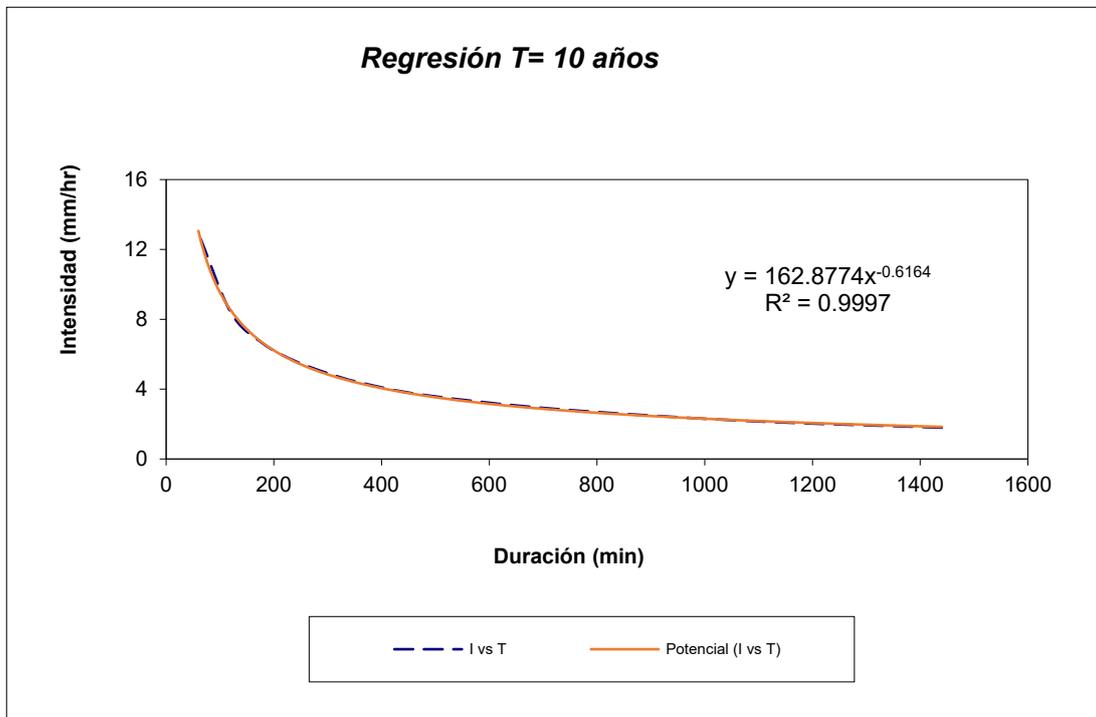


Figura 26. Gráfico periodo de retorno 10 años
 Fuente: Elaboración propia

La tabla 23 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 25 años:

Tabla 23: periodo de retorno para 25 años

Periodo de retorno para $T = 25$ años								
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2		
1	1440	2.1266	7.2724	0.7545	5.4872	52.8878		
2	1080	2.2684	6.9847	0.8191	5.7210	48.7863		
3	720	3.4026	6.5793	1.2245	8.0565	43.2865		
4	480	4.3383	6.1738	1.4675	9.0599	38.1156		
5	360	5.1889	5.8861	1.6465	9.6916	34.6462		
6	300	5.8184	5.7038	1.7610	10.0445	32.5331		
7	240	6.6350	5.4806	1.8924	10.3714	30.0374		
8	180	7.8259	5.1930	2.0574	10.6842	26.9668		
9	120	9.9525	4.7875	2.2978	11.0008	22.9201		
10	60	15.3116	4.0943	2.7286	11.1719	16.7637		
11	4980	62.8683	58.1555	16.6494	91.2890	346.9435		
$Ln(d) =$		5.3498	$d =$		210.5696	$n =$		-0.6336

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico (figura 27) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 25 años:

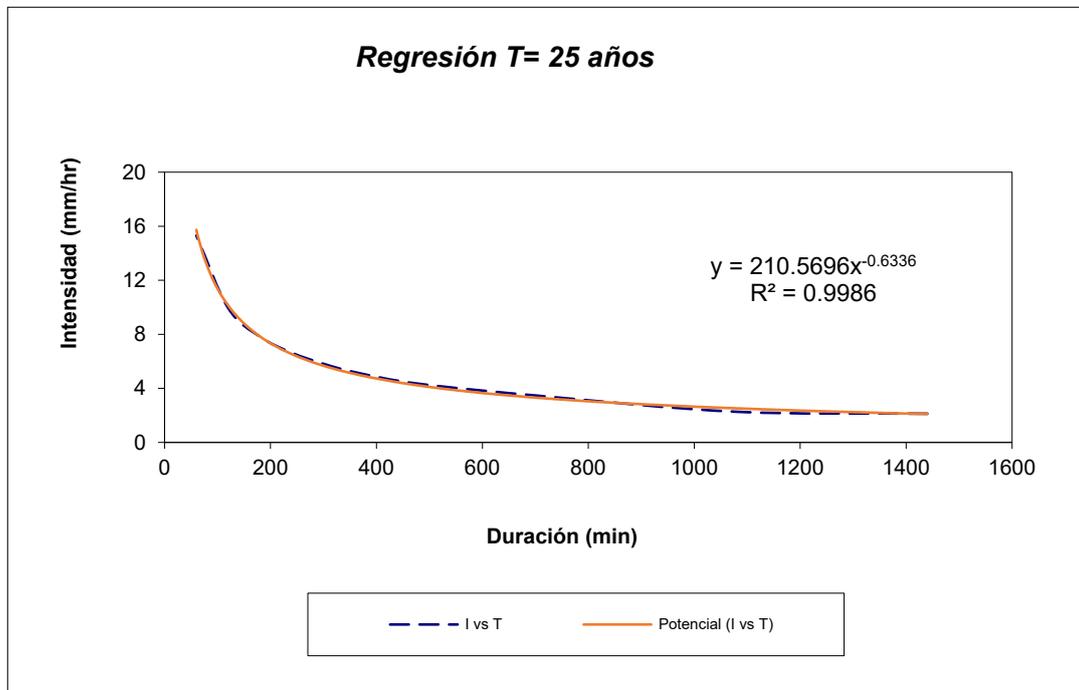


Figura 27. Gráfico periodo de retorno 25 años
 Fuente: Elaboración propia

La tabla 24 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 2 años:

Tabla 24: Periodo de retorno para 50 años

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.3725	7.2724	0.8640	6.2830	52.8878
2	1080	2.8787	6.9847	1.0573	7.3851	48.7863
3	720	3.7960	6.5793	1.3340	8.7764	43.2865
4	480	4.8399	6.1738	1.5769	9.7354	38.1156
5	360	5.7889	5.8861	1.7559	10.3357	34.6462
6	300	6.4912	5.7038	1.8704	10.6686	32.5331
7	240	7.4022	5.4806	2.0018	10.9711	30.0374
8	180	8.7309	5.1930	2.1669	11.2524	26.9668
9	120	11.1034	4.7875	2.4072	11.5247	22.9201
10	60	17.0821	4.0943	2.8380	11.6199	16.7637
11	4980	70.4859	58.1555	17.8725	98.5523	346.9435
Ln (d) = 5.3719		d = 215.2645		n = -0.6164		

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico (figura 28) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 50 años:

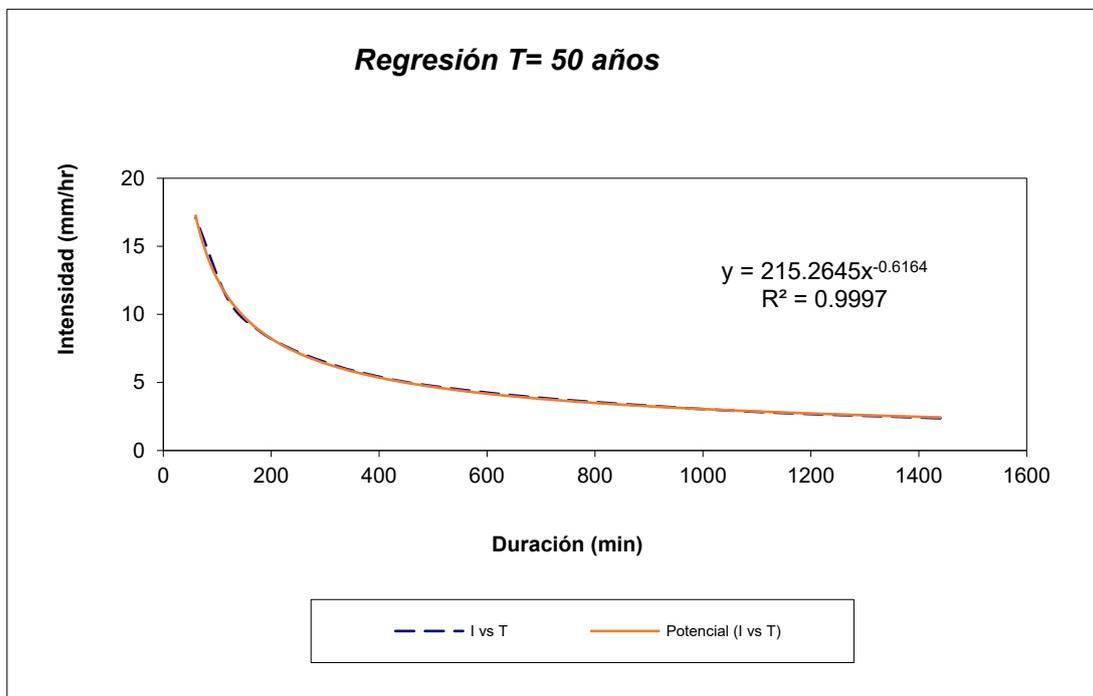


Figura 28. Gráfico periodo de retorno 50 años

Fuente: Elaboración propia

La tabla 25 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 100 años:

