



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
CHIBUNGA MEDIANTE UN BALANCE HÍDRICO**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ALEJANDRO GABRIEL CEPEDA MOSCOSO

DIRECTORA: Ing. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA Msc.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Alejandro Gabriel Cepeda Moscoso

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alejandro Gabriel Cepeda Moscoso, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor (a) asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de febrero de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Alejandro Cepeda Moscoso". The signature is written in a cursive style with a large flourish at the end.

Alejandro Gabriel Cepeda Moscoso

060493812-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA MEDIANTE UN BALANCE HÍDRICO**, realizado por el señor: **ALEJANDRO GABRIEL CEPEDA MOSCOSO**, ha sido revisado minuciosamente por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edgar Iván Ramos Sevilla Dr. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 <p>EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Firmado digitalmente por EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Fecha: 2023.05.18 16:41:55 -05'00'</p>	2023-02-13
Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga, Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 <p>Firmado digitalmente por LUIS MIGUEL SANTILLAN QUIROGA</p>	2023-02-13
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui, Msc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 <p>Firmado electrónicamente por MARIA RAFAELA VITERI UZCATEGUI</p>	2023-02-13

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	5

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Ciclo hidrológico	6
1.1.1. <i>Precipitación</i>	6
1.1.2. <i>Temperatura</i>	6
1.1.3. <i>Evapotranspiración potencial</i>	7
1.1.4. <i>Evapotranspiración real</i>	7
1.1.5. <i>Escorrentía superficial</i>	7
1.1.6. <i>Infiltración</i>	7
1.1.7. <i>Balance hídrico</i>	8
1.2. Sistemas de información geográfica	8
1.2.1. <i>Capa vectorial</i>	9
1.2.2. <i>Capa ráster</i>	10
1.2.3. <i>Interpolación</i>	11
1.2.4. <i>Polígonos de Thiessen</i>	12
1.2.5. <i>Isotermas</i>	12
1.2.6. <i>Isoyetas</i>	13
1.3. Cuenca hidrográfica.....	14
1.3.1. <i>Morfometría de la cuenca</i>	14
1.3.2. <i>Características físicas de una cuenca</i>	14

1.3.2.1.	Área	14
1.3.2.2.	Perímetro	14
1.3.2.3.	Longitud de la cuenca	14
1.3.2.4.	Ancho de la cuenca	15
1.3.2.5.	Factor de forma (kf)	15
1.3.2.6.	Índice de compacidad.....	15
1.3.2.7.	Relación de elongación	16
1.3.3.	Parámetros de relieve	16
1.3.3.1.	Curva hipsométrica	16
1.3.3.2.	Elevación media	17
1.3.3.3.	Rectángulo equivalente	17
1.3.3.4.	Frecuencia de altitudes	18
1.3.3.5.	Pendiente de la cuenca	18
1.3.4.	Parámetros de drenaje	19
1.3.4.1.	Orden de cauces	19
1.3.4.2.	Relación de bifurcación media (Rb).....	20
1.3.4.3.	Frecuencia de ríos	20
1.3.4.4.	Pendiente del cauce principal.....	20
1.3.4.5.	Densidad de drenaje	21
1.4.	Parámetros del suelo	22
1.4.1.	<i>Textura</i>	22
1.4.2.	<i>Capacidad de campo</i>	23
1.5.	Oferta hídrica	23
1.5.1.	<i>Reducción por calidad</i>	23
1.5.2.	<i>Reducción por caudal ecológico</i>	23
1.6.	Demanda hídrica	24
1.6.1.	<i>Población</i>	24
1.6.2.	<i>Dotación</i>	25
1.6.3.	<i>Índice de escasez</i>	26

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Delimitación del área de estudio	28

2.1.1.	<i>Determinación de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca</i>	29
2.2.	Obtención de datos meteorológicos	29
2.2.1.	<i>Cálculos y ajustes de datos faltantes de precipitación</i>	30
2.2.2.	<i>Cálculo de la temperatura y precipitación media de la cuenca</i>	30
2.2.3.	<i>Cálculo de la evapotranspiración potencial</i>	30
2.3.	Cálculo del balance hídrico en la microcuenca	32
2.4.	Determinación de la oferta hídrica	32
2.5.	Determinación de la demanda hídrica	33
2.6.	Determinación del índice de escasez	33

CAPITULO III

3.	RESULTADOS	34
3.1.	Geomorfología de la microcuenca del río Chibunga	34
3.2.	Resultados del balance hídrico de la microcuenca del río Chibunga	39
3.2.1.	<i>Parámetros hidrometeorológicos</i>	39
3.2.2.	<i>Resultados del balance hídrico</i>	40
3.3.	Resultados del índice de escasez de la microcuenca	43
3.4.	Discusión	45

	CONCLUSIONES	47
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	48
--	------------------------------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de la cuenca de acuerdo con el factor de forma.	15
Tabla 2-1:	Clasificación de la cuenca de acuerdo con el índice de compacidad	16
Tabla 3-1:	Clasificación del relieve de acuerdo con la pendiente media.....	19
Tabla 4-1:	Clasificación de las pendientes de un río.	21
Tabla 5-1:	Clasificación de la cuenca de acuerdo con la densidad de drenaje.	21
Tabla 6-1:	Clasificación del suelo según la textura	22
Tabla 7-1:	Reducción de la oferta hídrica de acuerdo con la calidad de agua.....	23
Tabla 8-1:	Dotaciones Recomendadas.....	25
Tabla 9-1:	Categorización del índice de escasez.	26
Tabla 1-2:	Estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca del río Chibunga.	29
Tabla 1-3:	Distribución del área de la microcuenca en los límites políticos.	34
Tabla 2-3:	Parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Chibunga.	35
Tabla 3-3:	Cobertura vegetal de la zona de estudio a través del tiempo.....	37
Tabla 4-3:	Balance hídrico de la microcuenca durante el primer periodo.	41
Tabla 5-3:	Balance hídrico de la microcuenca durante el segundo periodo.	41
Tabla 6-3:	Balance hídrico de la microcuenca durante el tercer periodo.	42
Tabla 7-3:	Datos poblacionales de la microcuenca del río Chibunga.....	43
Tabla 8-3:	Resumen de resultados obtenidos	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Ciclo hidrológico.....	6
Ilustración 2-1: Componentes de un SIG.....	9
Ilustración 3-1: Capas vectoriales de ArcGIS.	10
Ilustración 4-1: Integración de capas de información.....	10
Ilustración 5-1: Interpolación a partir de vector punto.	11
Ilustración 6-1: Precipitación media mediante	12
Ilustración 7-1: Ejemplo de un mapa de isotermas.....	13
Ilustración 8-1: Mapa de isoyetas.	13
Ilustración 9-1: Clasificación de cuencas según la curva hipsométrica.....	17
Ilustración 10-1: Transformación de una cuenca en un rectángulo.....	18
Ilustración 11-1: Orden de cauces de acuerdo con Strahler.	19
Ilustración 12-1: Triangulo de texturas del suelo.....	22
Ilustración 13-1: Delimitación entre las unidades geográficas y unidades políticas	24
Ilustración 1-2: Mapa de ubicación de la microcuenca del río Chibunga.....	28
Ilustración 2-2: Proceso de delimitación de cuenca con HecGeo.....	29
Ilustración 1-3: Distribución porcentual del área de la cuenca.....	34
Ilustración 2-3: Rectángulo equivalente de la microcuenca del río.....	36
Ilustración 3-3: Curva hipsométrica de la microcuenca del río.....	36
Ilustración 4-3: Cambio de uso de suelo en la microcuenca.....	37
Ilustración 5-3: Cambio de uso de suelo en la microcuenca.....	38
Ilustración 6-3: Cambio de uso de suelo en la microcuenca.....	38
Ilustración 7-3: Parámetros hidrometeorológicos a través del tiempo de estudio.	40
Ilustración 8-3: Resultados del balance hídrico en los diferentes periodos de estudio.....	42
Ilustración 9-3: Análisis de disponibilidad de agua a través de distintos periodos de estudio.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS
- ANEXO B:** DATOS DE TEMPERATURA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.
- ANEXO C:** PLANTILLA PARA EL CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE THORNWITE.
- ANEXO D:** MAPAS CLIMÁTICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.
- ANEXO E:** MAPAS CARACTERISTICOS DE LA ZONA.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el estado climatológico de la microcuenca del río Chibunga, para lo cual se realizó un balance hídrico a partir de información hidrometeorológica, haciendo uso de registros históricos con un lapso de 30 años, procesándolos con software especializado obteniendo el flujo de captación de la cuenca y por lo tanto la oferta hídrica, además a partir de datos poblacionales y de dotación se pudo inferir la demanda de agua en la zona, estos dos parámetros son clave para determinar el índice de escasez en la cuenca del río y así estimar la cantidad de agua con la que cuenta el área. Los registros de las estaciones meteorológicas fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología completados mediante operaciones estadísticas y matemáticas, en el lenguaje de programación R, procesados en el software ArcGis10x, para lo cual se dividió a los datos en tres periodos, el primero de 1990-1999, el segundo de 2000 a 2009 y el último de 2010 a 2020. Como resultado del estudio se observó que, si bien los patrones climatológicos de la microcuenca están bien marcados y no presentaron cambios en la temporalidad en ninguno de los parámetros calculados, las cantidades variaron entre periodos y por consiguiente la oferta y demanda hídrica y el índice de escasez también lo hicieron. Se determinó el índice de escasez de la zona, una vez obtenidas la oferta y demanda hídrica que fueron cambiando a través de los periodos a medida que aumentaba la población y disminuía la cantidad de lluvia útil en la microcuenca. Pasando de tener un índice de escasez no significativo a uno moderado entre el primer y segundo periodo, concluyendo el tercero con un índice moderado igualmente, por lo que su valor entre periodos fue de 8.81 a 16.79%.

Palabras clave: <DEMANDA HÍDRICA>, <OFERTA HÍDRICA>, <ÍNDICE DE ESCASEZ>, <BALANCE HÍDRICO>, <INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA>



0821-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the climatological state of the Chibunga river micro-basin, for which a water balance was carried out based on hydrometeorological information, making use of historical records with a period of 30 years, it was processed using specialized software, Obtaining the catchment flow of the basin and therefore the water supply, in addition from population and endowment data it was possible to infer the demand for water in the area, these two parameters are crucial to determining the scarcity index in the basin of the river and thus estimate the amount of water that the area has. The records of the meteorological stations were provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology and completed through statistical and mathematical operations in the R programming language, processed in ArcGis10x, for which the data was divided into three periods, the first from 1990- 1999, the second from 2000 to 2009 and the last from 2010 to 2020. As a result of the study, it was observed that, although the weather patterns of the micro-basin are well marked and did not present changes in the temporality in any of the calculated parameters, the quantities varied between periods. Consequently, the supply and demand of water and the index of scarcity did too. The area's scarcity index was determined once the water supply and demand were obtained, which changed over time as the population increased. The amount of helpful rain in the micro-watershed decreased. A non-significant scarcity index to a moderate one was obtained between the first and second periods, concluding the third with a moderate index. Hence, its value between periods was from 8.81 to 16.79%.

Keywords: <WATER DEMAND>, <WATER SUPPLY>, <SCARCITY INDEX> WATER BALANCE>, <HYDROMETEOROLOGICAL INFORMATION>.



Ing. Paul Obregón Mayorga, Mgs.

C.I. 060192712-2

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador uno de los usos del agua que mayor consumo genera es el agrícola, ya que es uno de los medios principales con los que el país obtiene sustentabilidad económica, sin embargo, las prácticas en este campo no han ido evolucionando a través del tiempo. Los agricultores solo tienen en su mayoría conocimientos empíricos, sin embargo hoy en día la disponibilidad de agua es cada vez menor por lo que se deben tener metodologías más concretas que apoyen actividades como el riego y aprovechen su uso al máximo evitando desperdiciar el recurso (Nieto C. et al. 2018).

El correcto funcionamiento del comportamiento hidrológico de los diferentes ecosistemas depende de diversas variables climáticas y geomorfológicas, al ser el agua un recurso limitado y con el creciente cambio climático, es necesario determinar la cantidad y calidad de recursos hídricos del que dispone una región determinada. La capacidad de captación es el parámetro que define la disponibilidad del agua, y a su vez ésta depende de la variación temporal y espacial de los diferentes patrones climatológicos (Gutiérrez et al. 2013).

El balance hídrico es un método que permite entender en cierta medida el comportamiento hidrológico en una zona de estudio, un recuento de las diferentes entradas y salidas de agua en un área de influencia, basado en el principio de conservación de la materia, que ayuda a estimar la disponibilidad hídrica de manera precisa, mediante el uso de parámetros climáticos como la precipitación, temperatura, evapotranspiración y capacidad de campo del suelo, permite determinar los excesos y déficits hídricos a lo largo de un intervalo de tiempo (Ruiz-Alvarez et al. 2012).

En la provincia de Chimborazo dentro de la subcuenca del río Chambo se encuentra la microcuenca del río Chibunga que tiene una extensión aproximada de 38km va desde el noroeste al sureste, el cauce de este río es uno de los más representativos para la ciudad de Riobamba, es considerado uno de los más contaminados de la región y sin embargo su agua es usada con propósitos agropecuarios sumado a esto, se encuentra cerca de la empresa Cemento Chimborazo, centros de recreación y unidades educativas lo que contribuye al deterioro progresivo de la calidad del recurso (Veloz y Carbonel 2018). El estado de la calidad de agua, la falta de información hidrometeorológica de la zona y la escasez de estudios hidrológicos de las vertientes hace de suma importancia el conocer la calidad, cantidad y disponibilidad de agua.

JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia entender el intercambio de flujo superficial al momento de realizar estudios que involucren la disponibilidad de agua, la autoridad ambiental de aplicación responsable tiene la potestad de controlar el uso del recurso hídrico, por lo que es importante conocer los caudales de oferta y demanda de la zona, en especial en época de estiaje para abastecer a la población sin que se perjudique al medio ambiente. Dentro de la subcuenca del río Chambo, de la que forma parte la microcuenca del río Chibunga, se carece de información precisa en cuanto a la cantidad de agua y la capacidad de recarga en la zona. Muchas instituciones públicas y privadas del país generan y manejan información referente al agua, muchas veces estos datos no se procesan y la información no se hace de acceso público. Además estos datos no se encuentran centralizados dentro de un repositorio común (CESA 2015).

La microcuenca del río Chibunga dispone de información escasa y poco fiable especialmente en temas relacionados con el manejo de cuencas hidrológicas y la obtención de índices climáticos básicos, además las diferentes instituciones gubernamentales que tienen competencias sobre los recursos hídricos nunca han tenido la intención de juntar su información o almacenarla en una base de datos común (MAE 2013).

El río Chibunga es uno de los más contaminados de la región y sin embargo sus aguas siguen siendo usadas para procesos agropecuarios por lo que la influencia de la contaminación del agua sobre la población no se puede estimar adecuadamente, debido a la escasez de trabajos e información que aborden el tema, lo que puede llevar a generar problemas subsecuentes que no llegan a ser del conocimiento de los entes regulatorios de la calidad ambiental o la población en general.

Los estudios hidrológicos determinan la cantidad y calidad de agua disponible, información que a su vez puede ser usada como herramienta de educación ambiental, funcionar como base para sustentar proyectos de remediación, planes de riego, proyectos de potabilización, etc. La falta de estudios de investigación hidrológicos, y el escaso financiamiento a la investigación por parte de las autoridades gubernamentales y entidades privadas perjudica la toma de decisiones por parte de las autoridades en la gestión integral del agua.

ANTECEDENTES

Zapata y Aguagallo (2018 pp. 25-29), en su trabajo de titulación “Estudio Hidráulico Del Río Chambo Para La Determinación De La Conductancia Entre Río-Acuífero Y Zonas De Inundación” se analizan los parámetros climatológicos de la subcuenca del río Chambo durante 1990 a 2014. Las precipitaciones de 1990 a 1998, van de los 35.64 a 95 mm con máximos en abril junio y julio y periodos de sequía en enero y diciembre. Las temperaturas van de 12.9 a 16.2 °C las temperaturas máximas se dan en los meses de noviembre y diciembre y las mínimas en junio julio y octubre.

En el periodo de 1999-2006, las precipitaciones van desde 36.85 a 97.04 mm con máximos en marzo y junio y periodos de sequía en enero y octubre. Las temperaturas van de 13.2 a 15.9 °C las temperaturas máximas se dan en los meses de noviembre y diciembre y las mínimas en mayo y agosto.

En el periodo de 2007-2014, las precipitaciones van desde 36.85 a 97.04 mm con máximos en marzo y junio y periodos de sequía en enero y octubre. Las temperaturas van de 13.4 a 16 °C las temperaturas máximas se dan en los meses de febrero y noviembre y las mínimas en junio y agosto.

Poma, Ucsa y Tiuquinga (2020, pp. 13-15.), “Estimación del balance hídrico climático (BHC) de las microcuencas del cantón Joya de los Sacha, Orellana” identifican los periodos húmedos y secos del año, en el cantón Joya de los Sacha, una vez obtenidos los parámetros meteorológicos. El periodo húmedo comprende desde septiembre a marzo y el periodo seco en abril el exceso de agua está presente en los meses de mayo a julio y toda esta agua es escurrida en el río Napo. También llegaron a la conclusión de que la evapotranspiración y la precipitación generalmente se correlacionan inversamente, esto quiere decir que ambos parámetros no suelen coincidir con la misma intensidad al mismo tiempo, esto se refleja en los periodos húmedos y secos donde los meses con altas precipitaciones tienen baja evapotranspiración y viceversa.

Espinoza (2012, pp. 81-83), en su trabajo de titulación “Balance Hídrico del Río El Ángel” establece las generalidades del método de balance hídrico específicamente de las precipitaciones, ya que es normalmente la única fuente de humedad que hay en el suelo, la obtención de datos debe ser precisa, ya que es vital para los cálculos del balance hídrico. La precipitación en una cuenca o en cualquier otra zona se mide a través de diversos aparatos, en caso de no haber aparatos suficientes se usan los datos de zonas aledañas y así obtener valores más exactos de precipitación. Cuanto más corto sea el periodo de cálculo del balance más información hidrometeorológica se va a necesitar para realizar el proceso.

Los resultados de Ojeda (2017, pp. 89-93), en “Determinación experimental del balance hídrico y análisis de las relaciones precipitación y escorrentía de la microcuenca del Río Blanco - Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas” se determinaron haciendo uso de datos meteorológicos del periodo (1991-

2015) se tomaron en consideración 7 estaciones para el cálculo de la temperatura y evapotranspiración, 13 estaciones para el cálculo de la precipitación también se obtuvo valores de evapotranspiración real, déficit y excesos de la zona. Se toman en cuenta algunas consideraciones al realizar el balance hídrico, al estar el Río Blanco en la parte alta de la provincia de Sto. Domingo la reserva de agua es igual a 0, por ello se deduce que tiene influencia en el régimen climático de la región costa. En cambio, en la parte baja del río la precipitación tiene un periodo claramente marcado. Las precipitaciones tienen picos de enero a abril, en cambio la evapotranspiración aumenta de mayo a diciembre razón por la cual en esos meses la infiltración es menor en comparación a los meses con mayor lluvia.

En el balance hídrico, se puede ver un periodo de sequía de agosto a noviembre debido a que existe un déficit hídrico, contrastando con los otros meses donde hay excedentes yendo acorde a los patrones climáticos de la zona, a pesar de que durante el último año del estudio existió una variabilidad climática ya que los periodos climáticos ya no son tan marcados.

El estudio de Guaminga (2019, pp. 66-69) “Caracterización del sistema hidrogeológico de la laguna de Colta, cantón Colta, provincia de Chimborazo” contó con información hidrometeorológica escasa, a fin de estimar el balance hídrico en la microcuenca de la laguna, se consideró adecuada a la estación de Guaslán ubicada en las cercanías, se calculó los periodos húmedos que van desde abril, mayo, y octubre donde los acuíferos tienden a recargarse. En cambio, de junio a septiembre y de noviembre a febrero el déficit hídrico es un aspecto muy marcado. Al ser los excesos no muy significativos no compensan los periodos de sequía por sí mismos por lo que se puede deducir que los acuíferos se recargan con ciertas áreas de páramo en la zona.

Las instituciones MAGAP e INAMHI (2012, pp. 14-16) en su reporte “Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional, Escala 1: 25 000” calcula el déficit hídrico del cantón Chambo mediante el balance hídrico de 2 estaciones climatológicas para el cálculo de los parámetros necesarios se utilizaron datos de mensuales de un serie de 25 años.

En la estación de Guaslán (M133) se tiene un déficit significativo en el mes de enero y también en el periodo de mayo a septiembre, en la estación Riobamba-Aeropuerto (M067) se tiene un déficit hídrico dividido en 2 periodos, el primero va de enero a marzo, el segundo toma lugar de mayo a diciembre. Finalmente, se interpolaron los resultados para todo el cantón con valores de déficit hídrico que van desde los 10 a los 100 mm a lo largo del territorio.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el estado climatológico de la microcuenca del río Chibunga mediante un balance hídrico

Objetivos específicos

- Hacer uso de SIG para obtener información geomorfológica de la microcuenca del Río Chibunga.
- Analizar la oferta y demanda hídrica de la microcuenca del río Chibunga
- Definir el índice de escasez que posee la microcuenca del río Chibunga

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Ciclo hidrológico

Es el conjunto de transformaciones que experimenta el agua al interactuar con el ecosistema tanto en forma, como en estado, este es un proceso irregular en el que puede o no satisfacer las necesidades de las diferentes poblaciones, dependiendo de los periodos puede haber sequías o inundaciones. El ciclo no tiene principio ni fin, el agua superficial se evapora y condensa, formando nubes que luego se precipitan, esta precipitación puede ser absorbida por las plantas interceptada por objetos o infiltrada por el suelo hasta depósitos subterráneos, siguiendo un principio de recirculación (Béjar 2004 p.16).

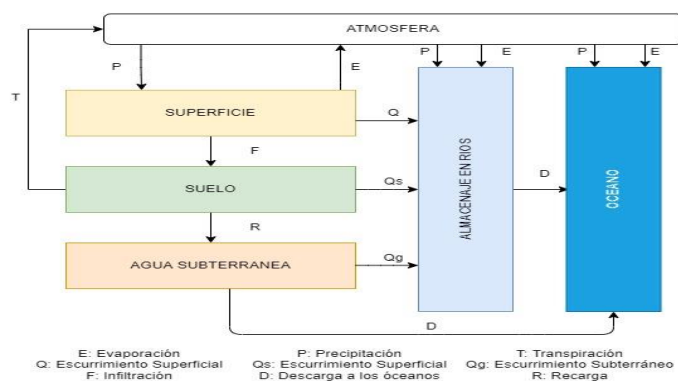


Ilustración 1-1: Ciclo hidrológico.

Fuente: (Vejar, 2004 p.16).

1.1.1. Precipitación

La precipitación es una forma de humedad atmosférica que tiene lugar después de la condensación del vapor de agua y formación de nubes, llega a la superficie terrestre en diversas formas. La precipitación incluye la lluvia, granizo, nieve, prácticamente cualquier forma de agua que cae a la tierra (Cahuana y Yugar, 2009 p.41).

1.1.2. Temperatura

La temperatura del aire debe considerarse como uno de los factores más importantes de la climatología, la temperatura media mensual es el promedio de las temperaturas mensuales máximas

y mínimas. Generalmente la temperatura tiene un gradiente vertical, esto quiere decir que la temperatura varía con la altura, tiende a ser menor en dirección a los polos, y a aumentar en latitudes bajas (Linsley, Kohler y Paulus 1977 p.23.).

1.1.3. Evapotranspiración potencial

La altura de agua máxima posible en las condiciones existentes para cubrir las pérdidas por evaporación y transpiración cuando el suelo tiene cobertura vegetal óptima y se encuentra hidratado correctamente. Esto significa que debe estar a capacidad de campo (Doorembos, J; Pruitt 1977).

1.1.4. Evapotranspiración real

Es el proceso en el que la evaporación de agua y la transpiración vegetal ocurren simultáneamente, un parámetro climático en el que se mide el poder evaporante de la atmósfera sobre un área específica, en condiciones reales, mientras el área de estudio posea reservas de agua. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre la evapotranspiración (Allen et al. 2006).

1.1.5. Escorrentía superficial

Se define como la cantidad de agua que recorre la superficie terrestre sin infiltrarse por el suelo después de una lluvia intensa del exceso de precipitación queda en el suelo una parte queda retenida, otra se infiltra y el resto escurre por el relieve, en ocasiones parte del agua infiltrada resurge y se convierte en agua superficial. En este parámetro influyen el clima, la fisiografía del área de estudio, y actividades humanas que alteren el curso natural del agua (Monsalve 1999 p. 177.).

1.1.6. Infiltración

Es el movimiento del agua desde de la superficie del suelo hacia dentro de sus capas por efecto de la gravedad y capilaridad. La infiltración es uno de los factores principales de pérdidas de agua, la infiltración sirve para establecer las tormentas de diseño, las curvas de intensidad-duración-frecuencia, los hietogramas. Básicamente juega un papel importante en las relaciones precipitación escorrentía (Aparicio 1992 p.177).

1.1.7. Balance hídrico

Es un proceso hidrológico que consiste en calcular y cuantificar las entradas y salidas de agua dentro de una cuenca obteniendo una variación temporal del volumen de agua. El proceso implica la obtención de información meteorológica, cálculos estadísticos, morfometría de la cuenca, propiedades del terreno que posea el área de estudio, población. Algunos de estos requisitos no se calculan, sino que se estiman, especialmente los relacionados con volúmenes de agua. La temporalidad también es fundamental para la consideración de los parámetros involucrados en el cálculo. Mientras más grande sea el periodo de tiempo a considerar menos factores se toman en cuenta, ya que se consideran constantes, variables como la escorrentía y la infiltración y las únicas entradas y salidas de agua son las determinadas por la climatología (Gómez-Reyes 2013).

$$\text{Cambio en almacenamiento} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

$$P = ES + ETP + I \quad (1)$$

Donde:

P: Precipitación

ES: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración

I: Infiltración

1.2. Sistemas de información geográfica

Es un programa computacional con base de datos (software y hardware) que sirve para visualizar, consultar y operar mapas, además de realizar operaciones con vectores y algebra de mapas involucrados en las áreas de cartografía, geografía, geología, etc. En pocas palabras sirven para modelizar aspectos de la realidad geográfica como un medio o territorio específico gráficamente mediante un paquete de metadatos digitales que contienen un conjunto de capas y gráficos (Quintana 2008).

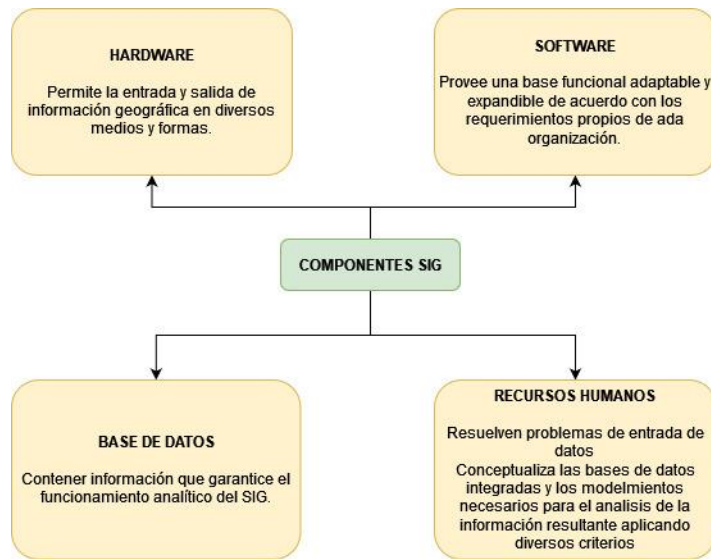


Ilustración 2-1: Componentes de un SIG.

Fuente: (Biblioteca Digital de Agrimensura 2014).

1.2.1. Capa vectorial

Conjunto de objetos que contienen información gráfica representada en forma de puntos, líneas y polígonos e información alfanumérica descriptiva específica de distintas localidades en forma de tabla que contiene filas (registros) y columnas (campos). Cada campo de la tabla describe un aspecto de las entidades de la capa.

- El vector punto marca la posición de los objetos en forma de pares de coordenadas ya sea en función de la latitud y altitud o de coordenadas (x, y) en el caso de este tipo de vector el tamaño del objeto no es importante para su empleo.
- El vector línea es una serie de puntos visualizados como segmentos rectos entre 2 puntos, inicial y final llamados nodos
- El vector polígono representa las superficies gráficamente mediante líneas cerradas, este vector puede tener diversas características como cobertura del suelo, ecosistemas, límites políticos, formaciones geológicas, etc. (Espinosa 2019 pp. 789–804).

Shapefiles	Coberturas	Geodatabase
 Puntos	 Puntos	 Puntos
 Líneas	 Líneas	 Líneas
 Polígonos	 Polígonos	 Polígonos

Ilustración 3-1: Capas vectoriales de ArcGIS.

Fuente: (Quintana 2008).

1.2.2. Capa ráster

Esta capa representa las diferentes formaciones de terreno mediante matrices de pixeles cada pixel posee un valor numérico, cada número representa una propiedad del terreno que se analiza mediante el SIG. Los diferentes mosaicos de las celdas agrupadas en donde predominan los rectángulos y cuadrados.

Este modelo es adecuado para representar fenomenología del terreno ya sean distancias, emisiones, climatología, cobertura vegetal, topografía, etc. (López, Posada y Moreno 1990).

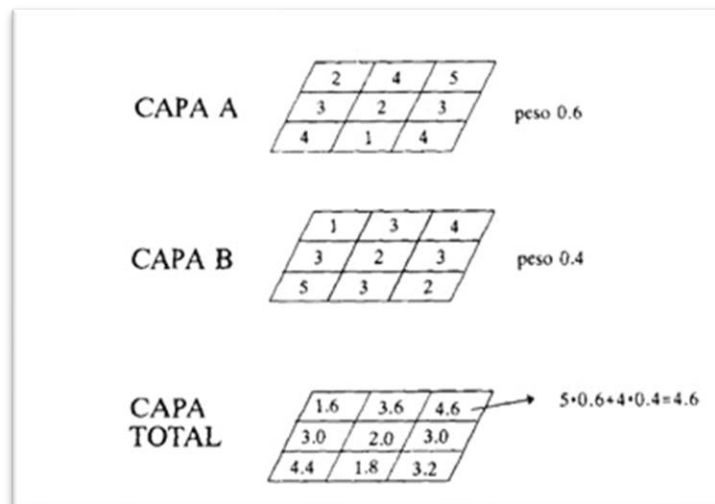


Ilustración 4-1: Integración de capas de información raster.

Fuente: (Santos Preciado 1997 p.129).

