



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca de la quebrada Shupishiña, ubicado en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, región San Martín

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Julinho Pezo Ruíz

ASESOR:

Ing. Dr. José Del Carmen Pizarro Baldera

Tarapoto – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca de la quebrada Shupishiña, ubicado en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, región San Martín

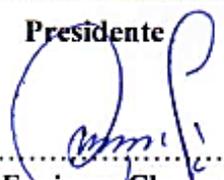
AUTOR:

Julinho Pezo Ruíz

Sustentada y aprobada el 17 de setiembre del 2021, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Nestor Raúl Sandoval Salazar

Presidente


.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Vocal


.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón

Secretario


.....
Ing. Dr. José Del Carmen Pizarro Baldera

Asesor

Declaratoria de autenticidad

Julinho Pezo Ruíz, con DNI N° 71721804, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca de la quebrada Shupishiña, ubicado en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, región San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 17 de setiembre del 2021.



Bach. Julinho Pezo Ruíz
DNI N° 71721804



Declaración Jurada

Julinho Pezo Ruíz, con DNI N° 71721804, domicilio legal en Jr. Miguel Grau N° 986 Tarapoto, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaro Bajo Juramento** que, toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis, que acompaño es verás y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 17 de setiembre del 2021.



Bach. Julinho Pezo Ruíz
DNI N° 71721804



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Pezo Ruiz Julinho		
Código de alumno :	71721804	Teléfono:	975 591 636
Correo electrónico :	julinho.2502@gmail.com	DNI:	71721804

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca de la quebrada Shupishina, ubicado en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, región San Martín.
Año de publicación:	2021

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

13 / 12 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis queridos padres, **Luzgarda Elizabeth Ruíz Pezo y Jairo Pezo Córdova** por haberme dado la vida, por su apoyo incondicional en cada momento, que siguen siendo un gran ejemplo a seguir, así como de ser los principales autores de hacer posible este momento tan inolvidable en mi formación profesional, y alcanzar los objetivos planteados en mi proyecto de vida.

Dedico también a mi hermano, **Marquinho Pezo Ruíz**, por enseñarme sus experiencias de vida y ser parte de mi crecimiento como persona, alentando cada una de mis decisiones de bien.

Dedicado a mi novia, **Shirley Vela**, por formar parte de todo este arduo proceso, recibir su apoyo incondicional día a día, ha sido fundamental para poder llevar a cabo cada uno de mis metas planteadas.

Y a toda mi Familia y amigos que de alguna manera u otra ayudaron en el largo camino de mi formación profesional.

Agradecimiento

Agradecer a mi familia por ser mis guías en todo momento, en el largo camino para mi formación como profesional.

Agradecer a mi alma mater Universidad Nacional de San Martín, cuyas aulas fueron mi centro de aprendizaje y conocimientos para el desarrollo de mis capacidades adquiridas en la profesión de ingeniería civil.

Agradecer de manera especial a mi asesor de tesis Ing. Dr. José Del Carmen Pizarro Baldera por las enseñanzas otorgadas durante el desarrollo del Proyecto de tesis, y por formar parte de los mentores que brindan sus conocimientos con total entrega en las aulas de la UNSM, en base a su gran experiencia y conocimientos.

Índice General

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice General.....	viii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Ilustraciones.....	xii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
 Introducción.....	 1
 CÁPITULO I.....	 3
REVISIÓN BILIOGRÁFICA.....	3
1.1. Aspectos Generales del Estudio.....	3
1.1.1. Ubicación Geográfica.....	3
1.1.2. Hidrografía.....	7
1.1.3. Accesibilidad.....	9
1.1.4. Topografía.....	10
1.1.5. Clima.....	10
1.1.6. Medio Ambiente.....	11
1.1.7. Zonas de Vida y Ecología.....	11
1.1.8. Geología.....	13
1.1.9. Área de Influencia.....	13
1.1.10. Situación Actual de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	13
1.1.11. Población Beneficiada.....	14
1.1.12. Condiciones Económicas.....	14
1.2. Descripción del problema.....	15
1.3. Formulación del Problema.....	16
1.4. Objetivos.....	16
1.4.1. Objetivo General.....	16
1.4.2. Objetivos Específicos.....	16
1.5. Justificación de la investigación.....	17
1.6. Limitaciones.....	18
1.7. Antecedentes de la Investigación.....	18

1.8. Marco Teórico.....	27
1.8.1. Cuenca.....	27
1.8.2. Precipitación	46
1.8.3. Factores Relacionados al Balance Hídrico	52
1.8.4. Estudio Económico	56
1.8.5. Cronograma de Actividades.....	57
1.8.6. Marco Conceptual: definición de términos básicos	57
1.8.7. Hipótesis	59
CAPÍTULO II.....	60
MATERIAL Y MÉTODOS	60
2.1. Material.....	60
2.2. Metodología de la Investigación.....	61
2.3. Sistema de Variables.....	62
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	63
2.5. Procesamiento de la información.....	63
CAPÍTULO III.....	91
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	91
3.1. Aplicación de la Metodología y Presentación de Resultados.....	91
3.1.1. Parámetros Geomorfológicos.....	91
3.1.2. Precipitación	102
3.1.3. Evapotranspiración Real	123
3.1.4. Balance Hídrico	155
3.2. Análisis e Interpretación de la Cuadros y Figuras.	159
3.3. Discusión de Resultados.	161
3.4. Contrastación de Hipótesis	162
CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES.....	165
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
ANEXOS	168

Índice de Tablas

Tabla 1: Superficies de área geográficas (Fuente: Elaboración propia).....	9
Tabla 2 : Vías de comunicación a la quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia). 10	
Tabla 3 : Caudal medio mensual generado MCS (Fuente: Emapa San Martín S.A.).....	24
Tabla 4 : Cronograma de actividades (Fuente: Elaboración propia)	57
Tabla 5 : Análisis de doble Masa entre Estaciones Tarapoto y San Antonio	74
Tabla 6 : Análisis de doble Masa entre Estaciones San Antonio y Lamas.....	77
Tabla 7 : Análisis de doble Masa entre Estaciones Lamas y Shanao	80
Tabla 8 : Análisis de doble Masa entre Estaciones Shanao y Cuñumbuque	83
Tabla 9 : Análisis de doble Masa entre Estaciones Tarapoto y El Porvenir	86
Tabla 10 : Cuadro de entrada para la elaboración de la Curva Hipsométrica	92
Tabla 11 : Datos de entrada para el Rectángulo Equivalente	96
Tabla 12 : Índice de Pendiente por el Método del Rectángulo Equivalente.....	98
Tabla 13 :Índice de Pendiente por el Método de Alvord.....	98
Tabla 14 : Declive o Pendiente del Cauce de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	100
Tabla 15 : Precipitación Media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña - Método Aritmético.....	102
Tabla 16 : Precipitación Media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña - Método Polígono de Thiessen.....	102
Tabla 17 : Precipitación Media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña - Método de las Curvas Isoyetas	103
Tabla 18 : Precipitación Media de la Cuenca - Método Aritmético.....	104
Tabla 19 : Precipitación Media de la Cuenca - Método Polígono de Thiessen.....	107
Tabla 20 : Precipitación Media Mes de Enero - Método de las Curvas Isoyetas	110
Tabla 21 : Precipitación Media Mes de Febrero - Método de las Curvas Isoyetas	110
Tabla 22 : Precipitación Media Mes de Marzo - Método de las Curvas Isoyetas	111
Tabla 23 : Precipitación Media Mes de Abril - Método de las Curvas Isoyetas	111
Tabla 24 : Precipitación Media Mes de Mayo - Método de las Curvas Isoyetas	112
Tabla 25 : Precipitación Media Mes de Junio - Método de las Curvas Isoyetas	113
Tabla 26 : Precipitación Media Mes de Julio - Método de las Curvas Isoyetas.....	113
Tabla 27 : Precipitación Media Mes de Agosto - Método de las Curvas Isoyetas	114

Tabla 28 : Precipitación Media Mes de Septiembre - Método de las Curvas Isoyetas	114
Tabla 29 : Precipitación Media Mes de Octubre - Método de las Curvas Isoyetas.....	115
Tabla 30 : Precipitación Media Mes de Noviembre - Método de las Curvas Isoyetas.....	115
Tabla 31 : Precipitación Media Mes de Diciembre - Método de las Curvas Isoyetas.....	116
Tabla 32 : Precipitación Media Anual - Método de las Curvas Isoyetas.....	116
Tabla 33 : Precipitación Promedio Mensual y Anual en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	120
Tabla 34 : Resultados de Temperatura	123
Tabla 35 : Curvas Isotermas	124
Tabla 36 : Temperatura Anual por Zonas de Vida	124
Tabla 37 : Tendencia de Temperatura Anual	125
Tabla 38 : Temperatura Media y Anual.....	126
Tabla 39 : Temperatura Media Mensual - Enero.....	127
Tabla 40 : Temperatura Media Mensual - Febrero.....	129
Tabla 41 : Temperatura Media Mensual - Marzo.....	131
Tabla 42 : Temperatura Media Mensual - Abril.....	133
Tabla 43 : Temperatura Media Mensual - Mayo	135
Tabla 44 : Temperatura Media Mensual - Junio.....	137
Tabla 45 : Temperatura Media Mensual - Julio.....	139
Tabla 46 : Temperatura Media Mensual - Agosto.....	141
Tabla 47 : Temperatura Media Mensual - Setiembre	143
Tabla 48 : Temperatura Media Mensual - Octubre	145
Tabla 49 : Temperatura Media Mensual - Noviembre	147
Tabla 50 : Temperatura Media Mensual - Diciembre	149
Tabla 51 : Evapotranspiración Potencial por el Método de Thornthwaite	151
Tabla 52 : Evapotranspiración Potencial por el Método de Turc	152
Tabla 53 : Resumen y Promedio de la Evapotranspiración.....	153
Tabla 54 : Evapotranspiración Promedio Corregida	154
Tabla 55 : Balance Hídrico Superficial de la Lámina de Agua	156
Tabla 56 : Volumen Disponible en MMC en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	156
Tabla 57 : Caudales Superficiales de Escorrentía.....	157

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 : Macro localización de la microcuenca de la quebrada Shupishiña .	4
Ilustración 2 : Micro localización de la microcuenca de la quebrada Shupishiña.	5
Ilustración 3 : Macro localización de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en las Regiones Hidrográficas del Perú.	6
Ilustración 4 : Micro localización de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en la red de cuencas del Perú	7
Ilustración 5 : Ubicación de la Quebrada Shupishiña en la Red Hidrográfica del Perú	8
Ilustración 6 : Microcuenca de la Quebrada Shupishiña .	9
Ilustración 7 : Sistema de Clasificación de Holdridge	12
Ilustración 8 : División de una cuenca hidrográfica: Subcuencas y microcuencas .	28
Ilustración 9 : Partes de una cuenca hidrográfica .	29
Ilustración 10 : Divisoria de una cuenca	30
Ilustración 11: Divisoria de una cuenca	30
Ilustración 12: Divisoria de una cuenca	31
Ilustración 13 : Divisoria de una cuenca	31
Ilustración 14 : Relación de Variables	32
Ilustración 15 : Planímetro/Cuenca	33
Ilustración 16 : Creación de columna para el cálculo de áreas en ArcGis.	34
Ilustración 17 : Creación de columna para el cálculo de áreas en ArcGis	35
Ilustración 18 : Curva Hipsométrica y de Frecuencia de Altitudes	37
Ilustración 19 : Índice o Factor Forma de una Cuenca	38
Ilustración 20 : Factor Forma para dos cuencas .	38
Ilustración 21 : Transformación de una cuenca en rectángulo.	39
Ilustración 22 : Longitud y altitud de un cauce .	41
Ilustración 23 : Perfil Longitudinal de un cauce	42
Ilustración 24 : Orden de las corrientes de una cuenca.	44
Ilustración 25 : Polígono de Thiessen.	49
Ilustración 26 : Isoyetas	50
Ilustración 27 : Curvas de Nivel - Sección de Cuadrantes 13j, 13k, 14j, 14k	65
Ilustración 28 : Curvas de Nivel Completadas con Google Earth y Global Mapper.	66

Ilustración 29 : Altura inferior de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	67
Ilustración 30 : Altura superior de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	67
Ilustración 31: Modelado Digital del Terreno de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	68
Ilustración 32 : Archivo Raster Fill de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	69
Ilustración 33 : Flow Direction de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	69
Ilustración 34 : Flow Accumulation de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.	70
Ilustración 35 : Trazo en ArcMap de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.	70
Ilustración 36 : Delimitación de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	71
Ilustración 37 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Tarapoto.....	75
Ilustración 38 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación San Antonio	76
Ilustración 39 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación San Antonio	78
Ilustración 40 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Lamas.....	79
Ilustración 41 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Lamas.....	81
Ilustración 42 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Shanao.....	82
Ilustración 43 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Shanao.....	84
Ilustración 44 :Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Cuñumbuque	85
Ilustración 45 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Tarapoto.....	87
Ilustración 46 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación El Porvenir ..	88
Ilustración 47 : Elaboración de Polígono de Thiessen con ArcGis	89
Ilustración 48 : Elaboración de Curvas Isoyetas con ArcGis.	90
Ilustración 49 : Área de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en ArcGis.	91
Ilustración 50 : Perímetro de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en ArcGis)	91
Ilustración 51 : Curva Hipsométrica de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	93
Ilustración 52 : Polígono de Frecuencia de Altitudes de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	94
Ilustración 53 : Rectángulo Equivalente de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña ..	97
Ilustración54 : Declive o Pendiente del Cauce de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.....	100
Ilustración 55 : Perfil Pluviométrico de las Estaciones..	101
Ilustración 56 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual - Método Aritmético.....	105
Ilustración 57 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada - Método Aritmético.	106

Ilustración 58 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual - Método Polígono de Thiessen.....	108
Ilustración 59 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada - Método de Polígono de Thiessen.....	109
Ilustración 60 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual - Método de las Curvas Isoyetas.	118
Ilustración 61 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada - Método de la Curvas Isoyetas.....	119
Ilustración 62 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	121
Ilustración 63 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	122
Ilustración 64 : Perfil de Temperatura Media.....	123
Ilustración 65 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Enero	128
Ilustración 66 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Febrero	130
Ilustración 67 : Perfil Temperatura Media Mensual - Marzo.	132
Ilustración 68 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Abril	134
Ilustración 69 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Mayo	136
Ilustración 70 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Junio	138
Ilustración 71 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Julio	140
Ilustración 72 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Agosto	142
Ilustración 73 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Setiembre	144
Ilustración 74 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Octubre	146
Ilustración 75 : Perfil de Temperatura Media Mensual – Noviembre	148
Ilustración 76 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Diciembre.....	150
Ilustración 77 : Evapotranspiración Potencial de Thornthwaite.....	152
Ilustración 78 : Evapotranspiración Potencial de Turc.....	153
Ilustración 79 : Evapotranspiración Corregida Mensual en mm.	154
Ilustración 80 : Perfil de Precipitación vs Evapotranspiración.....	155
Ilustración 81 : Caudal de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña al 90%	157
Ilustración 82 : Caudal de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña al 100%	158
Ilustración 83 : Caudal de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña al 110%	158

Resumen

El estudio realizado tuvo como objetivo analizar y procesar la información hidrometeorológica de la microcuenca de la quebrada Shupishiña, utilizando información bibliográfica relacionadas al tema, que ayudaron durante el desarrollo, así como el uso de datos meteorológicos, los cuales han sido previamente seleccionados, para cumplir con los requisitos indispensables, confiabilidad, la información Hidrometeorológica fue obtenida por donación del SENAMHI, completa, existen registros de todos los meses del año y extensa, la información corresponde a 20 años de antigüedad (2000 – 2019), de seis estaciones más cercanas al área de estudio, las cuales han garantizado exactitud en los resultados. Haciendo uso de la información obtenida, se procedió a calcular los Parámetros geométricos, utilizando la Carta Nacional Brindada por el IGN, complementada con información topográfica de Google Earth Pro, estas digitalizadas con 20 metros de equidistancia, visualizándose las cotas de elevación existentes, así como también obteniendo, tras la aplicación de métodos correspondientes lo siguiente: Área (144.624 km^2) y perímetro (61.849 km) de la microcuenca y longitud del cauce principal (27.308 km), para un mejor entendimiento sobre el área de estudio, se procedió a calcular los Parámetros Geomorfológicos, Coeficiente de Sinuosidad (T_s), Densidad de Drenaje (D_d), Coeficiente de Compacidad (K_c). Para la obtención de la Precipitación Media en la Microcuenca, se promedió los resultados obtenidos, tras la aplicación de los dos métodos más confiables, Polígono de Thiessen y Curvas Isoyetas, de las cuales se obtuvo 1394.522 mm anuales; se descartó el Método Aritmético, por su poca exactitud. Se calculó que la temperatura media anual asciende a 24.91°C , además se ha identificado que la época de abundante lluvia, está presente en los meses de febrero a abril, estando marzo en el punto más alto de todo el año con **170.610 mm**, y los meses de octubre – diciembre, resaltando noviembre con **128.286 mm** y los meses de estiaje que empieza en junio y termina en Setiembre, ocupando el punto más bajo de todo el año, agosto con **63.477 mm**. Para finalizar se realizó la ecuación del balance hídrico, conociendo así la disponibilidad de agua en la microcuenca y el caudal que se es capaz de captar.