Tabla 25: Periodo de retorno para 100 años

Periodo de retorno para T = 100 años								
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2		
1	1440	2.6166	7.2724	0.9619	6.9952	52.8878		
2	1080	3.1748	6.9847	1.1552	8.0691	48.7863		
3	720	4.1866	6.5793	1.4319	9.4207	43.2865		
4	480	5.3379	6.1738	1.6748	10.3400	38.1156		
5	360	6.3845	5.8861	1.8539	10.9121	34.6462		
6	300	7.1590	5.7038	1.9684	11.2272	32.5331		
7	240	8.1638	5.4806	2.0997	11.5078	30.0374		
8	180	9.6291	5.1930	2.2648	11.7610	26.9668		
9	120	12.2457	4.7875	2.5052	11.9935	22.9201		
10	60	18.8396	4.0943	2.9360	12.0208	16.7637		
11	4980	77.7376	58.1555	18.8517	104.2473	346.9435		
Ln (d) =		5.4698	d =		237.4115	n =		-0.6164

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico (figura 29) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 100 años:

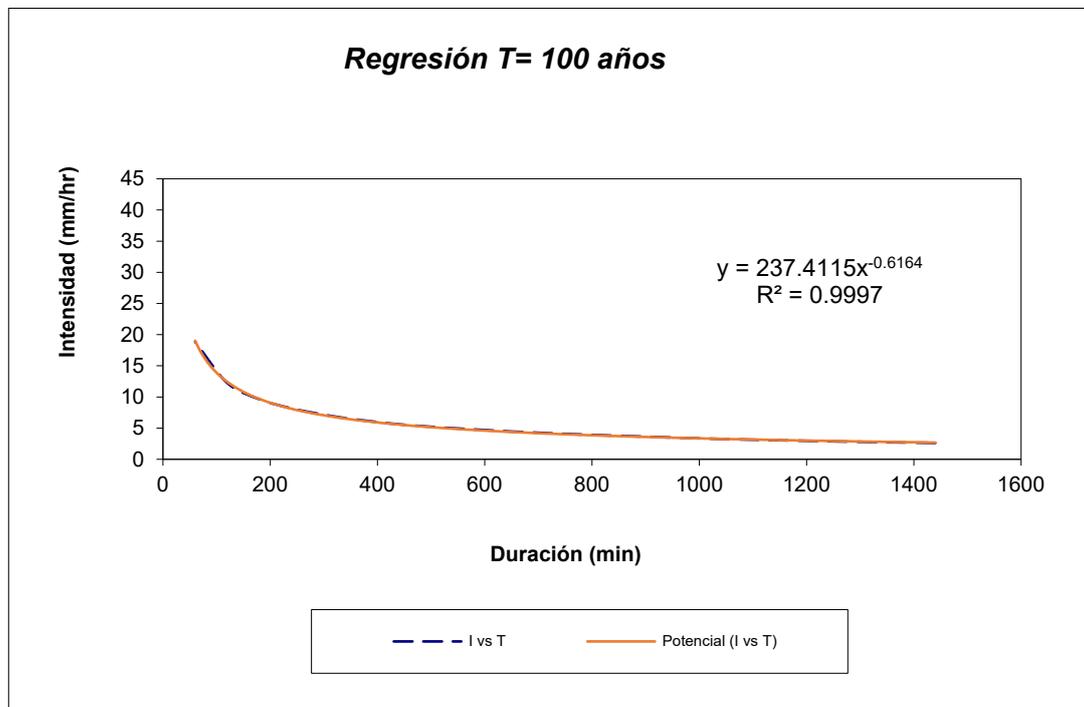


Figura 29. Gráfico periodo de retorno 100 años

Fuente: Elaboración propia

La tabla 26 muestra el cálculo de los parámetros d y n para el periodo de retorno de 500 años:

Tabla 26: Periodo de retorno para 500 años

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3.1807	7.2724	1.1571	8.4148	52.8878
2	1080	3.8592	6.9847	1.3505	9.4326	48.7863
3	720	5.0891	6.5793	1.6271	10.7051	43.2865
4	480	6.4885	6.1738	1.8700	11.5452	38.1156
5	360	7.7608	5.8861	2.0491	12.0611	34.6462
6	300	8.7023	5.7038	2.1636	12.3406	32.5331
7	240	9.9237	5.4806	2.2949	12.5776	30.0374
8	180	11.7048	5.1930	2.4600	12.7747	26.9668
9	120	14.8855	4.7875	2.7004	12.9281	22.9201
10	60	22.9008	4.0943	3.1312	12.8201	16.7637
11	4980	94.4953	58.1555	20.8038	115.5999	346.9435
Ln (d) = 5.6650		d = 288.5897		n = -0.6164		

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico (figura 30) muestra la intensidad de precipitación en mm/hr y su duración en minutos para un periodo de retorno de 500 años:

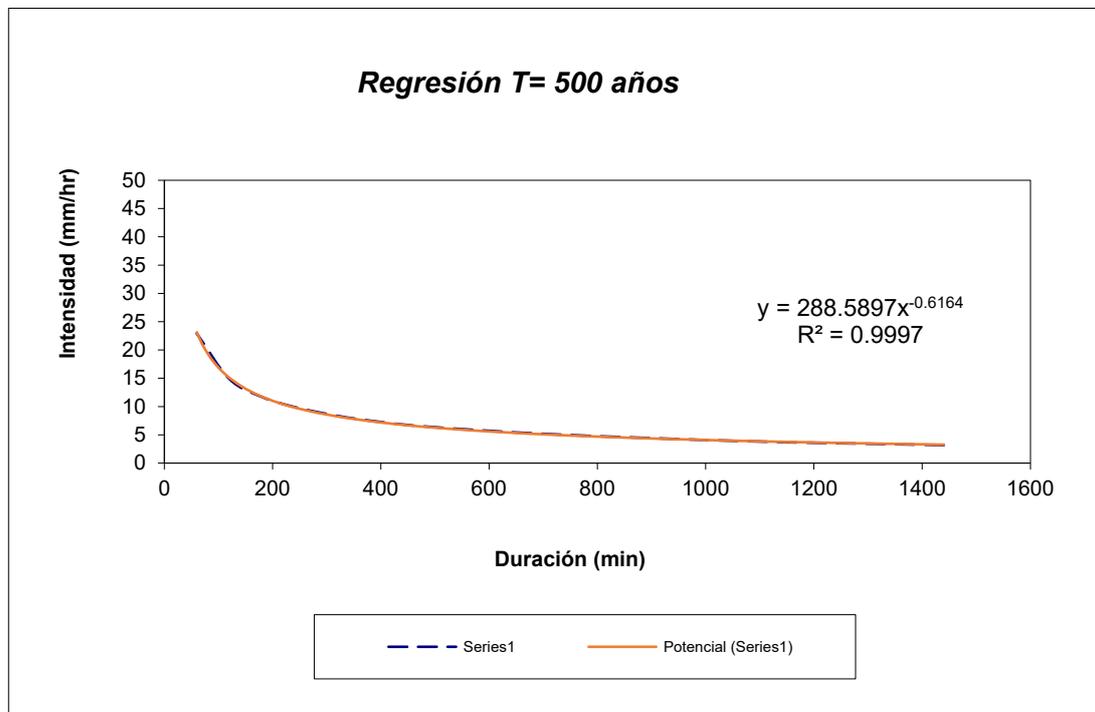


Figura 30. Gráfico periodo de retorno 500 años

Fuente: Elaboración propia

Ahora tenemos en la tabla 27 el resumen de los parámetros hallados, de acuerdo a los periodos de retorno:

Tabla 27: Resumen de constantes para los periodos de retorno

Resumen de aplicación de regresión potencial (periodos de retorno)		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. De regresión (d)	Coef. De regresión [n]
2	103.12231646443	-0.61638608809
5	139.07414924515	-0.61638608809
10	162.87739081818	-0.61638608809
25	210.56961266764	-0.63362500463
50	215.26454308925	-0.61638608809
100	237.41149048952	-0.61638608809
500	288.58970502761	-0.61638608809
Promedio =	193.84417254311	-0.61884879045

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28 se ha calculado la regresión potencial para determinar los valores de las variables K y m.