1.2.3. Interpolación

Es un proceso en el que se obtiene una capa raster a partir de una nube de puntos que contiene datos en formato vectorial, el método sirve para predecir valores de cualquier característica como concentración de contaminantes, climatología, elevación, ruido, etc. Existen diversos métodos de interpolación los más importantes están:

- Ponderación de distancias inversas (IDW) mediante este método a partir de las distancias entre los puntos de entrada y los valores representados en ellos, producto de este proceso se obtiene una malla raster con celdas cuyo valor es el promedio de los valores en los vectores de entrada.
- La interpolación de kriging genera una capa raster producto de una nube de puntos con valores en z estos valores deben ser lo más precisos posible para obtener resultados óptimos.
- La interpolación por natural neighbor tiene una capa raster resultante en la que se consideran las distancias más cercanas a un punto especificado en las capas de entrada que aplica valores ponderados sobre las áreas que se forman entre los puntos (ESRI 2021).

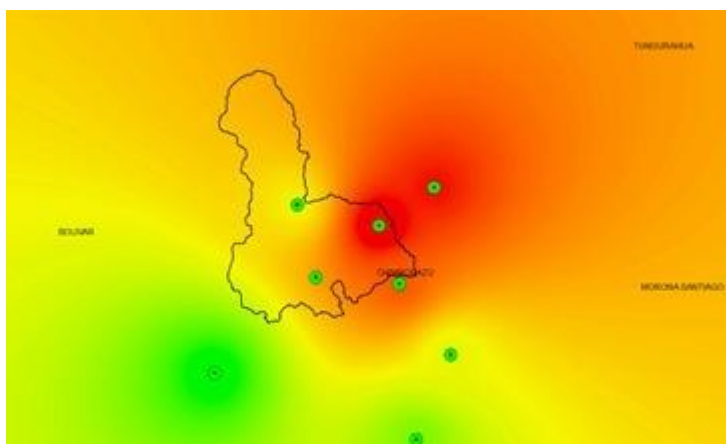


Ilustración 5-1: Interpolación a partir de vector punto.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023

1.2.4. *Polígonos de Thiessen*

Una técnica que opera en función de medias ponderadas de precipitación en función de un área, esta superficie está determinada a partir de la cercanía que tienen las estaciones meteorológicas entre sí alrededor de la cuenca.

El área que crean los polígonos de Thiessen está limitada por líneas ortogonales imaginarias que unen a los vectores de las estaciones, solo se toman en cuenta a los pluviómetros de mayor cercanía a la cuenca. Una vez que se tiene trazados los polígonos se realiza una sumatoria de las intensidades en las áreas de influencia con respecto al área total de la cuenca (Sanchez 2017).

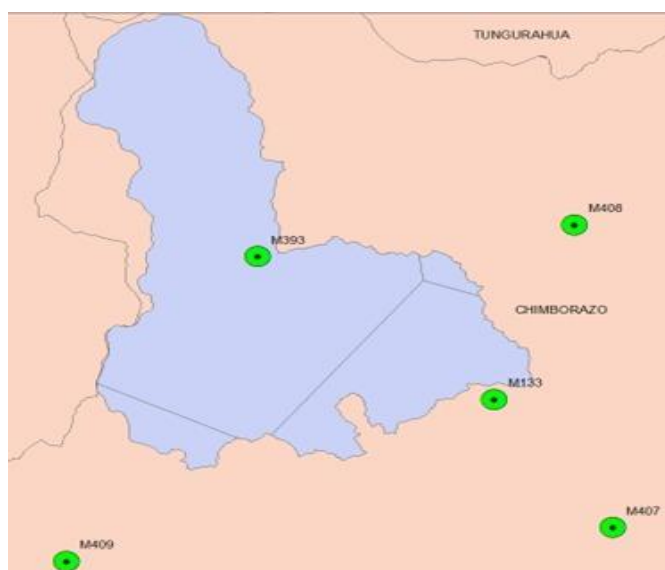


Ilustración 6-1: Precipitación media mediante polígonos de Thiessen.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.2.5. *Isotermas*

Son curvas que unen 2 puntos que representan temperaturas similares durante un periodo de tiempo establecido ya sea diario mensual semanal o anual, tomando en cuenta los pisos climáticos de la zona. Generalmente el mapa se obtiene mediante la extrapolación de las temperaturas medias mensuales obtenidas en las estaciones climatológicas (Pineda y Suarez 2014).

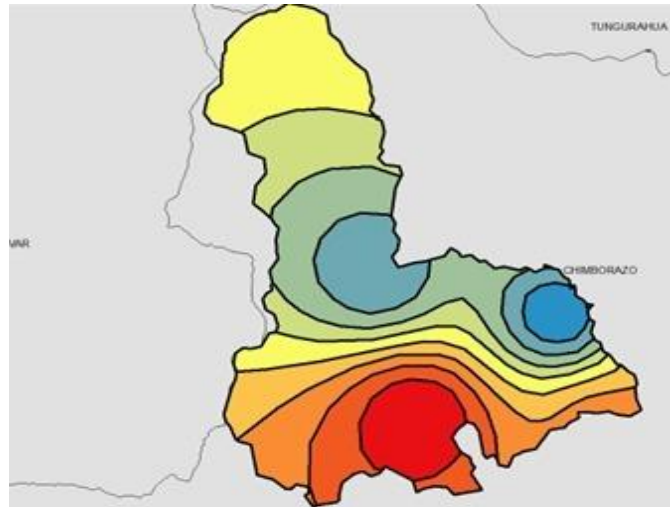


Ilustración 7-1: Ejemplo de un mapa de isotermas.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.2.6. Isoyetas

Un mapa de curvas imaginarias que representan la intensidad de lluvia en áreas de incidencia que se forman, pueden representar lluvias diarias, mensuales, anuales, etc. La elaboración de un mapa de isoyetas depende de factores altitudinales, orográficos y a que la climatología de la zona sea homologa (Suárez Medina, Aguilar Garduño y Astudillo Enríquez 2016).

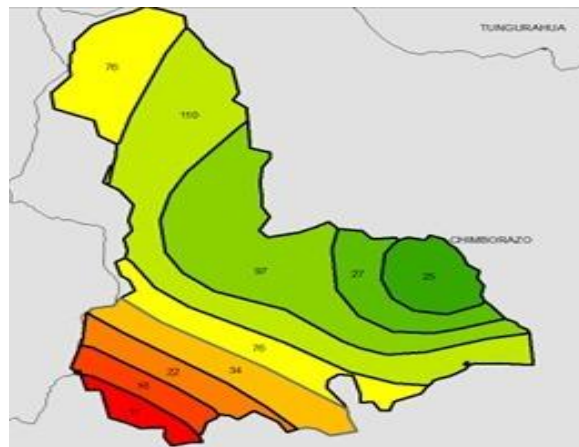


Ilustración 8-1: Mapa de isoyetas.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.3. Cuenca hidrográfica

La cuenca es el espacio geográfico natural por el que se divide el territorio, de ellas comienza a escurrir las diferentes formas del agua, hasta desembocar en un punto común que usualmente es una gran masa de agua, generalmente es un gran río o un océano (Aguirre 2011).

1.3.1. Morfometría de la cuenca

Las características físicas de una cuenca están correlacionadas con la disponibilidad de agua en ella, sin embargo la carencia de información cartográfica, climatológica, hidrológica de la que se dispone dificulta estudiar las relaciones del agua y el terreno, por lo tanto su uso en estudios hídricos es limitado, además las escalas de las pocas fuentes de información viables no siempre coinciden entre sí, lo que hace que la obtención de ciertos parámetros sea poco fiable (Isabel Gorri Fulgencio Saura-Calixto 1997 pp. 295-316).

1.3.2. Características físicas de una cuenca

1.3.2.1. Área

Corresponde a la superficie que delimita la línea divisoria de aguas, una proyección horizontal de todo el terreno de drenaje en la cuenca. Medido en km² (Lux 2016).

1.3.2.2. Perímetro

Se define como la longitud de la línea divisoria de aguas en la cuenca, un parámetro que junto al área permite inferir la forma de la cuenca, habitualmente se calcula mediante herramientas computacionales como los Sistemas de Información Geográfica (Reyes Trujillo, Ulises Barroso y Carvajal Escobar 2010).

1.3.2.3. Longitud de la cuenca

La longitud de una cuenca depende enteramente del cauce principal, siendo la distancia equivalente entre el punto de cierre de la cuenca y el punto más alto dentro del área. Este punto es fundamental para el cálculo de algunos de los parámetros morfométricos (Ibáñez, Moreno y Gisbert 2010 p.6).

1.3.2.4. Ancho de la cuenca

Parámetro que se obtiene del cociente entre el área y la longitud de la cuenca. Reportado en km (Corradine 2017 p.6).

1.3.2.5. Factor de forma (kf)

El factor de forma es bajo en cuencas con pendientes pronunciadas, en cambio cuando este es alto la zona de estudio puede tener sumideros o poca pendiente (Quijano 2014 p.12)

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca definido por:

$$k_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Donde:

kf: Factor de forma

A: Área de la cuenca en km²

L: Longitud axial de la cuenca

Tabla 1-1: Clasificación de la cuenca de acuerdo con el factor de forma.

kf	FORMA
<1.0	Cuenca alargada
1	Cuenca cuadrada
>1.0	Cuenca achatada

Fuentes:(CVC y Consorcio POMCA Quindío 2017 p.6)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.3.2.6. Índice de compacidad

Es un índice adimensional obtenido al relacionar el perímetro y el área de la cuenca para determinar su forma su ecuación es:

$$k_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

Donde:

kc: Índice de compacidad

P: Perímetro de la cuenca

A: Área de la cuenca en km²

Tabla 2-1: Clasificación de la cuenca de acuerdo con el índice de compacidad.

Kc	FORMA
1.0 - 1.25	Forma redonda - Oval redonda
1.25 - 1.50	Oval redonda - Oval oblonga
1.50 - 1.75	Oval oblonga - Rectangular oblonga
>1.75	Casi rectangular (alargada)

Fuente: (Gorii et al. 1997 p.3.)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.3.2.7. Relación de elongación

Se define como la relación entre un círculo de diámetro y área iguales a la longitud y superficie de la cuenca (Gorii et al. 1997 p.3.)

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (4)$$

Donde:

R_e: Relación de elongación

A: Área de la cuenca en km²

L: Longitud de la cuenca

1.3.3. Parámetros de relieve

1.3.3.1. Curva hipsométrica

Es una figura que traza el porcentaje del área de una cuenca sobre las curvas de nivel, permite establecer la edad del relieve y caracterizar el mismo determinando los procesos erosivos del área de estudio (Cruz et al. 2015).

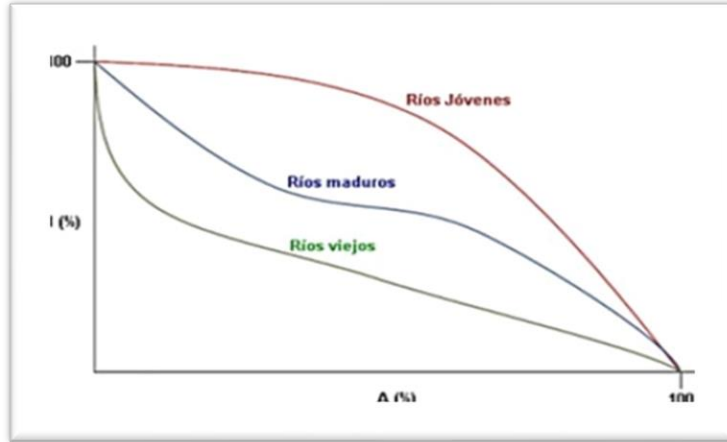


Ilustración 9-1: Clasificación de cuencas según la curva hipsométrica.

Fuente:(CVC y Consorcio POMCA Quindío 2017 p.13)

1.3.3.2. Elevación media

Es la altura promedio de la cuenca con respecto al nivel del mar, en muchos casos afecta el comportamiento hidrológico de las diferentes regiones, brindando una zonificación ecosistémica de las áreas de estudio (Gaspari et al. 2013 gaspari pp 52-54.).

1.3.3.3. Rectángulo equivalente

Es la representación de la cuenca como un rectángulo de perímetro similar, donde las curvas de nivel son rectas paralelas al lado menor. Se usa para identificar el área de una cuenca entre ciertos intervalos de altitud (Martínez 1986). Los componentes del rectángulo equivalente se obtienen mediante las siguientes fórmulas:

$$L = \frac{kc\sqrt{A}}{1.128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{kc}\right)^2}\right) \quad (5)$$

$$l = \frac{kc\sqrt{A}}{1.128} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{kc}\right)^2}\right) \quad (6)$$

Donde:

L: Lado mayor

l: Lado menor

kc: Índice de compacidad

A: Área de la cuenca en km^2

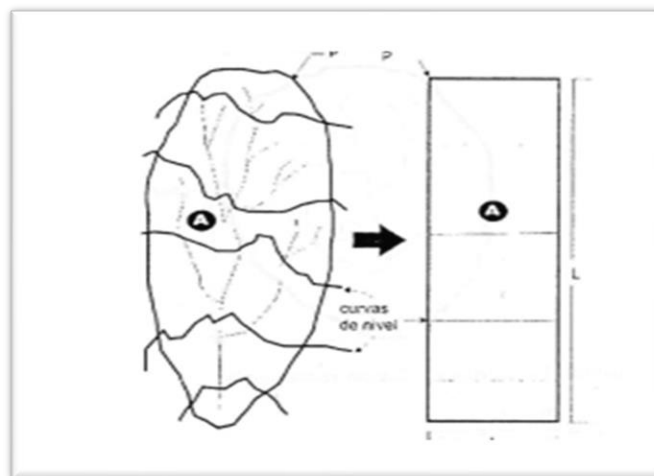


Ilustración 10-1: Transformación de una cuenca en un rectángulo.

Fuente: (Vejar, 2004 p.43)

1.3.3.4. Frecuencia de altitudes

Es un complemento de la curva hipsométrica, en el que se representa en un histograma el porcentaje parcial de la cuenca conforme a la altitud de esta. También en ella se determina la altitud más frecuente, donde se encuentra la fauna y flora más común y donde se enfocan los procesos productivos (Racca 2007).

1.3.3.5. Pendiente de la cuenca

Desnivel que tiene la cuenca con respecto a su cauce principal, este parámetro tiene una correlación con la infiltración, escorrentía superficial, humedad del suelo, aportación de agua a los acuíferos. A medida que la pendiente aumenta, el escurrimiento, la erosión, la sedimentación y las magnitudes de las avenidas también lo hacen (García et al. 2019).

Tabla 3-1: Clasificación del relieve de acuerdo con la pendiente media.

PENDIENTE MEDIA	RELIEVE
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Medianamente accidentado
12 - 20	Accidentado
20 - 35	Fuertemente accidentado
35 - 50	Muy Fuertemente accidentado
50 - 75	Empinado
>75	Muy Empinado

Fuente: (Reyes Trujillo, Ulises Barroso y Carvajal Escobar 2010).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.3.4. Parámetros de drenaje

1.3.4.1. Orden de cauces

Representación del grado de bifurcación de una red hidrográfica a los cauces iniciales se les asigna el valor de 1, cuando 2 cauces del mismo valor se juntan forman un cauce de orden superior. A partir de la escala en la que se realice el estudio hidrológico se puede definir la red principal y secundaria de la cuenca (Gaspari et al. 2012).

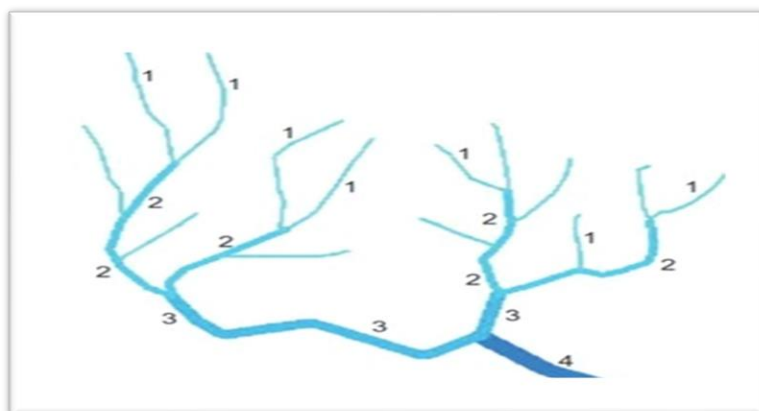


Ilustración 11-1: Orden de cauces de acuerdo con Strahler.

Fuente: (Wang et al. 2016 p.24)

1.3.4.2. Relación de bifurcación media (R_b)

Relación entre los números de corrientes de cierto orden y su inmediato superior, este parámetro sirve para determinar el radio de bifurcación entre ordenes de ríos y la suma de estos (Martínez y Díaz 2010).

Definida por la ecuación:

$$R_b = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad (7)$$

Donde:

R_b : Relación de bifurcación

N_i : Numero de corrientes de orden i

N_{i+1} : Numero de corrientes de orden superior

1.3.4.3. Frecuencia de ríos

Relaciona la totalidad de la red hídrica de la cuenca con la superficie (Moreno 2015). Representada por la ecuación:

$$F_C = \frac{N_R}{A} \quad (8)$$

Donde:

F_C : Frecuencia del número de cauces

N_R : Numero de ríos

A : Área de la cuenca

1.3.4.4. Pendiente del cauce principal

Es la diferencia entre las cotas del río dividida por la longitud que hay entre ellas (Mogollón y Sánchez 2018). Definida por la fórmula:

$$S_R = \frac{100(Cota\ mayor - Cota\ menor)}{L_{CP} \times 1000} \quad (9)$$

Donde:

S_R : Pendiente del cauce principal

L_{CP} : Longitud del cauce principal

Tabla 4-1: Clasificación de las pendientes de un río.

PENDIENTE (%)	CLASIFICACIÓN
1-5	Suave
6-11	Moderado
12-17	Fuerte

Fuente: (Mogollón y Sánchez 2018).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.3.4.5. Densidad de drenaje

Representa el número de cauces a lo largo de la cuenca, indica de las características del suelo, valores altos se correlacionan con terrenos que poseen poca cobertura vegetal, fácilmente erosionables, con un drenaje eficiente. En cambio valores bajos representan suelos poco erosivos, con densa cobertura vegetal y pobremente drenados (Choquehuanca 1993). Parámetro definido por:

$$D_d = \frac{L_T}{A} \quad (10)$$

Donde:

D_d : Densidad de drenaje

L_T : Longitud total de las corrientes

A: Área de la cuenca

Tabla 5-1: Clasificación de la cuenca de acuerdo con la densidad de drenaje.

D_d	DRENAJE DE LA CUENCA
≥ 0.5	Drenaje pobre
≥ 3.5	Drenaje eficiente

Fuente: (Flores 2017 p.31).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.4. Parámetros del suelo

1.4.1. Textura

Se define como la propiedad del suelo que expresa la distribución del tamaño de las partículas sólidas, por medio de la textura se pueden inferir otras propiedades como: su capacidad productiva, comportamiento mecánico, capacidad de campo, densidad aparente, capacidad de usos, entre otros parámetros (Pereira et al. 2011).

Tabla 6-1: Clasificación del suelo según la textura

TEXTURA	GRANULOMETRÍA	COMPOSICIÓN
Arena	2 - 0.02 mm	Granos de cuarzo meteorizados
Limo	0.02 -0.002 mm	Partículas de tamaño fino como el talco
Arcilla	<2 μ m	Alteración química de la materia orgánica

Fuente:(Conti 1998).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

Determinar la clase textural del suelo es una tarea complicada debido a que, de acuerdo con su estructura, maleabilidad, porosidad, puede ser un híbrido de estas 3 clases. Por lo que se han desarrollado varias metodologías para determinar la textura, la más usada es el triángulo de texturas que determina la clase de suelo de acuerdo con la composición porcentual de arena, limo, o arcilla.

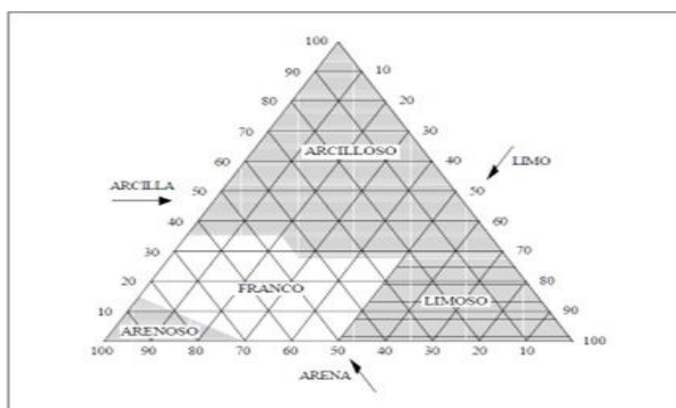


Ilustración 12-1: Triángulo de texturas del suelo

Fuente:(López 2006 p.59.).

1.4.2. Capacidad de campo

Es el contenido de humedad relativamente constante que se retiene en el suelo luego de que sus poros se han drenado por completo, está propiedad es determinada de acuerdo con la clase textural, inferida a partir de muestreos realizados en laboratorio (Jaramillo 2002).

1.5. Oferta hídrica

Es el volumen total de agua que se precipita sobre la cuenca y fluye, después de haber cumplido con las cuotas de infiltración y evapotranspiración que es aprovechable por la población. Se mide en Mm^3 y su cantidad neta tiende a reducirse debido a factores como la contaminación o el caudal ecológico. (Ferrando 2003).

1.5.1. Reducción por calidad

La calidad de agua es uno de los parámetros que reduce la oferta hídrica neta la calidad de agua es determinada por las actividades antrópicas, escorrentía del agua en zonas de producción agrícola, ganadera, industrial, o la descarga de aguas hervidas de manera directa. Al momento en que los ríos reciben estas cargas de las diferentes fuentes, sin un tratamiento previo, pueden receptor altas cantidades de sedimento, producto de los procesos de erosión natural o antrópica. Cuando la calidad del recurso es deficiente, restringe la disponibilidad del agua y sus usos (López 2014).

Tabla 7-1: Reducción de la oferta hídrica de acuerdo con la calidad de agua.

ICA		REDUCCIÓN
BUENO	>80	0
MEDIO	≤80	10%
MALO	≤50	15%
MUY MALO	≤25	20%

Fuente:(CORPONARIÑO 2009).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.5.2. Reducción por caudal ecológico

El caudal ecológico se define como la cantidad de agua necesaria en un ecosistema para que la flora y fauna pueda subsistir. La Autoridad Ambiental de aplicación responsable (2007, pp.14-15), en el “ACUERDO MINISTERIAL 155” define el caudal ecológico como al menos el 10% del caudal anual.

1.6. Demanda hídrica

Es el volumen de agua que se requiere para satisfacer las actividades socioeconómicas de una población determinada durante un espacio de tiempo establecido, manteniendo un flujo de producción hídrica constante (Caguana 2015).

1.6.1. Población

Se define como una muestra representativa de un sector determinado, en los proyectos hidrológicos es un parámetro que determina los requerimientos de agua del área de estudio. Los territorios se pueden dividir por límites políticos o naturales, es decir por provincias o cuencas. Las poblaciones ya sean urbanas o rurales ocupan distintos lugares dentro de una cuenca, la extensión del terreno que cada cantón o provincia ocupa puede cambiar (Carrie 2004).

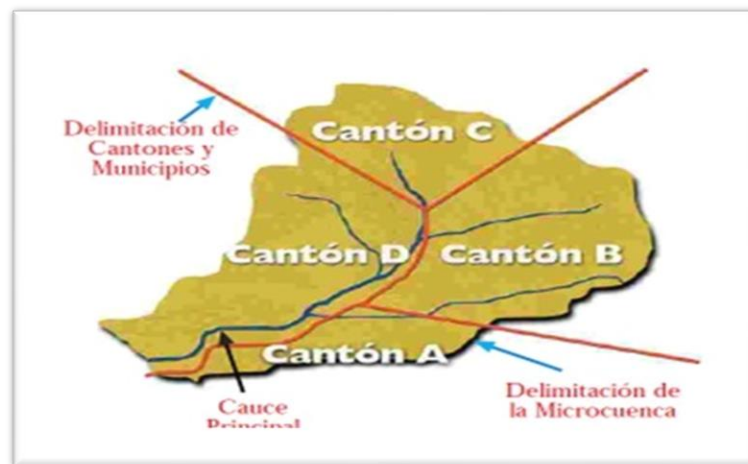


Ilustración 13-1: Delimitación entre las unidades geográficas y unidades políticas.

Fuente: (Carrie 2004).

La población futura puede calcularse mediante fórmulas matemáticas, mediante el método geométrico como lo estipula La Secretaría Nacional del Agua en la “CO 10.07 - 601” cuya fórmula es:

$$P_f = P_a(1 + r)^n \quad (11)$$

Donde:

P_f : Población futura

P_a : Población actual

r : Tasa de crecimiento poblacional

n : Periodo de diseño (años)

1.6.2. Dotación

La cantidad de agua que necesita una persona para satisfacer sus necesidades, sin tener en cuenta las pérdidas. Una vez estimada la población del territorio, y la dotación se calcula el caudal de consumo para la zona, sin tener en cuenta las pérdidas (Carvajal y Pino 2018). Se define por la siguiente fórmula:

$$Q_c = \frac{P_a \times D}{86400} \quad (12)$$

Donde:

Q_c : Caudal de consumo

P_a : Población actual

D : Dotación

Tabla 8-1: Dotaciones Recomendadas.

POBLACIÓN (Hab)	CLIMA	DOTACIÓN (L.hab/día)
< 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 - 50000	Frío	180-200
	Templado	190-200
	Cálido	200-230
> 50000	Frío	200
	Templado	220
	Cálido	230

Fuente: (SENAGUA 2015).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

1.6.3. Índice de escasez

Es la relación porcentual existente entre la demanda hídrica y la oferta disponible que expresa la disponibilidad hídrica de la zona de estudio (Díaz 2020). Establecido por la fórmula:

$$I_e = \frac{D_h}{O_h} \times 100 \quad (13)$$

Donde:

I_e: Índice de escasez

D_h: Demanda hídrica

O_h: Oferta hídrica

Tabla 9-1: Categorización del índice de escasez.

ÍNDICE DE ESCASEZ	CATEGORÍA	OBSERVACIÓN
<1%	Muy bajo	Demanda no significativa
1-10%	Bajo	Demanda muy baja
10-20%	Moderado	Demanda baja
20-50%	Alto	Demanda alta
>50%	Muy alto	Oferta insuficiente

Fuente: (CORPONARIÑO 2009).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo debido a que se obtendrán datos climáticos, de las diferentes variables necesarias para realizar el balance hídrico como son:

- Precipitación
- Evapotranspiración
- Temperatura
- Oferta y demanda hídrica
- Índice de escasez de la microcuenca

También tiene carácter descriptivo ya que busca referir las características climáticas más importantes de la microcuenca del Río Chibunga. Lo cual lleva a determinar que este estudio es No Experimental, pues dichas variables no serán manipuladas intencionalmente, sino que se observará el fenómeno de interés en su forma natural. Por último, será de tipo longitudinal debido a que se pretende recolectar y analizar información en distintos períodos de tiempo con el fin de inferir información acerca de los cambios en el clima y la disponibilidad de agua en la microcuenca.

La microcuenca del río Chibunga se encuentra en la provincia de Chimborazo y forma parte de la subcuenca del río Chambo, el área de estudio tiene una superficie aproximada de 418 km² y una extensión longitudinal de 38km va desde el noroeste al sureste, el cauce de este río es uno de los más representativos para la ciudad de Riobamba, Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2021), la zona de estudio posee una temperatura promedio que va desde 10 a 14 °C, una altura promedio de 3600 msnm, la época de avenida en el área de la microcuenca va de diciembre a mayo y la de estiaje de junio a octubre.

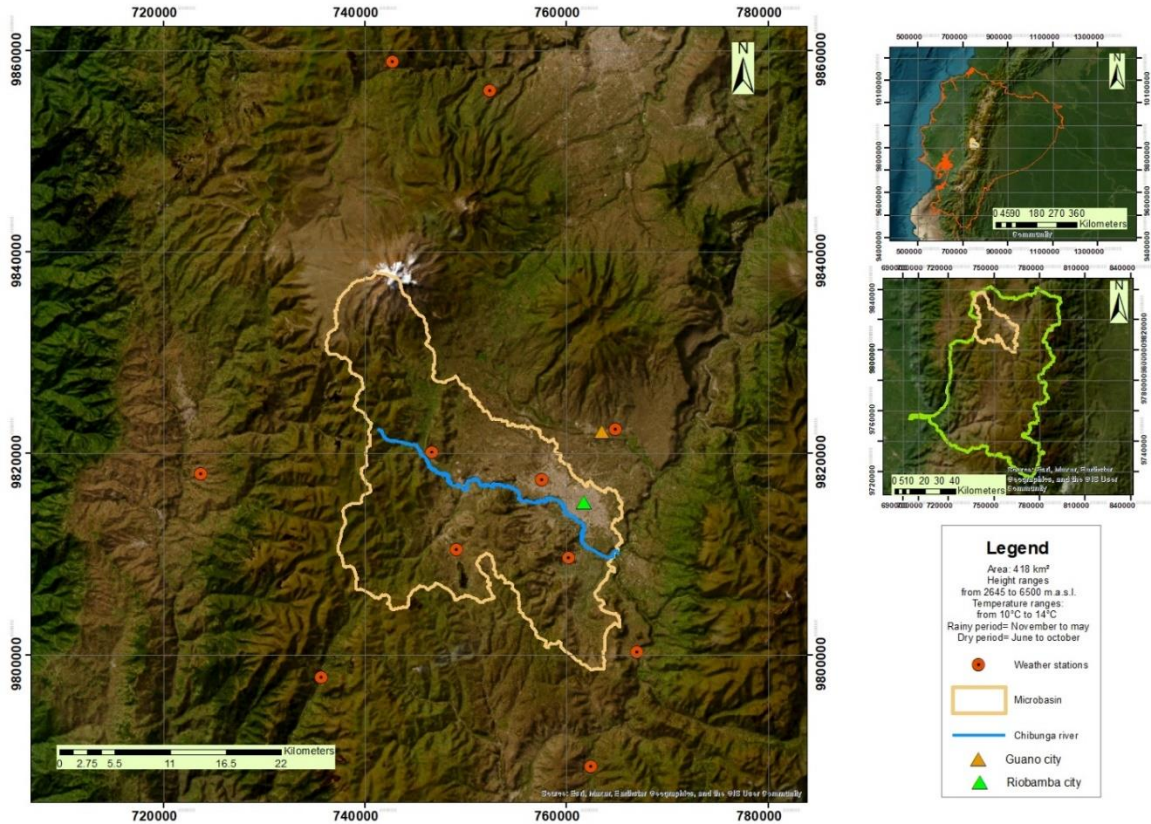


Ilustración 1-2: Mapa de ubicación de la microcuenca del río Chibunga.