Palabras clave: Temperatura, Precipitación, Parámetros hidrológicos, Balance Hídrico, Evapotranspiración, Oferta, Microcuenca.

Abstract

The objective of the study was to analyse and process the hydrometeorological information of the Shupishiña stream micro-basin, using bibliographic information related to the subject, which helped during the development, as well as the use of meteorological data, which have been previously selected, to comply with the indispensable requirements, Reliability, the Hydrometeorological information was obtained by donation from SENAMHI, complete, there are records of all months of the year and extensive, the information corresponds to 20 years old (2000 - 2019), from six stations closer to the study area, which have guaranteed accuracy in the results. Using the information obtained, we proceeded to calculate the geometric parameters, using the National Map provided by the IGN, complemented with topographic information from Google Earth Pro, these digitised with 20 metres of equidistance, visualising the existing elevation levels, as well as obtaining, after the application of the corresponding methods, the following: Area (144. 624 km²) and perimeter (61.849 km) of the micro-basin and length of the main channel (27.308 km), for a better understanding of the study area, we proceeded to calculate the Geomorphological Parameters, Sinuosity Coefficient (Ts), Drainage Density (Dd), Compacity Coefficient (Kc). To obtain the Mean Precipitation in the Microbasin, the results obtained were averaged, after the application of the two most reliable methods, Thiessen Polygon and Isotope Curves, from which 1394.522 mm per year were obtained; the Arithmetic Method was discarded, due to its low accuracy. It was calculated that the average annual temperature is 24.91°C, in addition it has been identified that the time of abundant rainfall is present in the months of February to April, with March being the highest point of the year with 170,610 mm, and the months of October - December, highlighting November with 128,286 mm and the months of low water that begins in June and ends in September, occupying the lowest point of the year, August with 63,477 mm. Finally, the water balance equation was performed, thus knowing the availability of water in the micro-watershed and the flow that it is capable of capturing.

Key words: Temperature, Precipitation, Hydrological parameters, Water balance, Evapotranspiration, Supply, Microbasin.



Introducción

El agua es el recurso hídrico natural vital para el ser humano y para la tierra. Del agua existente en el planeta tierra, el 97.5% es salada, que se encuentra distribuido en los océanos y mares de agua salada, y la diferencia, relativamente pequeña del 2.5% es agua dulce, de la cual se dispone solamente del 1%, que escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos, ríos, lagos, lagunas y acuíferos.

Debido a la baja disponibilidad de agua dulce en el mundo y la alta prioridad que significa el elemento vital, esta se constituye como un recurso amenazado, escaso y en peligro, si bien es cierto, se repone regularmente a través del ciclo hidrológico, el núcleo del problema es el uso desmedido y no planificado del recurso hídrico en las diversas actividades que lo necesiten.

En la actualidad el nuestro país, ocupa el octavo lugar en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua, esto gracias a la existencia de 159 cuencas hidrográficas distribuidas en todo nuestro territorio nacional, que nos abastecen un volumen anual promedio de agua de 1'768,172 MMC, teniendo además un privilegio de poseer el 1.89% de la disponibilidad de agua dulce del mundo; a pesar de todo existen factores que están presentes en la actualidad, el índice eficiencia de uso del agua indica lo siguiente, para uso agrícola 30-45%, uso poblacional 40-45%, uso industrial 45-50%, indicando las grandes cantidades de desperdicio al momento de su aplicación, además el consumo mundial de agua se dobla cada 20 años, sin embargo la cantidad de agua que hay el Perú no incrementa.

En el departamento de San Martín, el desabastecimiento del agua empieza a ser un problema constante, que aumenta en cuanto la agricultura intensiva e informal extiende sus áreas de riego, además de su crecimiento poblacional por parte de grupo de personas ajenas a la zona, trayendo consigo ideas para empezar a gestionar y entender la cantidad de agua que poseen nuestros ríos, lagos, quebradas, lagunas, que están en nuestro departamento.

Con la finalidad de aportar a la región de información necesaria el presente proyecto de investigación titulado, estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca de la quebrada Shupishiña, ubicado en el distrito de Cacatachi, provincia de

San Martín, región San Martín, comprende el estudio hidrológico de la quebrada en mención cuya finalidad consiste obtener la oferta hídrica y brindar la información necesaria para la elaboración de futuros proyectos y su aprovechamiento hidráulico, aplicando la metodología de enfoque cuantitativo.

La estructura de este trabajo de investigación comprende su estructura en 3 capítulos, tal como sigue:

El **Capítulo I – Revisión Bibliográfica**, está referido a los datos generales de la zona de estudio, así como la recopilación de la información o datos a ser procesados, la definición del problema y objetivos, la justificación del proyecto y sus alcances o limitaciones.

El **Capítulo II – Materiales y Métodos**, se refiere a la identificación de las variables, formulación de la hipótesis, determinación del tipo de investigación, así como su estructura(diseño) y definición de la muestra y población de datos.

El **Capítulo III – Resultados y Discusión**, abarca el uso de la metodología para presentar a través de cuadros y figuras los valores finales de salida en el método aplicado, así como su discusión y análisis con estudios anteriores, finalizando con la validación de la hipótesis.

CÁPITULO I

REVISIÓN BILIOGRÁFICA

1.1. Aspectos Generales del Estudio

1.1.1. Ubicación Geográfica

Políticamente la zona de que abarca nuestro Proyecto de Tesis se ubica en la jurisdicción del distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, departamento de San Martín.

Región	:	San Martín
Provincias	:	San Martín y Lamas
Distritos	:	Cacatachi, Morales, Rumizapa y Lamas
Microcuenca	:	Quebrada Shupishiña

(CEDISA, 2008), La Quebrada Shupishiña (Chupishiña), afluente principal del río Cumbaza por la margen derecha; tiene su origen en las montañas del Cerro Shicafilo, a más de 1,200 m de altitud. El cauce principal de la quebrada tiene una longitud de 26.5 Km de longitud. La quebrada presenta áreas inundables estrechas, siendo el fondo predominantemente pedregoso las partes alta y media. Sus afluentes son las quebradas Tole, Shucshuyacu, Mishquiyacu y Mishquiyaquillo.

MACRO LOCALIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA SHUPISHIÑA



Ilustración 1 : Macro localización de la microcuenca de la quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia).

MICRO LOCALIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA SHUPISHIÑA



UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA SHUPISHIÑA



Ilustración 2 : Micro localización de la microcuenca de la quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia).

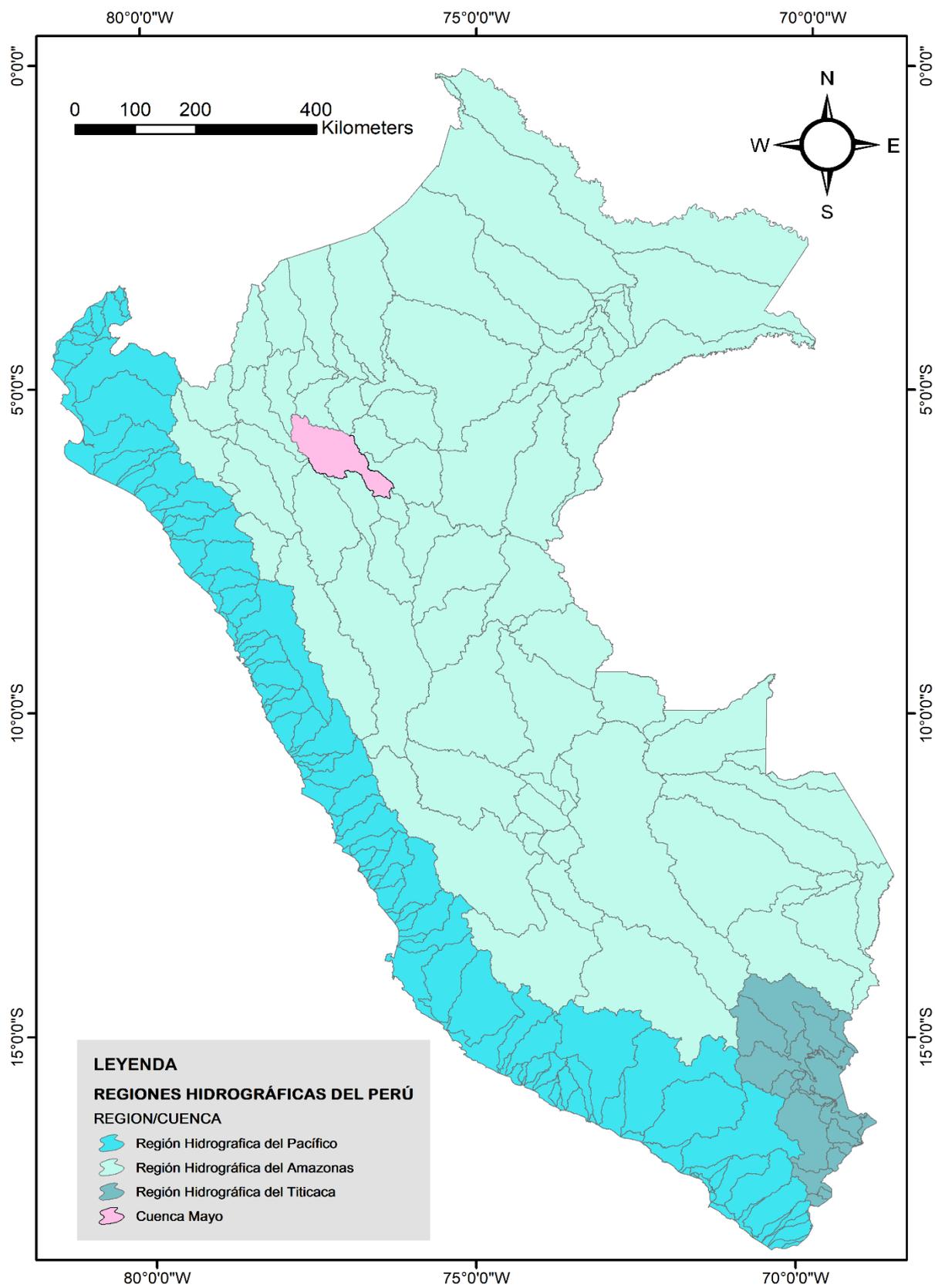


Ilustración 3 : Macro localización de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en las Regiones Hidrográficas del Perú. (Fuente: Elaboración Propia.)

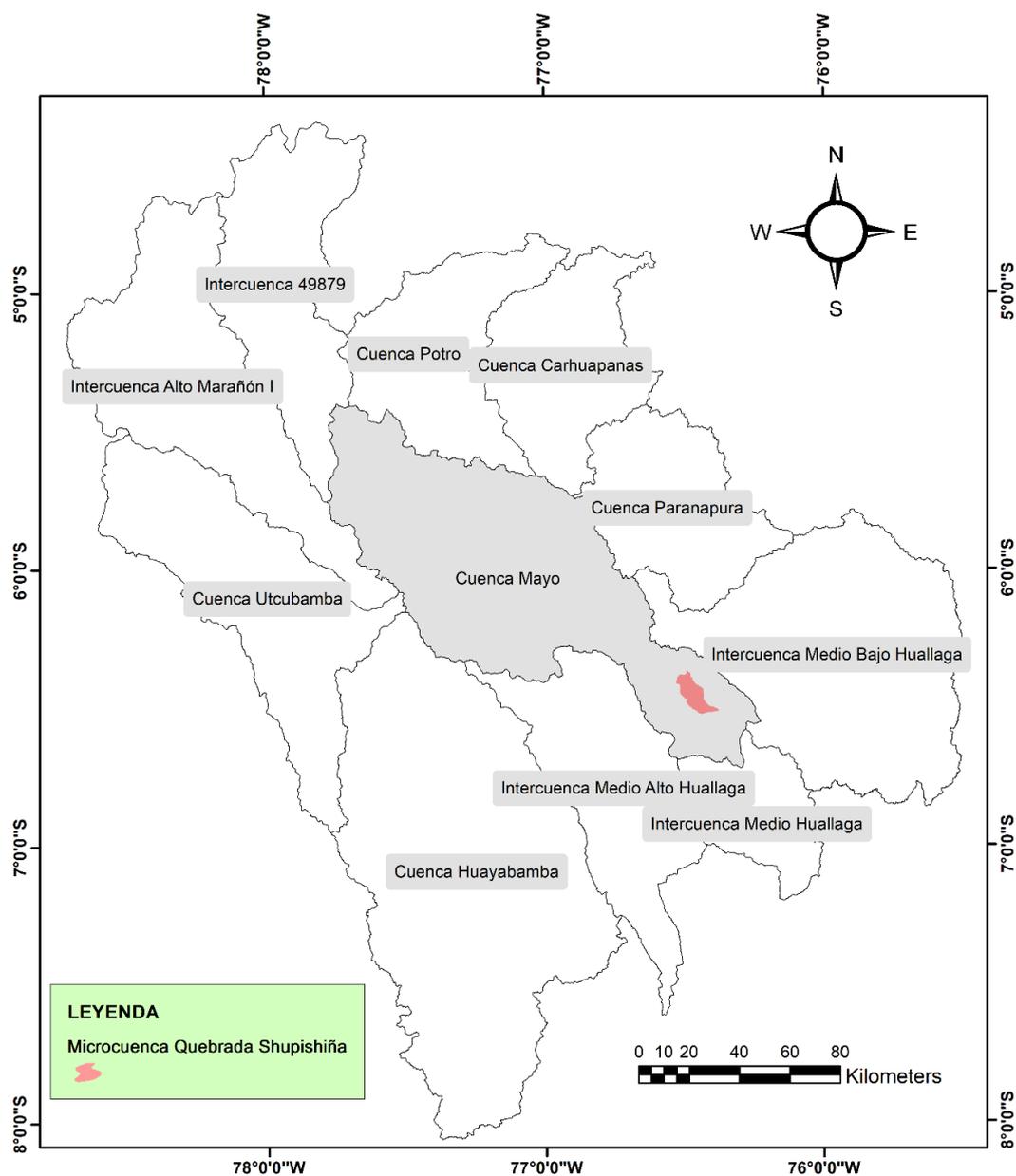


Ilustración 4 : Micro localización de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en la red de cuencas del Perú (Fuente: Elaboración Propia).

1.1.2. Hidrografía

Una parte de la extensión superficial de la cuenca del río Huallaga, está comprendida dentro de la red hidrográfica del departamento de San Martín, los principales afluentes de la margen izquierda del río Huallaga, se encuentran ubicados en territorios de la cordillera oriental, estando algunos a más de 4000 m.s.n.m. mientras que las sub-cuencas de la margen derecha nacen en la cordillera sub-andina aproximadamente a unos 2000 m.s.n.m.; La quebrada Shupishiña, es el principal afluente por la margen derecha de la red hidrográfica de la cuenca Cumbaza, constituida por el río Cumbaza como eje

principal, siendo sus afluentes principales por la margen izquierda el río Shilcayo y las quebradas Ahuashiyacu y Pucayacu, cuya cuenca tiene una extensión de 56,353 ha y su velocidad de corriente en crecida alcanza los 0.8 m/s y en vaciantes 0.171 m/s; El gran caudal que impone estos cuerpos de agua es muy tornadizo, dependiendo directa y considerablemente a los factores intensidad y temporalidad de las precipitaciones.