Tabla 28: Regresión potencial para determinar K y m

Regresión potencial para determinar K y m						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	103.1223	0.6931	4.6359	3.2134	0.4805
2	5	139.0741	1.6094	4.9350	7.9426	2.5903
3	10	162.8774	2.3026	5.0930	11.7271	5.3019
4	25	210.5696	3.2189	5.3498	17.2204	10.3612
5	50	215.2645	3.9120	5.3719	21.0149	15.3039
6	100	237.4115	4.6052	5.4698	25.1893	21.2076
7	500	288.5897	6.2146	5.6650	35.2058	38.6214
8	692	1356.9092	22.5558	36.5204	121.5134	93.8667
Ln (K) = 4.6339		K = 102.9157		m = 0.1810		

Fuente: Elaboración propia.

Termino constante de regresión (K) = 102.9157

Coeficiente de regresión (m) = 0.181019

Con ello, teniendo ya calculados los valores de las constantes por regresión de Gumbel, tenemos los valores de la siguiente expresión para calcular la intensidad de lluvia:

$$I = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

$$I = \frac{102.9157(T)^{0.181019}}{(t)^{0.61885}}$$

Con esta expresión se obtuvo la tabla 29 y junto a las precipitaciones se halló la intensidad de lluvia por hora:

Tabla 29: Intensidad de lluvia y duración por periodo de retorno

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frec. años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	43.09	28.06	21.83	18.27	15.92	14.22	12.92	11.90	11.06	10.36	9.77	9.26
5	50.87	33.13	25.77	21.57	18.79	16.78	15.26	14.05	13.06	12.23	11.53	10.93
10	57.67	37.55	29.22	24.45	21.30	19.03	17.30	15.92	14.81	13.87	13.08	12.39
25	68.07	44.33	34.49	28.87	25.14	22.46	20.42	18.80	17.48	16.37	15.44	14.63
50	77.17	50.25	39.10	32.73	28.50	25.46	23.15	21.31	19.81	18.56	17.50	16.58
100	87.49	56.97	44.33	37.10	32.32	28.87	26.24	24.16	22.46	21.04	19.84	18.80
500	117.08	76.24	59.32	49.65	43.24	38.63	35.12	32.33	30.06	28.16	26.55	25.16

Fuente: Elaboración propia.

Como consecuencia de la tabla 29, se obtuvo la figura 31 correspondiente al IDF (intensidad, duración y frecuencia), el mismo que muestra la intensidad de lluvia en una hora (60 minutos) para los periodos de retorno planteados:

Curvas IDF de la Cuenca

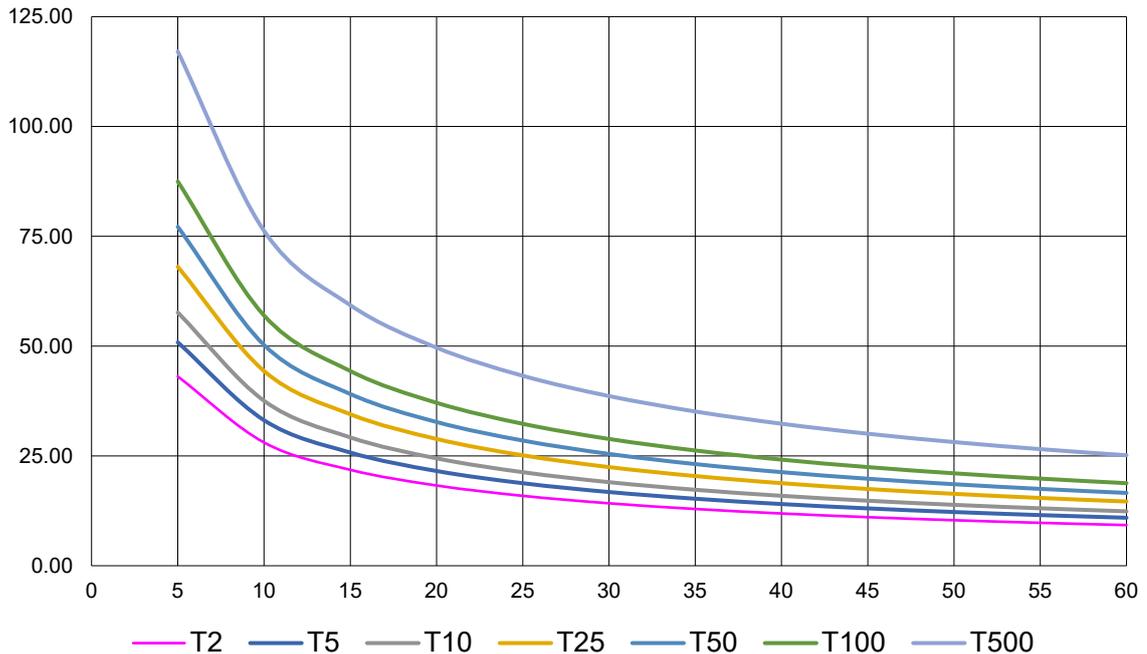


Figura 31. Curva IDF de la Cuenca
Fuente: Elaboración propia

4.5. Cálculos Finales para el Aprovechamiento Hídrico que Genera la Cuenca José Carlos Mariátegui

Con los datos geomorfológicos o morfométricos obtenidos de la cuenca José Carlos Mariátegui y con la información hidrometeorológica del SENAMHI, se pudo realizar los cálculos finales relacionados a la escorrentía de la Cuenca, los mismos que son:

Parámetros Relativos al Drenaje,

- **Longitud del Cauce Principal (Lc)**

La longitud de cauce (Lc) fue hallada con el software ArcGIS, dando un valor de 7861.44 m o 7.8614 km

- **Densidad de Drenaje (Dd)**

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

$$Dd = \frac{42.3558}{51.6706}$$

$$Dd = 0.82 \text{ km/km}^2$$

Este cálculo implica que la red de drenaje es eficiente.

- **Coefficiente de Torrencialidad (Ct)**

Se ha calculado este coeficiente tomando en consideración las escorrentías obtenidas en el software ArcGIS, dando el siguiente resultado:

$$Ct = \#Cl1/A$$

$$Ct = 54/51.6706$$

$$Ct = 1.05$$

Este resultado significa que la cuenca José Carlos Mariátegui es medianamente torrencial.

- **Tiempo de Concentración (Tc)**

Se calculó este valor, dando como resultado lo siguiente:

Es el tiempo que recorre una gota de lluvia, la cual escurre superficialmente desde el lugar más alto hasta el punto de salida (Lisette, Luis, Petillo Mario 2014, p. 157). También se define como el tiempo efectivo de precipitación (efectiva1) desde el nacimiento de la cuenca hasta el punto final, siendo este valor la inflexión del hidrograma después del caudal pico.

$$T_c = 0.8773 \left(\frac{L_c^{1.5}}{\sqrt{CM_c - Cm_c}} \right)^{0.64}$$

$$T_c = 0.8773 \left(\frac{7.86144^{1.5}}{\sqrt{3645.2562 - 3120.2235}} \right)^{0.64}$$

$$T_c = 0.85 \text{ hr}$$

Esto significa que una gota de lluvia viaja, desde la parte más alta de la cuenca hasta la parte más baja en 0.85 hr, o lo que es equivalente en 51 minutos 21 segundos.

Donde:

- **Coefficiente de Escorrentía**

El coeficiente de escorrentía es un valor obtenido de la inspección del suelo y la pendiente del mismo (51.92 %), de acuerdo a la Tabla 03 se obtuvo el valor de 0.55, el cual corresponde a pastos y vegetación ligera en una zona semipermeable.

Cálculo de Caudales Mínimo, Medio y Máximo por el Método Sintético-Racional

El caudal medio es de:

$$Qm = aA^b$$

$$a = \frac{31.71 \times C\bar{P}}{10^6}, b = 1$$

$$a = \frac{31.71 \times 0.55 \times 448.28}{10^6}$$

$$a = 0.00782$$

$$Qm = 0.00782(51.6706)^1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qm = 0.404 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal mínimo o ecológico está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{min} = Q_{eco} = \frac{448.28 \times 51.6706}{10^6}$$

$$Q_{min} = Q_{eco} = 0.0232 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{min} = Q_{eco} = 23.1629 \text{ litros/s}$$

El caudal máximo está dado por la siguiente expresión:

$$Qd = 0.278CIAK/3600$$

$$K = 1 + \frac{51^{1.25}}{51^{1.25} + 14}$$

$$K = 1.90684652$$

Reemplazando, se tiene el caudal máximo (Qd) para el tiempo de concentración calculado de 0.85 hr o 51 min.

$$Qd = \frac{0.278(0.55)(10.24)(51.6706)(1.90684652)}{3600}$$

$$Qd = 0.04285132 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qd = 42.85132 \text{ litros/s}$$

La tabla 30 muestra el caudal máximo para los periodos de retorno planteados:

Tabla 30: Caudales máximos por periodo de retorno

Qmaximo por periodos de retorno en litros/s												
Frec. años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	180.34	117.43	91.37	76.47	66.61	59.50	54.09	49.80	46.30	43.37	40.89	38.75
5	212.87	138.62	107.86	90.27	78.62	70.24	63.85	58.78	54.65	51.20	48.27	45.74
10	241.33	157.15	122.28	102.33	89.14	79.63	72.38	66.64	61.95	58.04	54.72	51.85
25	284.87	185.50	144.34	120.80	105.22	93.99	85.44	78.66	73.13	68.52	64.59	61.21
50	322.95	210.30	163.63	136.95	119.28	106.56	96.86	89.18	82.91	77.68	73.23	69.39
100	366.12	238.42	185.51	155.25	135.23	120.80	109.81	101.10	93.99	88.06	83.02	78.66
500	489.95	319.05	248.25	207.76	180.97	161.66	146.95	135.29	125.78	117.84	111.09	105.27

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, las tablas 31 y 32 muestran los caudales medios anuales, de acuerdo a los años de precipitación obtenidos del SENAMHI:

Tabla 31: Caudales medios anuales

Caudal Medio (qm) Anual			
Años	P- anual	m ³ /s	Litros/s
1965	519.3	0.47	467.97
1966	474.6	0.43	427.69
1967	300.69	0.27	270.97
1968	323.88	0.29	291.87
1969	266.14	0.24	239.84
1970	285.82	0.26	257.57
1971	324.25	0.29	292.20
1972	196.71	0.18	177.27
1973	458.46	0.41	413.15
1974	415.28	0.37	374.23
1975	525.96	0.47	473.98
1976	380.34	0.34	342.75
1977	339.91	0.31	306.31
1978	315.85	0.28	284.63
1979	312.96	0.28	282.03
1980	185.18	0.17	166.88
1981	411.52	0.37	370.85
1982	230.47	0.21	207.69
1983	116.25	0.10	104.76

Tabla 32: Continuación tabla: Caudales medios anuales

Caudal Medio (qm) Anual			
Años	P- anual	m ³ /s	Litros/s
1984	243.32	0.22	219.27
1985	184.82	0.17	166.55
1986	259.26	0.23	233.64
1987	274.94	0.25	247.77
1988	329.55	0.30	296.98
1989	251.58	0.23	226.72
1990	446.26	0.40	402.15
1991	232.70	0.21	209.70
1992	369.18	0.33	332.69
1993	286.75	0.26	258.42
1994	374.2	0.34	337.21
1995	256.55	0.23	231.19
1996	405.13	0.37	365.09
1997	358.41	0.32	322.99
1998	229.3	0.21	206.64
1999	480.3	0.43	432.83
2000	467.7	0.42	421.47
2001	902.2	0.81	813.03
2002	623.8	0.56	562.14
2003	788.4	0.71	710.48
2004	548.9	0.49	494.65
2005	514	0.46	463.20
2006	695.4	0.63	626.67
2007	661.11	0.60	595.77
2008	657.4	0.59	592.42
2009	480.9	0.43	433.37
2010	619.3	0.56	558.09
2011	760.3	0.69	685.15
2012	519.52	0.47	468.17
2013	763.51	0.69	688.05
2014	660.89	0.60	595.57
2015	776.23	0.70	699.52
2016	902.95	0.81	813.71
2017	273.83	0.25	246.77
2018	774.8	0.70	698.22
2019	729.2	0.66	657.13
2020	531.44	0.48	478.92
2021	534.3	0.48	481.49

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico (figura 32) muestra el caudal medio mensual en litros/s de los últimos 10 años, además se puede diferenciar los meses de lluvias de los de sequía:

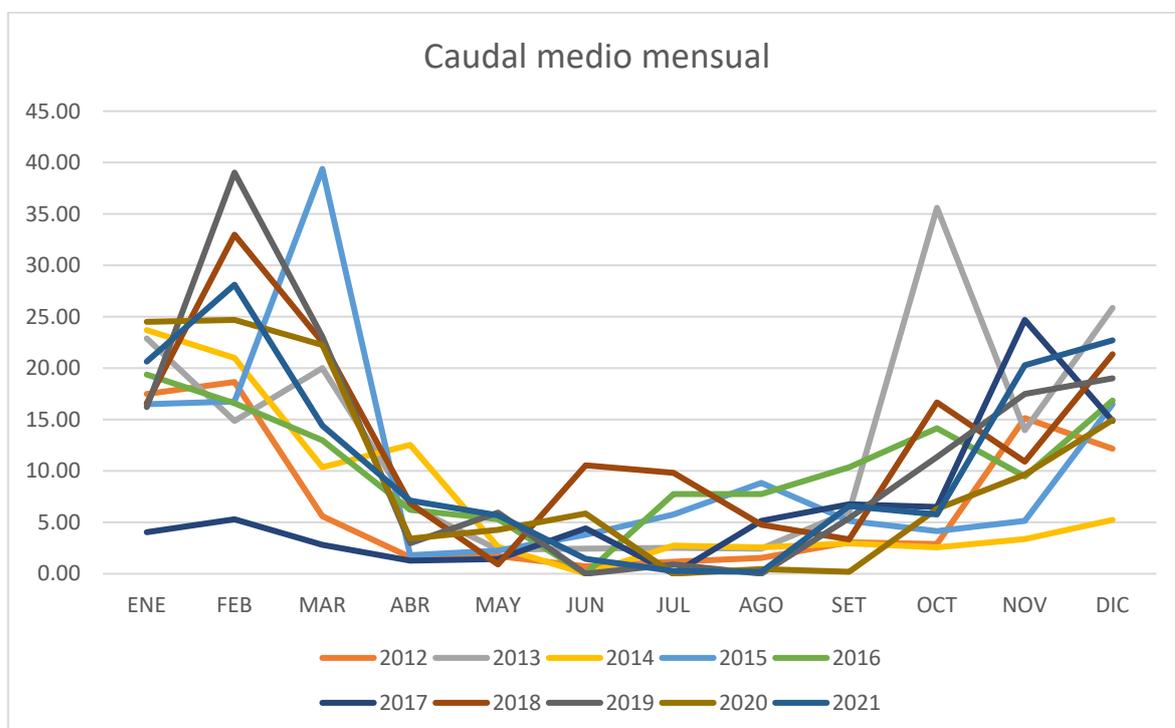


Figura 32. Caudal medio mensual litros/s
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 se muestra el resumen de los parámetros relativos al drenaje de la cuenca José Carlos Mariátegui:

Tabla 33: Parámetros relativos al drenaje de la cuenca

Parámetros relativos al Drenaje de la Cuenca José Carlos Mariátegui		
Parámetros de drenaje	unidad de medida	cuenca
Longitud de cauce principal	km	7.8614
Densidad de drenaje	km/km ²	0.82
Coefficiente de torrencialidad	-	1.05
Tiempo de concentración	hr	0.85
Coefficiente de escorrentía	-	0.55
Caudal medio	m ³ /s	0.404
Caudal mínimo	litros/s	23.1629
Caudal máximo para 0.85 hr	litros/s	42.8513

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

5.1. La Cuenca José Carlos Mariátegui y sus Características Geomorfológicas o Morfométricas

En el análisis de la información espacial, se ha tomado en cuenta una de las cuencas que se encuentre cercana a la población y que además presente características que permitan su usabilidad y aprovechamiento en el aspecto hídrico. El uso de Modelos Digitales de Elevación (DEM) simplifican el trabajo de campo, ya que permitió obtener la configuración del relieve del terreno sin necesidad de realizar levantamientos topográficos en la zona. Tal como precisa (Guth *et al.* 2021) los Modelos Digitales de Elevación pueden ser usados en varias disciplinas las cuales incluyen geomorfometría, agricultura de precisión, defensa, deportes, turismo, telecomunicaciones, planeamiento territorial, peligros naturales, teledetección, etc. Para el caso en estudio, se utilizó el Modelo Digital de Elevación para el estudio de la geomorfometría de la cuenca José Carlos Mariátegui.

La investigación, en cuanto a las características morfométricas o geomorfológicas de la cuenca, fueron realizadas con la información cartográfica del Modelo Digital de Elevaciones (DEM) obtenida del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), y procesada en el software ArcGIS. En comparación con (Huamani De la Cruz, Lazo Colqui 2020) quienes usaron los softwares QGis 3.10.0 y GRASS para poder procesar el Modelo Digital de Elevaciones (DEM) y obtener las características morfométricas o geomorfológicas de su cuenca de estudio; en el caso o el caso del artículo científico (Yadav *et al.* 2020), en el cual las características morfométricas de su cuenca en estudio, fueron obtenidas mediante sensores remotos (imágenes satelitales) y un Sistema de Información Geográfico, el cual se puede traducir en un software GIS, por ejemplo ArcGIS, QGis, Microstation, etc; en el caso de (Zhicay Lombaida 2020) quien también hizo uso del software ArcGIS para poder procesar el Modelo Digital de Elevación (DEM) para obtener las características morfométricas de su cuenca en estudio; en el caso de (Duque-Sarango, Patiño, López 2019) quien también hizo uso del software ArcGIS para poder procesar el Modelo Digital de Elevación (DEM) para obtener las características morfométricas de su cuenca en estudio. En el caso de las referencias nacionales también se puede notar que la información

morfométrica o geomorfológica de una cuenca es obtenida a través del uso de un software GIS y un modelo digital de elevaciones (DEM).