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

2.1. Delimitación del área de estudio

En la provincia de Chimborazo uno de los recursos hídricos más representativos es el río Chibunga que beneficia a diferentes cantones. Este se encuentra dentro de la subcuenca del río Chambo, que forma parte de la cuenca del río Pastaza. Sus aguas son aportes para aproximadamente 25 comunidades, mayoritariamente agrícolas (Cisa 2021 p.27.).

Mediante el uso de Modelos de Elevación Digital de la zona, obtenidos del sitio web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) se realiza la georreferenciación de los componentes dentro del Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10x, al sistema de coordenadas UTM de la zona 17 sur.

Mediante el complemento del software HecGeo, se delimita la zona a partir del MED y diferentes componentes hidrológicos del programa, en un orden específico, como muestra la Ilustración 2-2.:

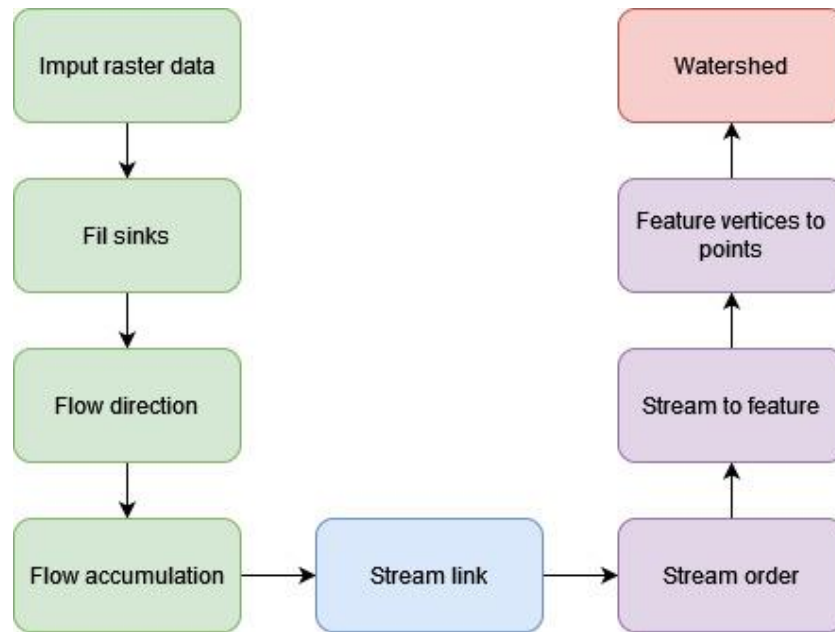


Ilustración 2-2: Proceso de delimitación de cuenca con HecGeo.

Fuente:(Castro 2017 pp. 6-9).

2.1.1. Determinación de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca

La geomorfología de la microcuenca se calculó haciendo uso de las ecuaciones descritas en el marco teórico, en conjunto con software especializado, mediante herramientas de análisis espacial, hidrológicas, calculadora de superficies, algebra de mapas, análisis 3D. Caracterizando la zona adecuadamente, teniendo en cuenta factores como la altitud, climatología, relieve, pendientes, etc.

2.2. Obtención de datos meteorológicos

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador es el encargado de proveer la información meteorológica usada en este estudio. Dentro y fuera de la microcuenca del río Chibunga se cuenta con algunas estaciones activas (Tabla 1-2:). Además de registros que contienen datos meteorológicos a través de 31 años que van desde 1990 al 2020.

Tabla 1-2: Estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca del río Chibunga.

CÓDIGO	ESTACION	X	Y	ALTITUD
M030	SAN SIMÓN	723679	9817973	2530
M133	GUASLAN	760216	9809636	2850
M376	PILAHUIN	752358	9856011	3314
M393	SAN JUAN-CHIMBORAZO	746623	9820099	3220

M395	CEBADAS	762446	9788953	2930
M407	LICTO	767007	9800255	2865
M408	GUANO	764839	9822414	2620
M409	PANGOR-J.DE VELASCO	735652	9797775	3109
M1036	RIOBAMBA-ESPOCH	757545	9817389	2850
M1069	CALAMACA	742705	9858860	3437
M5186	CAJABAMBA	749091	9810476	3226

Fuente: (INAMHI 2021).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

2.2.1. Cálculos y ajustes de datos faltantes de precipitación

La serie de datos medios mensuales tuvo 261 blancos para la estimación y complementación de los datos faltantes se usó el paquete estadístico de R llamado climatol (Guijarro 2018). Para aplicar esta metodología correctamente se organizaron los datos de 10 estaciones a lo largo de 31 años, se homogeneizó y estandarizó los blancos mediante un análisis exploratorio, tomando como referencia los datos de las estaciones vecinas.

Llenando los 261 blancos y organizándolos en 3 periodos distintos. El primero de 1990 a 1999, el segundo de 2000 a 2009 y el último de 2010 a 2020.

2.2.2. Cálculo de la temperatura y precipitación media de la cuenca

El cálculo de la temperatura media se realizó mediante 3 diferentes métodos: Polígonos de Thiessen, interpolación de kriging, interpolación IDW.

Se tomó el método de interpolación de kriging como base para realizar el estudio debido a que funciona bien con datos estadísticos estandarizados como los obtenidos con el climatol, obteniendo así datos promedio mensuales de precipitación y temperatura producto de áreas de influencia generadas con mapas de isotermas e de isoyetas.

2.2.3. Cálculo de la evapotranspiración potencial

Debido a las limitaciones que presentan las diversas estaciones meteorológicas de la zona, se descartaron algunos de los métodos del cálculo de la evapotranspiración que involucran variables climatológicas como: humedad, radiación solar, presión atmosférica y velocidad del viento. Se optó por el método de evapotranspiración de Thornthwaite debido a que solo es necesario conocer la

temperatura media y ciertos factores de corrección que dependen de la latitud de la zona de estudio (Sánchez-Almohalla Serrano y Montaner Salas 1988).

Mediante el uso de Excel, la calculadora raster del software Arc Gis y el software libre PETP V2.0.0, se calcularon y comprobaron los resultados de evapotranspiración, Tomando en cuenta las siguientes ecuaciones:

Índice de calor mensual

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.5} \quad (14)$$

Índice de calor anual

$$I = \sum i \quad (15)$$

Evapotranspiración sin corregir

$$ETP_{\text{sin corregir}} = 16\left(\frac{10t}{I}\right)^a \quad (16)$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 0.01792 I + 0.49239 \quad (17)$$

Evapotranspiración corregida

$$ETP = ETP_{\text{sin corregir}} \frac{N}{12} \frac{d}{30} \quad (18)$$

Donde:

t: Temperatura media mensual

i: Índice de calor mensual

I: Índice de calor anual

a: Constante térmica

N: Número diario de horas de sol

d: Número de días del mes

ETP: Evapotranspiración potencial corregida

2.3. Cálculo del balance hídrico en la microcuenca

Una vez obtenidos los parámetros como la precipitación y la evapotranspiración, estos dos valores se restan obteniendo la precipitación útil. Este valor se vuelve a restar debido a la infiltración de agua del suelo y su absorción, determinado por el valor de la capacidad de campo, obteniendo los excesos y déficits hídricos de cada uno de los meses establecidos, marcando las épocas de lluvia y de sequía en la zona.

Se deben tomar ciertas consideraciones para el balance hídrico:

- El mes de inicio del año hidrológico es el primer mes en el rango de tiempo de estudio en el que la cantidad de precipitación supera a la cantidad de evapotranspiración.
- Las variaciones en el almacenamiento (ΔAlm) son la diferencia del valor de almacenamiento de agua útil en el suelo (marcado por la capacidad de campo) del mes a analizar con el valor del mes anterior.
- Las reservas de agua se van acumulando, sumando la precipitación útil con las reservas de meses anteriores hasta llegar a la capacidad de campo.
- El almacenaje de agua útil toma valores únicamente positivos, es igual a 0 solamente cuando $ETP < P$.
- Si el valor del agua útil es mayor a la capacidad de campo, el agua sobrante se cuenta como exceso.
- Si hay déficit las reservas comienzan a consumirse y el valor de la precipitación útil es negativo.
- La Evapotranspiración real (ETR) considera los meses con excesos y déficit hídricos, cuando no existe un déficit el valor de la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real son iguales. En cambio, cuando existe un déficit hídrico se considera la precipitación del mes a analizar sumado a la resta entre la reserva del mes anterior y la reserva del mes estudiado (Díaz y Guillermo 2018).

2.4. Determinación de la oferta hídrica

La oferta hídrica del área de estudio se obtiene una cantidad de agua de flujo determinada por los excesos que se calculan en el balance hídrico.

La sumatoria de los excesos de agua se multiplica por el área de la cuenca y se obtiene el valor neto de la oferta hídrica, sin embargo se deben aplicar factores de reducción, considerando el caudal ecológico que está especificado en la legislación ambiental nacional y la calidad de agua que posee

la cuenca, determinada por el Índice de Calidad de agua (ICA) este parámetro se infirió basado en un estudio realizado por (Veloz y Carbonel 2018) y el porcentaje de reducción de acuerdo al índice de calidad se obtuvo mediante un estudio realizado por (CORPONARIÑO 2009). Como se muestra en la Tabla 7-1:.

2.5. Determinación de la demanda hídrica

La estimación de la demanda hídrica total se da a partir de la densidad poblacional y los volúmenes de consumo de la población, como se muestra en la 0. Para lo cual se toman como referencia los registros poblacionales cantonales que posee el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, obteniendo una población aproximada del área de estudio.

Haciendo uso de la normativa de la Secretaría Nacional del Agua “CO 10.07 - 601” se obtiene la dotación media para la zona, infiriendo el caudal de consumo aproximado de la cuenca para los diferentes periodos de tiempo que se desea estudiar, reportándolo en millones de metros cúbicos.

2.6. Determinación del índice de escasez

El índice de escasez de la cuenca, el cual es el producto del cociente entre la demanda y la oferta expresado en forma de porcentaje. Como se muestra en la Tabla 9-1:.

CAPITULO III

3. RESULTADOS

3.1. Geomorfología de la microcuenca del río Chibunga

La microcuenca del río Chibunga cuenta con una superficie de 418.48 km², el área de la cuenca está dividida entre los cantones Colta, Guano y Riobamba. La mayor parte del área se encuentra dentro de los cantones Riobamba y Colta, con una pequeña parte dentro del cantón Guano.

Tabla 1-3: Distribución del área de la microcuenca en los límites políticos.

CANTÓN	ÁREA EN LA CUENCA (Km ²)
Colta	147,92
Guano	6,79
Riobamba	263,77
Total	418,48

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

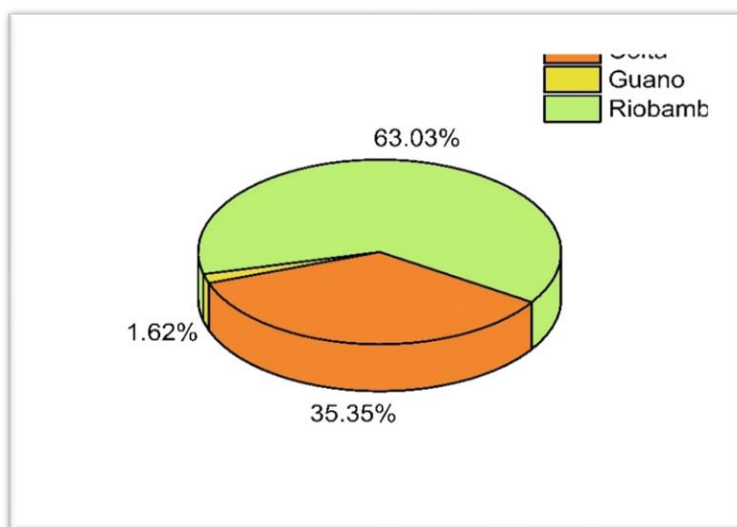


Ilustración 1-3: Distribución porcentual del área de la cuenca en el territorio.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

El río Chibunga tiene una longitud aproximada de 32.16 km, es un río de orden 3 de acuerdo con el método de Strahler dentro de la red hídrica se encuentran el Río Chimborazo, de segundo orden y el Río Sicalpa, también de orden 2, sus aguas desembocan directamente en el río Chambo.

La cuenca cuenta con una capacidad pobre de drenaje, una pendiente del 28% lo que significa que está fuertemente accidentada, el factor de forma es de 0.35 lo que la caracteriza como una cuenca alargada, con una tendencia a producir crecidas en épocas lluviosas, tiene un índice de compacidad de 1.82 lo que le da una forma casi rectangular.

Tabla 2-3: Parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Chibunga.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS		
Área	418,48	km ²
Perímetro	132,22	km
Longitud	35,45	km
Lado mayor	59,02	km
Lado menor	7,09	km
Ancho	12,15	km
Cota máxima	2645	msnm
Cota mínima	6250	msnm
Índice de compacidad (Kc)	1,82	
Factor de forma (Kf)	0,35	
Relación de elongación	0,67	
Relación de circularidad	0,3	
Elevación media	3591	msnm
Altura más frecuente	3250	msnm
Pendiente media	28	%
Longitud del cauce principal	32,16	km
Densidad de drenaje (Dd)	0,18	km/km ²
Longitud de los tributarios	44,91	km
Relación de bifurcación media (Rb)	1,64	
Constante de estabilidad del río	5,43	
Extensión media de escurrimiento superficial	13,01	km
Frecuencia del número de cauces	0,11	n° ríos/km ²
Altura máxima del río	3880	msnm
Altura mínima del río	2650	msnm
Pendiente del cauce principal	3,82	%

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

En cuanto a los parámetros de altitud de la cuenca se obtuvo una elevación media de 3591 msnm, la altura más frecuente es de 3250 msnm, teóricamente a esa altitud deben enfocarse los procesos productivos de la zona.

La cuenca tiene una curva hipsométrica de tipo B que caracteriza a los ríos maduros y equilibrados con una capacidad mediana de erosión en el terreno, el rectángulo equivalente ayuda a homogeneizar la cuenca cuando no conocemos su forma, e igual que la curva hipsométrica es un método que permite diferenciar las áreas parciales de la cuenca en función de sus altitudes.

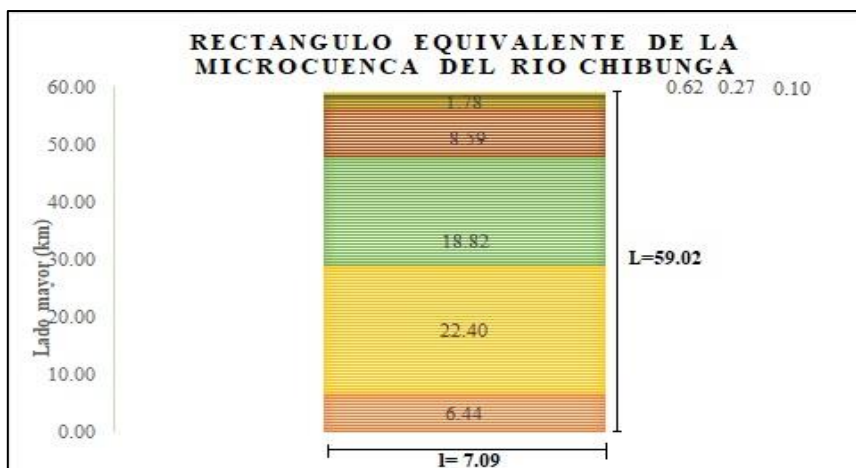


Ilustración 2-3: Rectángulo equivalente de la microcuenca del río Chibunga.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

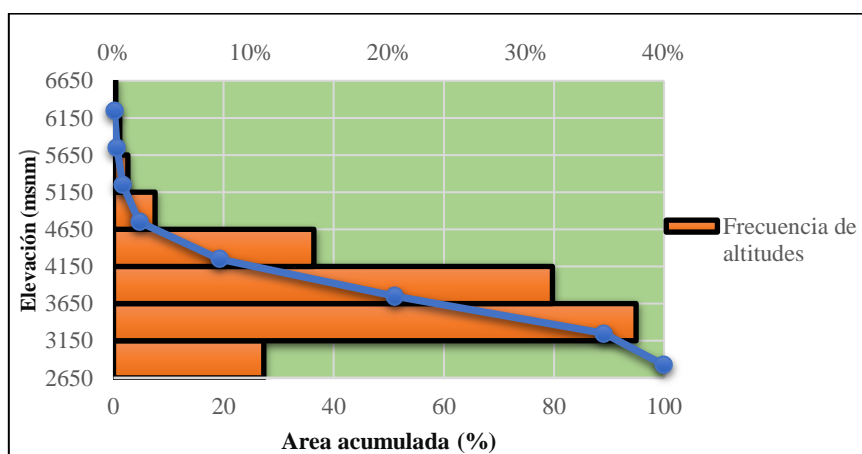


Ilustración 3-3: Curva hipsométrica de la microcuenca del río Chibunga

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

El terreno alrededor de la cuenca es mayoritariamente agrícola, y con grandes cantidades de vegetación arbustiva alrededor el terreno se ha caracterizado en diferentes periodos de tiempo

mediante técnicas de análisis vectorial por lo que se pueden apreciar los cambios de cobertura vegetal a través de los años.

Tabla 3-3: Cobertura vegetal de la zona de estudio a través del tiempo.

COBERTURA	AREA (km ²) 1990	AREA (km ²) 2000	AREA (km ²) 2010	AREA (km ²) 2020
BOSQUE	8,14	5,42	9,82	26,91
CUERPO DE AGUA	1,64	1,88	1,69	1,83
OTRAS TIERRAS	36,43	37,66	19,62	39,03
TIERRA AGROPECUARIA	238,30	247,75	235,72	182,47
VEGETACION ARBUSTIVA	132,27	120,25	142,69	146,75
ZONA ANTRÓPICA	1,69	5,51	8,93	21,46

Fuente: (MAGAP 2020)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

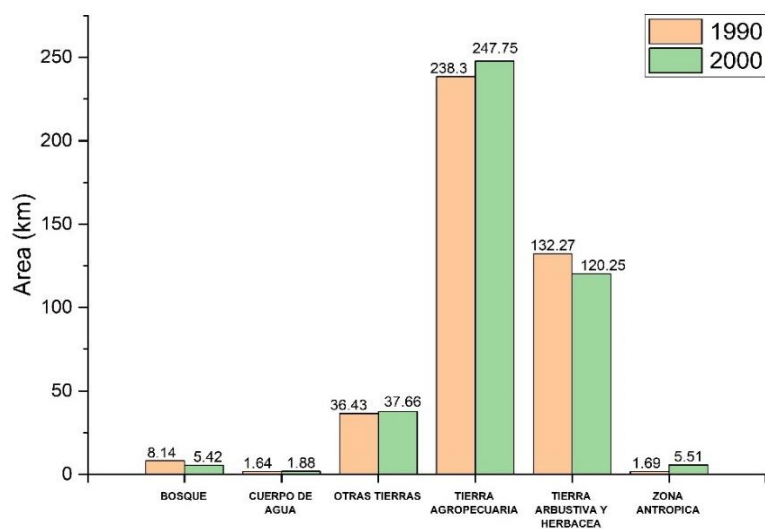


Ilustración 4-3: Cambio de uso de suelo en la microcuenca de 1990 a 2000.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

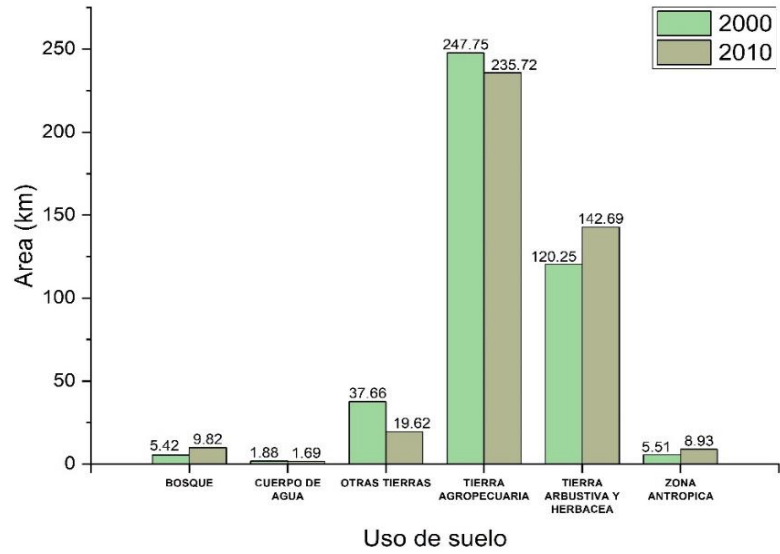


Ilustración 5-3: Cambio de uso de suelo en la microcuenca de 2000 a 2010.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

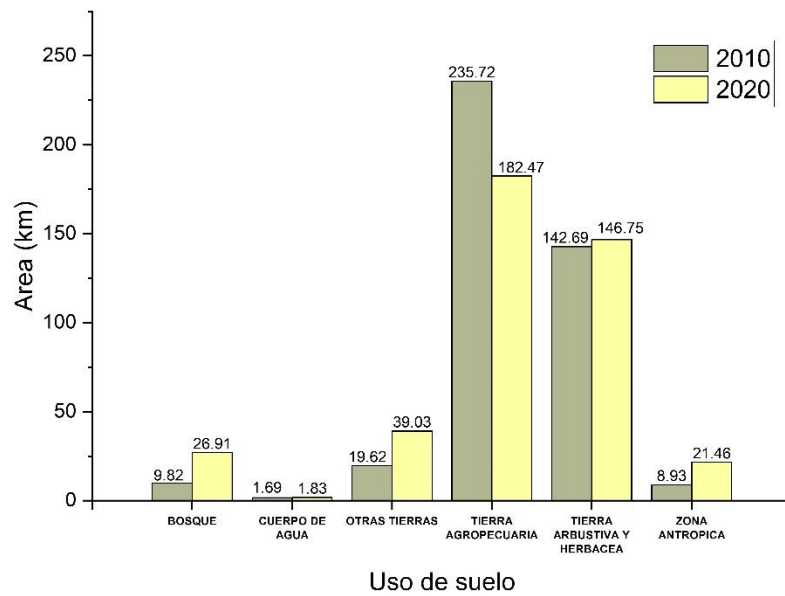


Ilustración 6-3: Cambio de uso de suelo en la microcuenca de 2010 a 2020.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

3.2. Resultados del balance hídrico de la microcuenca del río Chibunga

3.2.1. Parámetros hidrometeorológicos

En el primer periodo la temperatura de la cuenca alcanza su punto más alto en los meses de septiembre y octubre, con 13.4 y 13.6 °C respectivamente, la temperatura más baja se dio en el mes de julio con un valor de 12.6 °C Ilustración 7-3: (A1).

Las precipitaciones muestran picos en los meses de marzo y abril con 110.9 y 111.7 mm siendo estos los meses más húmedos dentro del periodo, los meses de agosto y septiembre se registraron como los meses más secos con 31.6 y 41.8 mm respectivamente Ilustración 7-3: (B1).

La evapotranspiración se correlaciona con la temperatura alcanzando su máximo en el mes de octubre con 58.7 mm y su punto más bajo en febrero con 49.4 mm dando indicios del estado que tiene la humedad atmosférica dentro de ese periodo de tiempo Ilustración 7-3: (C1).

Durante el segundo periodo, la temperatura media de la zona no varía significativamente, sin embargo su punto más alto se dio en el mes de octubre con 14.2 °C, algo más elevado que en el periodo anterior, al igual que el punto más bajo que fue de 13.1 °C. Teniendo la temperatura en este periodo un incremento general del 3.05% con respecto al anterior Ilustración 7-3: (A2).

En lo que respecta a las precipitaciones los meses más húmedos fueron marzo y abril siguiendo con el patrón climático de la zona, sin embargo, las cantidades han disminuido con respecto al periodo pasado con 92.5 mm y 99.7 mm respectivamente. Los meses más secos siguen siendo julio y agosto con una disminución de lluvias significativa de 15.6 mm y 20.1 mm respectivamente Ilustración 7-3: (B2).

La evapotranspiración sigue el mismo patrón climático que en el periodo anterior alcanzando su pico en octubre con 57.4mm y su punto más bajo en febrero con 47.9 mm, esto indica que durante este periodo hubo una disminución de la humedad atmosférica de la zona del 2.51% Ilustración 7-3: (C2).

En cuanto al tercer periodo la temperatura de la zona en este periodo tuvo un máximo de 13.6 °C en el mes de octubre y un mínimo de 12.5 °C en julio, teniendo una reducción general del 3.05% en comparación con el segundo periodo y presentando un patrón similar al primer periodo Ilustración 7-3: (A3).

La precipitación tuvo como mes más húmedo a abril con 107.2 mm y los meses de sequía fueron julio y agosto con 25.9 y 20 mm respectivamente, los patrones de lluvia no han cambiado y además han aumentado en comparación con el periodo anterior Ilustración 7-3: (B3).

La evapotranspiración sigue el mismo patrón que en los 2 periodos anteriores alcanzando su punto máximo en octubre con 58.5 mm y en febrero su punto más bajo con 49.7 mm. La humedad de la atmosfera aumentó un 0.03% comparado con el primer periodo y aumento un 2.6% con respecto al segundo periodo Ilustración 7-3: (C3).

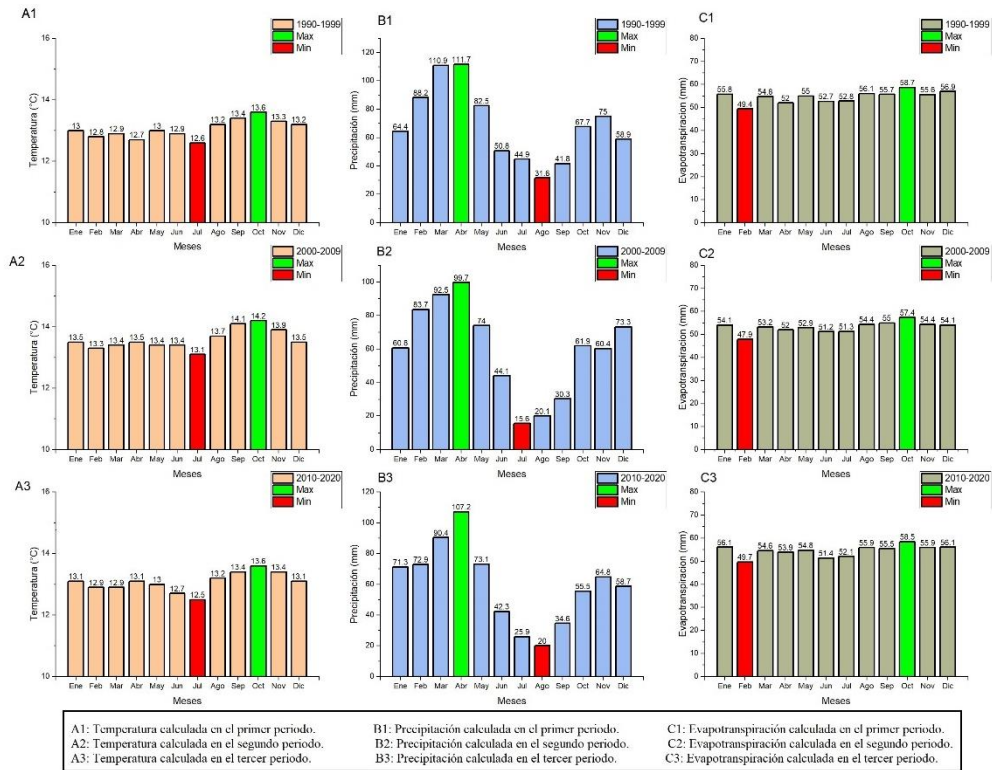


Ilustración 7-3: Parámetros hidrometeorológicos a través del tiempo de estudio.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

3.2.2. Resultados del balance hídrico

Para el cálculo del balance hídrico en el primer periodo se tomó como inicio del año hidrológico el mes de enero, la sumatoria de las precipitaciones (entradas) dio como resultado 828.40 mm. La suma de la evapotranspiración (salidas) fueron de 655.50 mm. El almacenamiento del agua en el suelo fue de un total de 153.90 mm. Se presentó un excedente hídrico en los meses de febrero a mayo y en noviembre y diciembre, con 183.20 mm y una época de sequía en agosto y septiembre con un déficit hídrico de 36.90 mm. Como se muestra en la Tabla 4-3:

Para el segundo periodo el año hidrológico también inició en el mes de enero, la sumatoria de las entradas fueron de 716.40 mm reduciéndose un 13.52% respecto del periodo anterior.

La sumatoria de las salidas fue de 637.90 mm reduciéndose un 2.68% con respecto del primer balance, las reservas de agua en el suelo tuvieron un valor de 125.40 mm reduciéndose un 13.6% comparado con el primer periodo. Datos ilustrados en la Tabla 5-3:.

Para el balance hídrico del tercer periodo el mes de inicio del año hidrológico sigue siendo enero, se registraron un total de entradas de 716.70 mm disminuyendo en 13.48 % en comparación con el primer periodo y aumentando un 0.04% con respecto al segundo.

Las salidas sumaron un total de 654.50 mm disminuyendo un 0.15% respecto al primer periodo y aumentando un 2.54% en comparación al segundo. Las reservas de agua registraron un total de 117.60 mm presentando una reducción del 20.66% en comparación con el primer periodo y del 4.25% respecto al segundo, los excesos sumaron un total de 127.3 mm reduciéndose un 45.63% comparado con el primer periodo y 10.41% con el segundo. Se registró un 51.76% de aumento en el déficit hídrico en comparación con el periodo inicial y una reducción del 10.85% tomando en cuenta el segundo. Datos que se muestran en la Tabla 6-3:.

Tabla 4-3: Balance hídrico de la microcuenca durante el primer periodo.

Water elements	Water Balance (1990-1999)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
P	64,40	88,20	110,90	111,70	82,50	50,80	44,90	31,60	41,80	67,70	75,00	58,90	828,40
PE	55,80	49,40	54,80	52,00	55,00	52,70	52,80	56,10	55,70	58,70	55,60	56,90	655,50
P-PE	8,60	38,80	56,10	59,70	27,50	-1,90	-7,90	-24,50	-13,90	9,00	19,40	2,00	
ST	8,60	18,5	18,5	18,5	18,5	16,6	8,7	0	0	9,00	18,50	18,50	153,90
Δ ST	8,60	9,9	0	0	0	-1,90	-7,90	-8,7	0	9,00	9,50	2,00	
S	0	28,90	56,10	59,70	27,50	0	0	0	0	0	9,90	2,00	184,10
D	0	0	0	0	0	0	0	-15,80	-13,90	0	0	0	-29,70
AE	55,80	49,40	54,80	52,00	55,00	52,70	52,80	40,30	41,80	58,70	55,60	56,90	625,80

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

Tabla 5-3: Balance hídrico de la microcuenca durante el segundo periodo.