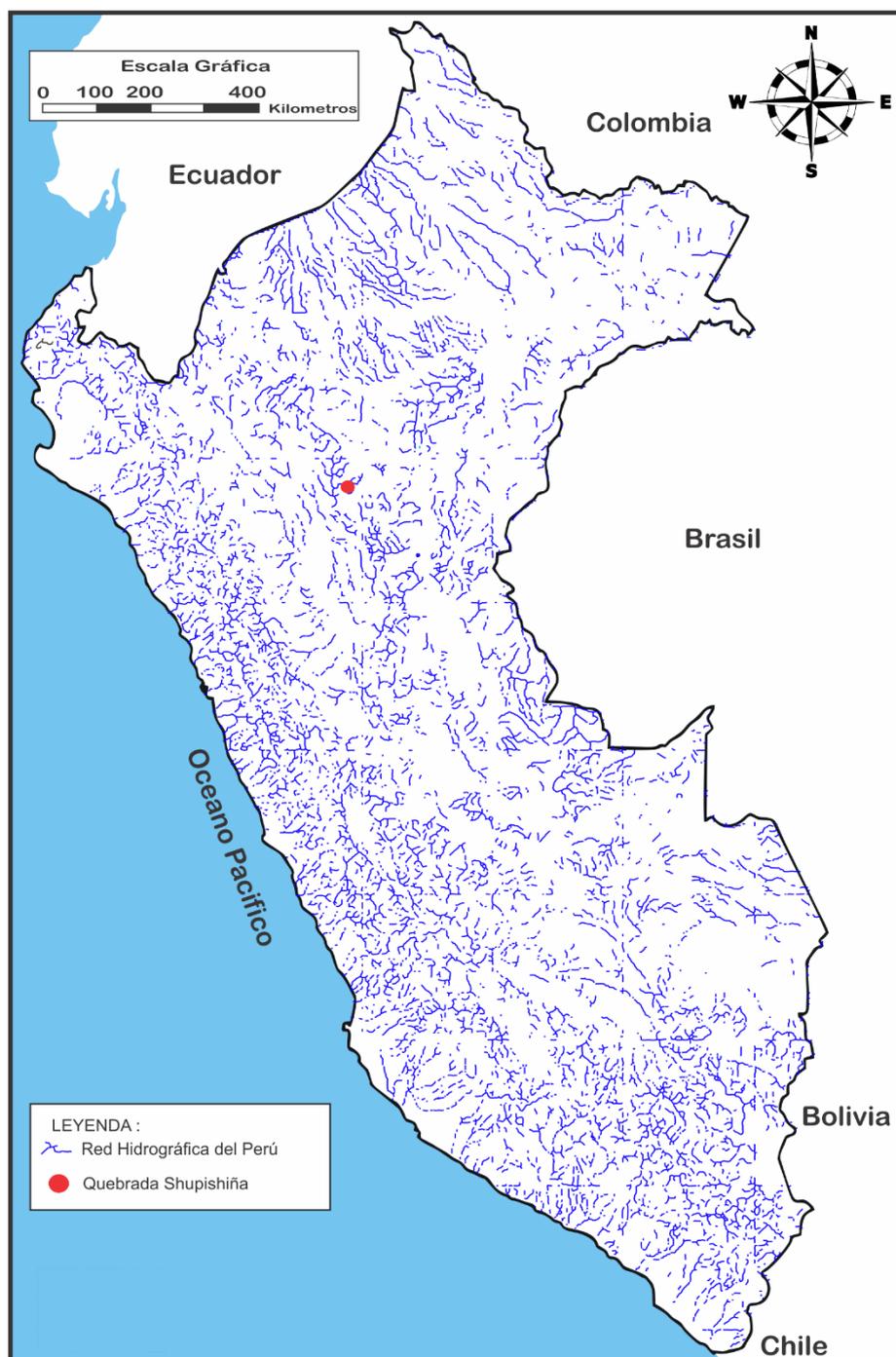


Ilustración 5 : Ubicación de la Quebrada Shupishiña en la Red Hidrográfica del Perú (Fuente: Elaboracion Propia).

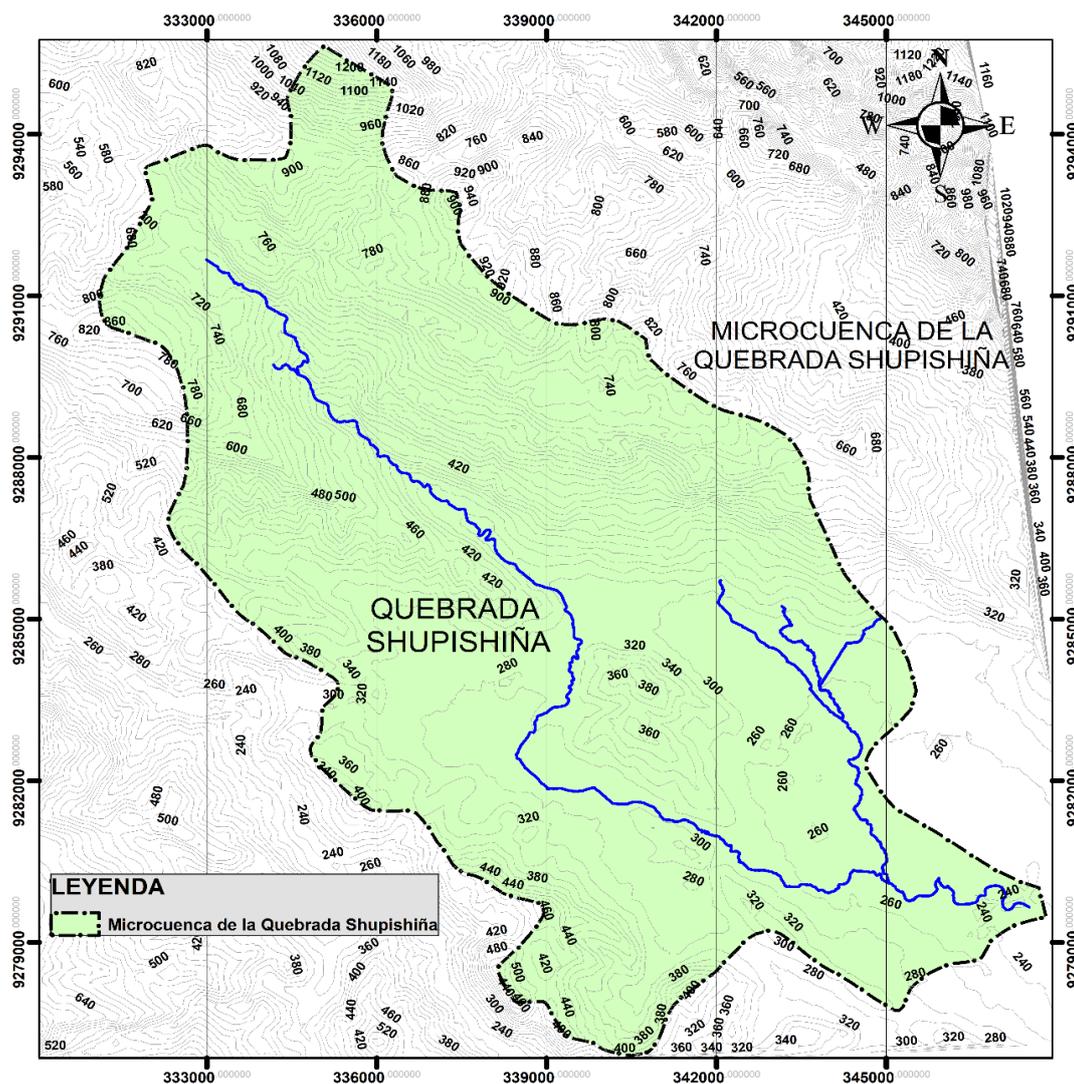


Ilustración 6 : Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 1

Superficies de área geográficas

AREA GEOGRAFICA	SUPERFICIE (KM2)
Microcuenca de la Quebrada Shupishiña	144.623

(Fuente: Elaboración propia).

1.1.3. Accesibilidad

La principal vía de comunicación que conduce a la microcuenca de la Quebrada Shupishiña es la carretera Marginal de la Selva – Fernando Belaunde Terry Norte (FBT),

de dicha carretera, se originan las vías de acceso de penetración a los distritos que contempla el área de la microcuenca de la quebrada Shupishiña. La distribución de las vías de acceso se detalla a continuación:

Tabla 2

Vías de comunicación a la quebrada Shupishiña

RUTA	SALIDA	LLEGADA	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE
Red vial primaria	Tarapoto	Microcuenca de la quebrada Shupishiña	Asfaltada	Auto/ Moto lineal
Red vial Secundaria	Tarapoto	Microcuenca de la quebrada Shupishiña	Asfaltada	Auto/ Moto lineal
Caminos de vigilancia	Tarapoto	Microcuenca de la quebrada Shupishiña	Asfaltada	Auto/ Moto lineal

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4. Topografía.

La Topografía en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, presencia características accidentadas en la parte alta de la zona de estudio, debido a que en su nacimiento existen terrenos ondulados, con gran cantidad de pedregales, así como pendientes pronunciadas, con un acceso directo complicado en su parte alta y media. La parte baja relativamente plana con gran abundancia de vegetación y zonas trabajadas por la agricultura.

1.1.5. Clima

Climatología. - En la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña tiene un clima propio de ceja de selva, debido a que la lluvia cae sobre todos los meses del año, los veranos son cortos, muy caliente, bochornosos y parcialmente nublados y los inviernos son largos, caliente, opresivos, mojados y mayormente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 37 °C.

Fenómenos Climáticos. – En la región San Martín las precipitaciones prolongadas por horas, así como también las lluvias de convección que son las más frecuentes en la zona, generan gran crecimiento de las quebradas, que conllevan a desbordes y afectación de la población en las partes bajas.

1.1.6. Medio Ambiente

Según los estudios realizados por Encarnación y Aquino, en los estudios para la ZEE de San Martín se encontraron los siguientes resultados: en la cobertura vegetal se pueden diferenciar formaciones vegetales de bosques húmedos en la llanura amazónica, comunidades "relictos" de bosques secos y matorrales mixtos en los valles intramontanos del Huallaga y Mayo, bosques de montañas andinas/subandinas, y matorrales transicionales de "páramos altoandinos". A escala de macrozonificación, se caracterizan 52 comunidades vegetales agrupadas en seis grandes unidades de paisaje, como: Bajo Huallaga, Huallaga Central, Alto Huallaga, Biabo/Cordillera Azul, Mayo y las montañas andinas y subandinas. Entre ellas destacan los bosques secos de "quinillales" en el Huallaga Central, los varillales y chamizales del Mayo, los aguajales y renacales del Mayo y Biabo/Cordillera Azul, y los matorrales tipo sabanas de las montañas al noreste de Ganímedes en el Alto Mayo.

Se menciona de manera deplorable la contaminación existente por parte de los pobladores aledaños a la quebrada Shupishiña de su residuos orgánicos e inorgánicos que gran cantidad de ellos va a parar en la parte baja de la microcuenca o en la misma desembocadura siendo este el Rio Cumbaza, así como la deforestación desmesurada que empieza poco a poco a generar un caudal incontrolable y el cauce de la Quebrada empieza a ganar área de influencia, lo que origina las inundaciones en las poblaciones cercanas.

1.1.7. Zonas de Vida y Ecología

Se presume que dos zonas de clima similar, desarrollarían formas de vida similares, debido a que la zona de vida es una región biogeográfica que está delimitada por parámetros climáticos como la temperatura y precipitaciones.

El concepto de zona de vida fue desarrollado por el naturalista estadounidense Clinton Hart Merriam en 1889, sin embargo, el Sistema más usado es el desarrollado por Leslie Holdridge, quien, en 1971, definió el concepto zona de vida del siguiente modo: «Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo».

El sistema se basa en los siguientes factores: la biotemperatura media anual (en escala logarítmica). En general, se estima que el crecimiento vegetativo de las plantas sucede en un rango de temperaturas entre los 0 °C y los 30 °C, de modo que la biotemperatura es una temperatura corregida que depende de la propia temperatura y de la duración de la estación de crecimiento, y en el que las temperaturas por debajo de la de congelación se toman como 0 °C, ya que las plantas se aletargan a esas temperaturas; la precipitación anual en mm (en escala logarítmica); la relación de la evapotranspiración potencial (EPT) que es la relación entre la evapotranspiración y la precipitación media anual, es un índice de humedad que determina las provincias de humedad.

En Figura 7 se puede apreciar el Diagrama de Holdridge para catalogar una Zona de Vida.

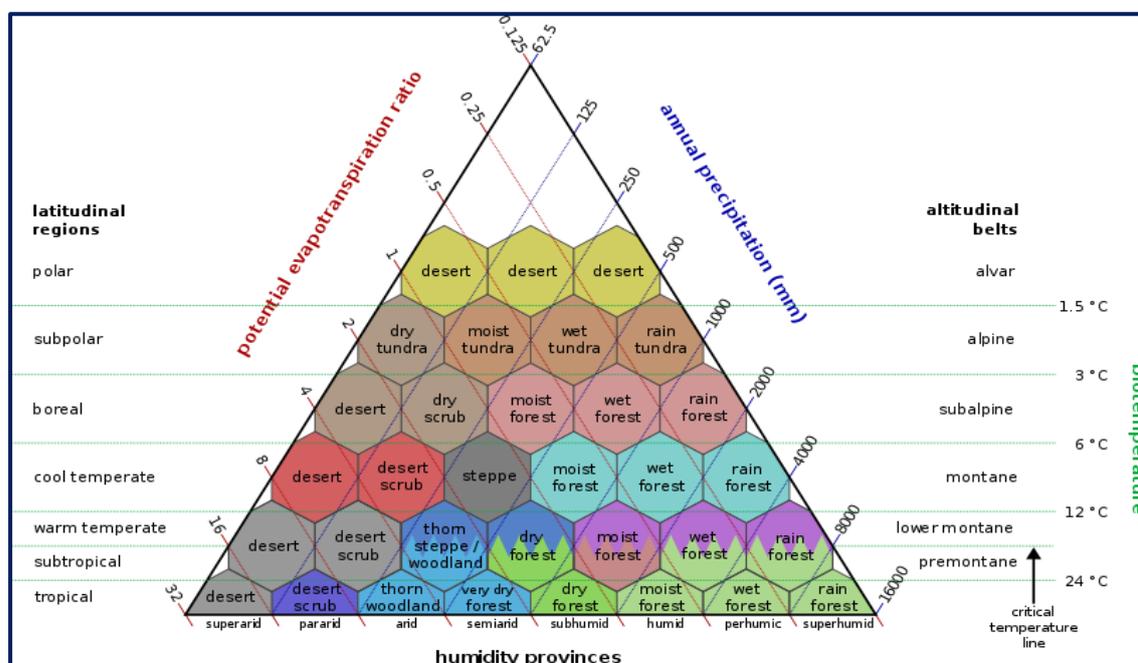


Ilustración 7 : Sistema de Clasificación de Holdridge (Wikipedia,2020)

De acuerdo al Mapa Ecológico elaborado por la O.N.E.R.N, se han identificado 5 zonas de vida o microclimas en la cuenca, tres principales y dos transicional. Así tenemos:

Bosque seco - Tropical

Bosque Seco – Tropical (Transicional a bosque Húmedo Premontano Tropical)

Bosque Húmedo - Premontano Tropical

Bosque Húmedo - Premontano Tropical (Transicional a bosque muy húmedo -

Premontano

Tropical)

Bosque muy Húmedo - Premontano Tropical

Se identificaron en relación a la Temperatura y Altura correspondiente, lo que se contrasto

con el perfil de la microcuenca.

1.1.8. Geología

Por medios de los estudios realizados por la O.N.E.R.N, permite definir la composición litológica que conforman los suelos y rocas de la cuenca. Así tenemos:

Las Rocas del Cretácico Inferior y Jurásico Superior. Compuesta de arenisca arcillosas.

Se ubican en las zonas de mayor altura y poca accesibilidad de la micro cuenca de la quebrada Shupishiña.