Por tanto, cual sea el software que permita el procesamiento de Modelos Digitales de Elevación (DEM), este modelo digital de elevaciones simplifica significativamente el tiempo de trabajo que requeriría, si se realizará un levantamiento topográfico con el detalle y precisión necesario para reconocer las características morfométricas o geomorfológicas de la zona de estudio y de la cuenca en estudio, y esto a su vez, representa una gran ventaja en proyectos de investigación relacionados al aprovechamiento hídrico.

5.2. Las Precipitaciones su Tratamiento Estadístico y Parámetros Relativos al Drenaje de la Cuenca José Carlos Mariátegui

Para el estudio realizado, se tomó en consideración las lecturas de dos estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, la principal denominada Cay Cay cuya serie de datos obtenida desde el año 1965 hasta el año 2021; y la estación denominada Ccatcca que permitió completar las lecturas faltantes de la estación Cay Cay, lecturas que por distintos motivos (error de lectura, falla del instrumental, etc) no fueron tomadas. Con la información obtenida y gracias a la libre disponibilidad de datos que ofrece el SENAMHI se pudieron obtener los resultados necesarios para poder complementar la presente investigación.

Los datos obtenidos corresponden a lecturas diarias tomadas por las estaciones, las cuales hacen un total de 20827 registros, los cuales fueron procesados estadísticamente y con modelos de distribución como el caso de (de Andrade, Gomes-Silva, Zea 2019) que permite procesar datos históricos para eventos hidrológicos. Los resultados obtenidos luego de procesar las precipitaciones por medio del modelo de Gumbel fueron la distribución de probabilidades de precipitación, precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno y finalmente se pudo obtener el IDF (intensidad, duración y frecuencia) (Gutiérrez-López, Barragán-Regalado 2019), dato importante con la cual, se estima las máximas crecidas de la cuenca José Carlos Mariátegui en periodos de retorno que van desde los 2 años hasta los 500 años.

En la presente investigación se hizo uso del método aritmético para poder encontrar el promedio de precipitaciones anuales, en cambio en (Zhicay Lombaida, 2020) se hizo un análisis más grande respecto a las precipitaciones ya que utilizó en su investigación los datos de más de 10 estaciones meteorológicas, lo cual le permitió hallar el promedio anual de precipitaciones haciendo uso de tres métodos, método aritmético, método de polígonos de Thiessen y el método de las Isoyetas; en cambio en el caso de (Fernanda, Montero 2020) quien analizó únicamente 2 estaciones meteorológicas, para determinar la precipitación media anual hizo uso del método aritmético.

En la presente investigación se pudo obtener los valores de precipitaciones máximas diarias para periodos de retorno que van desde los 2 años a los 500 años, lo cual se puede corroborar que, en las investigaciones citadas, también realizan los cálculos para periodos de retornos similares.

Asimismo, es necesario mencionar que, las precipitaciones tienen características regionales, es decir, las precipitaciones pueden variar según la latitud a la que se encuentre la zona de estudio, por lo tanto, no es posible determinar una similitud en cuanto a los valores de promedio de precipitaciones anuales obtenidas en una cuenca ubicada en el Ecuador y otra como en la presente investigación, ubicada en el Cusco-Perú.

5.3. Cálculos Finales y Determinación de Caudales de la Cuenca José Caros Mariátegui

Finalmente, con los cálculos previos relacionados a la morfometría o geomorfología de la cuenca José Carlos Mariátegui además del tratamiento estadístico de las precipitaciones obtenidas de las estaciones meteorológicas de Cay Cay y Ccatcca, con esta información y haciendo uso del el método sintético-racional se obtuvieron los caudales que genera la cuenca, siendo el caudal promedio anual de $0.4039725 \text{ m}^3/\text{s}$ o $403.9725 \text{ litros/s}$, el valor caudal máximo diario de $0.04285132 \text{ m}^3/\text{s}$ o $42.85132 \text{ litros/s}$ para un tiempo de concentración de 0.85 hr o 51 min.

También se obtuvieron los caudales máximos por hora, para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años (tabla 25). Estos caudales obtenidos, también son llamados caudales de diseño, con los cuales se puede

generar el aprovechamiento hídrico de la cuenca José Carlos Mariátegui, es decir, destinarlo para el aprovechamiento en actividades como abastecimiento de agua, riego y agricultura, generación de energía y otros, sin mermar su estado, manteniendo un equilibrio del recurso hídrico sin generar impacto ambiental en el mismo.

En contraste con las investigaciones referenciadas, la cuenca José Carlos Mariátegui estudiada, es una cuenca pequeña en comparación con las cuencas estudiadas en las investigaciones citadas, las que se encuentran ubicadas en otras latitudes, lo que implica que, cada una de las cuencas presenta características físicas distintas, a esto se suma que las características de precipitaciones son completamente diferentes, por lo tanto, los caudales que se obtienen en cada cuenca es distinto una de otra.

En esta investigación se hizo uso de metodologías y modelos matemáticos similares a los realizados en investigaciones referenciadas, metodologías y modelos que permitieron obtener los resultados que dan a conocer la usabilidad en cuanto al aprovechamiento hídrico de la cuenca José Carlos Mariátegui.

VI. CONCLUSIONES

Luego de ver los resultados obtenidos, en cuanto al uso de modelos digitales de elevación con los cuales se pudo determinar la geomorfología o morfometría de la cuenca José Carlos Mariátegui, además del procesamiento de datos meteorológicos de las estaciones Cay Cay y Ccatcca, con los cuales se han obtenidos los caudales que se genera en la cuenca José Carlos Mariátegui a partir del análisis estadístico de precipitaciones, con la presente investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Los modelos digitales de elevación (DEM) son una fuente muy importante de información del terreno, con estos modelos se pueden realizar estudios de distintos tipos (como geomorfometría, agricultura de precisión, defensa, deportes, turismo, telecomunicaciones, planeamiento territorial, peligros naturales, teledetección) de grandes ámbitos de terrenos sin realizar procedimientos topográficos in situ.
- La cuenca José Carlos Mariátegui posee características geomorfológicas o morfométricas que indican que es una cuenca pequeña, de forma casi circular, la cual se encuentra en fase de madurez, por lo que es capaz de acumular grandes cantidades de agua superficial gracias a las precipitaciones que se dan en la zona.
- La cuenca José Carlos Mariátegui posee características geomorfológicas o morfométricas que indican que es una cuenca capaz de concentrar grandes cantidades de escorrentía superficial en precipitaciones fuertes,
- La cuenca José Carlos Mariátegui, de acuerdo a su ubicación, se encuentra en una zona donde las precipitaciones son frecuentes en ciertos meses del año, tal como se ha evidenciado al realizar el estudio de la información meteorológica obtenida libremente del SENAMHI, específicamente de las estaciones meteorológicas de Cay Cay y Ccatcca.
- El IDF (Intensidad, Duración y Frecuencia) obtenido da cuenta que las precipitaciones en la zona pueden producir escorrentías superficiales en la cuenca José Carlos Mariátegui, la misma que puede ser aprovechada hídricamente.

- Con los cálculos realizados a partir de las precipitaciones se pudo obtener una proyección de precipitaciones horarias para periodos de retorno que van desde los 2 años hasta los 500 años.
- Con la información de la morfometría o geomorfología, además de las precipitaciones de la zona, se pudo conocer los valores de caudales (medio, mínimo o ecológico y máximo) que se generan en la cuenca José Carlos Mariátegui, los mismos que son de mucha utilidad para poder fomentar el aprovechamiento hídrico de la cuenca.
- Con los caudales obtenidos del estudio de la Cuenca José Carlos Mariátegui se pueden realizar proyectos para su aprovechamiento hídrico, es decir, se puede utilizar los datos obtenidos para el abastecimiento de agua, riego, generación de energía, etc.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de las características morfométricas y geomorfológicas de las cuencas haciendo uso de los Modelos Digitales de Elevación (DEM) sin importar el tipo de software GIS que permita el tratamiento del mismo, ya que estos modelos digitales han demostrado ser de mucha utilidad, como fuente principal de datos de terreno o del ámbito geográfico en donde se encuentra la cuenca hidrográfica.

Se recomienda hacer un estudio de las características del suelo correspondiente a la ubicación de la cuenca, en la parte alta, media y baja, esto con la finalidad de estimar con mejor precisión el coeficiente de escurrimiento.

Se recomienda regionalizar los valores encontrados de las características geomorfológicas o morfométricas de la cuenca, con la finalidad de encontrar cuencas semejantes, siempre y cuando las cuencas se encuentren en una zona similar a la de estudio.