Water elemens	Water balance (2000-2009)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
P	60,80	83,70	92,50	99,70	74,00	44,10	15,60	20,10	30,30	61,90	60,40	73,30	716,40
PE	54,10	47,90	53,20	52,00	52,90	51,20	51,30	54,40	55,00	57,40	54,40	54,10	637,90
P-PE	6,70	35,80	39,30	47,70	21,10	-7,10	-35,70	-34,30	-24,70	4,50	6,00	19,20	
ST	6,50	18,50	18,50	18,50	18,50	11,40	0	0	0	4,50	10,50	18,50	125,40
Δ ST	6,50	12,00	0	0	0	-7,10	-11,40	0	0	4,50	6,00	8,00	
S	0	23,80	39,30	47,70	21,10	0	0	0	0	0	0,00	11,20	143,30
D	0	0	0	0	0		-24,30	-34,30	-24,70	0	0	0	-83,30

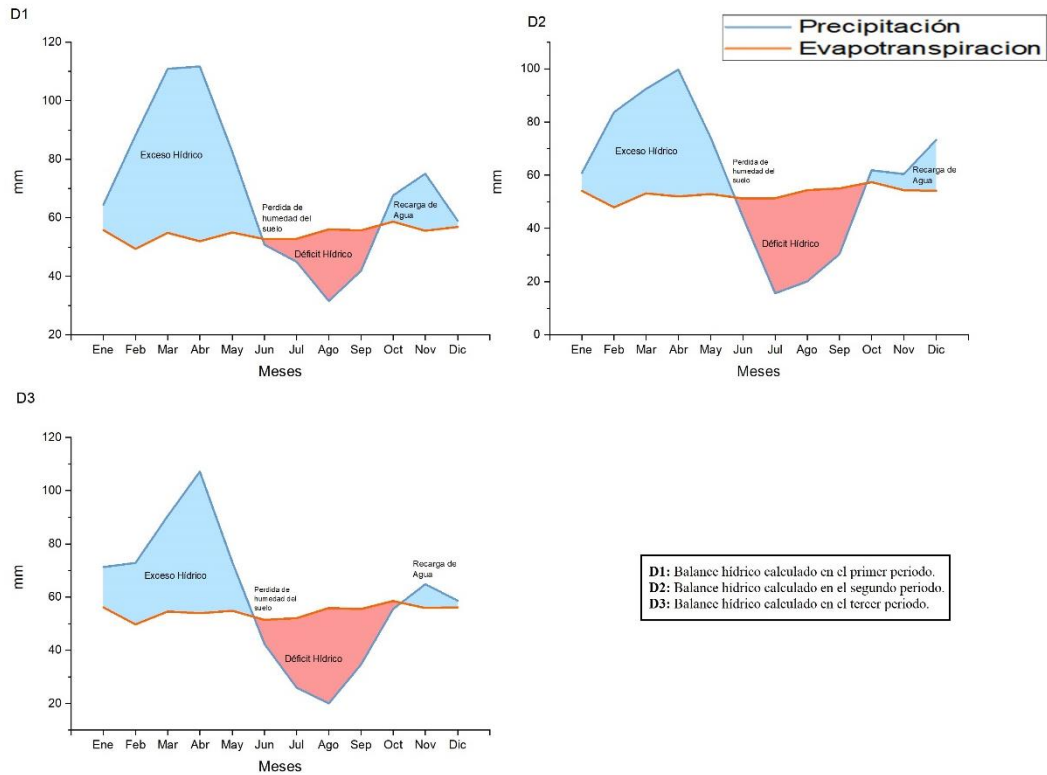
AE	54,10	47,90	53,20	52,00	52,90	51,20	27,00	20,10	30,30	57,40	54,40	54,10	554,60
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------------

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

Tabla 6-3: Balance hídrico de la microcuenca durante el tercer periodo.

Water elements	Water balance (2010-2020)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
P	71,30	72,90	90,40	107,20	73,10	42,30	25,90	20,00	34,60	55,50	64,80	58,70	716,70
PE	56,10	49,70	54,60	53,90	54,80	51,40	52,10	55,90	55,50	58,50	55,90	56,10	654,50
P-PE	15,20	23,20	35,80	53,30	18,30	-9,10	-26,20	-35,90	-20,90	-3,00	8,90	2,60	
ST	15,20	18,5	18,5	18,5	18,5	9,40	0	0	0	0	8,90	11,50	119,00
Δ ST	15,20	3,30	0	0	0	-9,10	-9,40	0	0	0	8,90	2,60	
S	0	19,90	35,80	53,30	18,30	0	0	0	0	0	0	0	127,30
D	0	0	0	0	0	0	-16,80	-35,90	-20,90	-3,00	0	0	-76,60
AE	56,10	49,70	54,60	53,90	54,80	51,40	35,30	20,00	34,60	55,50	55,90	56,10	577,90

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



D1: Balance hídrico calculado en el primer periodo.
D2: Balance hídrico calculado en el segundo periodo.
D3: Balance hídrico calculado en el tercer periodo.

Ilustración 8-3: Resultados del balance hídrico en los diferentes periodos de estudio.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

3.3. Resultados del índice de escasez de la microcuenca

Durante el primer periodo la sumatoria de los excesos fue de 184.10 mm calculándose una oferta hídrica total de 77.04 Mm³, la cantidad de la oferta se debe reducir 7.70 Mm³ por caudal ecológico y 9.49 Mm³ por calidad de agua, obteniendo una oferta hídrica neta de 57.78 Mm³.

En su defecto, el segundo periodo tuvo una sumatoria de excesos de 143.30 mm, obteniendo una oferta hídrica total de 59.97 Mm³, posteriormente calculando la reducción por caudal ecológico de 5.99 Mm³ y la reducción por calidad de 5.12 Mm³. Se obtuvo una oferta hídrica neta de 44.98 Mm³, reduciéndose un 24.17% en comparación con el periodo anterior.

En el tercer periodo la sumatoria de los excesos fue de 127.30 mm obteniendo como resultado una oferta hídrica total de 53.27 Mm³, reduciéndose 5.32 Mm³ por caudal ecológico y 7.99 Mm³ por calidad de agua. Se obtuvo una oferta hídrica neta de 39.95 Mm³, reduciéndose un 31.34% en comparación con el primer periodo y 9.45% con respecto al segundo, como se muestra en la Ilustración 9-3: (E1).

Tabla 7-3: Datos poblacionales de la microcuenca del río Chibunga.

CANTONES	ÁREA (km ²)	POBLACIÓN (1990-2001)	DENSIDAD (Hab/km ²)	POBLACIÓN (2010)	DENSIDAD (Hab/km ²)
Colta	829	44701	54	44971	54
Guano	473	37888	80	42851	91
Riobamba	978	193315	198	225741	231

Fuente: (INEC 2002).

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

En el primer periodo, con la información del INEC referidos en la Tabla 7-3: se infiere una población de 60658 habitantes en la zona, con una dotación base de 230 L.hab/día se obtuvo una demanda aproximada de 5.09 Mm³. Calculando un índice de escasez de 8.86% esto quiere decir que la presión de la demanda sobre la oferta es muy baja, clasificándolo como Bajo.

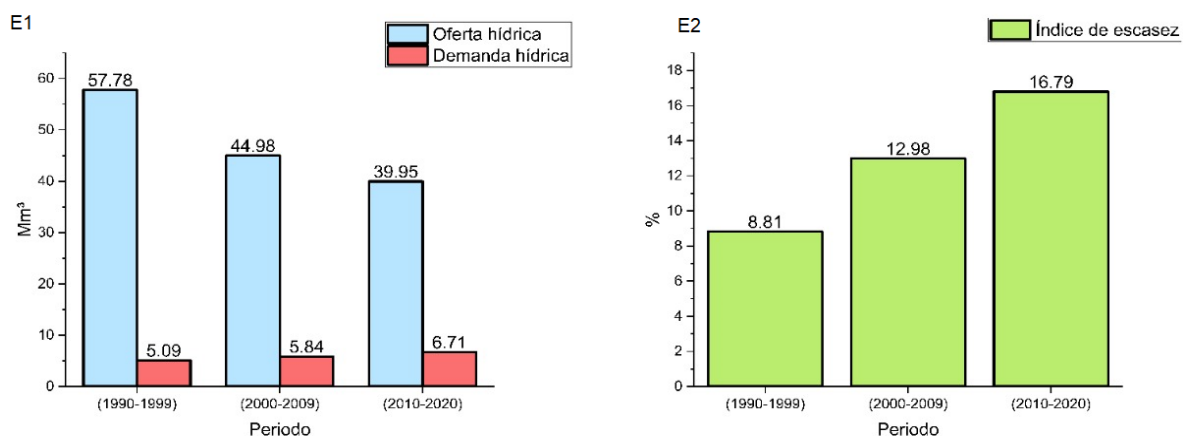
Para el segundo periodo la población aproximada fue de 69537 habitantes, calculando con la dotación se obtuvo una demanda hídrica aproximada de 5.84 Mm³, incrementando en un 14.73% en comparación con el periodo anterior. El índice de escasez de la microcuenca es de 12.98% clasificándose como moderado, lo que quiere decir que para este periodo la demanda hídrica es baja. Los 79909 habitantes calculados en el tercer periodo determinaron una demanda hídrica de 6.71 Mm³ aumentando un 31.83% en comparación con el primer periodo y 14.9% comparado con el segundo.

Al calcular el índice de escasez se obtuvo un valor de 16.79%. Casi duplicándose respecto al primer periodo, y siendo un poco más elevado que el segundo, clasificándose como un índice moderado, lo que significa que la demanda hídrica ejerce una presión baja respecto a la oferta, tal como lo indica la Ilustración 9-3: (E2).

Tabla 8-3: Resumen de resultados obtenidos

BALANCE HÍDRICO			
PARÁMETROS	P1	P2	P3
Total de entradas (mm)	828,40	716,40	716,70
Total de salidas (mm)	655,50	637,90	654,50
Área de la cuenca (Km2)	418,48		
Oferta Hídrica Total (Mm3)	77,04	59,97	53,27
Reducción por caudal ecológico	7,70	6,00	5,33
Reducción por calidad	9,49	5,12	7,99
Oferta Hídrica Neta (Mm3)	57,78	44,98	39,95
Población (hab)	60658	69537	79909
Demanda hídrica	5,09	5,84	6,71
Índice de escasez (%)	8,81	12,98	16,79

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



E1: Oferta y demanda hídrica a través de distintos periodos de estudio.
E2: Índice de escasez a través de distintos periodos de estudio.

Ilustración 9-3: Análisis de disponibilidad de agua a través de distintos periodos de estudio.

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

3.4. Discusión

La microcuenca del río Chibunga posee una climatología bien definida, que si bien no ha tenido cambios significativos en la temporalidad a través de los años los meses con mayor precipitación son abril y marzo, la cantidad de precipitación que presenta si ha ido cambiando, lo que puede evidenciarse en las entradas y salidas de agua donde los principales excedentes hídricos se dan de febrero a mayo. El balance hídrico realizado por (Duque-Sarango, P., & Hernández, B, 2020) en el río Guarango en la sierra ecuatoriana posee condiciones similares al realizado en este estudio. Evidencia que en el mes de marzo existe una precipitación mayor que en los meses restantes, así mismo abril y mayo se encuentran dentro de los meses que mayor precipitación registra seguido del mes de marzo. Los meses enero, marzo, abril y mayo, registran valores importantes de excedentes de agua, generando escorrentía en la microcuenca, esta se caracteriza por tener una problemática significativa partiendo desde el deterioro de los páramos, avance de la frontera agrícola, contaminación por la ineficiente gestión de los residuos sólidos, la carente administración de los recursos naturales, así como también un limitado manejo del recurso hídrico de la microcuenca.

La climatología es de vital importancia en la determinación del balance hídrico ya que de acuerdo con la distribución espacial de las zonas de estudio se pueden obtener resultados diametralmente diferentes, tal como lo hizo (Cambio Climático, P. A. 2010) al analizar las precipitaciones en las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo que se encuentran a 17 msnm con una temperatura promedio que va desde los 22 a 28°C y cuyas precipitaciones máximas alcanzan un valor total de 500 mm. A diferencia de los datos obtenidos en este estudio que se ubica a 3600 msnm, con una temperatura de 10 a 14 °C y cuya precipitación máxima alcanza un valor total que va desde los 700 a 800 mm.

La distribución temporal de los datos de entrada también es de vital importancia para un balance hídrico efectivo como lo muestra (Tapia-Silva, F. O, 2014) donde establece las generalidades de la obtención de datos hidrometeorológicos, específicamente de las precipitaciones, ya que es normalmente la única fuente de humedad que hay en el suelo, esta información debe ser siempre de grandes periodos de tiempo, los datos deben estar normalizados y la forma de calcular la precipitación de áreas específicas con la mayor exactitud posible es mediante el método de kriging o spline. Para este trabajo se trabajó con información que abarca registros de 31 años, además de inferir la precipitación media con el método geoestadístico normalizado kriging.

(De Bièvre et al., 2006) analizan las actividades antrópicas que se desarrollan en las cuencas que poseen el ecosistema paramo tienen que ver con la producción agrícola y ganadera, estas han incidido en el cambio de uso del suelo, lo que ha provocado variaciones en la oferta y demanda de agua, por lo que

se requiere del análisis de vulnerabilidad del recurso para la toma de decisiones en la gestión del agua utilizando herramientas de modelación hidrológica. Sus resultados demuestran que cuando hay cambios en el uso de suelo, la vulnerabilidad hídrica aumenta. Para hacer frente al cambio y la variabilidad climática, es necesario generar acciones de adaptación y mitigación para la población beneficiaria. Dentro de la microcuenca del río Chibunga se vive el mismo problema las actividades agrícolas y la presencia de contaminantes y tensoactivos en el río han mermado la calidad y disponibilidad del recurso lo que se ha reflejado en un decrecimiento progresivo en la oferta hídrica de la zona al pasar los años.

En términos generales vemos que la demanda hídrica presentada en la microcuenca es baja respecto a la oferta que se puede tener en la zona, lo confirma el estudio de (Cevallos Gaibor, 2020) que para el año 2016 obtuvo una huella hídrica azul de la ciudad de Riobamba igual a 3.599.905 m³, bastante baja para la oferta que se tiene según EMAPAR. (Procel 2018), estudio la zona baja de la subcuenca del Chambo y sugiere déficits de agua bastante bajos, en relación con la oferta que se tiene, reforzando los resultados de las variables obtenidas en el presente estudio. Debemos tener presente que cuando hay cambios de uso de suelo, el agua aumenta la vulnerabilidad (Espinosa & Rivera, 2016) de hecho, a pesar de que el volumen anual de escorrentía sea elevado frente al volumen medio anual de agua para cubrir las demandas, y se aprecia un déficit. Los resultados obtenidos en general constituyen una valiosa herramienta para especialistas de instituciones gubernamentales y no gubernamentales encargadas del control, planificación y desarrollo de los recursos hídricos en cualquier región (Cedeño et al., 2019).

CONCLUSIONES

- Se evaluó la climatología en la microcuenca del río Chibunga, dividiendo los resultados en tres periodos. El primero de (1990-1999), el segundo de (2000-2009), el tercero de (2010-2020), el estado de la textura del suelo, con gran potencial erosivo, las elevadas pendientes hacen que la capacidad de infiltración sea limitada. Los patrones de lluvia, temperatura y evapotranspiración no presentan cambios significativos en la distribución temporal, siendo los meses de marzo a mayo los más húmedos, los meses de sequía van de julio a septiembre, sin embargo, las cantidades han ido variando, Los excesos hídricos se redujeron un 22.18% entre el primer y segundo periodo, y un 11.17% del segundo al tercero. Así mismo el déficit aumentó un 64.35% del primero al segundo periodo, y se redujo un 8.04% del segundo al tercero.
- Se hizo uso del software ArcGis para determinar la geomorfología de la microcuenca con un área de 418.48 km² una pendiente del 28% siendo un sector fuertemente accidentado, es una cuenca alargada con forma casi rectangular, con tendencia a producir crecidas durante épocas lluviosas, la curva hipsométrica es de tipo B que describe a los ríos maduros, con una mediana capacidad erosiva. La elevación media de la cuenca es de 3591 msnm, el proceso productivo de la cuenca se enfoca a una altura de 3250 msnm, el terreno de la cuenca es generalmente agrícola y con vegetación arbustiva, con textura en su mayoría franco-arenosa.
- Se analizó la oferta y demanda hídrica de la cuenca durante los diferentes periodos establecidos, en el primero la oferta fue de 57.78 Mm³ para el segundo se redujo un 13.5% llegando a 49.98 Mm³, y en el tercer periodo se redujo un 20.07% siendo de 39.95 Mm³. La población de la zona ha ido incrementando aproximadamente un 15% cada periodo, este aspecto influye en la demanda hídrica teniendo 4.43 Mm³ en el primer periodo aumentando un 14.67% en el segundo con 5.08Mm³, y 14.76% en el tercero con 5.83Mm³.
- Se definió un índice de escasez para cada periodo dentro de la microcuenca del río Chibunga, una vez obtenidas la oferta y demanda hídrica. Para el primer periodo se tuvo un índice de escasez no significativo con 8.81%, elevándose durante el segundo periodo con 12.98% pasando a clasificarse como moderado, durante el tercer periodo el índice de escasez aumentó un poco más, con 16.79% manteniendo su clasificación.

RECOMENDACIONES

- Mantener la información hidrometeorológica y registros históricos del INAMHI en una base de datos de dominio público con la finalidad de hacer más sencillo el acceso a entidades tanto públicas como privadas facilitando los estudios hidrológicos del país, fomentando la investigación y dando a conocer las diferentes problemáticas que enfrenta el país con respecto a la gestión, cuidado y disponibilidad del agua.
- Fomentar la investigación hidrológica en las cuencas de los ríos, considerando que la información y estudios actuales son limitados, los programas de riego y gestión integral del agua no están debidamente sustentados por lo que no pueden dar resultados óptimos.
- Realizar una modelación con HEC-RAS para determinar las zonas de inundación de la cuenca mediante simulaciones lo que permite obtener información clara sobre erosión y sedimentación en la zona.

GLOSARIO

Antrópico: Todo aquello producido o modificado por la actividad humana. (Real Academia Española 2022, parr.1).

Cartografía: Es un conjunto de ciencias, técnicas y habilidades que establecen la representación gráfica y específica del territorio de manera fiable. (Sanz y Wyttenbach 2011, pp. 406-407.).

Cobertura vegetal: Característica ecológica, física, biológica del terreno, un mosaico de áreas naturales e intervenidas por el hombre, una expresión visible de la fisionomía del paisaje tomando en cuenta las características del suelo y la vegetación que lo compone. (Monedero y Gutiérrez 2001 pp. 19-20).

Condensación: Proceso en el que el aire está cercano al punto de saturación formando neblina, agua o hielo, en el proceso se forman núcleos de condensación o congelamiento, en ellos se forman gotas de lluvia o cristales de hielo. (Segerer y Villodas 2006 pp. 6-7.)

Cota: Altura del terreno en un punto, desde un plano referencial que comúnmente es el nivel del mar; número que indica esta altura en los planos. (El Colegio de México 2022, parr.3).

Curvas de nivel: Líneas que conectan dos lugares con el mismo valor en un ráster, que puede representar varias cosas como elevación, temperatura, precipitación, contaminación, etc. Su distribución determina el cambio de los valores a través de la superficie, haciendo posible visualizar áreas con diferentes elevaciones. (ESRI 2022).

Densidad poblacional: Es la cantidad obtenida al dividir la población total de un territorio sobre su superficie, para así calcular el número de personas por unidad de área. (Bastidas y Medina 2011, pp. 90.).

Ecosistema: Estructuración de grupos con plantas y animales distribuidos según la especie, su ensamblaje lo influye el ambiente, la continuidad biótica en él es una unidad integral al igual que el ambiente físico. (Maass 2003, pp. 3-4.).

Erosión: Movimiento del material del suelo de un lugar a otro, por un agente externo posiblemente el agua o el viento, esto provoca la disminución de la capacidad productiva, además de que los sedimentos transportados provocan contaminación en las fuentes de agua en forma de eutrofización por acumulación. (Pérez et al. 2010, pp. 67-68.).

Estación meteorológica: Conjunto de instrumentos diversos que se basan en la recolección y registro de las variables meteorológicas, climáticas, sinópticas o marinas que se instalan en un lugar fijo y tienen formas periódicas de calibración (Ureña 2011 pp. 35-36.).

Hidrología: Ciencia que estudia el curso y la distribución del agua en el ecosistema ya sea en la atmósfera, los ríos, lagos, el agua en el subsuelo, y en estado sólido, estudiándolos mediante herramientas fisicomatemáticas, estadísticas, cartográficas, etc. (GIAI 2008, pp. 13-14.).

Meteorología: Ciencia que estudia la atmosfera y los fenómenos del tiempo y el clima, sus efectos en la superficie de la tierra, los océanos y la biodiversidad mediante ciencias como la estadística, física y química. (IDEAM 2019, p. 182.).

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, M.** "La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos". *Revista Virtual REDESMA*, [En línea]. 2011 (Perú) vol. 5, no. 1, pp. 10–19. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://cebem.org/revistaredesma/vol2/revistas.php>
- ALLEN, G., et al.** "Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos". *FAO*, vol. 1, no 298 (2006) (Italia) pp. 14-15.
- APARICIO, F.** *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. 2ª ed México: LUMISA S.A, 1992 ISBN: 968-18-3014-8 pp. 12-18.
- ARIAS ZAPATA, H. & PÉREZ AGUAGALLO, M.** Estudio Hidráulico Del Río Chambo Para La Determinación De La Conductancia Entre Río-Acuífero Y Zonas De Inundación. (Trabajo de titulación) (Tesis de grado) Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018.
- BASTIDAS, D. & MEDINA, P.** "Estimación de la Densidad Poblacional del Ecuador Continental". *Analítika* [en línea], vol. 1, n°1 (2011), (Ecuador) pp. 89–115. ISSN 13906208. Disponible en: [http://www.analitika.ec/pdf/vol1/Estimacion de la densidad poblacional del ecuador continental.pdf](http://www.analitika.ec/pdf/vol1/Estimacion%20de%20la%20densidad%20poblacional%20del%20ecuador%20continental.pdf).
- BÉJAR, M.** *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2004.
- BIBLIOTECA DIGITAL DE AGRIMENSURA.** *Sistemas de información geográfica* [en línea]. 2014. S.l.: Biblioteca Digital de Agrimensura. Disponible en: <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHbf60.dir/doc.pdf>.
- CAGUANA, J.** Determinación del balance y demanda hídrica en la microcuenca del Río Atapo, parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. 2015.
- CAHUANA, A. & YUGAR, W.** Material De Apoyo Didactico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Hidrologia Civ-233 (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba- Bolivia. 2009.

CAMBIO CLIMÁTICO, P A. Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. 2010.

CARRIE, J. Manual de manejo de cuencas. *Editorial World Vision, El Salvador*, 2004.

CARVAJAL, S, & PINO, C. Estimación De Dotación Y Composición De La Demanda De Agua Potable En Las Parroquias Rurales Nayón, El Quinche, Puenbo, Pifo, Guayllabamba Y Llano Chico, Del Distrito Metropolitano De Quito. (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 2018.

CASTRO, B. Obtención De Una Cuenca Hidrográfica Mediante El Uso De Un Software Comercial “Arcgis Y El Uso De Un Software Libre “Saga”. Caso De Estudio Municipio De Porcesito, Antioquia. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá-Colombia. 2017.

CEDEÑO, AF, et al. Water supply and demand of the hydrographic demarcation of Manabi, Ecuador. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. p. 012021.

CESA. Aportes a la planificación para la gestión integral de los recursos hídricos. [en línea]. 2015 S.l.: Disponible en: <http://cesa.org.ec/wp-content/uploads/2018/07/aportes-a-la-planificacic3b3n-para-la-girrh-presentado-3.pdf>.

CEVALLOS GAIBOR, C. *Evaluación de la huella hídrica azul de la ciudad de Riobamba, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador*. 2020. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya.

CHOQUEHUANCA, A. "Morfometría de la Cuenca del Río Ayaviri" *Espacio y Desarrollo* [en línea] 1993 (Perú) 1(5), pp. 161–168. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7905>

CISA, E. *Propuesta Metodológica Transdisciplinaria “EL RIACHUELO” Para El Aprendizaje De Biología Animal “INVERTEBRADOS” Con Los Estudiantes De Cuarto Semestre De La*

Carrera De Pedagogía De Las Ciencias Experimentales Química y Biología Periodo Octubre 2020 - Marzo. (Trabajo de titulación) (Tesis de grado) Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021.

CONTI, M. *Principios De Edafología.* n^o2. Buenos Aires-Argentina: Orientación Gráfica Editora, 1998 ISBN: 9504393152.

CÓRDOBA, S., ZEA, J. & MURILLO, W. "Estimación de la precipitación media, evaluación de la red pluviométrica y cuantificación del balance hídrico en la cuenca del río Quito en el departamento de Choco, Colombia". *Meteorología Colombiana* [en línea], 2006 (Colombia) 1(10) pp. 100–110. ISSN 0124-6984. Disponible en: http://webigacl.igac.gov.co/mapas.htm%0Ahttp://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero10/10_09.pdf.

CORPONARIÑO. Índice de Escasez de Agua Superficial Cuenca Río Pasto, San Juan de Pasto-Colombia 2009 , pp. 98–108.

CORRADINE, M. Plan de organización y manejo de la cuenca hidrográfica. *Actualización POMCA Río Garagoa* [en línea], 2017 (Colombia) pp. 1–33. Disponible en: <http://www.corpochivor.gov.co/wp-content/uploads/2015/11/3.5.-Morfometría-1.pdf>.

CRUZ, B., GASPARI, F., RODRÍGUEZ, A., CARRILLO, F. & TÉLLEZ, J. Morphometric analysis of the Cuale river watershed, Jalisco, Mexico. *Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes* [en línea], 2015 (Aguascalientes-México) no. 64, pp. 26–34. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA461444768&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=16654412&p=IFME&sw=w>.

CVC & CONSORCIO POMCA QUINDÍO. Caracterización de la cuenca del río La Vieja. *Actualización POMCA Río La Vieja* [en línea], 2017, cap. 7, pp. 32.

DE BIÈVRE, B. et al. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 2006, vol. 79, no 1-2, p. 53-72.

- DÍAZ, E.** *Determinación Del Índice De Escasez Hídrica En La Cuenca Hidrográfica Del Río Ambi.* (Trabajo de titulación) (Tesis de grado) Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2020.
- DÍAZ, L. y GUILLERMO, A.** Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada niscota para un acueducto interveredal en nunchía, casanare (Trabajo de titulación) (Tesis de grado): Universidad Católica De Colombia. Bogotá-Colombia. 2018.
- DOOREMBOS, J; PRUITT, W.O.** *Las necesidades de agua de los cultivos.* Roma-Italia: FAO, 1977. ISBN: 9253001364.
- DUQUE-SARANGO, P.; HERNÁNDEZ, B.** Estudio integral del recurso hídrico de la microcuenca del rio guarango, cuenca–ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 2020, no E30, p. 240-252.
- EL COLEGIO DE MÉXICO.** Cota. *Diccionario del español de México* [en línea]. México.2022 [Consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: <https://dem.colmex.mx/ver/cota>.
- ESPINOSA, K.** Sistemas De Información Geográfica. *Sistemas De Información Geográfica*, pp. 789–804. DOI 10.33262/cde.3.
- ESPINOZA, A.** Balance Hídrico del Rio El Ángel. (Trabajo de titulación) (Tesis de grado) Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 2012.
- ESPINOSA, J; RIVERA, D.** Variations in water resources availability at the Ecuadorian páramo due to land-use changes. *Environmental Earth Sciences*, 2016, vol. 75, p. 1-15.
- ESRI.** Comparar métodos de interpolación. [en línea]. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>.
- ESRI.** Cómo funciona Curvas de nivel. [en línea]. [Consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-contouring-works.htm>.

- FERRANDO, F.** "Cuenca del río Limarí: aspectos de la oferta y demanda de agua". *Revista de Geografía Norte Grande*, [en línea], 2003 (Chile) 44 (30), pp. 23–44.
- FLORES, A.** Hidrología y Sedimentología de la Cuenca del Río Santa Clara. (Trabajo de titulación) (Tesis de grado) Universidad de las Fuerzas Armadas. Quito-Ecuador. 2017.
- GARCÍA, A., GUEVARA, R., MANCILLA, O. & OLGUÍN, J.** Análisis Morfométrico De La Cuenca Hidrográfica Del Río Ayuquila, Jalisco-México. *Revista Internacional de ciencia y tecnología de la información geográfica*, no. 24, (2019) pp. 141–158. DOI 10.21138/GF.622.
- GASPARI, F., RODRÍGUEZ, A., SENISTERRA, G., DELGADO, M. & BESTEIRO, S.** *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas Libros de Cátedra* [en línea]. 2013. ISBN 9789503409633. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/346250745_Elementos_metodologicos_para_el_manejo_de_cuencas_hidrograficas/related.
- GASPARI, F., RODRÍGUEZ, A., SENISTERRA, G., DENEGRI, G., DELGADO, I. & BESTEIRO, S.** Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *7mo Congreso de Medio Ambiente*, 2012. pp. 1–25.
- GIAI, S.B.** *Introducción a la hidrología* [en línea]. Santa Rosa-La Pampa Argentina, 2008 ISBN 9788478291175. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341343398_Introduccion_a_la_Investigacion_basica.
- GÓMEZ-REYES, E.** Valoración de las componentes del balance hídrico usando información estadística y geográfica. *Reality, Data and space.*, vol. 4, no. 3 (2013), (México) pp. 4-27.
- GORIL, I., SAURA, F., CALIXTO, A. & AIONSO, G.** Parametros geomorfológicos. , 1997. vol. 21, no. 3, pp. 295–316.
- GUAMINGA, E.** Caracterización del sistema hidrogeológico de la laguna de Colta, cantón Colta, provincia de Chimborazo. . (Trabajo de titulación) (Tesis de grado) Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 2019.

GUIJARRO, J.A. Homogeneización de series climáticas con Climatol. *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), D.T. en Islas Baleares, España* [en línea], 2018 vol. 1, pp. 22. Disponible en: http://www.climatol.eu/homog_climatol-en.pdf.

GUTIÉRREZ, E., DAVILA-VAZQUEZ, G., SÁNCHEZ, J. de A. & DÍAZ TORRES, J. .Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazones. *Revista Ambiente & Agua* [en línea] 2013, (Veracruz-México) 8(3), pp. 1–14. [Consulta: 3 diciembre 2021]. Disponible en: [https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/513/1/Balance hídrico.pdf](https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/513/1/Balance%20h%C3%ADrico.pdf).

IBÁÑEZ, S., MORENO, H. y GISBERT, J. Morfología de las cuencas hidrográficas. *Universidad Politécnica de Valencia*, 2010. pp. 12.

IDEAM. Glosario Meteorológico. *Ideam* [en línea] 2019, pp. 311. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>.