Las Rocas Terciarias. Compuesta por arcillitas y areniscas, ubicadas en la parte media de la microcuenca de la quebrada Shupishiña.

Los Aluviales del Cuaternario Reciente. Compuestos por grava, arcilla y arena, ubicados en la parte baja de la cuenca, donde la velocidad de las aguas es menor, generándose así el fenómeno de la sedimentación, en esta zona están ubicados los distritos de Cacatachi y Morales.

1.1.9. Área de Influencia

Influencia directa e indirecta

El área de influencia directa de la microcuenca de la quebrada Shupishiña, está conformada por todas las zonas aledañas del que sus actividades productivas y socioeconómicas dependan del uso de su agua, así como también por todas las vías de acceso que conducen a la microcuenca; sin embargo, el área de estudio de influencia indirecta comprende los distritos de Morales, Cacatachi, Rumizapa y Lamas, que de alguna manera usan el agua para satisfacer sus necesidades cotidianas.

1.1.10. Situación Actual de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña

La Quebrada Shupishiña, es el afluente principal del río Cumbaza por la margen derecha; tiene su origen en las montañas del Cerro Shicafilo, presenta áreas inundables estrechas, así como un fondo donde predomina la presencia de piedras.

En la actualidad en la microcuenca de la quebrada Shupishiña, existen zonas de gran amplitud donde la deforestación se dio de manera intensiva e inconsciente, que ha perturbado directamente su cauce en épocas de lluvias intensas, generando inundaciones, que afectan cultivos y zonas habitadas aledañas.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación se proyecta a la obtención de información con respecto al uso del agua, la demanda actual y su disponibilidad, con el motivo de, respaldar el aprovechamiento hídrico de la microcuenca para el bien de la población.

1.1.11. Población Beneficiada

Los beneficiados directos del presente Proyecto de investigación son los pobladores de los distritos de Morales, Cacatachi, Rumizapa y Lamas, debido al crecimiento poblacional en estos distritos se origina la necesidad de ampliar y aumentar significativamente la información de la disponibilidad Hídrica de la quebrada Shupishiña con el propósito de planificar medidas de contingencia a futuro a lo que se refiere a su perduración y continuidad en el tiempo, así como, al uso del agua de la quebrada Shupishiña.

La gran variedad de beneficios que se generará a corto, mediano y largo plazo, están en base a obtener el desarrollo sostenible y que a la par beneficiar a la población desde las partes altas y bajas de la microcuenca, es preciso recodar y aclarar que se busca la articulación y coordinación de las actividades con los actores involucrados para lograr beneficios por igual, para así, evitar conflictos o problemas que desestabilicen la organización de gestión en la cuenca.

1.1.12. Condiciones Económicas

Tenencia de Terrenos

En su mayoría, aproximándose al 100% de la población cuenta con terrenos propios, los cuales se encuentran registrados en la SUNARP, la minoría de todo este grupo de personas, poseen terrenos que no están registrados agrupados generalmente en invasiones.

Características de las Viviendas

Las viviendas de los distritos de Morales, Cacatachi, Rumizapa y Lamas en su mayoría están constituidas por material noble y techos de calamina en la zona urbana, sin

embargo, en la zona rural, la mayoría de viviendas está conformada por materiales de la zona, como tapial, caña brava y barro y techos de tejas, calamina y hoja.

Ocupación

Los pobladores de los distritos de Morales, Cacatachi, Rumizapa y Lamas, se dedican a la agricultura, administración pública y defensa, sector educación, entre otros empleos.

1.2. Descripción del problema

El Perú cuenta con tres vertientes hidrográficas, Vertiente del Pacífico, Atlántico y del Titicaca, en relación al territorio peruano, tienen una disponibilidad del 2.18%, 97.27 y 0.56%, aprovechada por la población en un 65.98%, 30.76% y 3.26% , y aportando a la producción del PBI un 80.40%, 17.6%, 2%, respectivamente; Las principales fuentes de agua del Perú, están distribuidas de la siguiente manera, 1,007 ríos, 12,201 lagunas, 3,044 glaciares que cubren 2,041 km² y acuíferos, vertiente del Pacífico(2,700 MMC), vertiente del Atlántico y Titicaca, aún no están determinados.

La concentración de recursos hídricos en la amazonia representa el 70% de toda el agua precipitada en los meses de diciembre a abril a comparación de las épocas de estiaje, esta irregularidad genera un problema en la disponibilidad y abastecimiento de dicho recurso. El afluente principal de la red hídrica de la sub cuenca del río Cumbaza por la margen derecha es la quebrada Shupishiña; tiene su origen en las montañas del Cerro Shicafilo, a más de 1,200 m de altitud, con una longitud de 26.5 Km de longitud. La quebrada presenta áreas inundables estrechas, siendo el fondo predominantemente pedregoso, sus afluentes son las quebradas Tole, Shucshuyacu, Mishquiyacu y Mishquiyaquillo y por la margen izquierda comprende las quebradas de Cachiyacu, Shilcayo, Ahuashiyacu y Pucayacu.

La microcuenca de la Quebrada Shupishiña, forma parte de uno de las principales fuentes abastecedoras del recurso hídrico de la cuenca del río Cumbaza. Esta fuente de está siendo utilizada en beneficio de las zonas rurales de los distritos aledaños para la producción agrícola, así como para el consumo humano en zonas urbanas y rurales.

Por medio de la elaboración de este proyecto de investigación, se plantea dar la capacidad de proporcionar información relevante e indispensable para futuros estudios en cuanto al aprovechamiento del agua, que tendrían como beneficio en el campo agrícola o abastecimiento a las zonas urbanas para su consumo, entre otros estudios a fines, razón

por la cual es necesario efectuar el Estudio Hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico.

1.3. Formulación del Problema

La necesidad del uso del agua, para el desarrollo de las actividades del ser humano, tiene una relación directa con su crecimiento poblacional generalmente desmedido originado por las migraciones a la región. Así mismo, el avance significativo en la economía, ha dado inicio a un mayor consumo o demanda de agua afectando de esta manera la oferta hídrica, generando cierto desabasteciendo a la población. En relación el problema descrito nos planteamos la siguiente interrogante: **¿El estudio hidrológico de la microcuenca de la quebrada Shupishiña permitirá conocer la oferta anual del recurso hídrico, y su disponibilidad con la finalidad de planificar su aprovechamiento?**

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Analizar y procesar la información hidrometeorológica de la microcuenca de la quebrada Shupishiña con la finalidad de determinar la oferta anual del recurso hídrico que permita planificar su aprovechamiento.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Delimitar la cuenca en estudio a partir de la cartografía disponible obtenida de la Carta Nacional - IGN, a escala 1:100,000.
- Determinar y calcular el valor de cada uno de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca de la quebrada Shupishiña.
- Calcular la oferta mensual en MMC de agua en la quebrada Shupishiña.
- Cuantificar la oferta anual de agua en MMC aplicando ya sea modelos estadísticos y/o hidrometeorológicos.
- Cuantificar la disponibilidad mensual y anual de agua en la quebrada Shupishiña.

1.5. Justificación de la investigación

El presente proyecto de investigación se encuentra justificado por que el Estudio Hidrológico de la Microcuenca de la quebrada Shupishiña, contribuirá con brindar información técnica y detallada con la cual en un futuro se podrá planificar y programar el aprovechamiento del recurso hídrico y con ello poder fortalecer el crecimiento socio económico y la satisfacción de las necesidades básicas de agua en los distritos de influencia directa e indirecta que abarca el proyecto, puesto que la quebrada Shupishiña es el afluente principal de la cuenca del Cumbaza.

a) Justificación Teórica

El presente estudio busca, mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos de Hidrología aplicada a la ingeniería, cuantificar la oferta actual de agua, así como, explicaciones a episodios favorables y/o desfavorables presentes a un corto o largo plazo, así como la obtención de toda aquella explicación posible para su prevención o mejor aprovechamiento.

b) Justificación Metodológica

Para alcanzar los objetivos del presente proyecto de investigación, se acude al empleo de técnicas de investigación como el cuestionario, la recopilación de información de fuentes confiables y posterior desarrollo en gabinete. Así, los resultados de la investigación se apoyan en técnicas de investigación validas en el medio.

c) Justificación de Vialidad

Si bien se sabe que el agua contribuye dentro de la sociedad, al mejor desarrollo de sus principales actividades económicas, también existen población que no cuenta con esta de una manera constante y propicia, y que, a pesar de las carencias económicas, recursos humanos y de materiales, es imprescindible para el autor el desarrollo de el “Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico”.

d) Justificación Práctica

El punto fundamental de este proyecto de investigación es obtener información que cuantifique y analice la importancia del recurso hídrico para una buena administración y buen manejo, orientado a mejorar el abastecimiento de agua y así, optimizar uno de los servicios básicos de la población, entre otros proyectos de ingeniería a fines al tema.

1.6. Limitaciones

La investigación del proyecto de tesis tiene como fin desarrollar el “Estudio Hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca de la quebrada Shupishiña, ubicado en el distrito de Cacatachi, Provincia de San Martín – Región San Martín.”

El estudio hidrológico de la microcuenca de la quebrada Shupishiña nos permitirá conocer las características fisiográficas de la cuenca, información de precipitación, temperatura, análisis de descargas medias y volúmenes medios de la quebrada en mención.

No se cuenta con la Carta Nacional en escala 1/50000 y con curvas a nivel cada 1 metro, que nos ilustre en forma clara el relieve del área de la cuenca.

Las cartas nacionales disponibles del IGN para la zona de estudio se encuentran a escala 1/100,000 con curvas a nivel cada 50 metros, las cuales presentan muchos sectores vacíos (sin información), lo que supone el uso de cartografía alternativa procedente de satélites extranjeros, de uso y descarga libre, la cual será utilizada en el presente trabajo.

El tiempo de elaboración del proyecto es dentro del Periodo 2020-2021, con información correspondiente al año 2019.

No se cuenta con fotografías aéreas que muestren la configuración del terreno donde está ubicada la microcuenca de la quebrada Shupishiña.

Para completar los datos de ser necesarios nos limitaremos al empleo de métodos estadísticos.

Se trabajará con registros de precipitación obtenidos referente al año 2019, proporcionados por el SENAMHI, ya que, debido al tiempo de funcionamiento de algunas estaciones, no se cuenta con datos completos.

1.7. Antecedentes de la Investigación

Dentro de los antecedentes de investigación se mencionan y describen proyectos, y propuestas realizadas al interior del país, con la finalidad de dejar en claro que el tema ya ha sido desarrollado con anterioridad.

Antecedentes Internacionales

Salas Rodríguez (2007), en su proyecto terminal denominado, Balance Hídrico del Acuífero CD Hidalgo-Tuxpan, en el Estado de Michoacán, teniendo como objetivo

Desarrollar el balance del acuífero, tomando en cuenta los valores registrados de precipitación y escurrimiento. Integrar los métodos directos de estimación de precipitación, escurrimiento, temperatura y métodos indirectos de evapotranspiración e infiltración, para obtener una relación directa de ambos métodos, así como Conocer los valores climatológicos del área del acuífero. Estimar valores del acuífero mediante la utilización de métodos indirectos Determinar la relación entre los métodos directos e indirectos, para el análisis del acuífero. Estimar la tasa de recarga del acuífero. Definir el modelo conceptual de comportamiento del acuífero., obtuvo como conclusiones lo siguiente: Se tienen valores muy antiguos y escasos, es necesario tener valores recientes para saber si en la actualidad el acuífero tiene el funcionamiento que se está considerando. Con el método del balance hídrico de Thornthwaite, es posible tener los valores de escurrimiento, se podrá utilizar el método para conocer valores de escurrimiento en lugares donde no sea posible tener valores de escurrimiento, por medio de mediciones directas. Si utilizáramos espesores de suelo mayores a 30 cm. Bajaría el volumen de escurrimiento y la evapotranspiración efectiva sería casi igual a la evapotranspiración potencial, por lo que la evapotranspiración está en relación directa con la infiltración. Se podrá utilizar este balance hídrico para estudiar en zonas donde solamente se pudieran tener estaciones climatológicas. Convendría realizar el balance para acuíferos cercanos, y así comprobar la

precisión del método. Este método puede ser utilizable para lugares con información muy escasa, si se tienen datos de la precipitación acumulada y la temperatura media del lugar, se podrá utilizar. Se debe tomar en cuenta que los resultados de este método, dependen en gran medida del valor de la infiltración de cada parte donde se realice el balance, entre más exacto sea la infiltración, los resultados serán más precisos

Antecedentes Nacionales

(Ministerio de Agricultura, 2013) en coordinación con la **Administración Técnica del Distrito de Riego Chicama**, en su estudio hidrológico denominado, **“Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del Río Chicama – Hidrología”** nos dice: La escasez del recurso hídrico en el Distrito de Riego Chicama ha conducido a los usuarios y al propio estado a la búsqueda de fuentes de agua alternativas del recurso, siendo así que se han desarrollado importantes inversiones para incrementar la oferta de agua mediante el traslado de aguas procedentes de la cuenca del río Santa en lo que

corresponde a la III Etapa del Proyecto especial CHAVIMOCHIC, el cual se encuentra actualmente como un proyecto, del mismo modo también se hace énfasis para la explotación de aguas subterráneas y aguas de recuperación. Esta problemática hace evidente la necesidad del uso óptimo, racional y sostenible del recurso hídrico enmarcado en un enfoque integral, evaluando la disponibilidad, calidad y el uso de los recursos hídricos superficiales y subterráneos razón por la cual la Administración Técnica del distrito de riego Chicama y la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) del INRENA en coordinación con las Organizaciones de Usuarios, han programado para el año 2003 la ejecución del proyecto “Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Chicama” El Proyecto está compuesto por cuatro estudios: Hidrología, Aguas Subterráneas, Calidad de Aguas, Evaluación del Sistema de riego; Siendo material del presente informe el Estudio Hidrológico de la cuenca del río Chicama como parte de la componente de Hidrología y que nos proporcionara información procesada y evaluada del recurso hídrico para ser empleada en la distribución, diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas proyectadas como son: captación, conducción, obras de arte, regulación, excedencia, etc., así como el requerimiento de agua en cada uno de los sectores, con la finalidad de definir el abastecimiento del recurso hídrico en el sistema de riego de la cuenca. Para ello deberá precisarse: la disponibilidad de agua, el requerimiento de agua para el plan agrícola (cédula de cultivo) que se plantea, los derechos de uso de agua de terceros, balance hídrico, características, de las avenidas y los periodos de sequía. Conclusiones que servirán en el proceso de desarrollo del presente proyecto de investigación

(Ministerio de Agricultura, 2010) en coordinación con **La Autoridad Nacional del Agua y La Administración Local de Agua Zaña** presentan el estudio “**Evaluación de Recursos Hídricos Cuenca Del Río Zaña**”, el cual nos dice: La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con la Administración Local de Agua Zaña (ALA Zaña), ejecutó el Estudio Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Zaña. El objetivo del estudio, es proporcionar los elementos de juicio hidrológicos necesarios, para la toma de decisiones para el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Zaña, dentro del marco del desarrollo sustentable de los recursos hídricos, y considero evaluar, cuantificar y simular el comportamiento de los recursos hídricos en cantidad y oportunidad de la cuenca, establecer el balance hídrico, y de esta manera, ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que

estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso hídrico, y a su vez mejorar la gestión de la Autoridad Local de Agua. Como objetivos específicos contempló: Determinar las características físicas y ecológicas de la cuenca. Evaluar las variables meteorológicas. Diagnóstico de la red hidrometeorológica de la cuenca. Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y sub-cuencas. Determinar la disponibilidad hídrica en las sub-cuencas: Udimá, Niepos y Nanchoc afluentes principales del río Zaña. Estimación de la demanda de agua. Balance hidrológico de la cuenca, bajo escenarios con aguas superficiales y subterráneas. Evaluar eventos hidrológicos extremos en el río Zaña y subcuencas Udimá y Niepos. Implementar un modelo de Balance Hídrico mediante Simulación Hidrológica. Sistematizar la información cartográfica (cobertura temática) generadas en un sistema de información geográfica (SIG). El documento se ha estructurado en 11 capítulos: (I) Aspectos Generales, (II) Descripción General y Diagnóstico de la Cuenca, (III) Climatología, (IV) Análisis y Tratamiento de la Precipitación, (V) Análisis y Tratamiento de la Escorrentía Superficial, (VI) Eventos Hidrológicos Extremos, (VII) Uso y Demanda de Agua, (VIII) Modelamiento Hidrológico, (IX) Conclusiones y Recomendaciones, (X) Bibliografía y (XI) Anexos. Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del río Zaña ANA-DCPRH-Aguas Superficiales; La cuenca del río Zaña está localizada en la costa norte del Perú, pertenece al sistema hidrográfico de la vertiente del Océano Pacífico, sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 6° 46' y 7° 06' Latitud Sur y Meridianos 78° 54' y 79° 44' Longitud Oeste, presenta un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el mar de 1 754,7 km², una altitud media de 1117 msnm y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura de 125 km; presenta una pendiente promedio de 2,84 %. Las subcuencas Udimá y Niepos son las más importantes de la cuenca, por su aportación al río Zaña, debido a que estas corresponden a la cuenca húmeda, estableciéndose la misma por encima de los 1 500 msnm. En el valle Zaña se han desarrollado sistemas de riego que utilizan aguas superficiales del río Zaña y de la quebrada Nanchoc, y agua subterránea para uso poblacional principalmente. Considerándose como conclusión que la oferta hídrica del río Zaña podría mejorarse con la inclusión de las aguas subterráneas y en el marco del desarrollo sustentable de los recursos hídricos, se recomienda optimizar la cédula de cultivos y que sea acorde con la variación de la oferta de agua en el tiempo. Es recomendable que la ALA Zaña establezca un programa de monitoreo y control

hidrométrico de las captaciones y canales principales de forma tal que permita estimar los volúmenes de aguas de recuperación producidas en las comisiones de regantes Virú, Espinal y Oyotun, así como la determinación de las eficiencias de riego. La implementación de una estación pluviométrica en la parte alta de la subcuenca Niepos; permitiría obtener registros más confiables y que sirva de base para ajustar en el corto y mediano plazo los modelos hidrológicos basados en la precipitación y características de la cuenca. Conceptos valiosos que serán útiles para el desarrollo de la presente tesis.