Se recomienda que las estaciones meteorológicas sean sometidas a un control periódico, con la finalidad de mantenerlas en funcionamiento y así obtener las lecturas de datos meteorológicos, de tal manera que no se tenga que recurrir a métodos estadísticos para completar los datos faltantes.

Se recomienda realizar un estudio de precipitaciones tomando en consideración otras estaciones meteorológicas, esto con la finalidad de hacer uso del método de polígonos de Thiessen y el método de Isoyetas, de esta manera junto con el método aritmético, hallar los valores de precipitación media anual y realizar una comparación de los valores obtenidos por estos tres métodos, para poder valorar cuál de ellos presenta mayor confianza en cuanto al resultado.

Se recomienda realizar un aforo físico de la cuenca José Carlos Mariátegui en los meses de precipitaciones, los cuales en la región andina son conocidos, esto de tal manera que se pueda corroborar los caudales obtenidos en la presente investigación.

REFERENCIAS

Artículos en Ingles

ADHIKARI, Sandeep, 2020. Morphometric Analysis of a Drainage Basin: A Study of Ghatganga River, Bajhang District, Nepal. *The Geographic Base*. 31 December 2020. Vol. 7, pp. 127–144. DOI 10.3126/tgb.v7i0.34280. Disponible en: <https://www.nepjol.info/index.php/tgb/article/view/34280>.

NASCIMENTO de Andrade, THIAGO Alexandro, MILENA Zea Luz, GOMES-SILVA, Frank Mathematical properties, application and simulation for the exponentiated generalized standardized Gumbel distribution. *Acta Scientiarum. Technology* [en línea]. 2019, ISSN: 1806-2563. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303260200015>

FICHER, Kevin, PEREIRA, Donizete, ALMEIDA, André and OLIVEIRA, Josiane, 2019. Water Basin Delimitation in a Relief Transition Region. *Floresta e Ambiente*. 2019. Vol. 26, n° 3. DOI 10.1590/2179-8087.101017. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/floram/a/KvXwGcDCBhkTRMB8L6PxfHN/?lang=en>

GREGAR, Jan, KOVÁŘ, Pavel, BAČINOVÁ, Hana and BAŽATOVÁ, Tereza, 2017. Comparison of water regimes of two dump catchments in the krušné hory Mts. (Czech Republic) in Dry Years using a hydrological balance. *Soil and Water Research*. 2017. Vol. 12, n° 3, pp. 137–143. DOI 10.17221/97/2016-SWR.

GUTH, Peter L., VAN NIEKERK, Adriaan, GROHMANN, Carlos H., MULLER, Jan Peter, HAWKER, Laurence, FLORINSKY, Igor v., GESCH, Dean, REUTER, Hannes I., HERRERA-CRUZ, Virginia, RIAZANOFF, Serge, LÓPEZ-VÁZQUEZ, Carlos, CARABAJAL, Claudia C., ALBINET, Clément and STROBL, Peter, 2021. Digital elevation models: Terminology and definitions. *Remote Sensing*. 1 September 2021. Vol. 13, n° 18. DOI 10.3390/rs13183581.

JEONG, Minyeob, KIM, Dae Hong and KIM, Jongho, 2021. Surface runoff hydrograph derivation using a dynamic wave based instantaneous unit hydrograph. *Journal of Flood Risk Management*. 1 September 2021. Vol. 14, n° 3. DOI 10.1111/jfr3.12722.

MORBIDELLI, Renato, GARCÍA-MARÍN, Amanda Penelope, MAMUN, Abdullah al, ATIQR, Rahman Mohammad, AYUSO-MUÑOZ, José Luís, TAOUTI, Mohamed Bachir, BARANOWSKI, Piotr, BELLOCCHI, Gianni, SANGÜESA-POOL, Claudia, BENNETT, Brett, OYUNMUNKH, Byambaa, BONACCORSO, Brunella, BROCCA, Luca, CALOIERO, Tommaso, CAPORALI, Enrica, CARACCILO, Domenico, CASAS-CASTILLO, M. Carmen, G.CATALINI, Carlos, CHETTIH, Mohamed, KAMAL CHOWDHURY, A. F.M., CHOWDHURY, Rezaul, CORRADINI, Corrado, CUSTÒ, Jeffrey, DARI, Jacopo, DIODATO, Nazzareno, DOESKEN, Nolan, DUMITRESCU,

Alexandru, ESTÉVEZ, Javier, FLAMMINI, Alessia, FOWLER, Hayley J., FRENI, Gabriele, FUSTO, Francesco, GARCÍA-BARRÓN, Leoncio, MANEA, Ancuta, GOENSTER-JORDAN, Sven, HINSON, Stuart, KANECKA-GESZKE, Ewa, KAR, Kanak Kanti, KASPERSKA-WOŁOWICZ, Wiesława, KRABBI, Miina, KRZYSZCZAK, Jaromir, LLABRÉS-BRUSTENGA, Alba, LEDESMA, José L.J., LIU, Tie, LOMPI, Marco, MARSICO, Loredana, MASCARO, Giuseppe, MORAMARCO, Tommaso, NEWMAN, Noah, ORZAN, Alina, PAMPALONI, Matteo, PIZARRO-TAPIA, Roberto, PUENTES TORRES, Antonio, RASHID, Md Mamunur, RODRÍGUEZ-SOLÀ, Raúl, MANZOR, Marcelo Sepulveda, SIWEK, Krzysztof, SOUSA, Arturo, TIMBADIYA, P. v., FILIPPOS, Tymvios, VILCEA, Marina Georgiana, VITERBO, Francesca, YOO, Chulsang, ZERI, Marcelo, ZITTIS, Georgios and SALTALIPPI, Carla, 2020. The history of rainfall data time-resolution in a wide variety of geographical areas. *Journal of Hydrology*. 1 November 2020. Vol. 590. DOI 10.1016/j.jhydrol.2020.125258.

ODIJI, C. A., ADEROJU, O. M., EKWE, M. C., OJE, D. T. and IMHANFIDON, J. O., 2020. Surface runoff estimation in an upper watershed using geo-spatial based soil conservation service-curve number method. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2020. Vol. 6, n° 3, pp. 415–428. DOI 10.22034/gjesm.2020.03.10.

RIBEIRO FILHO, Jacques Carvalho, PALÁCIO, Helba Araújo de Queiroz, DE ANDRADE, Eunice Maia, DOS SANTOS, Júlio César Neves and BRASIL, José Bandeira, 2017. Raifall characterization and sedimentological responses of watersheds with diferemt land uses to precipitation in the semiarid region Brazil. *Revista Caatinga*. 2017. Vol. 30, n° 2, pp. 468–478. DOI 10.1590/1983-21252017v30n222rc.

SUKRISTİYANTI, S., MARIA, R. and LESTIANA, H., 2018a. Watershed-based Morphometric Analysis: A Review. In : *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing. 22 February 2018.

SUKRISTİYANTI, S., MARIA, R. and LESTIANA, H., 2018b. Watershed-based Morphometric Analysis: A Review. In : *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing. 22 February 2018.

WANG, Junye, SHRESTHA, Narayan Kumar, DELAVAR, Mojtaba Aghajani, MESHESHA, Tesfa Worku and BHANJA, Soumendra N., 2021. Modelling watershed and river basin processes in cold climate regions: A review. *Water (Switzerland)*. 2 February 2021. Vol. 13, n° 4. DOI 10.3390/w13040518.

WOOLFENDEN, Linda R, ENGOTT, John A, LARSEN, Joshua D and CROMWELL, Geoffrey, 2021. *Simulation of Groundwater and Surface-Water Resources of the San Antonio Creek Valley Watershed, Santa Barbara County, California*. California. Disponible en: , <https://doi.org/10.3133/sir20215139>.

YADAV, Sandeep Kumar, DUBEY, Alok, SINGH, Sudhir Kumar and YADAV, Diwakar, 2020. Spatial regionalisation of morphometric characteristics of mini watershed of Northern Foreland of Peninsular India. *Arabian Journal of Geosciences*. 1 June 2020. Vol. 13, n° 12. DOI 10.1007/s12517-020-05365-z.

ZENGIN, Hayati, ÖZCAN, Mehmet, DEGERMENCİ, Ahmet Salih and ÇITGEZ, Tarik, 2017. Effects of some watershed characteristics on water yield in the West Black Sea Region of northern Turkey. *Bosque*. 2017. Vol. 38, n° 3, pp. 479–486. DOI 10.4067/S0717-92002017000300005.