INAMHI. Servicios INAMHI 2021. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2021.

INEC. CHIMBORAZO: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA Y RURAL. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2002.

JARAMILLO, D.F. *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A. & PAULUS, J.L.H., 1977. *Hidrología para ingenieros*. 2^{ed}. Bogotá-Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. ISBN 0070909148. pp.23

LÓPEZ, A.J. *Manual De Edafología* [en línea]. Sevilla-España: Universidad Nacional de Sevilla, 2006. Disponible en: <http://www.emisarios.unican.es/herramientas.htm>.

LÓPEZ, E., POSADA, C. y MORENO, J. *Los Sistemas de Información Geográfica. Congreso de Ciencia Regional de Andalucía*, 1990. vol. 1, pp. 789–804.

- LÓPEZ, H.** Oferta y Demanda Hídrica de la Microcuenca Juan Sánchez del Municipio de Ocaña, Norte de Santander. (Trabajo de titulación) (Tesis de grado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Santander-Colombia. 2014.
- LUX, B.** Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2016.
- MAASS, M.** Principios generales sobre manejo de ecosistemas. *Sánchez, O., E. vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. Conservación de ecosistemas templados de montaña de México. SEMARNAT/US Fish y Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México, 2003.*
- MAE.** Norma Técnica Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los sectores de infraestructura: eléctrico, telecomunicaciones y transporte (puertos y aeropuertos). Quito: Ministerio del Ambiente, 2007.
- MAE.** Evaluación de necesidades tecnológicas para el manejo de la oferta hídrica en cantidad y calidad. Quito: Ministerio del Ambiente, 2013.
- MAGAP.** Catálogo de Objetos Temáticos del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito: Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, 2020.
- MAGAP & INAMHI.** Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional, Escala 1: 25 000. Quito: Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2012.
- MARTÍNEZ, G. y DÍAZ, J.J.** “Morfometría en la cuenca hidrológica de San José del Cabo, Baja California Sur, México”. *Revista Geológica de América Central*, no. 44, (2010) pp. 83–100. ISSN 0256-7024. DOI 10.15517/rgac.v0i44.3447.
- MARTÍNEZ, J.** “Características morfométricas y de la red de drenaje de algunas cuencas de la sierra de los Álamos”. *Papeles de Geografía Física*, no. 11, (1986) pp. 45–51.
- MOGOLLÓN, D. y SÁNCHEZ, E.** "Análisis de Estabilidad de Cauces en ríos de montaña empleando el método químico". *Ciencia e Ingeniería* [en línea], vol. 39, no. 3, (2018) pp. 223–230. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/journal/5075/507557607002/html/>.

MONEDERO, C. & GUTIÉRREZ, M. Análisis Cuantitativo de los Patrones Espaciales de la Cobertura Vegetal en el Geosistema Montañoso Tropical el Ávila. *Ecotropicos*, vol. 14, no. 1, (2001) pp. 19–30.

MONSALVE, G. *Hidrología en la Ingeniería*. 2ª ed. Colombia.: 1999. ISBN 970-15-0405-6. pp. 177.

MORENO, L. Correlación Entre Características de los Parámetros Morfométricos y Variables del Drenaje Superficial de las Cuencas que Desembocan en la Ciénaga Grande del Magdalena. (Trabajo de titulación) (Tesis de grado). Universidad de Cartagena. Cartagena-Colombia, 2015.

NIETO C., C., PAZMIÑO CH., E., ROSERO, S. & QUISHPE, B. Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. *Siembra*, vol. 5, no. 1, (2018) pp. 051–070. ISSN 1390-8928. DOI 10.29166/siembra.v5i1.1427.

OJEDA, F. Determinación Experimental del Balance Hídrico y Análisis de las Relaciones Precipitación y Escorrentía de la Microcuenca del Rio Blanco - Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador, 2017.

PEREIRA, C., MAYCOTTE, C., RESTREPO, B., MAURO, F., MONTES, A. & VELARDE, M.J. *Edafología* [en línea]. Caldas-Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A., 2011. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>.

PÉREZ, M., FERNANDO, G., HILL, M. & CLÉRICI, C. “La erosión de suelos en sistemas agrícolas”. *Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural*, (2010) (Uruguay) pp. 67–88.

PINEDA, L. & SUAREZ, J. “Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos”. *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 4, no. 3, (2014) (La Habana-Cuba) pp. 28–32. ISSN 2306-1545.

- POMA COPA, M.P. y UCSA TIUQUINGA, M.R.** “Estimación Del Balance Hídrico Climático (Bhc) De Las Microcuencas Del Cantón Joya De Los Sacha, Orellana”. *FIPCAEC Revista Científica*, vol. 5, no. 17, (2020) (Orellana-Ecuador) pp. 3–26. DOI 10.23857/fipcaec.v5i5.183.
- PROCEL, S.** *Ferramentas de gestão dos recursos hídricos: estudo de caso na bacia do baixo Rio Chambo (Equador)*. 2018. Tesis Doctoral. Universidade de São Paulo.
- QUIJANO, J.** Parámetros morfométricos, geomorfológicos y correlación estructural en cinco cuencas hidrográficas de la Cuenca Amagá. . (Trabajo de titulación) (Tesis de Grado) Universidad EAFIT. Medellín-Colombia, 2014.
- QUINTANA, S.M.** *LibroSIG : aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*. Autor.: Madrid-España, 2008. ISBN 9788469173701.
- RACCA, J.M.G.** “Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de Modelos Digitales del Terreno”. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*, vol. 77 n° 1-2, (2007) (Rosario-Argentina) pp. 31–38.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** Diccionario de la lengua española. [en línea]. S.I, 2022 [Consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/antrópico?m=form>.
- REYES TRUJILLO, A., ULISES BARROSO, F. & CARVAJAL ESCOBAR, Y.** *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas* [en línea]. Colombia, 2010 [Consulta: 6 diciembre 2021]. ISBN 9789586708555. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=LLNJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=editions:ZWOoIsNKf98C&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- RUIZ-ALVAREZ, O., ARTEAGA-RAMÍREZ, R., VÁZQUEZ-PEÑA, M., ONTIVEROS CAPURATA, R. & LÓPEZ-LÓPEZ, R.** “Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México”. *Universidad y ciencia* [en línea], vol. 28, no. 1. (2012) [Consulta: 3 diciembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792012000100001&script=sci_arttext.

SÁNCHEZ-ALMOHALLA SERRANO, E. & MONTANER SALAS, M. “Aproximación, por el método de Thornthwaite, al cálculo de infiltración de lluvia útil”. *Papeles de Geografía*, n°. 14, (1988) (Murcia-España) pp. 223–235. ISSN 1989-4627.

SÁNCHEZ CAMACHO, E.A. “Relleno de registro faltante en estaciones climatológicas”. *Portal del Agua desde México*, (2013) pp. 1–6.

SANCHEZ, N. “Cálculo de la precipitación media sobre la península de la guajira usando el método Thiessen”. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea], vol. 26, no. 1, (2017) (Colombia) pp. 97–108. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16671/5/SanchezForeroNeeckYeins2017.pdf>.

SANTOS PRECIADO, J.M. “El planteamiento teórico multiobjetivo/multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. raster”. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, no. 10, (1997) pp. 129–151. ISSN 1130-2968. DOI 10.5944/etfvi.10.1997.2547.

SANZ, A.C. & WYTTENBACH, A.F “¿Cartografía Antigua O Cartografía Histórica?” *Estudios Geográficos*, vol. 72, no. 271, (2011) pp. 403–420. ISSN 00141496. DOI 10.3989/estgeogr.201115.

SEGERER, C. y VILLODAS, R. Unidad 5: Las Precipitaciones, *Hidrología I*. [en línea]. Mendoza-Argentina: Universidad Nacional del Cuyo, 2006 pp. 5–22. Disponible en: <http://www.conosur-rih.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>.

SENAGUA. Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales, Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. Quito: Secretaría Nacional del Agua, 2015.

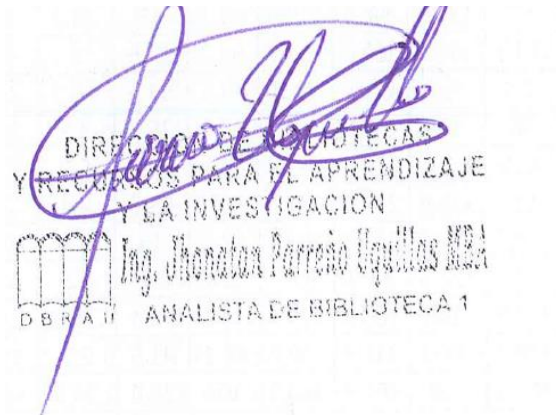
SUÁREZ MEDINA, M. de los Á., AGUILAR GARDUÑO, E. & ASTUDILLO ENRÍQUEZ, C. “Isoyetas anuales de la cuenca del Río Verde obtenidas de raster diarios de precipitación”. *Revista Arbitrada Semestral de la Universidad de Occidente*, vol. 3, no. 2, (2016), (Sinaloa-México) pp. 32–48.

TAPIA-SILVA, F. Avances en geomática para la resolución de la problemática del agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 2014, vol. 5, no 2, p. 131-148.

UREÑA, F. “Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos Fernando Ureña Elizondo”. *Posgrado y Sociedad de Revista Electronica del Sistema de Estudios de Posgrado*, vol. 11, no. 1, (2011) pp. 33–49.

VELOZ, N. y CARBONEL, C. “Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013- 2017”. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, vol. 21, nº. 42, (2018) pp. 13–26. ISSN 1682-3087.

WANG, Zhaoyin, et al. *River morphodynamics and stream ecology of the Qinghai-Tibet Plateau*. CRC Press, 2016.



ANEXOS

ANEXO A. DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

A1. Datos de precipitación de la estación San Simón M030.

ESTACION				SAN SIMÓN M030										
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	62.6	7.8	58	167.3	66	48.1	65	34.6	18.2	183	55	150.6	76.3	916.1
1991	42.7	45.6	158.1	41	54.1	9.5	10.2	55.3	7.5	34	0.5	17.4	39.7	475.9
1992	95	213.8	232.9	309.8	163	103.1	193	122	156.4	306	171	68.4	177.8	2133.9
1993	93.9	240.2	198.2	220.7	139	1	35	8	9	20	20	10	83.0	995.4
1994	284.6	225.8	352.2	226.3	88.2	3.4	0.3	32.8	23.8	22.8	3.7	141.9	117.2	1405.8
1995	518.9	413.6	362.1	303.1	54.2	7.4	51.1	22.3	5.2	25.4	68.4	48.3	156.7	1880.0
1996	74.7	145	116.5	98.1	72.5	30.2	10.3	0.5	2.8	21.1	4.4	16.8	49.4	592.9
1997	84.8	50.4	146.8	94.1	19	35.3	12.5	1.2	53.6	85.7	223.9	197.8	83.8	1005.1
1998	31.7	135.9	215.8	147.1	104	16.6	3.4	47.8	20	55	23.5	4.4	67.1	804.7
1999	158	125.6	85.6	206	244	64.4	66	92	10	29.5	87	186.3	112.9	1354.2
2000	57	133.4	89.7	219.5	50.1	15	18.2	0.1	26.2	35.3	1.6	33.8	56.7	679.9
2001	181.4	304.7	282.6	135.1	64.2	17.5	2	36.2	33.8	6.5	71.1	103.9	103.3	1239.0
2002	12.2	39.3	46.7	74.3	73.2	54.3	20.9	28.6	17	58.4	51.3	38.5	42.9	514.7
2003	96	78.9	51.7	145	86.6	25.7	8.9	53.5	4.9	10.6	24.4	55.9	53.5	642.1
2004	99.9	212.6	116.2	163.3	65.9	6.5	5.9	1.1	49.5	31.2	161.5	51.9	80.5	965.5
2005	51	125.6	237.9	107.8	7.8	65.5	2.4	0.6	0.2	14.7	13.7	92.4	60.0	719.6
2006	308.9	785.5	673.3	182.4	87.2	15	3.4	9.1	1.4	5.5	27.2	147.1	187.2	2246.0
2007	28	130.3	83.9	95.5	174	36	3.5	4.8	6.8	6.8	9.6	64.2	53.6	643.6
2008	343.2	213.1	160.8	429.6	18.2	78.4	76.9	3.7	9.9	192	178.6	270.4	164.6	1974.7
2009	499.7	390.7	331.9	200.8	66.1	41.3	2.2	10.8	2.5	17.7	3.6	45.5	134.4	1612.8
2010	401.3	500	365.9	342.3	104	38.4	24.9	7.5	24.1	12	21.4	267.5	175.7	2108.9
2011	22.5	141.3	105.5	175.1	26.2	8.4	14	1	80.9	22.4	31.5	85.9	59.6	714.7
2012	214.6	91.3	0.2	193.3	60.7	8.7	2	21.3	4.1	84.9	123.2	16.4	68.4	820.7
2013	231.8	543.2	441.1	196.2	114	30.2	7.5	4	8.2	19.4	5.7	77.3	139.9	1679.0
2014	115.7	1.3	408.8	25.3	97.5	88.8	84.9	29	77.7	5.9	20.2	217.1	97.7	1172.2
2015	147.1	17.9	23.1	101.9	58.9	42.7	43.2	16.2	23.2	56.1	65.7	84	56.7	680.0
2016	36.2	326.8	109.6	56.7	81.2	32	9.8	50	19.7	61.5	115.2	50.9	79.1	949.6
2017	271.1	488.2	141.3	225.8	91.3	31.1	112.6	19.8	59.2	63.7	3.1	24.3	127.6	1531.5
2018	65.1	332.6	238.1	13.5	95.1	44.3	8.6	60.4	37.9	39.2	52.7	146.9	94.5	1134.4
2019	285.7	333.8	125.3	343.9	156	90.4	93.2	36.8	42	129	4.4	9.1	137.5	1649.5
2020	458.3	100.9	115.7	217.4	95.3	81	0.4	5.3	27.9	101	97.9	95.6	116.4	1396.7
PROM	184.3	250.4	198.3	174.6	86.4	31.7	35.1	23.9	29.0	54.0	48.5	86.2	100.2	
MAX	518.9	785.5	673.3	429.6	243.8	103.1	193.0	122.0	156.4	305.5	223.9	270.4	785.5	
MIN	12.2	7.8	0.2	13.5	7.8	1.0	0.3	0.1	0.2	5.5	0.5	4.4	0.1	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	144.7	160.4	192.6	181.4	100.4	31.9	44.7	41.7	30.7	78.2	65.7	84.2	96.4	1156.4
2000-2009	167.7	241.4	207.5	175.3	69.4	35.5	14.4	14.9	15.2	37.9	54.3	90.4	93.6	1123.8
2010-2020	204.5	261.6	188.6	171.9	89.1	45.1	36.5	22.8	36.8	54.1	49.2	97.7	104.8	1257.9

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A2. Datos de precipitación de la estación Guaslán M133.

ESTACION				GUASLÁN M133										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	33	96.3	32.3	79.9	45.2	35	16.2	11.1	33.1	138.5	30.8	52.2	50.3	603.6
1991	44.8	34.6	93.7	42.8	79.5	31.2	36.7	12.5	41.2	33.4	73.7	39.7	47.0	563.8
1992	29.2	87.6	79	66.7	38.9	21.4	12.6	7.4	39.4	46.3	39.1	23.1	40.9	490.7
1993	19.3	120	200.3	95.6	64.5	12.8	27.1	17	33.3	33.2	51	18.9	57.8	693.0
1994	19.1	32.3	76.8	47.1	86.4	38.7	10.6	39.2	10.6	14.1	104.7	94.1	47.8	573.7
1995	30.4	18.7	63.6	85.8	50.7	40.3	91.4	11.9	5.9	48.2	108.5	64.1	51.6	619.5
1996	41.2	50.7	70.9	120.1	35.2	10.8	14.9	20.5	41.2	57.5	21.4	30.7	42.9	515.1
1997	34.4	18.1	54.4	39.3	9.6	6.1	4	2.6	0.3	33.2	2.4	11.1	18.0	215.5
1998	29.4	37.5	36.1	199.7	141.3	51.1	46.9	30.7	2.3	132	10.7	4	60.1	721.7
1999	72.2	69.2	208.3	244.1	315.4	96.3	14.9	61.4	86.5	27.2	97.6	78.3	114.3	1371.4
2000	93.8	86.4	51.5	86.6	141.2	45	12.7	18.3	49.5	6.6	12.4	44.4	54.0	648.4
2001	48.6	45.6	78.7	35.7	34.5	44.3	11.1	8	69.8	6.6	37.1	50.6	39.2	470.6
2002	24	50.8	20.9	79	53.4	41.7	10.6	13.5	24.1	75.8	25.3	36.3	38.0	455.4
2003	20.8	24.5	32.8	70.5	12	34.8	16	1.2	16.8	36.8	41	38.2	28.8	345.4
2004	16.9	52.5	36.3	78.6	71.6	5.7	9.2	5.9	17.2	56.3	72.1	34.9	38.1	457.2
2005	48.7	43.1	90.9	40	114.3	29.8	45.5	36.1	70.6	88.8	31.5	23.4	55.2	662.7
2006	53.7	68.3	67.5	69.3	13.5	52.2	8.3	20.1	14.8	40.8	81.4	59.2	45.8	549.1
2007	41.7	21.1	88.7	99.5	102.7	68	10.6	55.7	6.2	90.7	66.2	37.6	57.4	688.7
2008	62.2	77.2	103.3	89.4	96.4	49.9	16.1	37	33.2	101.1	101.7	113.9	73.5	881.4
2009	36.5	65.6	49.1	42.1	27.1	50.9	22.4	10	1.9	96.5	12.2	33	37.3	447.3
2010	28.9	58.4	48.5	87.9	78.6	60.9	51.5	31	26.8	43.8	99.5	71.5	57.3	687.3
2011	39.4	87.5	18.3	100.2	52.6	20.1	37.6	22.7	33.5	52.7	94.9	62.2	51.8	621.7
2012	55.6	77.5	30.7	65.7	23	15.4	16.2	22.4	15.4	110.6	89.4	9.7	44.3	531.6
2013	39.3	57.5	27.7	59.2	54	23.7	25.5	10.3	11.3	72.8	18	10.4	34.1	409.7
2014	75.9	17.2	84.4	51.1	113.5	31.9	9.7	17	38.2	36.5	38.7	41.1	46.3	555.2
2015	25.5	29.7	67.1	54.8	31.7	40.7	32.8	7.7	9.4	66.5	75.8	20	38.5	461.7
2016	11.4	17.8	105.7	76.7	26.1	61.4	15.1	12.1	40.5	39.1	34.1	34.5	39.5	474.5
2017	90.6	95.7	127.8	108.1	98.4	85.4	13.3	33.6	15.6	37.3	57.9	93.4	71.4	857.1
2018	19.8	84	74	59.2	29.1	71.7	50.8	21.8	61	105.9	64.7	17.1	54.9	659.1
2019	42.3	65.2	81.6	170.8	77.3	61.1	33.4	20.5	30.7	42.8	14.2	60.2	58.3	700.1
2020	72.1	53.9	132.4	127.2	29.9	44.2	16.4	23	40	28.7	81.1	17.7	55.6	666.6
PROM	42.0	56.3	75.3	86.2	69.3	41.4	23.9	20.7	29.7	58.1	54.5	42.8	50.0	
MAX	93.8	120.0	208.3	244.1	315.4	96.3	91.4	61.4	86.5	138.5	108.5	113.9	315.4	
MIN	11.4	17.2	18.3	35.7	9.6	5.7	4.0	1.2	0.3	6.6	2.4	4.0	0.3	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	35.3	56.5	91.5	102.1	86.7	34.4	27.5	21.4	29.4	56.4	54.0	41.6	53.1	636.8
2000-2009	44.7	53.5	62.0	69.1	66.7	42.2	16.3	20.6	30.4	60.0	48.1	47.2	46.7	560.6
2010-2020	45.5	58.6	72.6	87.4	55.8	47.0	27.5	20.2	29.3	57.9	60.8	39.8	50.2	602.2

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A3. Datos de precipitación de la estación Pilahuin M376.

ESTACION				PILAHUIN M376										
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	27.8	62.3	39.3	55.6	71.8	48.6	48.5	32.2	19.4	123.6	23.6	36.3	49.1	589.0
1991	20.7	19	71.9	38.7	72.7	66.1	76.4	33.5	8.4	38	78.2	15.8	45.0	539.4
1992	14	59.6	109	55.7	43.8	30.7	58.9	26.4	37.4	26.8	31.8	19.2	42.8	513.3
1993	58.6	71.8	71.8	81.3	71.9	35.6	85.9	36.5	56.1	32.5	39.2	57	58.2	698.2
1994	87.1	23.3	86	82.7	74.5	62.7	79.3	85.9	32	40.1	82.4	50.9	65.6	786.9
1995	25.2	3.4	44.4	73.6	103	57.8	91.6	40.1	28.4	25.5	92.3	68.8	54.5	654.1
1996	84.9	80.3	52.9	83.3	96.8	76.2	55.3	39.7	52.8	34.3	39	35.4	60.9	730.9
1997	61.8	69.8	71.6	48.4	71.6	44.8	67	44.6	52.5	40.5	120	61.8	62.8	753.9
1998	38.9	64.4	46	92.6	117.4	86.7	96.1	51.2	28.6	84.5	61.7	59.3	69.0	827.4
1999	44.8	129.8	100.1	107.5	62.9	90.6	36.1	74	107.1	32.4	23.8	135	78.7	944.1
2000	49.6	109.3	74	93.4	220.5	92.9	30.5	59.5	61.6	18.4	26.9	55	74.3	891.6
2001	41.8	58.3	56.3	66.7	54.8	88.1	49.7	24.7	39.9	5.4	54	61.1	50.1	600.8
2002	39.6	48.3	86.3	86.8	86.4	66.8	47.9	31.6	24.8	79.1	117	42.6	63.1	757.5
2003	38	40.7	94.7	58.5	52.5	65	26.5	14.4	35.7	70.3	48.3	45.6	49.2	590.2
2004	18.1	58.9	49.9	104.6	113.8	51	62.2	36.3	48.5	46	71.4	47.8	59.0	708.5
2005	25	103.4	109.1	108.5	54	77.2	40.3	22.7	42.8	44.2	43.2	119	65.8	789.1
2006	55.7	85	78.4	81.3	46.6	92.1	17.7	45.3	33.6	38.3	58.2	79.8	59.3	712.0
2007	56.5	16.5	106.1	92.2	59.5	166.5	21.4	96	29.8	54.9	59	54.6	67.8	813.0
2008	82.3	106.8	84.2	113.9	117	58.4	71.6	71.4	52.9	80.9	90.9	59.2	82.5	989.5
2009	93	60	45.2	80	29.8	90.1	69.1	19.6	14.5	37.3	18.6	29.5	48.9	586.7
2010	22.6	60.1	51.2	107	88.1	110.5	62.5	47.9	55.1	27.7	107	86.1	68.8	826.0
2011	37.8	71.6	43	142.6	98.6	66.9	63.4	56.9	50.4	29.7	80.8	116	71.5	857.7
2012	101	94.7	62.9	126.5	61.4	38.4	36.8	57.3	41	67.3	45.3	32.2	63.7	764.9
2013	49.1	80.7	56.3	54.2	88.5	50.8	63.4	37.8	29.2	59.5	12.4	39.5	51.8	621.4
2014	67.3	22.7	87.6	63.3	78.7	98.1	34.5	72.9	50.7	47.3	24.9	125	64.5	773.4
2015	50.5	30.5	66.5	61.4	52.8	83.3	88.5	32.2	36.6	49.7	71.3	35.1	54.9	658.4
2016	38.7	41.8	90	149.7	53.4	107.7	41.9	24.2	66	36.3	58.9	39.4	62.3	748.0
2017	81.2	95.3	117	58.1	80.8	49.4	72.9	31.6	32.9	34.4	76.1	92.7	68.5	822.4
2018	52.4	36.8	22.7	102.7	100.7	52.9	38	52.6	34.3	25.8	132	116	63.9	766.3
2019	56	54.2	63.1	66.1	74.2	95.6	42	72.3	31.8	79.7	64	44.4	62.0	743.4
2020	46.6	56.4	22.7	93.4	82.7	80.4	130.1	32.2	36.6	49.7	71.1	85.4	65.6	787.3
PROM	50.5	61.8	69.7	84.8	80.0	73.6	58.3	45.3	41.0	47.1	62.0	62.7	61.4	
MAX	101.1	129.8	117.0	149.7	220.5	166.5	130.1	96.0	107.1	123.6	131.8	135.0	220.5	
MIN	14.0	3.4	22.7	38.7	29.8	30.7	17.7	14.4	8.4	5.4	12.4	15.8	3.4	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	46.4	58.4	69.3	71.9	78.6	60.0	69.5	46.4	42.3	47.8	59.2	54.0	58.6	703.7
2000-2009	50.0	68.7	78.4	88.6	83.5	84.8	43.7	42.2	38.4	47.5	58.8	59.4	62.0	743.9
2010-2020	54.8	58.6	62.1	93.2	78.2	75.8	61.3	47.1	42.2	46.1	67.6	73.8	63.4	760.8

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A4. Datos de precipitación de la estación San Juan M393.

ESTACION				SAN JUAN M393										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	80.8	47	27.1	127	39.3	21.5	36.8	10.2	19	162.2	52	40.8	55.3	663.7
1991	44.3	11.3	78.5	46.3	61.2	26	40.7	12.4	40.7	45.8	117.5	43.7	47.4	568.4
1992	8	115.2	70.4	98.6	51.5	10.3	9.7	17.6	37	30.5	50.6	22.3	43.5	521.7
1993	47.8	62	209.2	89	72.4	3.5	16.3	12	23.4	73.5	66.7	53.2	60.8	729.0
1994	54	57.9	186.4	102	43.1	20.4	10.7	16.3	38.5	62.4	145.6	40	64.8	777.3
1995	13.6	10.2	69.2	91.4	68	20.5	74.2	16.8	30.2	85.6	151.2	34.9	55.5	665.8
1996	86	111	77.5	107.4	84.8	37.8	6.3	14.8	43.8	95	32.1	83.7	65.0	780.2
1997	99.8	30.9	83.6	62.2	56.1	34.8	23.8	1.4	27.4	66.4	139	54.2	56.6	679.6
1998	10.3	95.4	73.6	72.7	135.4	27.1	29.2	19.5	6.6	116.3	61.3	1.8	54.1	649.2
1999	52.3	196.9	101.8	129.6	42.5	96.8	8	31.9	148.8	15.9	59	65.8	79.1	949.3
2000	96.5	173	61.9	105.8	151.9	70.6	2.7	16.7	117.6	5.5	13.6	65.1	73.4	880.9
2001	54.8	42.4	35	14.8	38.4	13.2	0.8	0.6	59.1	9.5	40.4	100.5	34.1	409.5
2002	26.6	16.7	136.2	94.1	24.7	44.4	7.5	11.6	14.4	112.2	99	41.3	52.4	628.7
2003	17.5	37.5	36.6	103.7	13.2	26.1	4.1	1	3.4	61.7	76.8	69.5	37.6	451.1
2004	16.3	60.4	24.3	92.6	85.8	2.9	9.8	16.9	37.5	79.2	95.1	49.9	47.6	570.7
2005	8.1	73.3	138.5	74.4	21.5	21.7	13.4	7.6	0.4	26.6	44.6	126.1	46.4	556.2
2006	29.9	70.2	97.3	99.6	30	18.9	9.1	26.7	14.7	43.3	133.1	145.7	59.9	718.5
2007	70.7	26.2	113.2	139.6	123.5	66.8	6.8	47.3	9.8	104.7	43.5	48.8	66.7	800.9
2008	53.2	105.5	99.5	96.2	123.2	58.4	14	37.1	29.9	114.2	92.5	51.9	73.0	875.6
2009	94.7	69.3	53.5	84.8	31.3	37.1	20.6	4.9	11.4	72.9	14.2	33.2	44.0	527.9
2010	3.9	32.2	32.1	129.8	119.9	44.6	56.9	19.9	42.2	43.2	125.8	102	62.7	752.5
2011	33.8	47.6	45.9	230.2	25.6	29.9	14	10.7	52.7	30.5	84.8	98.1	58.7	703.8
2012	112.4	74.6	52.1	156.9	16.7	17.8	11.6	23.6	19.4	134.5	91.9	18.2	60.8	729.7
2013	25.4	52.4	36.9	72.7	68.7	19	10.3	17.5	10	51.7	23.9	14.4	33.6	402.9
2014	65.3	22.7	109.9	48.9	94.4	28.7	16.6	18.8	61.9	86.6	65	39.6	54.9	658.4
2015	57.7	20.6	125.1	69.6	42.5	26	36.8	10.1	1.7	65	63.7	15.8	44.6	534.6
2016	52.2	23.8	133	92.5	51.3	68.5	7.8	10	57.6	50.2	37.6	54.9	53.3	639.4
2017	152.1	114.8	249.4	107.6	114.3	85.7	3.2	18.5	15.8	69.2	53	77.4	88.4	1061.0
2018	63.5	21.2	47.9	101.4	107.9	6	6.2	9.4	14.2	19.4	143.9	58	49.9	599.0
2019	46.5	56.4	73.8	117.4	80.2	33.9	26.6	37.3	44	88.9	46.8	62.8	59.6	714.6
2020	26.4	10.8	51.3	66.5	95.6	64.4	11	22.5	81.5	54.4	35.9	80.4	50.1	600.7
PROM	51.8	60.9	88.1	97.6	68.2	34.9	17.6	16.8	36.0	67.0	74.2	57.9	55.9	
MAX	152.1	196.9	249.4	230.2	151.9	96.8	74.2	47.3	148.8	162.2	151.2	145.7	249.4	
MIN	3.9	10.2	24.3	14.8	13.2	2.9	0.8	0.6	0.4	5.5	13.6	1.8	0.4	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	49.7	73.8	97.7	92.6	65.4	29.9	25.6	15.3	41.5	75.4	87.5	44.0	58.2	698.4
2000-2009	46.8	67.5	79.6	90.6	64.4	36.0	8.9	17.0	29.8	63.0	65.3	73.2	53.5	642.0
2010-2020	58.1	43.4	87.0	108.5	74.3	38.6	18.3	18.0	36.5	63.1	70.2	56.5	56.0	672.4

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A5. Datos de precipitación de la estación Cebadas M395.