Antecedentes Locales

Ulderico Fasanando Ramírez a través del Centro de Desarrollo e Investigación de la selva Alta CEDISA presentó su proyecto “Pago Por Servicios Ambientales Hídricos Para La Conservación de Bosque y Alivio a la Pobreza, Región San Martín”, nos dice: El presente estudio tiene por objetivo realizar el balance hídrico de la cuenca del río Cumbaza, considerando la oferta y demanda hídrica para un futuro de 10 años. El análisis de la oferta hídrica ha contemplado el cauce principal (río Cumbaza) y los principales afluentes: quebradas Cachiyacu, Ahuashiyacu, Shilcayo y Pucayacu por la margen izquierda y Shupishiña (Chupishiña) por la margen derecha; para ello se han empleado registros históricos de caudales medios mensuales para 10 años. Los caudales de la quebrada Cachiyacu fue generado a partir de los caudales de las quebradas Shilcayo y Ahushiyacu. Los caudales de estas quebradas tienen una tendencia a disminuir en el tiempo, mientras que los caudales del río Cumbaza tiene una tendencia a aumentar; este aparente aumento de caudal (no significa un aumento de la producción de agua en la cuenca), es posible que tenga relación con el incremento progresivo de la deforestación, considerando que hay una relación directa con la disminución de la infiltración del agua en el suelo, aumento de la velocidad de esorrentía al disminuir la resistencia del agua en los terrenos con pendientes y el aumento de la evapotranspiración. La demanda hídrica está conformada principalmente por la necesidad de agua de los cultivos de los predios que agrupa la Junta de Usuarios de Tarapoto y para consumo poblacional de los distritos de Shilcayo, Morales y Tarapoto. La fuente de agua para consumo humano de las poblaciones indicadas son las quebradas Cachiyacu, Shilcayo y Ahuashiyacu. La fuente de agua para uso agrícola son el río Cumbaza, Shilcayo, Ahuashiyacu y Chupishiña. El balance hídrico indica que las fuentes de agua para uso poblacional y agrícola, son insuficientes para satisfacer estas necesidades, siendo necesario el aporte de otras fuentes.

Caso contrario se deberán de priorizar el consumo de agua poblacional. En cambio, la oferta del río Cumbaza para el riego agrícola abastece estas necesidades. En el estudio también ha considerado un análisis de los manantiales, se concluye que menos del 50% de los manantiales han perdido su cobertura vegetal y su biodiversidad, tendiendo a desaparecer por la desprotección y deforestación. Estas fuentes de agua son muy importantes ya que son fuentes de agua para consumo humano de aquellos pobladores que viven en la zona rural y no están conectados a ninguna red de agua potable. Este estudio contiene información que será de gran utilidad para el desarrollo de la tesis.

(EPS EMAPA SAN MARTÍN S.A., 2014) a través del “**Estudio Hidrológico del Río Shilcayo**”, nos dice: Debido al crecimiento poblacional surgió la necesidad de mejorar y ampliar los sistemas de Producción de agua potable para el distrito de Tarapoto, de la provincia de San Martín, como el caso del Sistema de Producción de Agua Shilcayo, el cual viene siendo operado por la EPS EMAPA SAN MARTÍN S.A. En esa situación es que, se pretenderá sincerar la oferta de la fuente río Shilcayo, con el objeto de contar con información veraz y de primera mano a fin de programar medidas de contingencia de cara al futuro en lo que respecta al uso de las aguas del río Shilcayo, así como también, regularizar el trámite de la Autorización Sanitaria del Sistema de Tratamiento de agua Shilcayo ante la DIGESA. El presente estudio de Hidrología servirá para sincerar la oferta actual de la fuente río Shilcayo, y así pueda ser utilizado para elaborar planes de aprovechamiento a futuro de dicha fuente, y así como también, regularizar las dotaciones hacia la planta de tratamiento existente, la cual posee una capacidad instalada de 120 lps como máximo. La serie de caudales medios mensuales generados y extendidos al año 2014 según el método estocástico es la siguiente:

Tabla 3*Caudal medio mensual generado MCS*

CAUDAL MEDIO MENSUAL GENERADO (MCS)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1998	0.000	1.242	1.176	2.267	0.943	1.435	0.179	0.170	1.508	1.625	0.365	0.705	11.616
1999	2.665	2.625	2.510	0.821	3.190	0.508	0.278	0.086	0.368	0.186	2.406	1.310	16.956
2000	1.285	1.706	1.122	2.654	0.352	0.198	0.341	0.960	2.103	0.212	0.098	2.073	13.104
2001	0.767	1.677	1.607	5.263	2.085	0.384	2.194	0.784	1.023	1.651	0.700	3.047	21.181
2002	0.035	1.220	0.981	2.169	0.433	0.398	1.785	0.037	0.071	0.954	1.377	1.090	10.550
2003	2.455	2.039	2.476	1.885	1.338	1.310	0.013	0.263	0.646	1.959	1.298	3.114	18.797
2004	0.155	2.293	1.046	0.249	1.294	0.868	0.766	1.326	0.794	1.280	1.369	2.017	13.459
2005	0.462	2.261	1.898	2.705	0.460	1.442	0.319	0.006	0.509	1.894	3.693	0.090	15.739
2006	1.840	2.340	1.312	2.241	0.534	0.478	1.662	0.121	0.014	2.024	2.563	0.945	16.072
2007	1.224	0.000	4.103	1.642	2.153	0.139	0.969	1.103	1.611	1.591	3.167	0.201	17.903
2008	0.860	3.174	2.015	1.276	0.690	1.089	0.000	0.241	0.972	0.932	1.023	0.108	12.381
2009	2.173	2.338	2.278	3.829	1.603	1.745	0.491	0.893	2.237	1.141	1.192	0.985	20.906
2010	0.708	2.090	1.633	3.521	1.295	0.487	0.129	0.361	0.239	1.517	2.643	1.500	16.122
2011	0.931	0.455	3.591	2.055	1.726	2.335	1.035	0.064	1.033	1.252	2.569	2.410	19.457
2012	2.790	1.720	2.561	4.710	1.473	0.930	0.223	0.000	0.824	2.084	1.002	3.198	21.516
2013	1.467	1.921	2.067	2.612	1.397	0.981	0.573	0.263	0.886	1.221	1.498	1.384	16.270
2014	1.301	1.678	1.887	2.549	1.444	1.165	0.804	0.281	1.028	1.391	1.796	1.527	16.848
no. DATOS	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
CAUDAL MEDIO	1.242	1.811	2.015	2.497	1.318	0.935	0.692	0.409	0.933	1.348	1.692	1.512	16.405
DES	0.891	0.771	0.867	1.283	0.737	0.597	0.653	0.427	0.641	0.557	0.999	1.011	3.360
DES	0.718	0.426	0.430	0.514	0.559	0.639	0.944	1.044	0.687	0.414	0.591	0.668	0.205
DES75%	0.932	1.358	1.512	1.873	0.989	0.701	0.519	0.307	0.700	1.011	1.269	1.134	12.303
DES MINIMO	0.000	0.000	0.981	0.249	0.352	0.139	0.000	0.000	0.014	0.186	0.098	0.090	10.550
DES MAXIMO	2.790	3.174	4.103	5.263	3.190	2.335	2.194	1.326	2.237	2.084	3.693	3.198	21.516

Fuente: EMAPA San Martín S.A.

El caudal de máxima avenida fue calculado para un periodo de retorno de 105 años, con un riesgo falla de la estructura de captación del 30% y considerando una vida útil del proyecto de 25 años. Dicha descarga resultó ser 148.26 m³/s. El caudal de estiaje o de sequía resultó ser de 0.0527 m³/s ó 52.71 lps, calculados para el año promedio y para un periodo de retorno de 20 años, tiempo el cual se espera que el SPA Shilcayo funcione de manera óptima. El caudal demandado por el Sistema de captación y conducción Shilcayo es de 120.0 lps, y el caudal demandado por todas las actividades productivas y no productivas aguas arriba de la captación se está estimando en 5.00 lps en promedio durante todos meses del año. Para el cálculo del Balance Hídrico también se está considerando el caudal de 300.0 lps derivado por la Canal de riego Principal Shilcayo, que beneficia a las áreas de la Comisión de Regantes Shilcayo; la suma de dichos caudales (Demanda total) es de 425.0 l/s, valor menor a la oferta disponible promedio del río Shilcayo en los meses de Setiembre a junio. En los meses de Julio y agosto, dicha demanda en promedio no queda cubierta plenamente en hasta 179 lps (mes de agosto). En los meses de máximo estiaje (Julio y agosto), y operando el SPA Shilcayo – captación

Shilcayo EMAPA SM S.A., se tiene déficit de agua superficial. La brecha hídrica de la microcuenca Shilcayo es positiva en todos los demás meses del año. Asimismo, se asegura también el caudal ecológico calculado funcionando el SPA Shilcayo, para dichos meses. En dicho estudio se describen cuadros y procedimientos que serán de mucha importancia para el desarrollo de la tesis.

(Ordoñez Dávila & Valdera Santamaria, 2019) a través de su tesis para optar el grado de ingeniero civil, titulada “Estudio hidrogeológico con fines de aprovechamiento hídrico subterráneo del manantial Uchpayacu para consumo humano en el Caserío Tres de Octubre, distrito de La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín - región San Martín”, nos dice: Que al realizar estudio hidrogeológico aplicando el método de Sondeo Eléctrico Vertical, contribuirá con la gestión hídrica subterránea del manantial Uchpayacu, para el consumo humano en el Caserío Tres de Octubre. Se procesaron las lecturas de resistividades aparentes obtenidas en campo utilizando el software IPI2WIN, además se analizaron los rangos de variación, que en base a estos resultados se pudo caracterizar cinco capas de estratos de suelo. Las cinco capas se clasifican como sigue: la primera capa arcilla orgánica contaminada, la segunda capa arcilla inorgánica, la tercera capa arena arcillosa, la cuarta capa arena gruesa saturada y la última capa arcilla inorgánica. En la cuarta capa especificamos que el estrato está saturado por presentar poca resistividad que es entre $5 - 10 \Omega \cdot m$. además hicimos el estudio de composición del agua de dicho acuífero, confirmando que se trata de agua dulce. Se generaron las curvas piezométricas mediante triangulación e interpolación con una equidistancia de 0.50 cm., a partir de las cotas de niveles freáticos del área de estudio, y se trazó la dirección de flujo. Se realizó el perfil litológico y geo eléctrico donde se puede apreciar la profundidad y forma del acuífero, además se clasificó como un acuífero semiconfinado debido a que el agua se encuentra a presión superior a la atmosférica y una de sus capas que lo confinan es semipermeable que permite alguna filtración o rezume que contribuye en cierta proporción al caudal. Se obtuvo el caudal del acuífero con un valor de 136.53, un valor suficiente para satisfacer a todo el poblado del Caserío Tres de Octubre, demostrando así la finalidad de este estudio que es aprovechar este recurso hídrico subterráneo para consumo humano.

(Delgado Alva, 2018) a través de su tesis para optar el grado de ingeniero civil, titulada “Las Precipitaciones y su relación con el Balance Hídrico Superficial de sistema

Hidrológico conformado por la cuenca del río Mishquiyacu, en el distrito de Pilluana, Provincia de Picota-Región San Martín”, nos dice: En nuestro país no somos ajenos a este problema, los nevados de nuestra sierra se están derritiendo de forma exponencial, en la selva los ahora parecen quebradas y las quebradas ahora solo parece ser un recuerdo de los más ancianos del pueblo. En la Región San Martín, para ser más exactos en el distrito de Pilluana, tenemos un río muy conocido, el río Mishquiyacu, fruto de muchos años de evolución y de gran importancia para el Distrito de Pilluana, en este contexto es necesario una Gestión Integrada de Recursos Hídricos, que se planifica teniendo previo conocimiento del comportamiento del sistema hidrológico; más importante aun conociendo la cantidad de agua disponible en el río para poder ser utilizada de diferentes formas sin afectar el ecosistema de la zona; realizada la investigación se llegó a las siguientes conclusiones, El valor obtenido al final de esta investigación, cual es, las Precipitaciones y su relación con el Balance Hídrico Superficial del sistema Hidrológico conformado por la cuenca del río Mishquiyacu, en el distrito de Pilluana, Provincia de Picota-Región San Martín, se obtuvo un caudal promedio anual de 8.16 m³/s. El área de la cuenca del Río Mishquiyacu, es de 519.62 Km², su perímetro es de 129.45 Km y es de forma alargada; encontrándose la mayor área (9.74%) entre los 750 y 800 m.s.n.m., que se observan en el polígono de frecuencias y el rectángulo equivalente. La Densidad de Drenaje es 0.234 Km/Km², su índice de compacidad de 1.60 Km/Km, en conclusión, es una cuenca pobremente drenada y alargada a la vez; y es corroborado por el Factor de Forma, cuyo valor es 0.262. La pendiente del río Mishquiyacu es 0.0225, y la pendiente de la cuenca es 0.1479, valores moderadamente aceptables lo que significa que la cuenca en su totalidad es estable. De las 6 estaciones utilizadas, solamente 2 se encuentran dentro de ellas. La precipitación máxima anual fue alcanzada en 1970, registrada en la estación Sauce con 2136.0 mm y la mínima también en la estación Sauce en el año 1976 con 556.9 mm. La información termométrica dentro de la cuenca del río Mishquiyacu es muy limitada, dado que solamente tenemos la información de la estación Sauce, y las demás estaciones utilizadas no cuentan con dicha información o la información es riesgosa por lo que no se encuentran en el periodo con el que la presente investigación fue desarrollada.

La Precipitación Media de la cuenca del río Mishquiyacu es de 1274.85 mm, la de evapotranspiración media es de 1029.66 mm y de la evaporación de superficie de agua libre es 867.66 mm lo cual se concluye que la cuenca presenta un superávit de su recurso hídrico. El aforo en tiempo real del río Mishquiyacu en crecida es de 13.05 m³/s. El

aforo en tiempo real del río Mishquiayacu en estiaje es de 8.16 m³/s. El caudal por absorción del suelo es 0.154 m³/s.