Artículos en Español

ARIAS-GÓMEZ, Jesús, ÁNGEL VILLASÍS-KEEVER, Miguel and GUADALUPE MIRANDA-NOVALES, María, 2016. Metodología de la Investigación. *Revista Alergia México* [en línea]. 2016. Vol. 63, n° 2, pp. 201–206. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

BORIS, Diaz G, CECILIA MONSERRAT, María, TIBERI, Pedro E, MARDEWALD, Guillermina, HOFMANN, Christian, CAPARRÓS, Leandro, MATTENET, Francisco, ZERPA, Débora, BILLONI, Sabrina L, MARTÍNEZ, Lorena, MAHATMA GANDHI, Cruz, GALLEGOS, Río and CRUZ, Santa, 2016. *Hidrología superficial de la Región Hidrográfica del río Gallegos (Sur de la provincia de Santa Cruz, Argentina)* [en línea]. Disponible en: http://www.unpa.edu.ar/secyt/1876/grupo/climatologia_e_hidrogeologiaTel:

BRAZ, Adalto Moreira, GARCÍA, Patricia Helena Mirandola, PINTO, André Luiz, CHÁVEZ, Eduardo Salinas and DE OLIVEIRA, Ivanilton José, 2020. Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra1. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*. 2020. Vol. 29, n° 1, pp. 69–85. DOI 10.15446/rcdg.v29n1.76232.

DUQUE-SARANGO, Paola, PATIÑO, Daysi M. and LÓPEZ, Xavier E., 2019. Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *INBIAM Grupo de Investigación en Biotecnología Ambiental*. Diciembre 2019. Vol. 30, n° 6, pp. 351–362. DOI 10.4067/s0718-07642019000600351.

GUTIÉRREZ-LÓPEZ, Alfonso and BARRAGÁN-REGALADO, Raisa, 2019. Ajuste de curvas IDF a partir de tormentas de corta duración. *Tecnología y ciencias del agua*. 1 noviembre 2019. Vol. 10, n° 6, pp. 01–24. DOI 10.24850/j-tyca-2019-06-01.

HERENCIA FÉLIX, Beatriz Gina and CARRERA SAAVEDRA, Cesar Eduardo, 2019. Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*. 15 diciembre 2019. Vol. 22, n° 44, pp. 15–24. DOI 10.15381/iigeo.v22i44.17282.

LISETTE, Bentancor, LUIS, Silveira and PETILLO MARIO, García, 2014. Agrociencia Uruguay Incidencia de la intensidad de lluvia en el tiempo de concentración de microcuencas del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. 2014. Vol. 18, pp. 106–116.

MEZA-RODRÍGUEZ, Demetrio, MARTÍNEZ-RIVERA, Luis Manuel, MERCADO-SILVA, Norman, DE JALÓN-LASTRA, Diego García, DEL TÁNAGO-DEL RIO, Marta González, MARCHAMALO-SACRISTÁN, Miguel and DE LA MORA-OROZCO, Celia, 2017. Propuesta de caudal ecológico en la cuenca del Río Ayuquila-Armería en el Occidente de México. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 1 November 2017. Vol. 45, n° 5, pp. 1017–1030. DOI 10.3856/vol45-issue5-fulltext-17.

PARRA RODRIGUEZ, Lina K. and MONTEALEGRE M, Hernán, 2020. Diseño de estrategias de conservación, mejoramiento y aprovechamiento del recurso hídrico en el sector sur de la Cuenca Hidrográfica de Río Seco. *Journal of business and entrepreneurial studies* [en línea]. 2020. Vol. 4, n° 1. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573661266019>

RODRÍGUEZ PALACIOS, Carlos and RAMÓN ALARCÓN, José, 2021. ESTUDIO CUENCA LA MONA. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. 2021. Vol. 15.

MUNEVAR, William Gilberto Delgado, 2015. *Gestión y valor económico del recurso hídrico*. 1 July 2015. Catholic University of Colombia. [en línea]. 2015. Vol. 7, n° 2. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3235/323540781003.pdf>

HERNÁNDEZ, Erick B and OLIVERO, Lorenzo, 2019. *IMPORTANCIA Y CALIDAD DE LA CARTOGRAFÍA EN PANAMÁ*. *Revista Científica Orbis Cognita Año* [en línea] 2019. Vol. 3, n° 2. Disponible en https://revistas.up.ac.pa/index.php/orbis_cognita/article/download/762/652/

SÁNCHEZ, C., VERA, F., LUNA, A., ESPINOZA, J., BUSTAMANTE, A., CÁRDENAS, J. and LUCERO, W., 2017. Metodología para la estimación de caudales mínimos de una cuenca hidrográfica con escasa información hidrometeorológica. *Revista Cumbres*. 2017. Vol. 3, n° 1, pp. 143–149. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6550732.pdf>

Tesis y Libros

BORJA S., Manuel, 2016. *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo.

BRIEVA, Carlos, 2018. *Caracterización de Cuencas: "Caracterización y Análisis Multidisciplinario de la Información Hidrológica en Cuencas."* 1. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

CONCYTEC, 2018. *REGLAMENTO DE CALIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y REGISTRO DE LOS INVESTIGADORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA-REGLAMENTO RENACYT TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES*.

FERNANDA, Nancy and MONTERO, Panta, 2020. *Determinación de caudales de las cuencas sobre las que se asienta la comunidad campesina Cujaca*. Piura: Universidad de Piura.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, MARÍA DEL PILAR BAPTISTA LUCIO, Dra and MÉNDEZ VALENCIA CHRISTIAN PAULINA MENDOZA TORRES, Sergio, 2014. *Metodología de la Investigación*.

HUAMANI DE LA CRUZ, Franck Luigi and LAZO COLQUI, Flor Nelida, 2020. *Caracterización geomorfológica de una cuenca hidrográfica utilizando un modelo de elevación digital (DEM) y el software QGIS 3.10.0*. Lima: Universidad Peruana Unión.

MALDONADO MENDIVIL, Ángel, 2021. *Análisis de la precipitación y los índices de teleconexión ENOS para la evaluación hidrológica de la presa Rontoccocha, Abancay – 2021*. Lima: Universidad César Vallejo.

MARTÍNEZ A., CHARGOY J, MARTÍNEZ A., CHARGOY J., PUERTO M., SUPPEN N., ROJAS D., ALFARO S, AYES D., BARRANTES L., CARRASCO L., CASTRO J., CHARLÓN V., CIVIT B., CONZA A., DÍAZ C., DÍAZ L., FARELL C., FRANCKE I., GARCÍA A., GMÜNDER S., GONZÁLEZ M., GRISALES C., LAURA R., LLORET P., MONTEIRO R., NARANJO C., PAPI S., PEÑA C., PETROCELLI N., REVILLA V., RODRÍGUEZ L., ROSA E., SACAYÓN E., TORO C., VERA A., VICTORIA J. and VILLARRAGA J., 2016. *Huella del Agua (ISO 14046) en América Latina*. Argentina: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable.

MATTOS JIMÉNEZ, Humerto Moisés, 2018. *Caracterización Geomorfológica de las Cusncas Hidrográficas Chicama, Moche y -Virú, a Nivel de Microcuencas, Utilizando Software ArcGIS*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2012. *MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE*. 1. Lima: Diario El Peruano.

SILVA GALVEZ, Reiner, 2019. *GENERACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA CON FINES DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO PARA LA CUENCA EL PORVENIR DISTRITO DE HUARANGO*. Huarango: Universidad Nacional de Cajamarca.

ZHICAY LOMBAIDA, Jairo Israel, 2020. *CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SAN FRANCISCO, CANTÓN GUALACEO*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

ANEXOS

- Anexo I. Matriz de consistencia
- Anexo II. Matriz de operacionalización de variables.
- Anexo III. Instrumento de recolección de datos
- Anexo IV. Página principal del USGS
- Anexo V. Página principal del SENAMHI
- Anexo VI. Reporte Turnitin.
- Anexo VII. Envío de Artículo Científico

Anexo I. Matriz de consistencia

Título: Obtención de Datos Hidrométricos de la Cuenca José Carlos Mariátegui para su Aprovechamiento Hídrico, Cusco, 2022
 Autor: Marco Antonio Castro Suárez.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA	POBLACION
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿De qué manera los datos hidrométricos permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar de qué manera los datos hidrométricos permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022</p>	<p>VI: Datos Hidrométricos</p> <p>VD: Aprovechamiento hídrico</p>	<p>Caracterización morfométrica de la cuenca Caudal Precipitación.</p> <p>Abastecimiento de agua Riego Demanda hídrica</p>	<p>Factor de forma de Horton, Coeficiente de compacidad, Área de cuenca, Densidad de drenaje, Coeficiente de escorrentía, Caudal mínimo, Caudal máximo, Caudal promedio, Coeficiente de torrencialidad, Precipitación</p> <p>Volumen de agua en m3 Caudal ecológico Intensidad, duración y frecuencia pluvial (IDF).</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>No experimental de corte transversal. Correlacional</p>	<p>Población</p> <p>Cuenca José Carlos Mariátegui.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cómo la caracterización morfológica permitirá el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?</p> <p>¿De qué manera los datos de precipitación de la zona permitirán el aprovechamiento hídrico de la cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?</p> <p>¿De qué manera los caudales permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar como la caracterización morfológica permitirá el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022</p> <p>Analizar de qué manera los datos de precipitación de la zona permitirán el aprovechamiento hídrico de la cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022.</p> <p>Determinar de qué manera los caudales permitirán el aprovechamiento hídrico de la Cuenca José Carlos Mariátegui, Cusco, 2022.</p>	<p>VI: caracterización morfología VD: Aprovechamiento Hídrico</p> <p>VI: datos de precipitación VD: aprovechamiento hídrico.</p> <p>VI: Caudales VD: Aprovechamiento hídrico</p>	<p>Parámetros asociados a la forma cuenca</p> <p>Precipitación en mm</p> <p>Parámetros relativos al relieve</p> <p>Parámetros relativos al drenaje</p> <p>Caracterización de la cuenca Caudal en m³/s, litros/s Precipitación en mm.</p>	<p>Área de la cuenca Perímetro de la cuenca Longitud de la cuenca Coeficiente de compacidad Factor de forma</p> <p>Datos meteorológicos Mensuales y Anuales</p> <p>Pendiente promedio Análisis hipsométrico</p> <p>Long. De cauce principal Tiempo de concentración.</p> <p>Coeficiente de escorrentía. Precipitación Área de la cuenca Longitud de la cuenca</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>No experimental de corte transversal. Correlacional</p>	

Fuente: Elaboración propia

Anexo II. Matriz de operacionalización de variables.