ESTACIÓN				CEBADAS M395										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	2	74.3	39	101.6	96.1	35.7	1.1	18.8	8	120.2	29.5	29.8	46.3	556.1
1991	6.4	49.6	185.6	63.8	162.1	28.7	4.4	20.4	20.1	2.6	48.8	3.1	49.6	595.6
1992	27.4	47.5	46.9	128	42.9	19	8.7	26.5	6.2	11.1	11.2	8	32.0	383.4
1993	34.4	115.6	304.3	253.9	57.3	2.9	44.8	10.7	12.1	30.1	9.9	78.8	79.6	954.8
1994	1.6	2.4	38	0.8	29.4	1.3	30	2.2	9.4	20.7	39.2	62.9	19.8	237.9
1995	6.8	37.2	59.3	78.8	29.4	14.7	50.4	26.1	2.1	21.2	124.3	49.2	41.6	499.5
1996	33	272.9	95.1	116.5	82.7	19.3	27.7	8.4	16.1	26.9	20.1	53.7	64.4	772.4
1997	50.4	21.4	98.8	36	9	31.4	21.1	1	36	12.6	88.9	72.2	39.9	478.8
1998	24	59.5	81.7	106.2	173.9	47.7	84.2	72.1	6.4	35	54.6	22.5	64.0	767.8
1999	48.9	202.3	226.5	194.8	180.3	96	15.3	18	119.7	15.5	10.8	44.6	97.7	1172.7
2000	74.8	99.3	123	119.1	221.7	89.1	8	9.8	54.1	1.7	7.2	62.3	72.5	870.1
2001	93.5	36.8	150.2	35.6	67.3	83.2	30.7	18.9	13.6	8.2	43.8	32.2	51.2	614.0
2002	15.6	36.3	56	124.3	47.5	49.8	21	3.3	0.9	83.6	89.6	51.9	48.3	579.8
2003	13	39.4	38.2	105.4	6.7	42	32.4	8.7	12.1	22.4	57.3	37.6	34.6	415.2
2004	13.8	34.9	26.2	94.8	140.5	10.1	26.3	9.9	36.9	71	100.1	77.7	53.5	642.2
2005	7.1	28.5	114.9	134.6	28	27.6	2.3	2.3	44.9	53.6	3.3	98	45.4	545.1
2006	46.8	40.8	125.7	68.4	6.8	44.1	2.1	19.9	8.9	35.1	105.4	95.5	50.0	599.5
2007	49.5	25.9	113.3	105.8	61.3	103.8	29.4	65.1	3.5	64.6	78.2	30.8	60.9	731.2
2008	73.9	107.2	92.4	57.5	108.4	41.6	21.2	15.3	11.2	31	40	26	52.1	625.7
2009	56.9	62.3	53.6	39.2	35.3	51	29.8	34.7	27.2	54.8	7.3	23.5	39.6	475.6
2010	3.5	34.9	38.6	69.5	77.9	50.5	52.9	23.5	27.1	31.5	106.7	124.9	53.5	641.5
2011	52.8	116.1	80.9	286.6	59.5	33.1	104	19.3	27.5	94.7	91.1	54.5	85.0	1020.4
2012	96.5	67.7	28.4	223.5	29.3	12.5	16.6	6.9	8.5	51.2	30	4.6	48.0	575.7
2013	44.1	50.5	28.7	31.3	157.3	23	61	6.1	12.8	47.8	49.9	66.5	48.3	579.0
2014	65	45.2	84.9	41.9	130.1	58.3	18.9	18.9	54.4	63.6	39.5	66.2	57.2	686.9
2015	72.5	38.8	140.6	82	40.1	74.5	46.4	3	26.3	12.5	48.4	10.8	49.7	595.9
2016	13.6	32.2	57.3	141.6	50.9	62.1	9.2	5.3	41.7	40.1	33.5	34	43.5	521.5
2017	105.8	112.4	153.6	114.7	51.7	9.4	23.5	22.2	12.8	40.7	47	79.2	64.4	773.0
2018	87.1	22.9	103.6	59.2	88.4	56	7.7	23.4	51.4	33.3	21.1	126.5	56.7	680.6
2019	63.7	48	95.1	112.8	83	73.7	12.5	20.8	29.2	36.3	89.9	69.4	61.2	734.4
2020	20.2	66.4	66.3	230.8	92.4	29.3	65.2	14.4	27.5	81.2	21.5	16.6	61.0	731.8
PROM	42.1	65.5	95.1	108.4	78.9	42.6	29.3	17.9	24.8	40.5	49.9	52.0	53.9	
MAX	105.8	272.9	304.3	286.6	221.7	103.8	104.3	72.1	119.7	120.2	124.3	126.5	304.3	
MIN	1.6	2.4	26.2	0.8	6.7	1.3	1.1	1.0	0.9	1.7	3.3	3.1	0.8	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	23.5	88.3	117.5	108.0	86.3	29.7	28.8	20.4	23.6	29.6	43.7	42.5	53.5	641.9
2000-2009	44.5	51.1	89.4	88.5	72.4	54.2	20.3	18.8	21.3	42.6	53.2	53.6	50.8	609.8
2010-2020	56.8	57.7	79.8	126.7	78.2	43.9	38.0	14.9	29.0	48.4	52.6	59.4	57.1	685.5

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A6. Datos de precipitación de la estación Licto M407.

ESTACION				LICTO M407										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	168.9	34.8	40.9	167.7	90.3	55.9	62.3	137.1	44	134.4	85.8	121.9	95.3	1144.0
1991	9.5	74.2	185.8	48.1	225.3	359.1	327.7	264.9	20.7	96.4	345	50.9	167.3	2007.6
1992	34.2	130.4	166.9	145.9	244	143.4	219.7	137.3	71.6	15.4	10.2	19.6	111.6	1338.6
1993	157.6	212.5	648.7	71.3	32.5	28.7	92.5	111	69.1	186.6	196.3	205	167.7	2011.8
1994	17.9	3.2	31.7	69.8	53.6	40.5	101.4	47.7	25.8	21.5	56.2	32.5	41.8	501.8
1995	81.8	63.5	310.7	222	21.6	36.5	3.4	18.2	47.3	247.4	150.4	106.1	109.1	1308.9
1996	59.4	5	338.6	193.9	200.3	183.2	117	94	209	63	4	56.9	127.0	1524.3
1997	134.3	44.1	207.2	113	195	30.7	15.3	14.4	29.7	20.1	17.7	100.8	76.9	922.3
1998	12.5	21.4	46	25.6	280	384.1	19.4	18.9	4.9	302.1	9.1	28.5	96.0	1152.5
1999	145	365.4	663.7	486.4	543.7	12	437.2	217.2	292.4	56.1	109	70.6	283.2	3398.7
2000	56.4	78.7	123	176.7	288.1	119.4	4.7	8.4	81.6	19.1	5.5	69.9	86.0	1031.5
2001	149.5	75	195.2	93.9	29.1	0.9	1	19	1.2	14.6	24.1	15.8	51.6	619.3
2002	11.5	104.5	333.6	182	12.5	2	3.3	6.3	6	65.9	56.7	72.1	71.4	856.4
2003	39.8	27.2	47.4	107.7	34.5	58.6	21.3	1.3	37.9	59.2	46.1	39.4	43.4	520.4
2004	13.9	50.2	79.3	89.6	52.1	21.1	43.4	14.1	33.9	63.8	88.6	44.6	49.6	594.6
2005	9.4	93.1	130.2	67.4	15.4	76	11.2	1.6	51.5	89.2	16.1	103.8	55.4	664.9
2006	49.5	49.8	115.4	53.3	17.2	82.1	2.8	30.1	27.6	40.3	129.9	99.8	58.2	697.8
2007	77.1	13.6	118.6	127	91.6	125.9	14.3	90.2	10.1	55.7	73.3	48.8	70.5	846.2
2008	63.7	111.8	106.5	92.5	117.1	58	40.6	40.4	32.6	102.5	74.6	55.8	74.7	896.1
2009	89.1	56.6	41.4	45.5	76.6	61.6	39.2	16.5	31.5	48.2	33.8	53	49.4	593.0
2010	6.3	39.3	45.1	124.8	68.9	58.7	59.1	36.1	32.4	58.9	136.4	100.8	63.9	766.8
2011	45.2	138.2	52.8	186	95.2	34.4	75.7	49.2	27	41.9	90.8	89	77.1	925.4
2012	108.1	63.1	33.3	94.2	24.6	27.5	25.6	28.5	39.4	85.4	74.3	52.2	54.7	656.2
2013	31.9	47.7	60.5	62.1	93.8	26.7	41.3	18.4	28.7	52.9	55.5	16.7	44.7	536.2
2014	97.1	47.5	114.6	81.3	112.4	50.8	37.8	33.5	35.8	73	53.1	28.1	63.8	765.0
2015	46.5	12.9	85	56.1	52.8	72.4	257.6	18	15.2	49.8	68.5	14.4	62.4	749.2
2016	39.5	40.6	77.4	176.1	42.8	101.6	14.1	18.2	48.2	105.4	12.4	67.9	62.0	744.2
2017	62.5	91.8	152.4	114.4	84.3	88.6	23.5	31.9	13.2	43.7	58.3	110	72.9	874.6
2018	79.9	21.7	101.5	96.3	140.4	42.8	15.2	16.4	39.5	40	184.8	121.4	75.0	899.9
2019	60.7	75	75.7	112	98.5	36.6	10.4	23	12	48.6	125.6	38.1	59.7	716.2
2020	26.8	95.6	49.6	121.1	49.9	41.3	99.1	27.5	38.1	55.2	52.3	71.2	60.6	727.7
PROM	64.0	73.8	154.2	122.7	112.4	79.4	72.2	51.3	47.0	76.0	78.9	67.9	83.3	
MAX	168.9	365.4	663.7	486.4	543.7	384.1	437.2	264.9	292.4	302.1	345.0	205.0	663.7	
MIN	6.3	3.2	31.7	25.6	12.5	0.9	1.0	1.3	1.2	14.6	4.0	14.4	0.9	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	82.1	95.5	264.0	154.4	188.6	127.4	139.6	106.1	81.5	114.3	98.4	79.3	127.6	1531.1
2000-2009	56.0	66.1	129.1	103.6	73.4	60.6	18.2	22.8	31.4	55.9	54.9	60.3	61.0	732.0
2010-2020	55.0	61.2	77.1	111.3	78.5	52.9	59.9	27.3	30.0	59.5	82.9	64.5	63.3	760.1

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A7. Datos de precipitación de la estación Guano M408.

ESTACION				GUANO M408										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	16.9	52.7	16.7	64.5	41	31	27	5	25.1	77.8	29.2	16.1	33.6	403.0
1991	25.8	15.3	47.4	79.1	35.5	39.1	11.6	16.3	15.3	21.8	55	65.3	35.6	427.5
1992	35	61	34.5	87.1	15.6	8.5	4.3	1.3	29.5	11.3	16.9	13.1	26.5	318.1
1993	25.3	62.1	161.1	100.6	63.6	18.3	19.8	8.4	26.9	40.5	28.5	26.7	48.5	581.8
1994	60.3	22.1	78.9	84.1	62.4	18.7	4.7	8.7	6.6	18.6	91.3	35.3	41.0	491.7
1995	6.9	5.5	49.5	85.1	43.4	16.3	64.3	19	9.6	43.4	100	23	38.8	466.0
1996	66.5	85.2	111.6	54.2	60.7	57.6	23.1	3.4	36.8	35.7	11	20.3	47.2	566.1
1997	45.9	13.7	24.8	24.4	2.2	11.3	13.4	2.4	21.4	13.2	85.7	25.6	23.7	284.0
1998	25.3	68.1	80.5	79	74.7	24.6	27.6	35.7	3.6	96.2	20.1	10.2	45.5	545.6
1999	23.7	72.3	99.3	72.8	34.4	51.6	6.5	20	55	11.8	56.7	63.5	47.3	567.6
2000	48.7	96.4	74.3	65.9	85.6	88.3	27.1	16.7	12.9	0.6	12.9	31.6	46.8	561.0
2001	20.9	25.4	83	19.6	18.9	19.3	13.5	0.7	23.7	6.8	37.7	86.7	29.7	356.2
2002	9	28	23.9	91.6	52.6	40.9	20.6	26.6	8.7	84	70.7	35.6	41.0	492.2
2003	22.4	18.3	22.9	29.1	6.4	30.6	22.6	4	5	32.8	27.8	22.9	20.4	244.8
2004	13.3	64	22.1	56.1	39.5	13.5	4.5	9	3.6	48.8	88.2	14.1	31.4	376.7
2005	9.9	35.7	64.1	34.6	25.6	38.1	6.5	7	17.8	85.7	19.5	91.2	36.3	435.7
2006	39.8	31.7	60.4	85.4	4.1	42.2	2.8	14.2	11.8	32.1	76.6	39.6	36.7	440.7
2007	20.6	21	55.1	123.3	45.9	50.4	7.8	60.8	10.1	51.1	52.2	31.8	44.2	530.1
2008	49.8	79.1	131	94.3	79.4	39.3	16.5	27.3	2	82.3	66.3	62.5	60.8	729.8
2009	51.7	55.5	24.5	17.8	14.3	56.3	5.3	3.2	5.2	34.1	13.9	28.1	25.8	309.9
2010	2.5	17.7	19.3	52.6	85	46.8	33.2	13.5	25.6	39.7	100.5	91.6	44.0	528.0
2011	42.1	83.1	41.3	131.3	33.7	14.1	7.9	6.7	33.6	41.7	96.1	59.7	49.3	591.3
2012	36.4	31.1	30.5	54.3	3.5	12.3	5.6	8.8	12.1	67	47.1	11.4	26.7	320.1
2013	18.3	69.8	31.8	8.7	52.2	19.1	6.2	6.2	3.6	46.3	6.5	0.9	22.5	269.6
2014	12.6	7.7	83.7	12.8	56.3	8.5	4.5	20.1	55.1	40.7	31.3	2.7	28.0	336.0
2015	39.2	12.8	29.1	17.4	20.5	7.6	17.5	6.3	1.2	29.7	45.8	11.3	19.9	238.4
2016	23.6	6	40	61.1	17.5	48.3	8.1	5.4	30.1	28.9	24.5	24.9	26.5	318.4
2017	73.3	77.7	105.8	329.3	93.7	104.2	11.5	36.9	20.5	34.5	32.8	40.3	80.0	960.5
2018	22.4	20.7	80.8	55.3	31	9	12	0.9	22.2	22.3	76	52.5	33.8	405.1
2019	34.1	86.6	90.1	13.8	35.2	11.9	6.8	24.8	26.5	72.7	49.2	60.5	42.7	512.2
2020	39.7	85.7	39.1	157	10.4	13.7	35.7	16.3	18.8	62.5	87.6	66.7	52.8	633.2
PROM	31.0	45.5	59.9	72.3	40.2	32.0	15.4	14.1	18.7	42.4	50.2	37.6	38.3	
MAX	73.3	96.4	161.1	329.3	93.7	104.2	64.3	60.8	55.1	96.2	100.5	91.6	329.3	
MIN	2.5	5.5	16.7	8.7	2.2	7.6	2.8	0.7	1.2	0.6	6.5	0.9	0.6	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	33.2	45.8	70.4	73.1	43.4	27.7	20.2	12.0	23.0	37.0	49.4	29.9	38.8	465.1
2000-2009	28.6	45.5	56.1	61.8	37.2	41.9	12.7	17.0	10.1	45.8	46.6	44.4	37.3	447.7
2010-2020	31.3	45.4	53.8	81.2	39.9	26.9	13.5	13.3	22.7	44.2	54.3	38.4	38.7	464.8

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A8. Datos de precipitación de la estación Pangor M409

ESTACION				RIOBAMBA-ESPOCH M1036										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	56.1	82.3	19.1	63	36.6	24.2	29.7	8.5	20.1	111.2	27.5	41	43.3	519.3
1991	67.4	15.7	62.1	40.7	67.4	31.6	12.2	26.9	17.2	4.5	131	33.4	42.5	510.1
1992	29.5	59.2	47.4	95.3	28.5	7.4	8.5	4.7	9.3	6	27.2	28.5	29.3	351.5
1993	18.7	105.3	95.3	59.3	66.8	6.7	15.5	9.8	30.3	65.6	46.2	53.3	47.7	572.8
1994	23.5	29.4	114.2	86.8	43.2	22	7.7	19.8	8.8	35.6	96.9	31.4	43.3	519.3
1995	8.5	15.4	40.5	83.5	58.2	16.4	72.9	21.7	25.7	49.6	89.9	23.6	42.2	505.9
1996	76.1	91.6	87.2	74.3	68.7	26.8	9	6.2	43.3	52.1	9.1	30.6	47.9	575
1997	68	19.8	29.1	54.5	19.7	22.4	7.9	0.7	31.1	26.6	201.6	57.6	44.9	539
1998	23.8	19.7	85.4	98.5	71.5	31.6	27	15.4	5.8	74.5	44.5	6.9	42.1	504.6
1999	35.5	101.5	84.2	85.8	67	76.2	13.9	26.8	100.7	11	52.5	79.6	61.2	734.7
2000	68.8	92.3	61.9	86.8	139.3	76.3	6.7	17.2	46.1	13.2	20	36.9	55.5	665.5
2001	22.8	39.3	100.2	15.5	28	23.9	4.8	0.7	24.7	11.5	46.6	55.4	31.1	373.4
2002	26.7	29.4	55.9	68.6	54.6	49.4	7.5	22.7	18.8	108.1	67.1	78.6	49.0	587.4
2003	9.5	44.3	41.4	62.7	9.8	33.6	15.1	2.4	7.1	29.9	76.6	43	31.3	375.4
2004	8.6	75	30.7	100.8	38.9	5.4	30.2	8.2	27	64	100	26.5	42.9	515.3
2005	10.3	73.5	77.7	30	21.8	40	10	0.8	3.4	70.6	42.6	115.2	41.3	495.9
2006	19.1	52.3	78.5	65.8	27.2	50	6.7	18.9	9.8	31.1	113.3	84.4	46.4	557.1
2007	48.9	16.6	98.2	120.4	71.3	64.8	9.6	51.4	5.1	70.4	53.3	23.2	52.8	633.2
2008	59.6	81.5	79.3	83.6	131.7	58.4	10.8	5.2	22.8	81.9	105.7	86.5	67.3	807
2009	69.5	33.1	25.1	30.1	27.9	33	17.2	19	1.8	59	16.2	44	31.3	375.9
2010	1.1	29.6	29.7	81.2	29.8	48.2	87.1	61.4	28.2	61.3	103.9	74.9	53.0	636.4
2011	44.7	137.1	43.7	157.5	32.6	32.1	12.4	14.2	8.4	17.4	126.4	67.6	57.8	694.1
2012	61.1	59.1	28.8	79.6	23.3	11.2	6.9	17.4	14.5	104.8	45.7	12.8	38.8	465.2
2013	9.6	90.5	29.9	43.8	68.5	17.3	6	8.5	6.6	49.3	37.2	18.2	32.1	385.4
2014	81.7	15.8	75.2	38	89.4	38	12.6	19.7	65.2	61.7	28.4	38.8	47.0	564.5
2015	34.2	29.3	113.2	44.2	43.1	24.9	32.5	8.9	2.2	57.4	72	13.4	39.6	475.3
2016	43.7	11.9	124.4	107.3	21.3	47.6	6.8	7.1	37.9	58.5	28.5	49.7	45.4	544.7
2017	81.8	124	150.2	59	67.9	82	8	25.4	13.2	41.2	49.2	72.3	64.5	774.2
2018	46.7	24.4	40.9	99.6	90.2	3.2	11.1	8.7	30.4	35.5	127.8	50.4	47.4	568.9
2019	38.7	30.7	27.5	78	50.3	19.8	2.8	3.4	64.6	32.3	83.4	59.8	40.9	491.3
2020	56.2	58.4	20.7	23	30.7	55.1	42.1	43.6	49	7	47.4	24.9	38.2	458.1
PROM	40.3	54.5	64.4	71.5	52.4	34.8	17.8	16.3	25.1	48.5	68.3	47.2	45.1	
MAX	81.8	137.1	150.2	157.5	139.3	82.0	87.1	61.4	100.7	111.2	201.6	115.2	201.6	
MIN	1.1	11.9	19.1	15.5	9.8	3.2	2.8	0.7	1.8	4.5	9.1	6.9	0.7	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	40.7	54.0	66.5	74.2	52.8	26.5	20.4	14.1	29.2	43.7	72.6	38.6	44.4	533.2
2000-2009	34.4	53.7	64.9	66.4	55.1	43.5	11.9	14.7	16.7	54.0	64.1	59.4	44.9	538.6
2010-2020	45.4	55.5	62.2	73.7	49.7	34.5	20.8	19.8	29.1	47.9	68.2	43.9	45.9	550.7

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A9. Datos de precipitación de la estación Riobamba-ESPOCH M1036.

ESTACION				RIOBAMBA-ESPOCH M1036										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	56.1	82.3	19.1	63	36.6	24.2	29.7	8.5	20.1	111.2	27.5	41	43.3	519.3
1991	67.4	15.7	62.1	40.7	67.4	31.6	12.2	26.9	17.2	4.5	131	33.4	42.5	510.1
1992	29.5	59.2	47.4	95.3	28.5	7.4	8.5	4.7	9.3	6	27.2	28.5	29.3	351.5
1993	18.7	105.3	95.3	59.3	66.8	6.7	15.5	9.8	30.3	65.6	46.2	53.3	47.7	572.8
1994	23.5	29.4	114.2	86.8	43.2	22	7.7	19.8	8.8	35.6	96.9	31.4	43.3	519.3
1995	8.5	15.4	40.5	83.5	58.2	16.4	72.9	21.7	25.7	49.6	89.9	23.6	42.2	505.9
1996	76.1	91.6	87.2	74.3	68.7	26.8	9	6.2	43.3	52.1	9.1	30.6	47.9	575
1997	68	19.8	29.1	54.5	19.7	22.4	7.9	0.7	31.1	26.6	201.6	57.6	44.9	539
1998	23.8	19.7	85.4	98.5	71.5	31.6	27	15.4	5.8	74.5	44.5	6.9	42.1	504.6
1999	35.5	101.5	84.2	85.8	67	76.2	13.9	26.8	100.7	11	52.5	79.6	61.2	734.7
2000	68.8	92.3	61.9	86.8	139.3	76.3	6.7	17.2	46.1	13.2	20	36.9	55.5	665.5
2001	22.8	39.3	100.2	15.5	28	23.9	4.8	0.7	24.7	11.5	46.6	55.4	31.1	373.4
2002	26.7	29.4	55.9	68.6	54.6	49.4	7.5	22.7	18.8	108.1	67.1	78.6	49.0	587.4
2003	9.5	44.3	41.4	62.7	9.8	33.6	15.1	2.4	7.1	29.9	76.6	43	31.3	375.4
2004	8.6	75	30.7	100.8	38.9	5.4	30.2	8.2	27	64	100	26.5	42.9	515.3
2005	10.3	73.5	77.7	30	21.8	40	10	0.8	3.4	70.6	42.6	115.2	41.3	495.9
2006	19.1	52.3	78.5	65.8	27.2	50	6.7	18.9	9.8	31.1	113.3	84.4	46.4	557.1
2007	48.9	16.6	98.2	120.4	71.3	64.8	9.6	51.4	5.1	70.4	53.3	23.2	52.8	633.2
2008	59.6	81.5	79.3	83.6	131.7	58.4	10.8	5.2	22.8	81.9	105.7	86.5	67.3	807
2009	69.5	33.1	25.1	30.1	27.9	33	17.2	19	1.8	59	16.2	44	31.3	375.9
2010	1.1	29.6	29.7	81.2	29.8	48.2	87.1	61.4	28.2	61.3	103.9	74.9	53.0	636.4
2011	44.7	137.1	43.7	157.5	32.6	32.1	12.4	14.2	8.4	17.4	126.4	67.6	57.8	694.1
2012	61.1	59.1	28.8	79.6	23.3	11.2	6.9	17.4	14.5	104.8	45.7	12.8	38.8	465.2
2013	9.6	90.5	29.9	43.8	68.5	17.3	6	8.5	6.6	49.3	37.2	18.2	32.1	385.4
2014	81.7	15.8	75.2	38	89.4	38	12.6	19.7	65.2	61.7	28.4	38.8	47.0	564.5
2015	34.2	29.3	113.2	44.2	43.1	24.9	32.5	8.9	2.2	57.4	72	13.4	39.6	475.3
2016	43.7	11.9	124.4	107.3	21.3	47.6	6.8	7.1	37.9	58.5	28.5	49.7	45.4	544.7
2017	81.8	124	150.2	59	67.9	82	8	25.4	13.2	41.2	49.2	72.3	64.5	774.2
2018	46.7	24.4	40.9	99.6	90.2	3.2	11.1	8.7	30.4	35.5	127.8	50.4	47.4	568.9
2019	38.7	30.7	27.5	78	50.3	19.8	2.8	3.4	64.6	32.3	83.4	59.8	40.9	491.3
2020	56.2	58.4	20.7	23	30.7	55.1	42.1	43.6	49	7	47.4	24.9	38.2	458.1
PROM	40.3	54.5	64.4	71.5	52.4	34.8	17.8	16.3	25.1	48.5	68.3	47.2	45.1	
MAX	81.8	137.1	150.2	157.5	139.3	82.0	87.1	61.4	100.7	111.2	201.6	115.2	201.6	
MIN	1.1	11.9	19.1	15.5	9.8	3.2	2.8	0.7	1.8	4.5	9.1	6.9	0.7	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	40.7	54.0	66.5	74.2	52.8	26.5	20.4	14.1	29.2	43.7	72.6	38.6	44.4	533.2
2000-2009	34.4	53.7	64.9	66.4	55.1	43.5	11.9	14.7	16.7	54.0	64.1	59.4	44.9	538.6
2010-2020	45.4	55.5	62.2	73.7	49.7	34.5	20.8	19.8	29.1	47.9	68.2	43.9	45.9	550.7

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A10. Datos de precipitación de la estación Calamaca M1069.

ESTACIÓN				Calamaca M1069										
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Suma
1990	51.2	39.9	70.8	72.1	58.2	38.1	15.2	50.2	21.5	117.8	39.7	56.3	52.6	631.0
1991	69.6	15	56.5	41.2	78.7	84.5	80.3	59.5	19.1	39.9	98.2	38.6	56.8	681.1
1992	17.1	36.6	71.3	55.8	51.2	67.6	169.6	39.4	55.6	28.9	46.3	35.4	56.2	674.8
1993	41	59.6	71.4	73.6	68.6	71	43.3	43.5	41.1	31	44.2	63.9	54.4	652.2
1994	63	72.7	109.7	55.3	64.7	53	108	51.1	27.7	59	64.2	46.1	64.5	774.5
1995	71.8	59.4	76.1	81.8	75.1	106.3	85.2	59.9	44.6	49.4	54.1	72.5	69.7	836.2
1996	41	59.6	71.4	73.6	68.6	71	43.3	43.5	41.1	31	44.2	63.9	54.4	652.2
1997	140.9	13.2	167.7	83.2	65.9	58.8	35.2	23.5	108.6	152.7	219.2	120.3	99.1	1189.2
1998	20.9	68.1	79.6	73	85.1	14.7	26.8	4.9	22.1	55.7	61.8	35.4	45.7	548.1
1999	76.4	116.9	68.1	84	56.5	34.3	8.9	9.6	79.6	55.3	32.8	102.1	60.4	724.5
2000	13.1	37.4	60	81.6	108.2	74	18	3	74.2	21.5	8.2	67.4	47.2	566.6
2001	50.1	37.8	59	43.4	33.6	13	25.1	21.3	36	28.8	45.3	37.4	35.9	430.8
2002	56.7	90.6	160.8	208.5	45.4	20.6	3.2	31.4	8.4	82.2	170.3	50.3	77.4	928.4
2003	26.2	16.8	87.6	71.3	72.6	41	24.7	13	57.2	52.6	36	52.4	46.0	551.4
2004	24	39.8	54.7	73.6	115.4	79	76.8	43.4	35.6	29.9	32	18	51.9	622.2
2005	10	54.8	91.2	72.7	48.7	49.7	43.9	37	25	35.8	44.8	93.6	50.6	607.2
2006	77.8	93.9	89	74.6	45.7	88.8	27.2	72.5	31.8	30.4	91.3	95.8	68.2	818.8
2007	64.1	25	76.3	119.3	69.8	320.2	58.2	71.8	63.4	50.6	79.6	60.1	88.2	1058.4
2008	80.3	77.6	113	78.8	104	82.3	115.7	109	68.6	83.9	64.9	82.1	88.4	1060.3
2009	99.7	39	53.1	71.8	39.7	109.4	89.9	32.5	10.6	55.9	27.2	30.1	54.9	658.9
2010	33.4	96	52	54.2	105.8	92.5	75.4	61.6	35.9	18.8	115.8	75.9	68.1	817.3
2011	63.7	107.7	52.4	112.3	58.1	44.3	122.9	39.5	76.6	32.7	56.5	234.1	83.4	1000.8
2012	101.2	95.9	43.9	110.8	62.1	62.3	76.4	62.5	42.3	54.9	33.4	44.1	65.8	789.8
2013	47.9	87.3	60.4	50.3	70.4	44.3	64.9	39.8	25.3	49.1	7	20.7	47.3	567.4
2014	65.8	17	109	57.2	77.5	94.7	78.1	62	34	49.3	48.3	33.1	60.5	726.0
2015	56.7	33.7	58.6	66.9	63.3	83.3	100.5	33.8	22.6	53.3	51	33.2	54.7	656.9
2016	41.5	62	72.3	116.8	54.4	100.1	36.5	24.3	59.3	26.9	51.7	34.7	56.7	680.5
2017	85.7	55	136.3	61.4	71.6	67.3	59.8	41	26.4	51.3	61.3	98.2	67.9	815.3
2018	52.1	31	32.6	88.2	107.6	70.9	46.1	58.9	31.1	9	117.4	58.2	58.6	703.1
2019	59.6	31.9	42.4	57.3	84.1	97.2	59.3	54.3	28.8	78.5	55.8	98.4	62.3	747.6
2020	71.2	44.4	97.5	65.2	67.4	73.3	80.1	37.5	24.5	52.3	56.1	65.7	61.3	735.2
PROM	57.2	55.3	78.9	78.4	70.3	74.4	61.2	43.1	41.2	50.6	63.2	65.1	61.6	
MAX	140.9	116.9	167.7	208.5	115.4	320.2	169.6	109.1	108.6	152.7	219.2	234.1	320.2	
MIN	10.0	13.2	32.6	41.2	33.6	13.0	3.2	3.0	8.4	9.0	7.0	18.0	3.0	
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA	SUMA
1990-1999	59.3	54.1	84.3	69.4	67.3	59.9	61.6	38.5	46.1	62.1	70.5	63.5	61.4	736.4
2000-2009	50.2	51.3	84.5	89.6	68.3	87.8	48.3	43.5	41.1	47.2	60.0	58.7	60.9	730.3
2010-2020	61.7	60.2	68.9	76.4	74.8	75.5	72.7	46.8	37.0	43.3	59.5	72.4	62.4	749.1

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

A11. Cálculo de la precipitación media por diversos métodos.