1.8.Marco Teórico

1.8.1. Cuenca

(Chávez Díaz, 1994) Nos dice: La cuenca hidrográfica de un río (hasta un punto específico de su trayectoria), de un lago, de una laguna, etc. es el territorio cuyas aguas afluyen hacia ese punto del río, al lago, a la laguna, etc. aunque las aguas preceden inicialmente de las lluvias esas aguas afluentes son tanto las que discurren superficialmente como aquellas que después de una trayectoria subterránea emergen y se incorporan al flujo superficial antes del punto de control.

Aparicio Mijares (1992, p.19), nos dice: Es una zona de la superficie terrestre, en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Villón Béjar (1993, p. 21) Nos dice: Es el área de terreno donde todas las aguas caídas por su precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido.

Linsley & Franzini (1972, p.23), Nos dice: Es el área tributaria hasta un punto determinado sobre una corriente, y está separada de las cuencas adyacentes por una divisoria o parte aguas que pueda trazarse sobre mapas o planos topográficos.

Chow (1994, p. 8) Nos dice: Es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado. O, dicho de otra forma, es el área de captación de agua de un Río.

Vásquez Villanueva (2000, p.15), Nos dice: una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal.

Sub Cuenca

Vásquez Villanueva (2000), Nos dice: Es el área determinada en función del grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la subcuenca los cursos de agua de 4° y 5° orden. En tanto al área referencial para las diferentes unidades hidrográficas, a la subcuenca se le da un área que oscila entre los 5000 a 50000 has.

Microcuenca

Vásquez Villanueva (2000), Nos dice: Área determinada en función del grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la microcuenca los cursos de agua de 1°, 2° y 3° orden. En tanto al área referencial para las diferentes unidades hidrográficas, a la subcuenca se le da un área que oscila entre los < 5000 has.

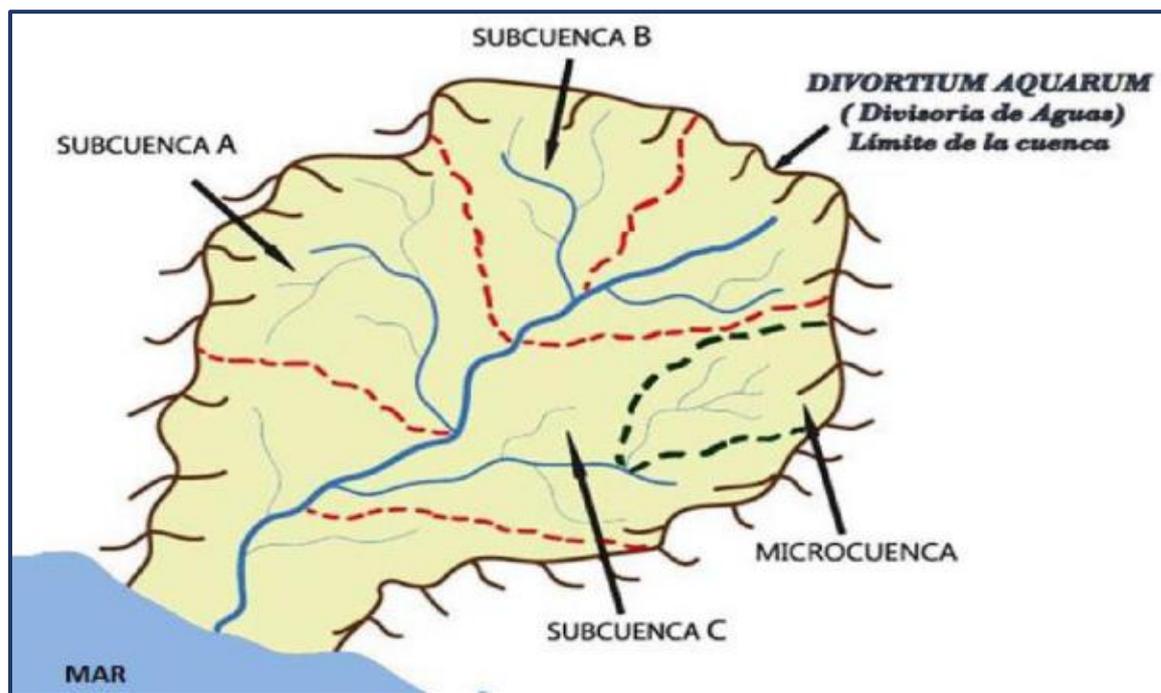


Ilustración 8 : División de una cuenca hidrográfica: Subcuencas y microcuencas (Vásquez Villanueva, 2000).

Partes de una cuenca hidrográfica:

(Vásquez Villanueva, 2000), Nos dice: Una cuenca hidrográfica alto andina normalmente consta de tres partes:

Partes altas. - Estas partes comprenden altitudes superiores a los 3,000 metros sobre el nivel del mar, llegando en algunos casos hasta los 6,500 msnm. En tales áreas se concentra el mayor volumen de agua ya sea en forma de nevados o de lluvia, dado que allí la precipitación pluvial es intensa y abundante; es frecuente asimismo la formación de nevados. La topografía de estas zonas es sumamente accidentada y escarpada; en consecuencia, su potencial erosivo es sumamente alto, pero al mismo tiempo su potencial para la producción hidro energética también es alta. La precipitación total anual promedio alcanza los 800 hasta 1,600 mm por año. En esta parte es frecuente observar lagos y lagunas con abundante actividad biológica. Aquí se ubican los pastores y campesinos

pobres que normalmente desarrollan una economía de autoconsumo y subsistencia; pero al mismo tiempo en estas zonas se encuentra un gran potencial con recursos mineros.

A estas partes altas también se le llama “cabecera de cuenca”, que son las zonas de mayor disponibilidad de agua y de muy buena calidad y que a partir de allí fluyen hacia las partes medias y bajas de las cuencas, ya sea en forma superficial o subterránea. Estas partes altas son claves para su preservación y protección por ser abastecedoras de agua para el resto de la cuenca.

Partes medias. - Son las comprendidas entre los 800 y 3000 msnm. Las precipitaciones promedio que caen en estas zonas varían entre los 100 – 800 mm/año. En estas zonas están los valles interandinos, caracterizados por el clima benigno y variado. La función de estas partes de la cuenca está relacionada fundamentalmente con el escurrimiento del agua, siendo frecuente en dicho ámbito la presencia de pequeñas ciudades que la circundan, dándose además como característica, una gran actividad económica.

Partes bajas. - Abarcan desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. La precipitación promedio que cae en la zona es muy escasa (< 100 mm/año), su pendiente es igualmente baja. En este ámbito están los amplios valles costeros, donde se desarrolla una intensa actividad agropecuaria, así como también se ubican las medianas y grandes ciudades consumidoras. En estas zonas se ubican los grandes proyectos de irrigación con importantes sistemas de embalse. El potencial de aguas subterráneas de estas zonas es alto.

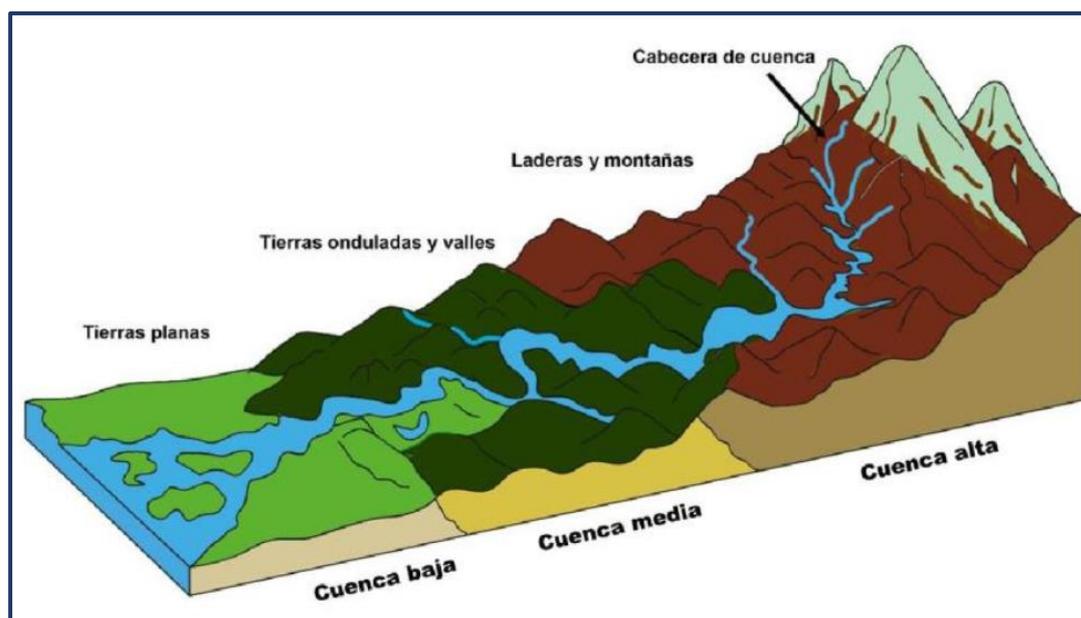


Ilustración 9 : Partes de una cuenca hidrográfica (Vásquez Villanueva, 2000).

Delimitación de una cuenca hidrográfica:

(Villón Béjar, 2002), nos indica que, la delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium acuarum (parteaguas), la cual es la línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originario por la precipitación, que, en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parteaguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida, llamado estación de aforo. (Vásquez Fernández, 2001), nos proporciona las consideraciones a tener en cuenta para delimitar una cuenca hidrográfica.

Nº 1. La divisoria debe cortar ortogonalmente las curvas de nivel.

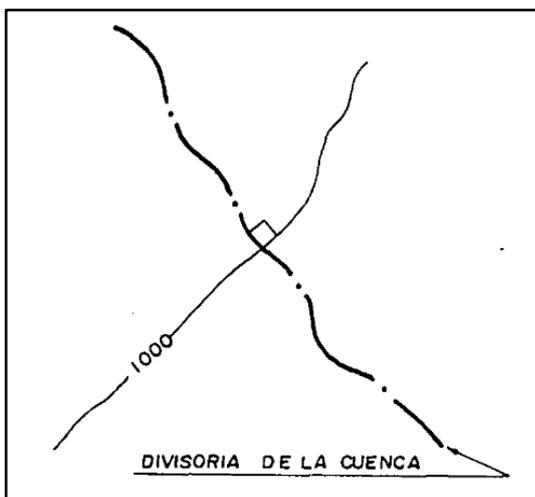


Ilustración 10 : Divisoria de una cuenca (Vásquez Fernández,2001)

Nº 2. Cuando la divisoria va disminuyendo su altitud debe cortar las curvas de nivel en su parte cóncava.

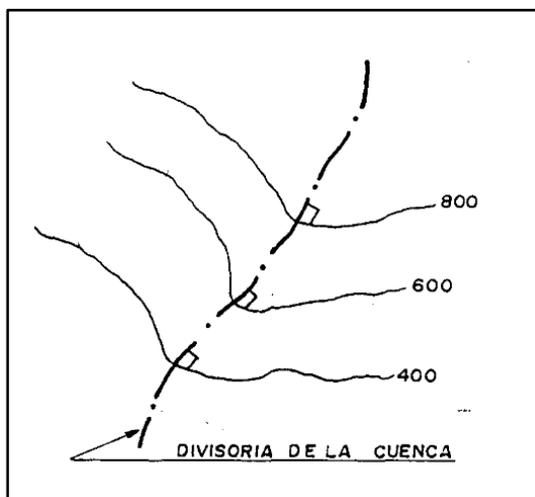


Ilustración 11: Divisoria de una cuenca (Vásquez Fernández,2001)

Nº 3. Cuando la divisoria va aumentando su Altitud debe cortar las curvas de nivel por su parte convexa.

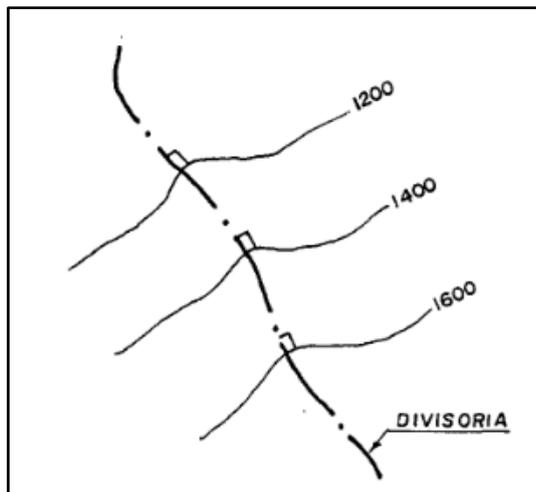


Ilustración 12 Divisoria de una cuenca (Vásquez Fernández,2001)

Nº 4. La línea Divisoria no debe cortar ningún cauce de agua, hasta el sitio donde queremos estudiar el río.



Ilustración 13 : Divisoria de una cuenca (Vásquez Fernández,2001)

Los planos o mapas conteniendo la información necesaria de la zona de trabajo, se puede obtener de forma digital desde la página GEO GPS PERÚ, o apoyándonos de programas como Global Mapper, AutoCad Civil 3D, Google Earth Pro, entre otros; contando con dicha información podemos generar curvas de nivel, con la equidistancia conveniente para el trabajo a desarrollar. Para fines de la presente tesis se detallará el proceso seguido utilizando el programa ArcGis.

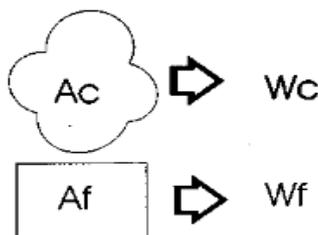
Cálculo del área de una cuenca:

(Villón Béjar, 2002), señala que el área de una cuenca, es el área proyectada en un plano horizontal, es de forma irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca; debido a que la forma de la cuenca es muy irregular el cálculo del área de la cuenca no se puede realizar las fórmulas geométricas. Sin embargo, existen los siguientes métodos para su cálculo:

Método de la Balanza Analítica

El proceso de cálculo consiste en los siguientes pasos:

- 1.- Dibujar la cuenca sobre una cartulina que tenga una densidad uniforme, cuya área a calcular es “Ac”.
- 2.- Dibujar con la misma escala, una figura geométrica conocida cuya área que se puede calcular geoméricamente, es “Af”.
- 3.- Recortar y pesar por separado las figuras.



obteniendo el peso W_c de la cuenca, y W_f peso de la figura.

Ilustración 14 : Relación de Variables (Villón Bejar,2002).

- 4.- Aplicar la regla de tres:

$$\begin{array}{l} Af \longrightarrow Wf \\ Ac \longrightarrow Wc \end{array}$$

De donde, se tiene

$$Ac = \frac{Af \times Wc}{Wf}$$

Donde:

Ac = área de la cuenca a calcular.

Af = área de la figura calculada geoméricamente.

Wc = peso de la cuenca.

Wf = peso de la figura.

Uso del planímetro

El planímetro es un instrumento integrador, por medio del cual, se puede determinar el área de una figura de forma irregular.

Para esto, basta con recorrer el perímetro de dicha figura, mediante una lupa de que está dotado el planímetro: el movimiento de la lupa, es transmitido a un tambor graduado, siendo el área de la figura proporcional al número de revoluciones del tambor, expresadas en unidades de vernier.

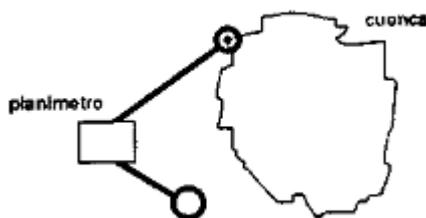


Ilustración 15 : Planímetro/Cuenca (Villón Bejar,2002).

El uso de esta herramienta se hace recorriendo el perímetro de la figura cuya área se desea conocer, mediante una lupa la cual forma parte de este instrumento. El movimiento de la lupa se transmite a un tambor graduado, siendo el área de la figura proporcional al número de revoluciones del tambor, expresadas en unidades vernier.

La lectura de las unidades vernier se realiza verificando los 4 dígitos como sigue:

Lectura en el disco: se toma el valor que está antes de la marca.

Lectura en el rodillo: se toma el valor que está antes de la marca, pero corresponde a las divisiones mayores.

Lectura en el dorillo: se toma el valor que está antes de la marca, pero que corresponde a las divisiones menores.