TÍTULO: Obtención de Datos Hidrométricos de la Cuenca José Carlos Mariátegui para su Aprovechamiento Hídrico, Cusco, 2022

Matriz de operacionalización de variables						
VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
V.I. Datos Hidrométricos	los datos hidrométricos están relacionados a la caracterización de la forma de las fuentes de donde existe escurrimientos superficiales, los cuales están relacionados a las precipitaciones de la zona y sectores de captación de agua para (Diaz, Monserrat, Tiberi, Mardewald, Hofmann, Caparrós, Mattenet, Zerpa, Billoni y Martínez, p.159)	Los datos hidrométricos vienen a ser la fuente principal para poder realizar los cálculos necesarios, de tal manera que permita definir las características morfológicas de una cuenca, las cuales estarán relacionadas a la precipitación de la zona y el caudal que se genere de la misma.	Caracterización morfológica de la cuenca Caudal Precipitación	Factor de forma de Horton, coeficiente de compacidad, área de cuenca, densidad de drenaje, coeficiente de escorrentía, caudal mínimo, caudal máximo, caudal promedio, coeficiente de torrencialidad, precipitación.	Ficha de recopilación de datos de precipitación.	Razón
V.D. Aprovechamiento Hídrico	es la categorización de la cantidad de agua, la misma que será optimizada para su uso de forma eficiente de acuerdo a las finalidades destinadas, sin malgastar su disponibilidad y calidad en el uso de las actividades humanas (Parra, 2020).	El aprovechamiento hídrico estará sujeto a los valores obtenidos por los datos hidrométricos. El aprovechamiento estará relacionado con las actividades que permita el caudal obtenido, de tal manera que se pueda aprovechar de forma sostenible este recurso.	Abastecimiento de agua Riego Rendimiento de cuenca Registros de precipitación. Demanda hídrica	Volumen de agua en m ³ , Caudal ecológico, Intensidad, duración y frecuencia (IDF) pluvial.	Fórmulas y cálculos asociados.	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Instrumento de recolección de datos

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL												
Estación:				Latitud:				Departamento:				
Tipo:				Longitud:				Provincia				
Código:				Altitud: msnm				Distrito				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965												
1966												
1967												
1968												
1969												
1970												
....												
....												
....												
....												
....												
....												
....												
....												
2016												
2017												
2018												
2019												
2020												
2021												

Fuente: SENAMHI, Adaptado por (Maldonado Mendivil, 2021)

Anexo IV. Página principal del USGS

The screenshot displays the USGS Earth Explorer interface. At the top, the USGS logo and tagline "science for a changing world" are visible. Below the logo, the text "EarthExplorer" and "Manage Criteria" are present. On the right side of the header, there are links for "Item Basket (0)", "Help", "Feedback", and "Logout [darkmarck]".

The main content area is divided into two sections. On the left, a sidebar titled "2. Select Your Data Set(s)" contains instructions: "Check the boxes for the data set(s) you want to search. When done selecting data set(s), click the Additional Criteria or Results buttons below. Click the plus sign next to the category name to show a list of data sets." Below this, there is a checkbox for "Use Data Set Prefilter (What's This?)" and a "Data Set Search:" input field. A scrollable list of data sets is shown, with several checked under the "Digital Elevation" category: CoNED T5DEM, EDNA, GMTED2010, GTOPO30, GTOPO30 HYDRO 1K, and IFSAR Alaska. Other categories include Aerial Imagery, AVHRR, CEOS Legacy, Commercial Satellites, Declassified Data, SRTM, Digital Line Graphs, Digital Maps, EO-1, Global Fiducials, and HCMM. At the bottom of the sidebar are buttons for "Clear All Selected", "Additional Criteria", and "Results".

On the right, a "Search Criteria Summary (Show)" section is visible. Below it is a large map of the Andes region in South America, showing topographic features and a red shaded area. The map includes a coordinate display at the top right: "(13° 23' 36\" S, 071° 32' 21\" W)" and "Options". A small inset map in the top left corner shows the location of the main map area within South America. At the bottom of the map, there is a small text block: "The provided maps are not for purchase or for download; it is to be used as a guide for reference and search purposes only."

Fuente: earthexplorer.usgs.gov

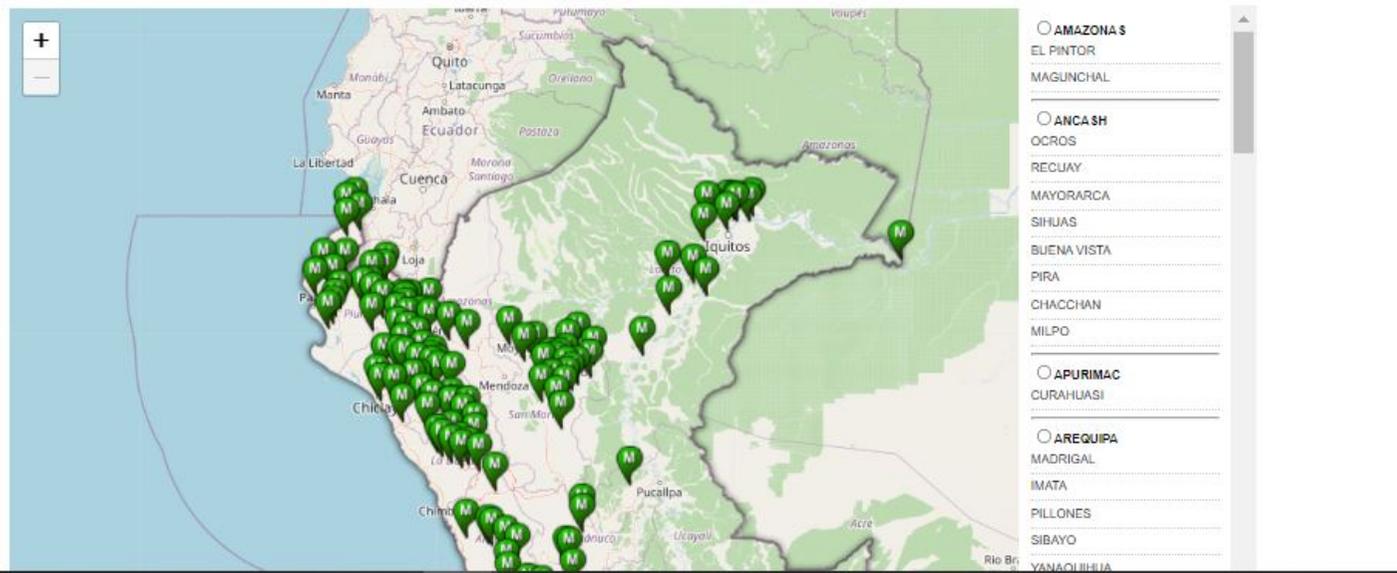
Anexo V. Página principal del SENAMHI



Home | Perú | Tiempo | Clima | Hidrología | Agrometeorología | Datos | Servicios al Ciudadano

Datos / Descarga de datos Meteorológicos

Descarga de datos Meteorológicos a nivel nacional



Fuente: senamhi.gob.pe

Anexo VII. Envío de Artículo Científico

Tareas 0 Español (España) Ver el sitio mcastro_cusco

Biblioteca de envío Ver metadatos

OBTENCIÓN DE DATOS HIDROMÉTRICOS DE LA CUENCA JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI PARA SU APROVECHAMIENTO HÍDRICO, CUSCO, 2022
MARCO ANTONIO CASTRO SUÁREZ

Envío **Revisión** Editorial Producción

Ronda 1

Estado de ronda 1
Se han enviado nuevas revisiones y están siendo consideradas por el editor/a.

Revisa las discusiones [Añade discusión](#)

Nombre	De	Última respuesta	Respuestas	Cerrado
<i>No hay artículos</i>				

Fuente. Revista Tecnia <http://www.revistas.uni.edu.pe/>