MÉTODO				POLÍGONOS DE THIESEN										
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1990-1999	51.4	74.4	97.0	98.2	72.6	34.4	28.9	19.1	40.7	70.5	82.6	46.3	716.2	59.7
2000-2009	47.4	66.2	77.9	87.8	65.8	39.6	11.9	18.0	28.7	62.8	64.3	69.8	640.1	53.3
2010-2020	56.4	49.7	82.0	102.0	69.4	39.5	20.9	18.3	34.5	60.4	69.3	53.4	655.8	54.6

MÉTODO				IDW										
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1990-1999	52.5	73.9	102.3	102.8	79	40.2	34.1	24.3	40.1	66.9	78.3	47.8	742.2	62.1
2000-2009	46.8	64.3	78	86	63.4	42.8	13.6	17.7	25.9	60.4	62.7	66.2	627.8	52.3
2010-2020	53.5	52.4	76.1	98.6	65.4	38.7	22.9	17.8	32.1	57.6	66.8	51	632.9	52.8

MÉTODO				KRIGING										
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1990-1999	64.4	88.2	110.9	111.7	82.5	50.8	44.9	31.6	41.8	67.7	75	58.9	828.4	68.2
2000-2009	60.8	83.7	92.5	99.7	74	44.1	15.6	20.1	30.3	61.9	60.4	73.3	716.4	60.4
2010-2020	71.3	72.9	90.4	107.2	73.1	42.3	25.9	20	34.6	55.5	64.8	58.7	716.7	60.1

PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA														
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1990-1999	64.4	88.2	110.9	111.7	82.5	50.8	44.9	31.6	41.8	67.7	75.0	58.9	828.4	68.2
2000-2009	60.8	83.7	92.5	99.7	74.0	44.1	15.6	20.1	30.3	61.9	60.4	73.3	716.4	60.4
2010-2020	71.3	72.9	90.4	107.2	73.1	42.3	25.9	20.0	34.6	55.5	64.8	58.7	716.7	60.1
PROM	65.5	81.6	97.9	106.2	76.5	45.7	28.8	23.9	35.6	61.7	66.7	63.6	62.8	
MAX	71.3	88.2	110.9	111.7	82.5	50.8	44.9	31.6	41.8	67.7	75.0	73.3	111.7	
MIN	60.8	72.9	90.4	99.7	73.1	42.3	15.6	20.0	30.3	55.5	60.4	58.7	15.6	

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

ANEXO B. DATOS DE TEMPERATURA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

B1. Datos de temperatura de la estación Guaslán M133.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	MEDIA
1990	14.5	14.8	14.2	14.6	14.1	13.6	13	12.8	13.7	14.4	14.9	14.8	14.1
1991	14.8	14.8	15.2	14.6	14.6	14.5	13.4	12.5	14.8	14.1	14.8	15.5	14.5
1992	15.2	14.7	14.8	14.7	14.7	14.1	13	13.8	14.1	14.2	15.1	14.9	14.4
1993	14.8	14.3	13.7	14.5	14.7	14.2	13.8	14.4	14.3	14.6	14.5	15.1	14.4
1994	14.5	14.8	14.1	14.6	14.1	14.1	14.4	12.6	14	14.4	14.3	14.7	14.2
1995	14.3	14.8	14.4	14.5	14.3	14.2	13.6	13.6	13.3	13.9	13.8	13.7	14
1996	14	13.4	14.2	14	14.2	14	13.5	13.2	14	14.3	14.6	14.8	14
1997	15	15.1	15.4	15.8	15.8	15.2	15.2	15.5	15.1	15.2	13.9	13.4	15
1998	15.4	15.2	15.5	15.8	15.2	14.4	14.2	15.4	15	15.5	15.7	15.4	15.2
1999	14.4	14.9	14	14.4	14.5	14.4	14.7	13.7	13.6	15.2	15.2	15.4	14.5
2000	14.8	13.8	13.9	13.9	13.7	13.9	13.9	13.8	14.2	14.6	14.7	14.8	14.2
2001	14.7	14.6	14.5	14.8	14.5	13.7	13.7	13	13.9	15.8	15.6	15.7	14.5
2002	14.2	15.2	15.4	15.5	15	13.9	14.6	13.8	14.2	14.6	14.4	15.2	14.7
2003	15.1	14.9	14.6	14.7	14.9	14.2	13.9	13.7	14.2	14.7	14.7	14.9	14.5
2004	14.7	14.7	14.6	14.7	14.6	13.3	13.1	12.6	13.5	14.7	14.7	14.9	14.2
2005	14.6	14.8	14.4	14.5	14.6	13.3	13.4	13.4	13.7	14.9	14.5	14.9	14.2
2006	15.2	14.8	14.4	14.6	14.7	13.3	13.6	13.2	13	14.1	14.2	14.3	14.1
2007	14.5	14	13.9	14.1	14.1	13.9	13.2	13.3	13.7	14.3	14.5	14.5	14
2008	14.2	14	14.9	15	14.3	14	14	14.1	13.7	14.8	15.1	14.8	14.4
2009	14.7	14.6	14.5	14.7	14.6	14	13.8	13.6	13.6	14.7	14.4	14.4	14.3
2010	14.5	14.8	14.2	14.6	14.1	13.6	13	12.8	13.7	14.4	14.9	14.8	14.1
2011	14.2	14.7	14.4	14.5	14.5	14.2	13.6	14.1	14	14.6	14.5	14.5	14.3
2012	14.6	14.2	14.6	14.5	14.6	14.4	13.7	13.6	13.7	14.9	15	15.3	14.4
2013	15.3	14.8	15.3	15	14.8	14.7	14.6	14.3	14	14.5	14.7	15	14.8
2014	15.2	14.9	14.8	14.5	14.7	14	14.4	14.4	13.7	14.4	14.8	14.7	14.5
2015	14.3	15	14.4	14.4	14.2	14.4	13.5	13.5	14.1	14.7	15.1	14.5	14.3
2016	16.9	16	16	15.9	15.4	14	13.2	13	13.8	14.2	14.6	15	14.8
2017	15.4	14.2	15	15.7	14.5	14.3	13.5	13.8	14.3	14.4	14.9	14.8	14.6
2018	14.6	14.8	14.4	14.5	14.6	13.3	13.4	13.4	13.7	14.9	14.5	14.9	14.3
2019	16.9	16	16	15.9	15.4	14.7	14.6	14.4	14.3	14.7	15.1	15	15.3
2020	15.4	15.1	15.1	14.9	14.7	14.3	14	14	14	14.5	14.8	14.7	14.6

PERIODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990-1999	14.7	14.7	14.6	14.8	14.6	14.3	13.9	13.8	14.2	14.6	14.7	14.8	14.5
2000-2009	14.7	14.5	14.5	14.7	14.5	13.8	13.7	13.5	13.8	14.7	14.7	14.8	14.3
2010-2020	15.2	15.0	14.9	14.9	14.7	14.2	13.8	13.8	13.9	14.6	14.8	14.8	14.5

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

B2. Datos de temperatura de la estación de la estación San Juan-Chimborazo M393.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990	9	10.1	10.1	10.2	9.5	8.4	6.9	8.1	8	9.2	9.6	9.3	9
1991	13.5	13.1	13.8	12.7	13.1	12.6	11.5	10.3	12.2	12	13.5	14	12.7
1992	14.4	13.8	14.2	14.1	14.2	14.5	13.8	14	13.8	14	13.7	14	14
1993	13.8	14.1	14.3	14.1	14.6	14.1	13.3	14.1	13.5	14.3	14.5	14.4	14.1
1994	14.4	14.2	14.1	14.6	14.7	14.8	14.3	14.3	15.1	14.6	14.7	14.3	14.5
1995	14	14.4	14.6	14.8	14.1	14.3	14.3	14.5	14.3	14.5	14.6	14.4	14.4
1996	14.1	14.1	14.4	13.9	14.3	13.4	14	13.6	14.8	13.7	14.3	15.2	14.1
1997	14.2	13.9	14.6	14.4	14.4	13.2	12.6	14.3	13.7	13.3	14.3	14.8	14
1998	14.9	13.8	14.7	15	14.6	14.2	13.9	14.1	14.5	14.1	14.5	14.5	14.4
1999	14	13.4	13.9	14.2	14.5	14.3	13.8	13.5	14.2	13.9	13.9	13.9	13.9
2000	14	13.6	14.1	14.5	14.2	13.5	12.7	13.9	13.2	13.4	13.7	13.6	13.7
2001	13.6	14	14.3	14.6	14.3	13.7	13.8	14	13.6	14.2	13.8	14.1	14
2002	14.3	14.4	14.6	14.3	14.3	12.9	13.7	13.4	13	13.3	13.9	14	13.8
2003	14.3	14.5	14.6	14.5	14.3	13.7	13.4	13.4	13.8	15.5	14.3	14.5	14.2
2004	14	14.6	15	14.9	14.7	13.4	13.1	14	13.9	14.4	14.1	14.2	14.1
2005	14.4	14.7	15.2	15.5	14.4	13.7	13.9	14	15.6	15.4	14.6	14.7	14.8
2006	14.7	15	15.1	15	13.9	13.6	12.9	13.4	13.3	13.1	13.4	13.6	13.9
2007	14.1	14.2	14.6	14.6	14.4	13.4	12.9	12.8	13.1	14.1	13.3	13	13.7
2008	13.6	13.8	14.4	14.6	14.7	15.3	15.2	15.4	15.2	15.4	15.4	15.3	14.9
2009	13.6	13.6	13.8	13.6	13.2	13.1	12.9	12.6	13	13	13.2	13.7	13.3
2010	14.9	14.7	14.8	14.9	14.3	15.4	15.4	16	15.6	16.2	15.8	14.4	15.2
2011	13.3	13.4	13.2	13.9	13.5	13	13.4	12.8	13.1	13.9	13.3	13.4	13.3
2012	13.2	13.3	14.1	14.1	14.1	13.2	12.9	13.3	13	13.1	13.7	13.1	13.4
2013	13.9	13.8	14.3	14.2	14	13.1	13.2	12.9	12.9	13.4	13.3	13.5	13.5
2014	10.9	10.9	10.9	11	11.1	10.4	10.2	10.2	10.6	10.8	10.9	10.8	10.7
2015	11.6	11.7	11.6	11.5	11.6	10.8	10.4	10.7	11	11.4	11.6	11.6	11.3
2016	14.2	14.5	14.1	14.1	14.2	13.1	12.8	12.8	13.2	14.2	14.4	14.4	13.8
2017	13.4	13.5	13.3	13.3	13.3	12.4	12	12.2	12.6	13.3	13.4	13.5	13.0
2018	14	14.1	13.8	14	14	12.9	12.6	12.8	13.2	13.9	14.2	14	13.6
2019	14.8	14.9	14.7	14.7	14.7	13.6	13.3	13.3	13.8	14.7	15.1	14.8	14.4
2020	14.7	15	14.7	14.7	14.7	13.6	13.3	13.5	14	14.8	15.1	14.9	14.4
PEDIODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990-1999	13.6	13.5	13.9	13.8	13.8	13.4	12.8	13.1	13.4	13.4	13.8	13.9	13.5
2000-2009	14.1	14.2	14.6	14.6	14.2	13.6	13.5	13.7	13.8	14.2	14.0	14.1	14.0
2010-2020	13.5	13.6	13.6	13.7	13.6	12.9	12.7	12.8	13.0	13.6	13.7	13.5	13.3

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

B3. Datos de temperatura de la estación de la estación Guano M408.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990	12.7	12.1	12.7	11.1	14.9	13.6	15.5	15.2	14.6	15.1	13.2	13.9	13.7
1991	12.7	12.3	12.3	12.4	12.6	14.4	12.7	15.6	15.8	18.5	12.2	12.7	13.7
1992	12.9	12.8	12.2	12	12.2	13.4	12.6	16.6	15.7	15	15.6	12.9	13.7
1993	15.2	13.1	11.2	11.6	14.2	14.3	13	15.2	15.2	16.6	13.3	12.2	13.8
1994	11.9	11.4	12.4	11.9	11.9	12	13.8	13.8	16.6	15	13.2	14.4	13.2
1995	14.1	11.4	14.1	13.2	13.8	13.9	13.7	15.4	15.4	16.5	12.6	12.9	13.9
1996	12.9	12	12.7	12.5	13.4	12.5	15.3	15.7	15.2	14.5	14.3	14.3	13.8
1997	13.1	11.8	12.6	12.6	12.3	15.6	13.6	15.4	15.8	14.5	13.1	11.8	13.5
1998	12.2	13.5	11.4	10.5	13	11	12.5	14.1	15.3	15.4	13.1	14.8	13
1999	12.4	11.8	11.7	10.3	12	13.3	15.8	16.4	13.9	14.3	14.6	12.4	13.2
2000	13.4	12.4	11.2	11.3	13.2	13.1	15.2	15.6	15.3	15.4	16.1	13.6	13.8
2001	13	13	12	12.7	14	14	15.3	16	16.1	16.6	16.1	13.9	14.4
2002	14.5	11.9	13.2	12.5	11.2	13.5	14.5	17.4	18.3	15.7	15	12.7	14.2
2003	14	13	13.4	13.4	11.1	13.7	15.5	14.2	15.2	14.9	15.2	12.8	13.8
2004	16.3	12.6	12.7	13.9	13	11.9	14	15.3	14.3	14.1	13.9	12.6	13.7
2005	12.9	14.1	12.9	13.9	13.8	13.2	13.2	15.1	14.5	14.3	16.6	12.6	13.9
2006	14.4	12.7	12	13.4	15.2	16.2	15.1	14.1	16.2	18.1	15.6	14.5	14.8
2007	13.5	16	13.8	13	13.8	13	15	14.8	17.4	14.1	15	15.4	14.5
2008	12.5	12.1	13	13	11.4	14.2	14.2	14.7	15.9	14.9	13.6	13.1	13.5
2009	12.4	12	12	12.3	14.1	12.6	16	17	16.4	14.1	15.8	14.1	14.1
2010	13.2	13.4	13.3	13.1	13.9	12.6	15.6	16.3	17.3	15.6	13.4	14.1	14.3
2011	12.7	13	12.9	13	13.8	15.7	12.8	16.8	15.1	14.6	14.4	12.4	13.9
2012	12.5	11.8	11.4	11.9	11.9	13.9	13.6	16.5	16.8	14.4	13.3	14.1	13.5
2013	12.8	11.5	12.6	17.5	12.6	14	13	15.8	16.1	14.7	14	14.3	14.1
2014	13.2	12.6	13.6	13.4	13.6	13.4	14.4	15.6	15.9	15.9	13.2	14.5	14.1
2015	12.8	12.5	12.3	12.5	12.4	12	14.5	13.8	16.7	14	15.1	15.5	13.7
2016	13.5	11.8	12.5	12.9	14.1	12.2	13.3	17.1	15.4	16.6	15.2	13.6	14
2017	13.5	12.3	11.5	11.4	13.8	14.2	17.1	16.8	16.2	14.6	13.2	13.9	14
2018	12.5	12.1	11.7	12.7	12.4	15.2	14.2	14.7	17.6	12.9	13.9	13.4	13.6
2019	13.3	10.8	12.5	13.5	13.1	14.1	15.5	14.9	15.1	14.5	14	11.6	13.6
2020	16.3	13.9	14.3	13.7	13.6	14.5	13.9	16.5	15.5	16.5	15.5	12.1	14.7

PERIODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990-1999	13.0	12.2	12.3	11.8	13.0	13.4	13.9	15.3	15.4	15.5	13.5	13.2	13.6
2000-2009	13.7	13.0	12.6	12.9	13.1	13.5	14.8	15.4	16.0	15.2	15.3	13.5	14.1
2010-2020	13.3	12.3	12.6	13.2	13.2	13.8	14.4	15.9	16.2	14.9	14.1	13.6	14.0

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

B4. Datos de temperatura de la estación de la estación Riobamba-ESPOCH M1036.

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990	13.9	14.1	13.7	14	13.5	13	12.2	12.5	14	13.7	14.4	14.4	13.6
1991	14.4	14.1	14.4	13.6	14.2	13.7	12.5	11.9	14	13.8	14.2	15.1	13.8
1992	15	14.3	14.5	13.9	14.1	13.6	12.4	14.6	14.9	15.4	14	14.3	14.3
1993	13.6	12.9	12.5	13.3	13.5	12.7	12.4	12	12.9	14.6	13.3	14.2	13.2
1994	13.4	13.3	13.5	13.1	13	12.2	12.1	11.4	13.1	13.6	13.5	14	13
1995	13.8	14.4	13.7	13.7	13.2	13.5	12.4	12.8	12.8	14.1	13.8	13.6	13.5
1996	13.3	12.8	13.5	13.4	13.1	12.5	11.7	11.7	12.1	13.5	13.7	13.5	12.9
1997	13.6	13.1	13.9	13.3	13.3	13.1	11.8	11.8	13	14.1	13.5	14.1	13.2
1998	14	14.4	14.5	14.4	13.5	12.5	11.9	12.1	12.8	13.4	14.4	14.3	13.5
1999	13.8	12.8	13	12.7	12.4	12.4	11.6	12	12.3	12.8	13.9	13.7	12.8
2000	13.2	12.4	12.7	12.6	12.4	12.4	11.8	11.3	12.4	13.2	13.9	13.9	12.7
2001	12.9	13.3	13.1	13.6	13.7	12.6	12.8	13.9	13	14.9	14.2	14.5	13.5
2002	14.4	14.3	13.9	14.2	13.9	12.3	12.9	12.4	13	13.1	12.9	13.7	13.4
2003	14.1	14	13.6	13.3	13.2	11.9	12.1	12.9	14.4	14.6	14.2	13.9	13.5
2004	15	13.6	14.4	13.8	13.8	12.8	12.8	12.6	13.4	14.4	14.3	14.4	13.8
2005	14.7	14.6	13.5	14.3	14.9	13.8	13.3	13.4	14	13.9	14.5	13.7	14.1
2006	14	14.2	13.6	13.7	13.8	12.5	12.7	12.9	13.2	14.4	13.7	14.1	13.6
2007	14.6	14.7	13.9	13.4	13.8	12	13	12.3	12.1	13.4	13.6	13.5	13.4
2008	14	13.2	13.2	13.4	13.1	12.8	12.3	12.7	13	14.2	14.8	14.2	13.4
2009	14	13.4	14.7	14.4	14.3	13.2	13.3	13.8	13.9	14.8	14.5	13.2	14
2010	14.2	15.2	15.3	14.9	13.2	13.3	13.6	13.4	13.6	14.2	14.4	14.1	14.1
2011	13.9	13.9	14.1	13.7	13.8	13.7	12.8	13.6	13.4	14.7	14.5	14.1	13.9
2012	13.4	12.7	13.3	13.1	12.6	12.8	12.4	12.2	12.1	13.5	13.6	14.1	13
2013	14.5	13.3	14.2	14.2	13.9	13	12.3	12.7	13.1	13.8	14.2	14.1	13.6
2014	14.2	14.3	13.8	13.6	13.6	12.5	12.6	11.9	12.8	13.5	14.4	13.6	13.4
2015	13.3	14.4	13.8	13.3	13.2	12.6	12.7	12.8	13.2	14	14	14	13.4
2016	15.6	14.6	14.4	14.5	13.8	12.4	12.3	12.9	13	14.1	14.7	13.9	13.9
2017	13.4	13.4	13.1	13.6	13.5	13.1	11.8	12.5	13.4	13.7	14.3	14	13.3
2018	13.2	13.9	13.8	12.9	13.2	12.7	12.6	12.4	13.2	14.5	14.3	13.4	13.3
2019	14	14.4	14.5	14	13.7	13.1	12.5	12.3	13	13.3	14.5	14.5	13.7
2020	14.4	14.5	15	14.3	14.4	13.4	12.6	13.3	12.8	13.7	14.1	13.3	13.8

PERIODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990-1999	13.9	13.6	13.7	13.5	13.4	12.9	12.1	12.3	13.2	13.9	13.9	14.1	13.4
2000-2009	14.1	13.8	13.7	13.7	13.7	12.6	12.7	12.8	13.2	14.1	14.1	13.9	13.5
2010-2020	14.0	14.1	14.1	13.8	13.5	13.0	12.6	12.7	13.1	13.9	14.3	13.9	13.6

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

B5. Datos de temperatura de la estación de la estación Calamaca M1069.

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990	9.3	9.9	9	9.4	8.6	8.1	7.7	7.2	8.2	8.7	10.3	10	8.9
1991	9.5	9.8	9.9	9.4	9.7	9.4	7.8	7	8.5	9.3	9.8	10.5	9.2
1992	10.5	10.1	10.1	9.7	9.6	9	6.9	8.3	8.9	9.4	9.8	9.6	9.3
1993	9.6	9.6	8.5	8.6	9.8	9.2	8.6	8.5	7.5	7.2	7	7.1	8.4
1994	8.9	9.5	9.3	9.6	9.5	9	7.5	7.6	7.9	8.4	8.9	9.6	8.8
1995	8.3	8.3	8.2	9.7	9.4	9	8.5	8.1	8.1	8.4	8.4	7.2	8.5
1996	9.6	9.3	9.9	9.7	8.5	7.7	6.4	7.2	6.3	6.8	7.9	7.1	8.0
1997	9.4	9	9.5	9.2	8.6	9.2	7.1	7.4	8.7	9.4	9.3	9.9	8.9
1998	9.1	9.1	9.3	9.5	9	8.6	7.9	7.5	6.3	7.4	8.3	6.3	8.2
1999	9.3	8.9	9.3	8.9	9.1	9.2	8.8	7.7	8.6	8.6	9.8	10	9.0
2000	9.9	9.3	9.2	9.4	9.1	9.2	8.6	8.2	9.2	9.5	9.5	8.9	9.2
2001	9	9.3	9.3	9.5	9.1	9	8	7.2	8.8	9.1	8.9	9.4	8.9
2002	9.5	8.3	9	9.5	9.3	8.8	8.7	8.5	8.9	8.8	8.9	9.3	9.0
2003	9.5	9.6	9	9.2	9.2	9.1	8.4	9	9	9	9.1	9.8	9.2
2004	9.9	9.3	10.6	12	10	8	9	8.3	8.9	9.4	9.8	9.6	9.6
2005	9.9	10.1	9.7	9.4	9.5	8.6	8.2	7.7	8.7	9.7	9.7	9.3	9.2
2006	9.6	9.5	9.3	9.2	8.7	8	7.6	7.6	8.5	10	9.9	9.6	9.0
2007	9.3	9.5	8.9	9.2	9.7	8.3	9.5	9.2	8.3	9.6	9.5	9.4	9.2
2008	9.3	9.3	9.1	9.2	9.6	8.9	8	8.6	8.8	9.8	9.4	9.2	9.1
2009	9	9.2	10.3	9.7	9.5	9	8.7	8.6	9.1	10.2	10.5	10.7	9.5
2010	10.1	10.1	10.4	10.7	10.3	9.3	10.1	8.8	9.1	10.2	10.5	9.8	10.0
2011	9.9	9.6	10	9.5	9.6	9.2	8.9	9	8.6	10.6	10.2	9.6	9.6
2012	9.9	9.5	9.6	10.1	9.4	9.4	8.9	8.7	9	9.9	9.8	9.8	9.5
2013	10.2	9.8	9.7	9.4	9.2	8	7	7.4	7.8	8.8	9.4	9.2	8.8
2014	9.2	9.5	9.1	8.8	8.9	7.7	6.7	4.4	4.8	5.5	7.5	9	7.6
2015	8.5	9.3	9.3	8.7	8.7	7.5	7.7	7.7	8.2	9	9.6	9	8.6
2016	10.6	9.8	10	10	9.3	7.6	7.3	7.8	8.1	9.6	10.1	9.5	9.1
2017	8.8	9.2	9	9.1	8.9	8.5	6.7	7.7	8.2	8.8	9.4	9.1	8.6
2018	8.2	9.4	9	8.6	8.7	7.7	7.2	7	7.9	9.6	9.9	8.5	8.5
2019	9	9.5	9.6	9.4	8.8	8	7.2	6.8	8	8.3	9.5	9.4	8.6
2020	9.5	9.9	10.1	10	9.3	8.1	7.5	7.6	8.3	9.2	10.1	9.8	9.1

PERIODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990-1999	9.4	9.4	9.3	9.4	9.2	8.8	7.7	7.7	7.9	8.4	9.0	8.7	8.7
2000-2009	9.5	9.3	9.4	9.6	9.4	8.7	8.5	8.3	8.8	9.5	9.5	9.5	9.2
2010-2020	9.4	9.6	9.6	9.5	9.2	8.3	7.7	7.5	8.0	9.0	9.6	9.3	8.9

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

B6. Datos de temperatura de la estación de la estación Cajabamba M5186.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990	12.2	12.7	11.2	12.1	14.4	13.5	14.8	15.4	14.2	14.4	13.2	12.9	13.4
1991	12.2	12.2	12.4	11.7	11.7	13.8	12.7	15.5	15.3	17.3	12.2	12	13.3
1992	11.8	12.4	11.5	12.4	12.1	12.6	12.4	15.8	15.1	14.5	14.8	12.2	13.1
1993	13	13.2	11.1	11.5	13.2	13.9	12	14.5	14	16.3	12.5	11.8	13.1
1994	11.6	11.6	11.9	11.6	11.6	11.9	13.2	13.3	16.1	14.4	12.5	13.7	12.8
1995	13.8	11.6	13.2	12.3	13.1	13.3	13.4	15	15.2	16	12.3	12.2	13.5
1996	11.9	11.5	12.3	11.6	13	12.4	15.2	15.3	13.4	14.2	13.7	13.2	13.1
1997	12.9	11.5	12.1	12.6	12.1	14.8	13	15.3	15.3	13.6	13	12.1	13.2
1998	11.9	12.5	11.4	10.3	12.8	11.5	13	13.1	14.7	15	12.4	13.4	12.7
1999	11.2	11.4	11.7	10.5	11.1	12	15.3	15.8	13.1	14.4	14.4	11.3	12.7
2000	12.8	12.5	11.3	11.8	12.7	12.8	13.9	15.8	15.5	16.4	16.5	13.6	13.8
2001	13.5	13.5	12.8	12.9	13.6	13.8	15.6	15.8	16.6	16.8	16.1	13.5	14.5
2002	14.3	12.3	13.3	12.3	11.4	13.5	14.9	16.8	18.2	15.8	14.5	12.6	14.2
2003	13.3	12.1	12.6	13.3	10.9	13.5	15.1	13.9	15	14.1	13.6	11.7	13.3
2004	15.4	12.8	12.3	13.5	12.8	12.5	13.3	15.2	14.4	13.8	13.1	13.1	13.5
2005	12.8	13.6	12.8	13.3	13.7	14	14.1	15.4	15.3	15.1	16.7	13.1	14.2
2006	14.4	12.6	12.4	12.8	15	16	15.4	14.2	16.5	17.6	15.2	15.4	14.8
2007	13.6	16.4	14.2	13.6	14.7	13	14.3	15.5	17.1	14.5	14	13.8	14.6
2008	11.9	11.3	11.7	12.4	11.9	13.8	13.6	14	15.3	13.8	12.8	12.4	12.9
2009	12.6	11.7	11.5	11.1	13.6	12.1	16.2	16.7	17	14	15.4	13.6	13.8
2010	13.2	13.3	12.7	13	13.6	12.7	15.3	16	17	15.7	13.4	12.6	14.0
2011	12.3	12.6	12.3	12.3	13.2	14.9	12.1	16	14.6	13.5	13.2	12.9	13.3
2012	12.5	11.5	11.7	11.3	12	13.4	13.7	16.3	16.4	13.8	13	12.5	13.2
2013	13.1	11.8	12.5	16.5	12.4	13.7	12.1	15.5	15.1	14.2	14	14.2	13.8
2014	12.8	11.8	13.1	13.6	13.2	12.9	14.1	15.2	15.8	15.7	12.6	13.6	13.7
2015	12	11.9	12.3	11.8	11.4	11.6	14	13.1	16.6	13.2	15	15	13.2
2016	12.8	11.6	11.9	12.8	12.9	11.4	12.5	16.4	14.4	15.8	13.8	12.5	13.2
2017	13.2	12.2	11	11.7	12.8	13.3	16.4	16.7	16	13.6	13	13.1	13.6
2018	11.6	11.3	11.4	12.1	12.1	14.9	13.6	14	16.8	12.6	12.4	12.9	13.0
2019	13.2	11.6	12.1	12.5	12.6	12.7	15.1	15	14.8	13.5	13.2	11.8	13.2
2020	15.5	13.7	13.5	13.5	13.9	14.2	13.6	16.4	15.8	15.5	15.9	11.3	14.4
PERIODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1990-1999	12.3	12.1	11.9	11.7	12.5	13.0	13.5	14.9	14.6	15.0	13.1	12.5	13.1
2000-2009	13.5	12.9	12.5	12.7	13.0	13.5	14.6	15.3	16.1	15.2	14.8	13.3	13.9
2010-2020	12.9	12.1	12.2	12.8	12.7	13.2	13.9	15.5	15.8	14.3	13.6	12.9	13.5

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

B7. Cálculo de la temperatura media por diversos métodos.