Lectura en el vernier: se toma el valor en la escala del vernier que esté en la línea recta, con la escala de las divisiones menores del rodillo.

En resumen, el proceso de cálculo es el siguiente:

- 1.- Colocar el trazador en un punto del perímetro de la figura.
- 2.- Realizar la lectura inicial.
- 3.- Seguir el perímetro de la figura con la herramienta, siguiendo el sentido horario, hasta llegar al inicio.
- 4.- Realizar la 2da lectura.

- 5- Calcula las Unidades vernier, correspondiente al área (subtraer la lectura inicial de la 2da lectura)
- 6.- El proceso se repite 3 veces, y los valores deben ser similares, si no, calibrar el instrumento.
- 7.- Calcular el promedio de las 3 lecturas.
- 8.- Dibujar una figura conocida y compararla por regla de tres simple, luego de ejecutar sus lecturas vernier como se indica anteriormente.

Métodos digitales

La determinación del área de una cuenca, también es posible mediante métodos digitales, a través de software por computadora, como son ArcGis, AutoCad Civil 3d, Global Mapper, entre otros; para la presente tesis, los cálculos respectivos, se utilizó ArcGis, de la siguiente manera:

Dentro del ArcMap, ubicar la figura materia estudio en la capa “layers”, y con un clic derecho seleccionar “Open Attribute Table”, el cual nos proporcionará la tabla de atributos del elemento, dentro de esta, creamos una columna el cual tendrá de nombre Área, usando las opciones de la tabla “Add Field”, seleccionamos la opción “Double” en el apartado “Type”.

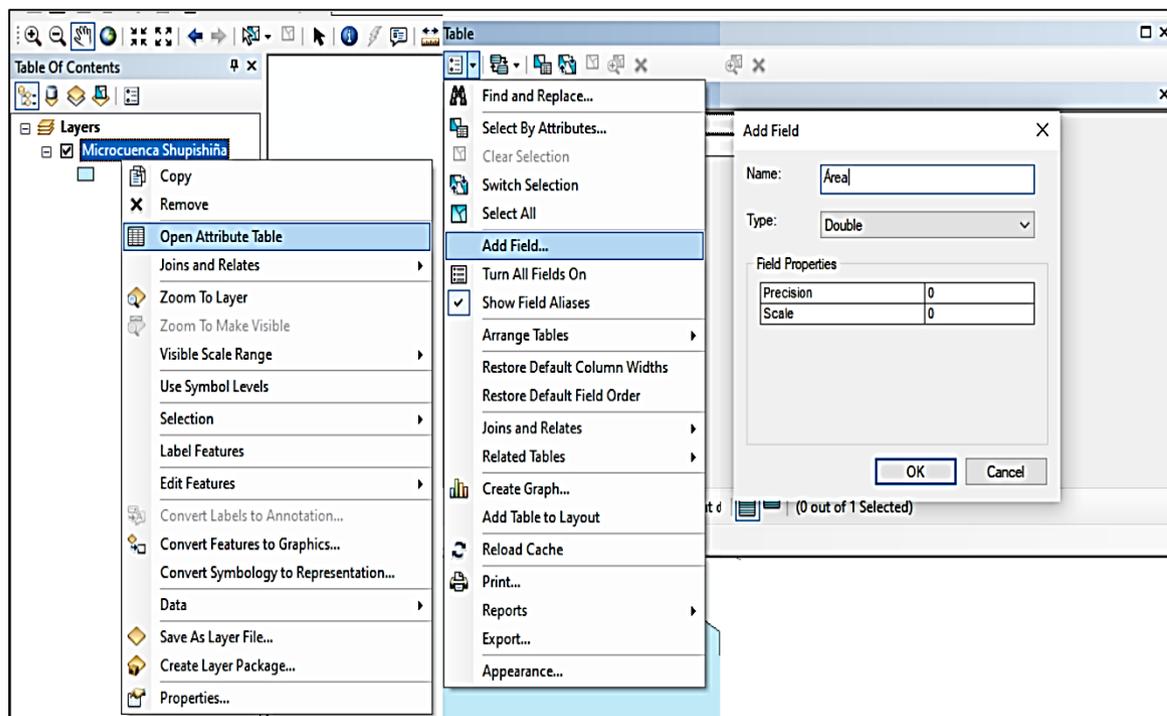


Ilustración 16 : Creación de columna para el cálculo de áreas en ArcGis (Fuente: Elaboración Propia).

Para finalizar, en el nuevo campo creado denominado “Área”, haciendo clic derecho en la opción “Calculate Geometry”, seleccionamos “área” y las unidades respectivas para el cálculo.

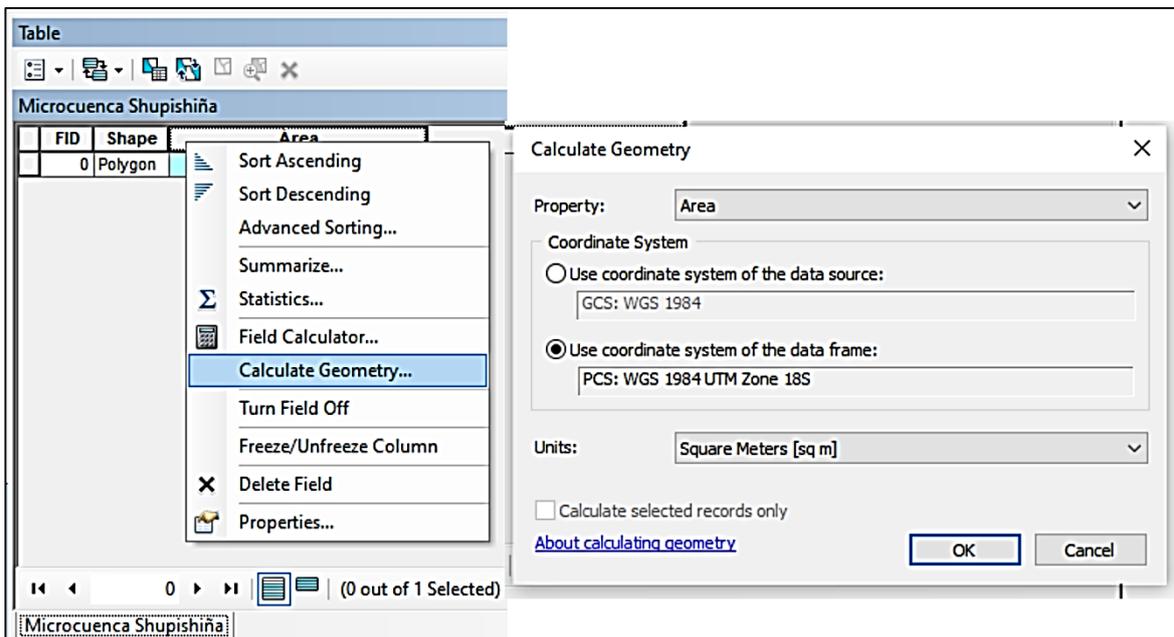


Ilustración 17 : Creación de columna para el cálculo de áreas en ArcGis (Fuente: Elaboración Propia).

Cálculo del Perímetro de una Cuenca:

(Villón Béjar, 2002), menciona debido a que la forma de la cuenca es muy irregular, el cálculo del perímetro de la cuenca no se puede realizar las fórmulas geométricas. Sin embargo, existen los siguientes métodos para su cálculo:

- Uso de un mecate (hilo o pabilo).
- Uso del curvímetro.

Uso del Mecate (hilo o pabilo)

Para ejecutar este proceso se siguen los siguientes pasos:

- 1.- Bordesear con el hilo el perímetro de la cuenca a escala.
- 2.- Medir la longitud obtenida con el hilo en una regla milimétrica.
- 3.- Con la escala conocida, se realiza la conversión de la medida del perímetro obtenido para obtener una medida real. Si no se conoce la escala, se debe realizar una medida auxiliar en el plano original sin reducción y realizar la conversión por regla de tres.

Uso del curvímetro

El curvómetro es un instrumento que consta de una rueda móvil, y que permite medir longitudes de forma muy irregular, como son perímetro de una cuenca, longitudes de cauce de un río, sus tributarios, y la longitud de las curvas de nivel.

El uso del curvómetro para el cálculo del perímetro es muy similar al del mecate, en vez de bordear el perímetro con un mecate, lo hacemos con el curvómetro.

Métodos digitales

Para el cálculo del perímetro de la cuenca, es posible ayudarnos de software por computadora, con AutoCAD, donde solo con visualizar las propiedades del polígono se conoce la longitud (length).

En el caso del Software ArcGis, se sigue el mismo procedimiento explicado con anterioridad para el Cálculo de Área, reemplazando el valor geométrico que de Área por Perímetro.

Cálculo de Parámetros Geomorfológicos

Curva Hipsométrica

(Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006), Es una curva que representa en ordenadas, las elevaciones o altitudes de la cuenca que se ubica a partir de las superficies de la descarga o salida en abscisa. Se puede considerar a esta curva como una especie del perfil de cuenca de análisis. La distribución espacial de la altitud en la cuenca es fundamental para caracterizar su condición morfológica, es decir, saber qué porcentaje de la cuenca corresponde a zonas de montaña, lomeríos, planicies, etc. Primero se requiere obtener un diagrama de frecuencias que asocie área -altitud; es decir, determinar el valor de área correspondiente a un intervalo de altitud, abarcando el rango comprendido entre las elevaciones del terreno mínima y máxima. La marca de clase, o intervalo de la altitud, se define a partir de las condiciones topográficas de cada cuenca.

(Villón Béjar, 2002), nos dice, que es la curva que pueda en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud. Para construir la curva hipsométrica, se utiliza un mapa con curvas de nivel, el proceso es como sigue:

- Se marcan subáreas de la cuenca siguiendo las curvas de nivel.
- Se determinan estas subáreas.
- Se determinan las áreas acumuladas de estas porciones.

- Se determina el área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno.
- Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre estas altitudes.

Curva o Polígono de Frecuencia de Altitudes

(Villón Béjar, 2002), nos dice, es la representación gráfica de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes, además de ser un complemento de la curva hipsométrica; con las curvas antes mencionadas se puede determinar las siguientes características:

- 1. Altitud media:** es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella, el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo de ella.
- 2. Altitud más frecuente:** es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes.
- 3. Altitud de frecuencia $\frac{1}{2}$:** es la altitud correspondiente al punto de abscisa $\frac{1}{2}$ de la curva de frecuencia de altitudes.

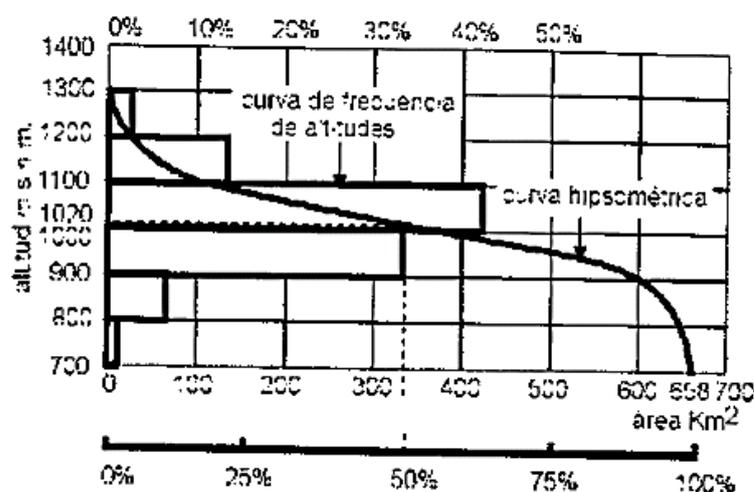


Ilustración 18 : Curva Hipsométrica y de Frecuencia de Altitudes (Villón Bejar,2002)

Índice o Factor de Forma de una Cuenca (F).

(Villón Béjar, 2002) nos dice que este factor expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, es decir.

$$F = \frac{\text{ancho}}{\text{longitud}} = \frac{B}{L}$$

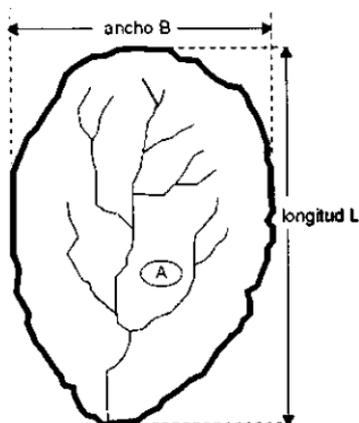


Ilustración 19 : Índice o Factor Forma de una Cuenca (Villón Bejar,2002).

Suponiendo la cuenca de forma rectangular:

$$F = \frac{B * L}{L * L} = \frac{A}{L^2}$$

Si una cuenca tiene F mayor que otra, existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre toda la extensión de la cuenca.

Por el contrario, si la cuenca tiene un F menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área, pero con un F mayor.

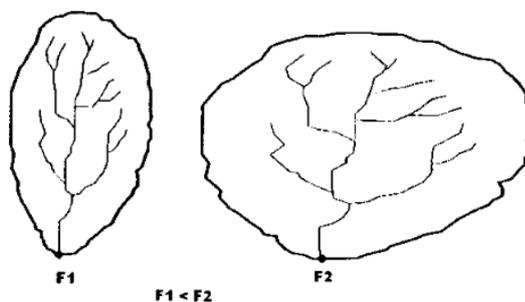


Ilustración 20 Factor Forma para dos cuencas (Villón Bejar,2002).

Índice de Compacidad (Índice de Gravelious)

(Villón Béjar, 2002), nos dice, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca, es decir:

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escurrentía, particularmente en las características del hidrograma. Si $K = 1$, la cuenca será de forma circular; por lo general, para cuencas alargadas se espera que $K > 1$. Las cuencas de forma alargada, reducen las probabilidades, de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río.

Rectángulo Equivalente

(Villón Béjar, 2002), indica que es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro, igual distribución de alturas, e igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de cobertura. En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menos, siendo estos lados, la primera y última curva de nivel.

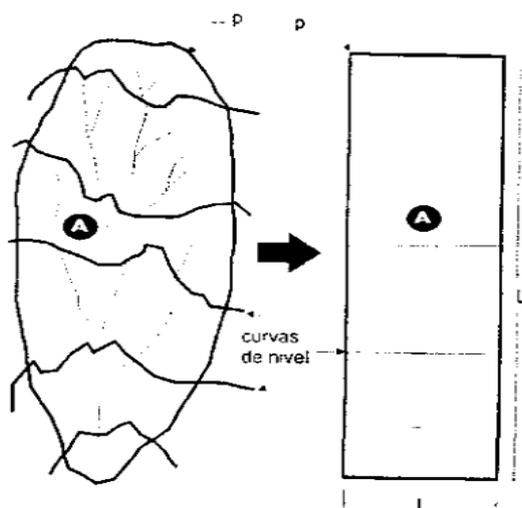


Ilustración 21 : Transformación de una cuenca en rectángulo (Villón Bejar,2002).

Para el cálculo de los lados correspondientes de rectángulo, se plantea las siguientes ecuaciones, el cual partió de las condiciones vistas con anterioridad, teniendo como resultado:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

Donde:

L = longitud del lado mayor del rectángulo.

l = longitud del lado menor del rectángulo.

K = índice de Gravelious. $K = 0.28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$

A = área de la cuenca.

Índice de Pendiente

(Villón Béjar, 2002) nos dice, que es una ponderación que se establece en las pendientes y el tramo recorrido por el río. Con este valor se puede establecer el tipo de granulometría que se encuentra en el cauce. Además, expresa en cierto modo, el relieve de la cuenca.

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Donde:

I_p = Índice de pendiente.

n = números de curvas de nivel existentes en el rectángulo equivalente.

a_1, a_2, \dots, a_n = cotas de las n curvas de nivel consideradas (km).

β_i = fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cortas $a_i - a_{i-1}$

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_T}$$

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente.