MÉTODO				IDW									
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1990-1999	13.4	13.2	13.3	13.1	13.4	13.3	13.1	13.7	13.9	14.2	13.7	13.6	13.5
2000-2009	14	13.7	13.7	13.8	13.7	13.4	13.8	14.1	14.5	14.6	14.4	13.9	13.9
2010-2020	13.6	13.3	13.4	13.6	13.4	13.2	13.2	13.9	14.1	14	13.9	13.6	13.6

MÉTODO				KRIGING									
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1990-1999	13	12.8	12.9	12.7	13	12.9	12.6	13.2	13.4	13.6	13.3	13.2	13.1
2000-2009	13.5	13.3	13.4	13.5	13.4	13.4	13.1	13.7	14.1	14.2	13.9	13.5	13.5
2010-2020	13.1	12.9	12.9	13.1	13	12.7	12.5	13.2	13.4	13.6	13.4	13.1	13.1

PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA													
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1990-1999	13.0	12.8	12.9	12.7	13.0	12.9	12.6	13.2	13.4	13.6	13.3	13.2	13.1
2000-2009	13.5	13.3	13.4	13.5	13.4	13.4	13.1	13.7	14.1	14.2	13.9	13.5	13.5
2010-2020	13.1	12.9	12.9	13.1	13.0	12.7	12.5	13.2	13.4	13.6	13.4	13.1	13.1

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

ANEXO C. PLANTILLA PARA EL CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE THORNWITE.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL												
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1990-1999	13	12.8	12.9	12.7	13	12.9	12.6	13.2	13.4	13.6	13.3	13.2
2000-2009	13.5	13.3	13.4	13.5	13.4	13.4	13.1	13.7	14.1	14.2	13.9	13.5
2010-2020	13.1	12.9	12.9	13.1	13	12.7	12.5	13.2	13.4	13.6	13.4	13.1

INDICE DE CALOR MENSUAL												INDICE DE CALOR ANUAL	a
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
4.25	4.15	4.20	4.10	4.25	4.20	4.05	4.35	4.45	4.55	4.40	4.35	51.29	1.30
4.50	4.40	4.45	4.50	4.45	4.45	4.30	4.60	4.80	4.86	4.70	4.50	54.50	1.35
4.30	4.20	4.20	4.30	4.25	4.10	4.00	4.35	4.45	4.55	4.45	4.30	51.44	1.30

10t/l												
PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990-1999	2.53	2.50	2.51	2.48	2.53	2.51	2.46	2.57	2.61	2.65	2.59	2.57
2000-2009	2.48	2.44	2.46	2.48	2.46	2.46	2.40	2.51	2.59	2.61	2.55	2.48
2010-2020	2.55	2.51	2.51	2.55	2.53	2.47	2.43	2.57	2.60	2.64	2.60	2.55

ETP SIN CORREGIR												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
53.59	52.52	53.06	51.99	53.59	53.06	51.46	54.67	55.74	56.83	55.20	54.67	
52.02	51.02	51.52	52.02	51.52	51.52	50.02	53.02	55.04	55.55	54.03	52.02	
53.92	52.86	52.86	53.92	53.39	51.79	50.74	54.46	55.53	56.61	55.53	53.92	

MICROCUCENCA		
LATITUD		
G	1	1.64
M	38	
S	28.64	

INSOLACIÓN MÁXIMA DIARIA (N)												
Lat. S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2	12.1	12.1	12	12	11.9	11.9	11.9	11.9	12	12	12.1	12.1
1.64	12.08	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

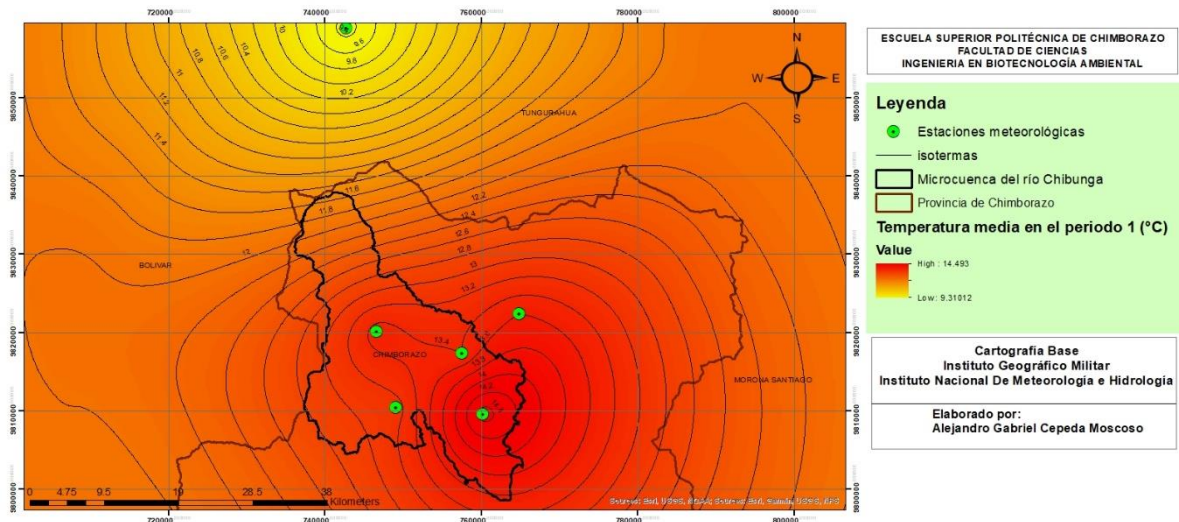
AÑO	ETP (mm/mes)												ETP ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1990-1999	55.8	49.4	54.8	52.0	55.0	52.7	52.8	56.1	55.7	58.7	55.6	56.9	655.45
2000-2009	54.1	47.9	53.2	52.0	52.9	51.2	51.3	54.4	55.0	57.4	54.4	54.1	638.06
2010-2020	56.1	49.7	54.6	53.9	54.8	51.4	52.1	55.9	55.5	58.5	55.9	56.1	654.55

Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

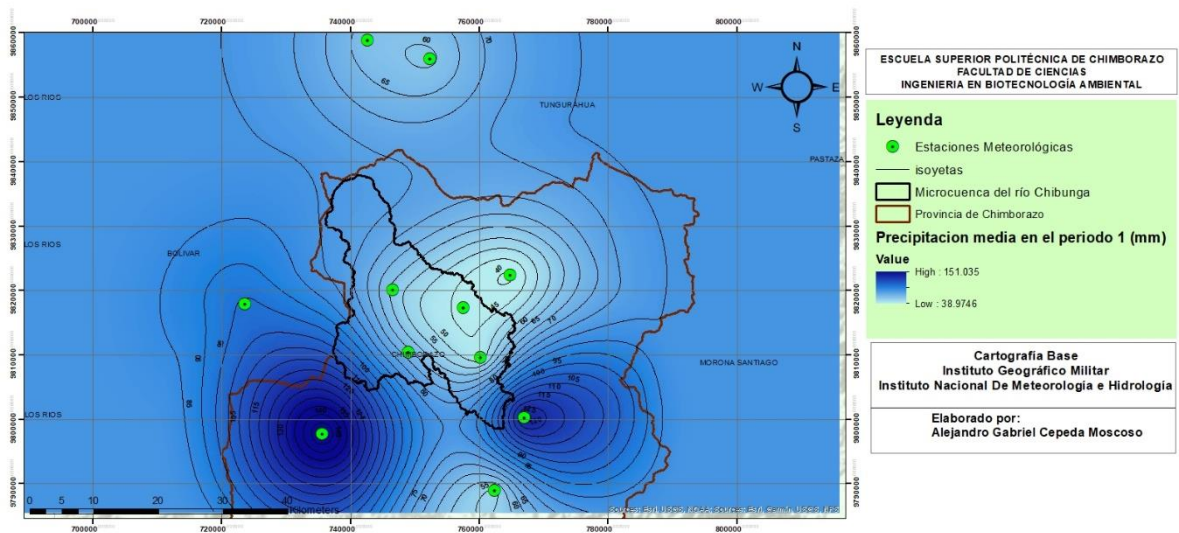
ANEXO D. MAPAS CLIMÁTICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

D1. Mapas de la zona durante el primer periodo



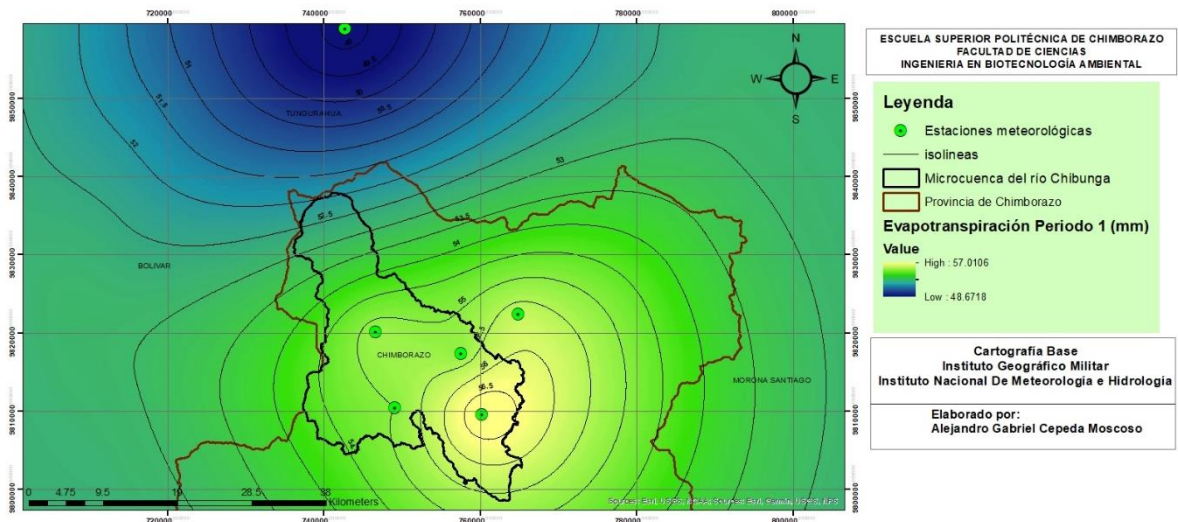
Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



Fuente: (INAMHI 2021)

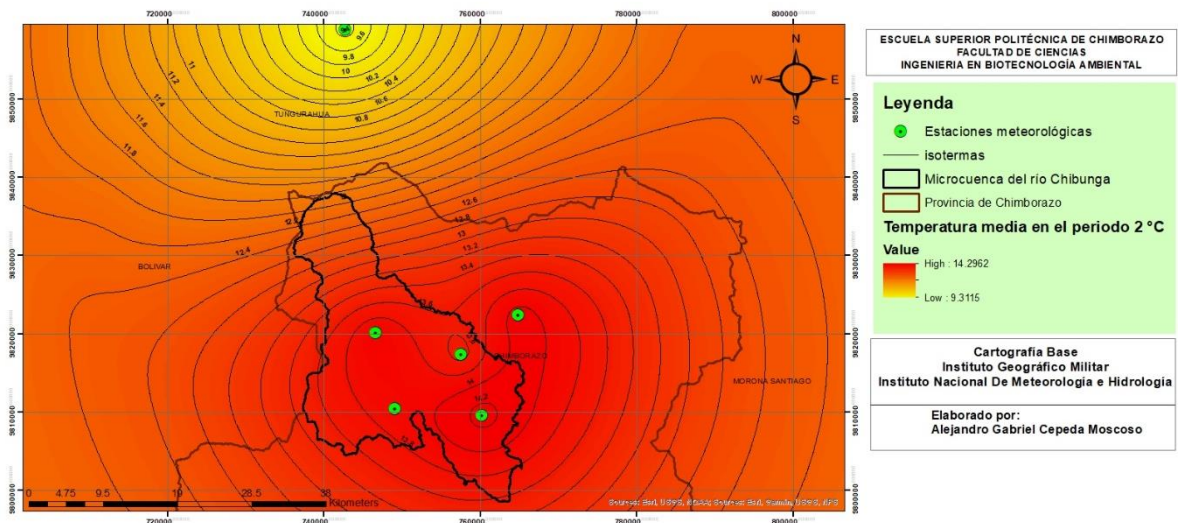
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



Fuente: (INAMHI 2021)

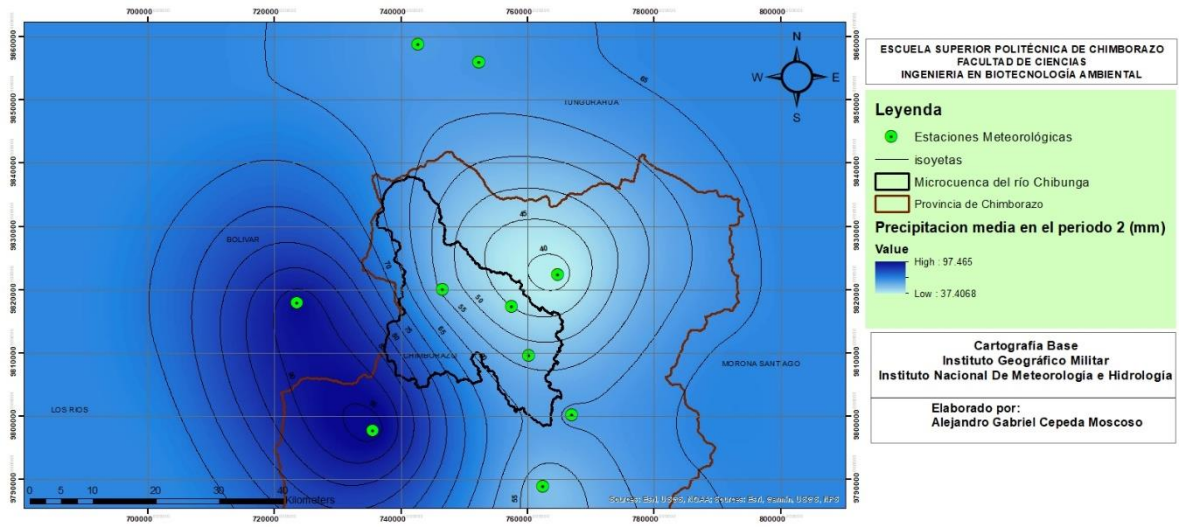
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

D2. Mapas de la zona durante el segundo periodo



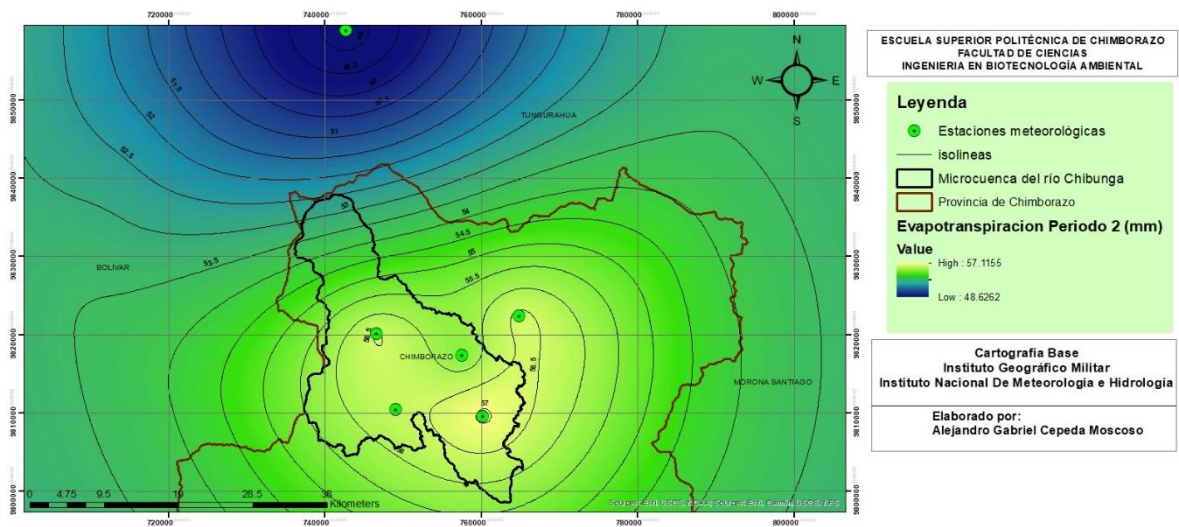
Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



Fuente: (INAMHI 2021)

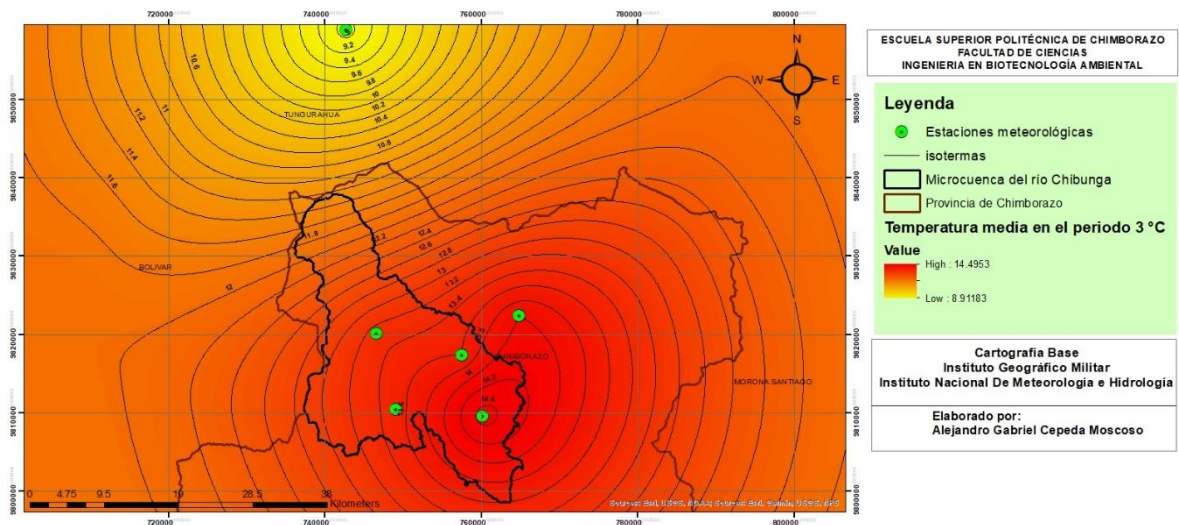
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



Fuente: (INAMHI 2021)

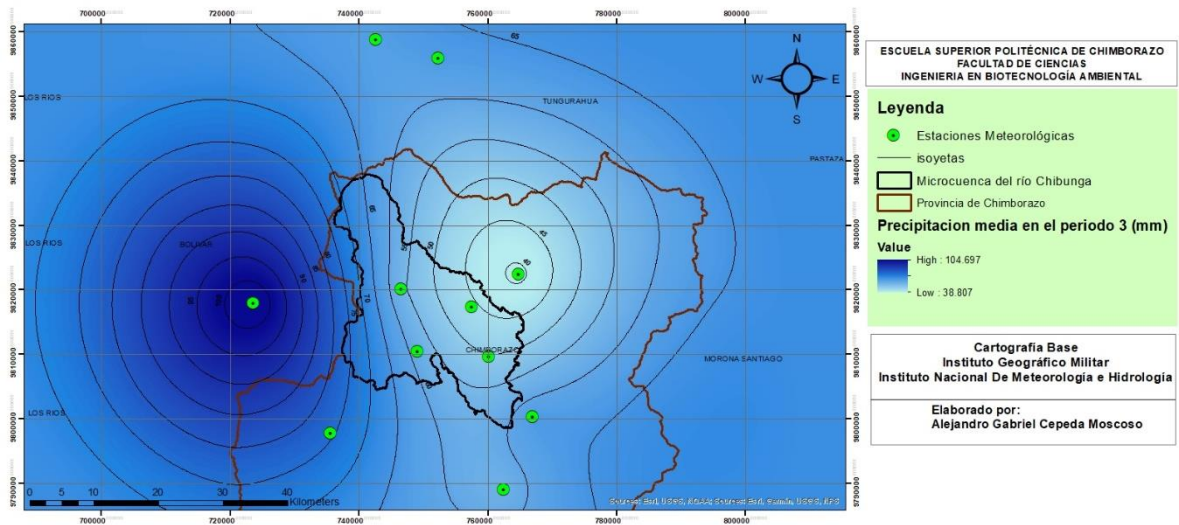
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

D3. Mapas de la zona durante el tercer periodo.



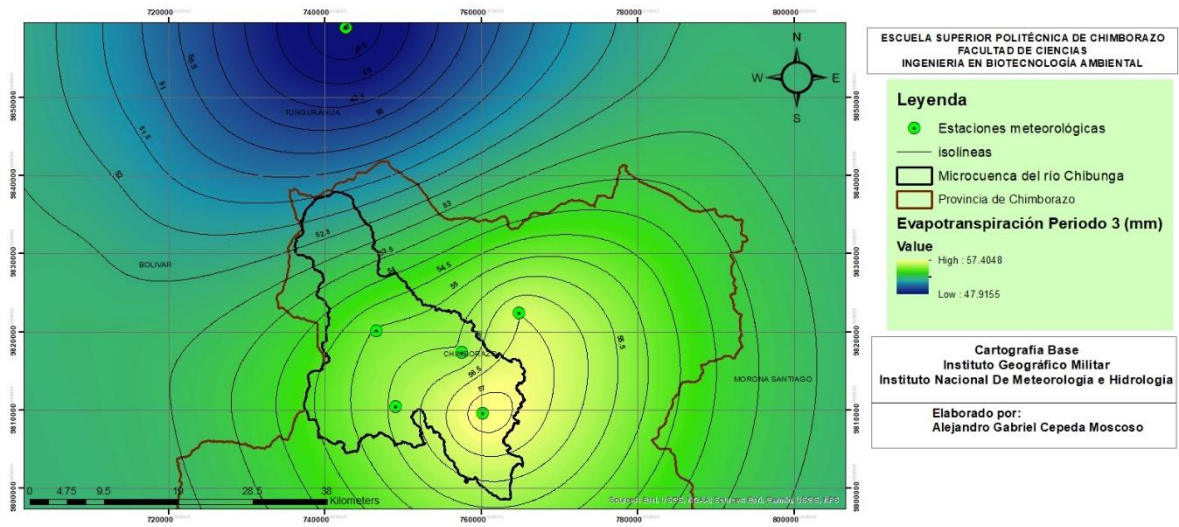
Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

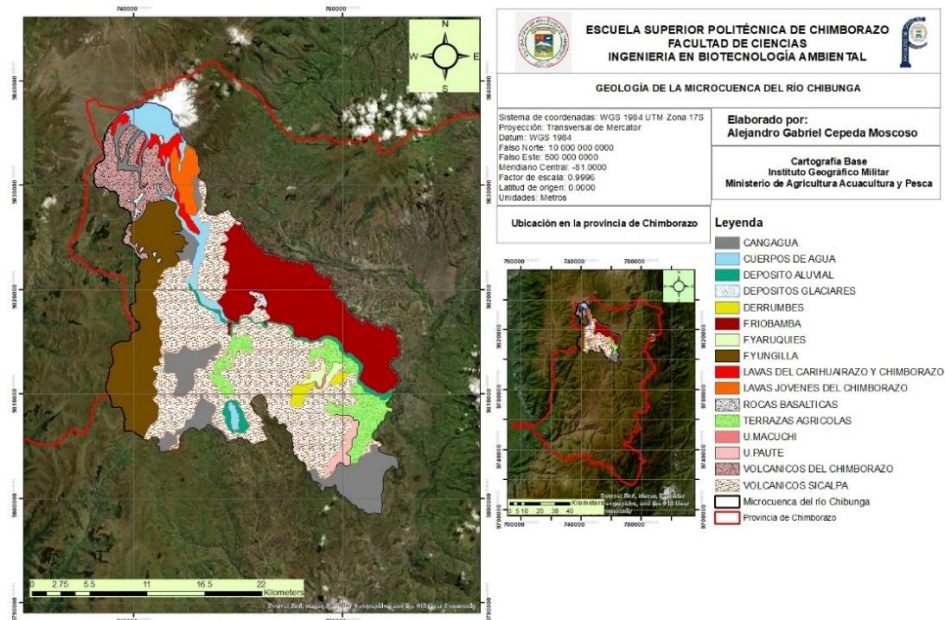


Fuente: (INAMHI 2021)

Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

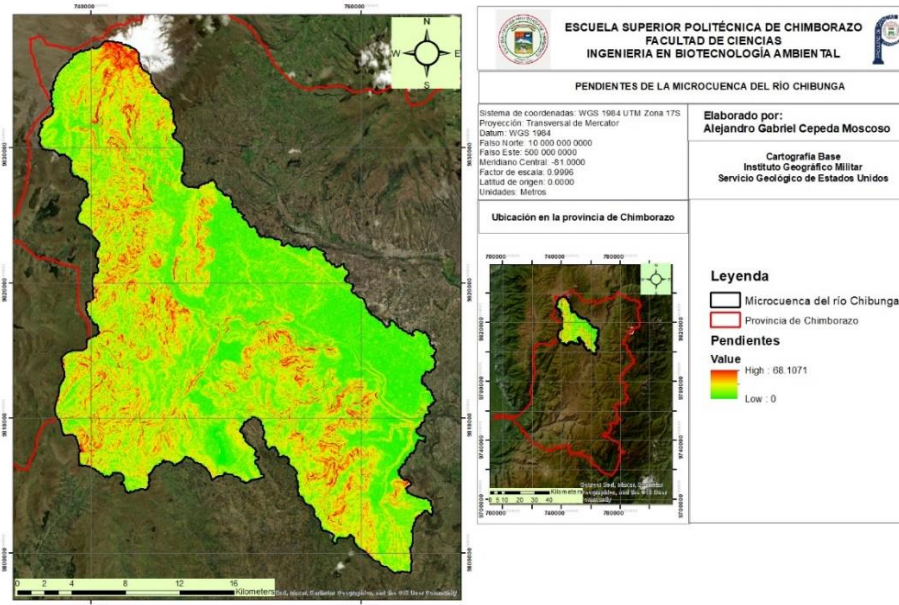
ANEXO E. MAPAS CARACTERISTICOS DE LA ZONA.

E1. Mapa geológico de la microcuenca del río Chibunga.



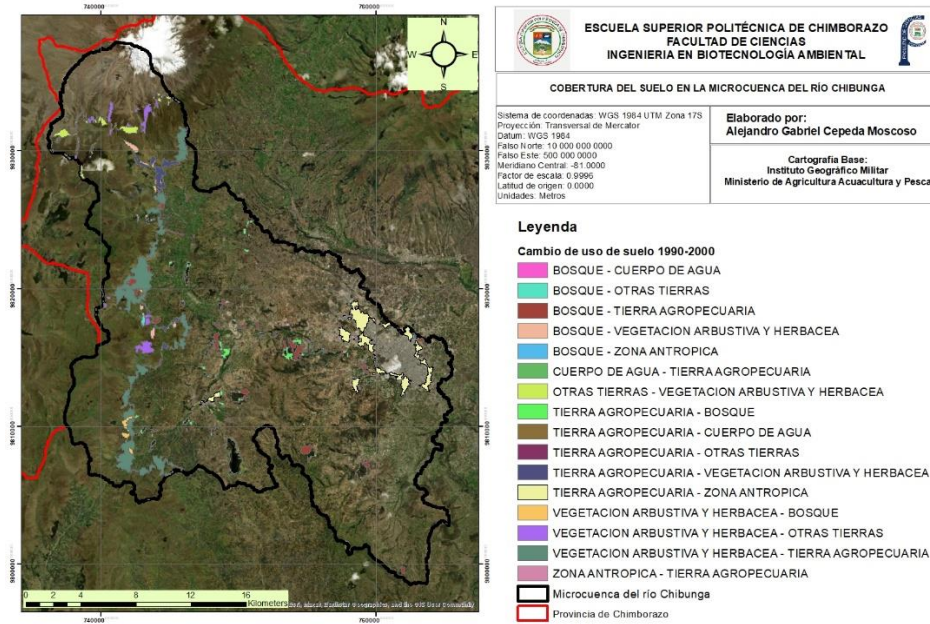
Fuente: (MAGAP 2020)
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

E2. Mapa de pendientes en la microcuenca del río Chibunga



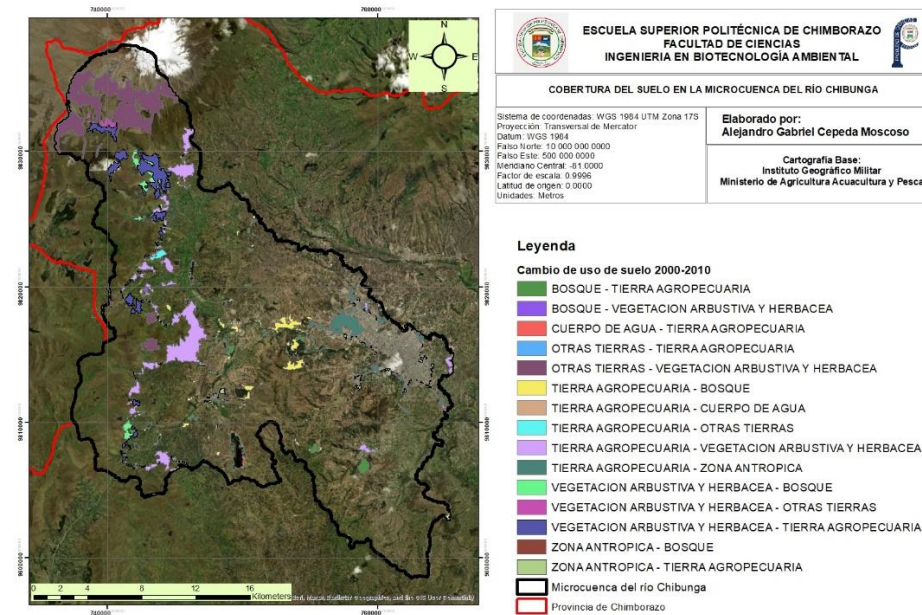
Fuente: (MAGAP 2020)
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

E3. Mapa de cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Chibunga durante el primer periodo.



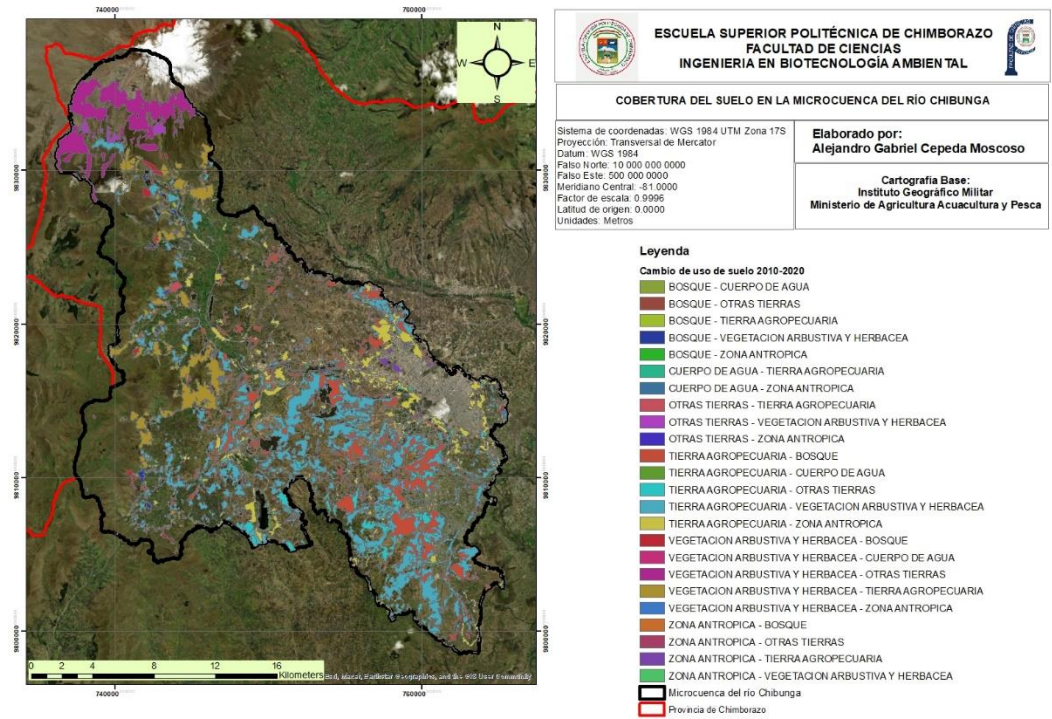
Fuente: (MAGAP 2020)
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

E4. Mapa de cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Chibunga durante el segundo periodo.



Fuente: (MAGAP 2020)
Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.

E5. Mapa de cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Chibunga durante el tercer periodo.



Fuente: (MAGAP 2020)
 Realizado por: Cepeda Alejandro, 2023.



espoCh

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 16 / 06/ 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Alejandro Gabriel Cepeda Moscoso
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0821-DBRA-UPT-2023