Pendiente de la Cuenca

(Villón Béjar, 2002) indica que es un parámetro muy importante en el estudio de toda la cuenca, tiene una relación importante y completa con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas. Existen diversos criterios para evaluar la pendiente de una cuenca, por lo cual solo se hará mención a dos:

a) **Criterio de Alvord.** - Este criterio está basado, en la obtención previa de las pendientes entre las curvas de nivel, aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{A}$$

Si en cambio sabemos que El desnivel D es constante, y la sumatoria de las longitudes “l” de cada faja es “L”, obtenemos una formula diferente (sólo para este caso).

$$S = \frac{DL}{A}$$

Donde

S = pendiente de la cuenca

D_1 = desnivel en la parte más baja, en Km

D_n = desnivel en la parte más alta, en Km

D = desnivel constante entre curvas de nivel, en Km

A= área de la cuenca, en Km^2

b) **Criterio del Rectángulo Equivalente.** - Este criterio está basado en tomar la pendiente media del rectángulo equivalente, es decir:

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde

S = pendiente de la cuenca

H = desnivel total (cota en la parte más alta – cota en la estación de aforo), en Km

L = lado mayor del rectángulo equivalente, en Km.

Perfil Longitudinal del Curso de Agua

(Villón Béjar, 2002) nos dice, si se plotea la proyección horizontal de la longitud de un cauce versus su altitud, se obtiene el perfil longitudinal del curso de agua.

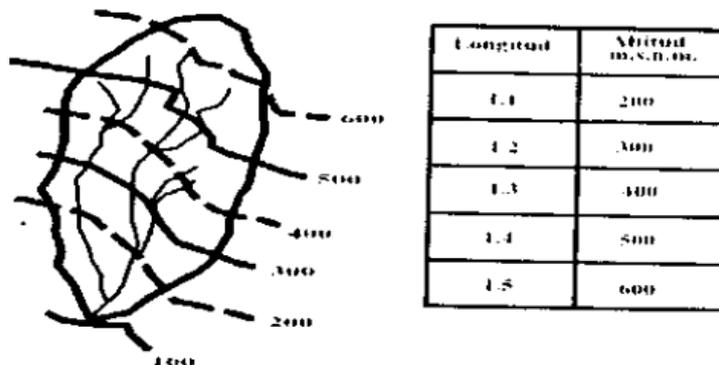


Ilustración 22 : Longitud y altitud de un cauce (Villón Bejar,2002).

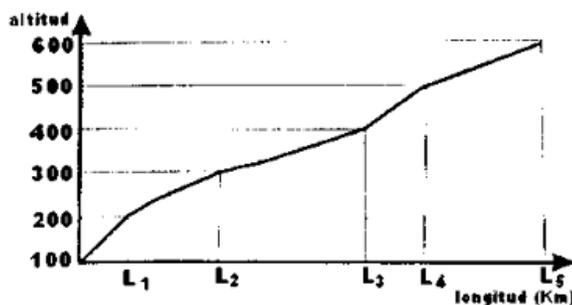


Ilustración 23 : Perfil Longitudinal de un cauce (Villón Béjar,2002).

Para realizar el gráfico correspondiente, es necesario calcular la pendiente media del Río, siendo:

$$J = \frac{HM - Hm}{1000 * L}$$

Donde:

J = Pendiente media del Río

L = Longitud de Río (km)

HM = Altura Máxima del Curso (m)

Hm = Altura Mínima del Curso (m)

Pendiente del Cauce

(Villón Béjar, 2002) indica que la Ecuación de Taylor y Schwarz, considera que un río esta formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme, siendo para este caso:

$$S = \left(\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2$$

Donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil.

S_1, S_2, \dots, S_n = pendiente de cada tramo, según $S = \frac{H}{L}$

S = pendiente media del cauce.

Para casos generales, donde en la práctica, los tramos son diferentes longitudes, se recomienda utilizar la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i}} \right)^2$$

Donde:

S= pendiente media del cauce.

L_i = longitud del tramo i

S_i = pendiente del tramo i

Red de Drenaje

(Villón Béjar, 2002) nos dice, Se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, es decir, la rapidez con que se desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

a) Clases de Corrientes

- **Efímera**, es aquella que solo lleva agua cuando llueve e inmediatamente después permanecen secas el resto del tiempo hasta que ocurra otra lluvia. El nivel freático se encuentra siempre por debajo del nivel del cauce.
- **Intermitente**, Estas corrientes llevan agua la mayor parte del año, sobre todo en épocas de lluvia. La presencia del agua en el cauce se debe a que la napa freática se ubica por encima del fondo del cauce.
- **Permanentes**, Estas corrientes llevan agua todo el año, pues en épocas que no llueve y aún en sequía siempre conducen agua debido a que el nivel freático siempre se encuentra por encima del fondo del cauce.

b) Orden de las Corrientes

Es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Para hacer esta clasificación, se requiere de un plano de la cuenca que incluya tanto corrientes permanentes como intermitentes. El procedimiento más común para esta clasificación, es considerar como corrientes de orden uno, aquellas que no tienen ningún tributario; orden

dos, a las que solo tienen tributarios de orden uno; de orden tres, aquellas corrientes con dos o más tributarios de orden dos, etc. Así, el orden de la principal, indicará la extensión de la red de corrientes dentro de la cuenca.



Ilustración 24 : Orden de las corrientes de una cuenca (Villón Béjar, 2002).

c) Longitud de los Tributarios

(Villón Béjar, 2002), nos dice, es una indicación de la pendiente de la cuenca, así como el grado de drenaje; se incrementa como una función de su orden, se realiza dividiendo la corriente en una serie de segmentos lineales, trazados lo más próximo posible a las trayectorias de los cauces de las corrientes.

Por medio de los softwares de computadora ArcGis o AutoCAD, basta con seleccionar las propiedades del dibujo del río, lago o quebrada, para conocer su longitud.

Coefficiente de Tortuosidad

(Villón Béjar, 2002), indica que, para su cálculo, se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$k = \frac{L_a}{L_r}$$

Donde:

L_a = longitud aparente, medida recta entre puntos más alejados del cauce.

L_r = longitud real, medida del cauce principal y agregado los tributarios.

El coeficiente de tortuosidad tiene la importancia de definir si el río es muy curvo (con presencia de meandros) o es regular.

Un coeficiente de valor “k” = 1, indicaría un coeficiente regular, valores menores indican que el río es irregular y su grado de curvatura.

d) Densidad de corriente

(Villón Béjar, 2002) indica que, es la relación entre el número de corrientes y el área drenada, es decir:

$$D_C = \frac{N_c}{A}$$

Donde:

D_C = densidad de corriente

N_c = número de corrientes permanentes e intermitentes

A = área total de la cuenca, en km^2

e) Densidad de drenaje

(Villón Béjar, 2002) no dice, que es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, que se encuentran en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura que existe en la cuenca. Valores altos, representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables. Por el contrario, valores bajos, indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y cobertura vegetal densa; y esta definida por la siguiente fórmula:

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

Donde:

D_d = densidad de drenaje

L = longitud total de las corrientes permanentes o intermitentes, en km

A = área total de la cuenca, en km^2

Extensión Media de Esguerrimiento Superficial (E_x)

(Vásquez Fernández, 2001), nos dice, se define como la distancia media en que el agua de lluvia tendría que escurrir sobre los terrenos de una cuenca, en caso de que la escurrería se diese en línea recta desde donde la lluvia cayo hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de una cuenca. Su valor esta dado por la siguiente relación:

$$E_x = \frac{A}{4L}$$

Donde:

E_x = Extensión Media de Esguerrimiento superficial.

L = longitud de los cursos de agua, en km

A = área total de la cuenca, en km^2

1.8.2. Precipitación

(Villón Béjar, 2002) nos dice, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo, que puede ser en forma:

- **Llovizna**, pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caída más bajas.
- **Lluvia**, gotas de agua con diámetro mayor 0.5 mm.
- **Escarcha**, capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente de forma compleja.
- **Granizo**, precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricos, conicos o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 y 125 mm.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes a uso y control del agua.

Clasificación de la precipitación:

(Villón Béjar, 2002) los clasifica de la siguiente manera:

a) Precipitación de Convección. – Son grandes masas de vapor de agua, que se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o húmeda, acumulándose en los puntos llamados células de convección, llegan a grandes alturas, donde encuentran las condiciones para la condensación y posteriormente la precipitación; viene acompañada de rayos y truenos, propias de regiones tropicales.

b) Precipitación Orográfica. – Se producen cuando el vapor de agua que se forman sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas y asciende a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y consiguiente precipitación.

c) Precipitación Ciclónica. – Se producen cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

Análisis de Consistencia y Homogeneidad de datos Hidrometeorológicos

(Mejía M., 1991), Nos dice: Inconsistencia es un sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como cambios de los datos vírgenes como el tiempo debido a la acción del hombre o causas naturales como movimiento de las estaciones en una distancia horizontal, movimiento en una distancia vertical y cambios en el medio ambiente de una estación.

(Aliaga, 1983), Nos dice: La inconsistencia en secuencias hidrológicas se presenta como saltos y tendencias, y la no-homogeneidad es definida como en los datos vírgenes con el tiempo.

Análisis de Tendencias

(Aliaga, 1983), Nos dice: Se define como un cambio sistemático y continuo sobre una muestra de información hidrometeorológica en cualquier parámetro de la misma. La tendencia por lo general puede ser aproximado por la ecuación de regresión lineal, y se analiza en la media y la desviación estándar.

Precipitación Efectiva

(Vásquez Villanueva, 2000), Nos dice: Es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve. En hidrología el tipo de precipitación de mayor importancia es la lluvia, por lo cual es la variable de entrada más significativa en el sistema hidrológico.

(Mejía M., 1991), Nos dice: Es una variable hidrológica que manifiesta más claramente su carácter aleatorio, variando más drásticamente en el tiempo (variación temporal) y en el espacio (variación espacial). Es común que, en un determinado periodo de tiempo, mientras que en una zona ocurre una lluvia, en otra zona próxima no hay precipitación ninguna. La forma más común y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan.

Métodos de Cálculo

(Villón Béjar, 2002), nos dice, que, la altura de la precipitación que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercano. Los Pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en un punto en el que está instalado

el aparato. Para muchos problemas hidrológicos se requiere conocer la altura de la precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de la precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.

Altura de precipitación diaria: es la suma de las lecturas observadas en un día.

Altura de precipitación media diaria: es el promedio aritmético de lecturas diarias.

Alturas de precipitación mensual: es la suma de las alturas diarias ocurridas en un mes.

Altura de precipitación media mensual: es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.

Altura de precipitación anual: Suma de alturas de precipitación mensual en un año.

Para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso general:

a) Método del Promedio Aritmético.

(Villón Béjar, 2002), nos dice, consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona, es el método más sencillo, pero sólo da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande.

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media de la zona o cuenca.

P_i = precipitación de la estación i .

n = número de estaciones dentro de la cuenca.

b) Método de Polígono de Thiessen.

(Villón Béjar, 2002) nos dice que, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que, para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones, consistiendo el método en:

1. Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
2. Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°).
3. Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos, formando polígonos.
4. Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedará rodeada por las líneas del polígono. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

5. Calcular el área de cada estación.

6. Calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media.

A_T = área total de la cuenca.

A_i = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i .

P_i = precipitación de la estación i .

n = número de estaciones tomadas en la cuenca.

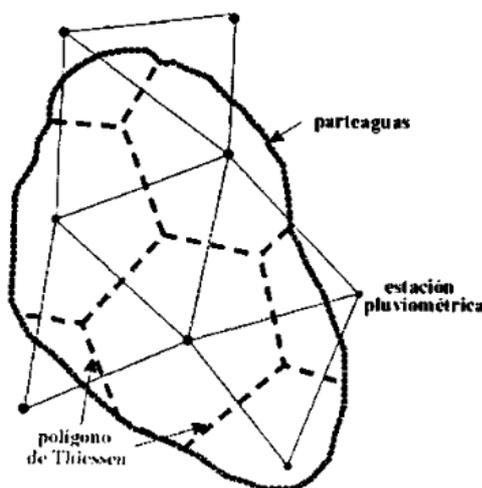


Ilustración 25 : Polígono de Thiessen (Villón Béjar,2002)

c) Método de las Curvas Isoyetas

(Villón Béjar, 2002) nos dice que, para este método se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona de estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que, si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Por supuesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona en estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas.

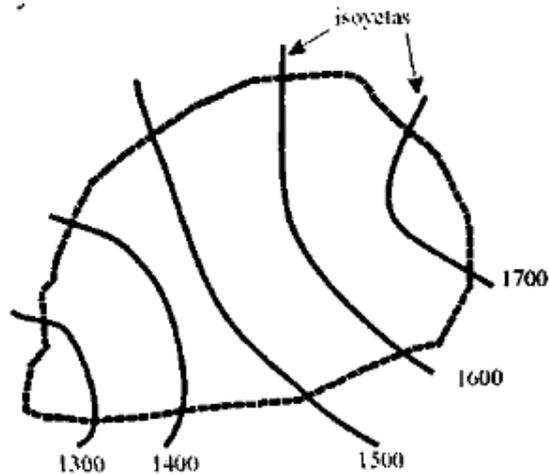


Ilustración 26 : Isoyetas (Villón Béjar,2002)

El método consiste en:

1. Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
2. Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel.
3. Hallar las áreas A_1, A_2, \dots, A_n , entre cada 2 isoyetas seguidas.
4. Si P_0, P_1, \dots, P_n son las precipitaciones representadas por las isoyetas respectivas, calcular la precipitación media utilizando:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} * A_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media.

A_T = área total de la cuenca.

P_i = altura de precipitación de las isoyetas i

A_i = área parcial comprendida entre las isoyetas.

n = número de área parciales.

Requisitos de la Información

(Pizarro Baldera, 2017), nos dice que, el uso de la información hidrometeorológica demanda ciertos requisitos, los cuales son:

1. Extensión: La información no debe ser menor de 10 años.
2. Confiabilidad: La información debe provenir de una fuente especializada y profesional

en la obtención de estos datos.

3. Completa: La información no debe tener vacíos.

Resolución de Datos Faltantes

Método de Regresión Lineal

(Pizarro Baldera, 2017) no dice que, este método se emplea cuando existen estaciones con datos incompletos, para lo cual es necesario primero ver el grado de correlación usando el coeficiente adecuado. Luego seleccionar la estación adecuada para completar los datos. Para realizar el cálculo del coeficiente de correlación, se aplica la siguiente fórmula.

$$r = \frac{nx\bar{y} - \bar{x}y}{(nx^2 - \bar{x}^2)(ny^2 - \bar{y}^2)}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación

x = precipitación media.

y = área total de la cuenca.

n = número de datos.

El grado de correlación debe ser idóneo a manera de continuar el proceso. Si “r” es mayor que 0.6 (60%), se puede continuar el procedimiento, de otra forma, se cambia de estación.

Aplicamos la Ecuación de Regresión Lineal.

$$r = a + bX \quad ; \quad b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad ; \quad a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

Una vez obtenida la ecuación de la recta, podemos completar los datos faltantes de las estaciones con registros de lluvia incompletos.

Análisis de Doble Masa

(Villón Béjar, 2002), Nos dice: Se basa en el hecho de que las estaciones de una zona homogénea, deben registrar un régimen similar, es decir una precipitación determinada afectara igualmente a todas las estaciones de la zona. El método consiste en generar una tabla con valores promedio y acumulados para una estación modelo o estación de estudio y una o más estaciones de referencia. Al completarse los datos (anuales) se plotan los mismos para generar una polilínea y verificar que la pendiente no varié demasiado entre las estaciones.

1.8.3. Factores Relacionados al Balance Hídrico

Evaporación

(Villón Béjar, 2002), nos dice que, la evaporación es una etapa permanente del ciclo hidrológico. Hay evaporación en todo momento y en toda superficie húmeda. Considerada un fenómeno puramente físico, la evaporación es el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso; sin embargo, hay otra provocada por la actividad de las plantas, el cuál recibo de nombre transpiración.

(Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006), nos dice que, este fenómeno aparece como consecuencia del calentamiento que los rayos solares producen sobre la superficie líquida de mares, lagos y ríos, así como en los suelos húmedos, convirtiendo el agua en vapor, mientras la atmósfera no esté saturada de vapor a la temperatura ambiente.

Infiltración

(Chávez Díaz, 1994) nos dice, Es la cantidad de lluvia absorbida que cae al suelo, en parte por este y la cantidad infiltrada dependerá de las características de suelo y subsuelos y sus condiciones durante el proceso de penetración del agua y su transmisión dentro de los estratos receptores. Este proceso, aunque teóricamente simple, depende de muchos fenómenos variables en sí mismos y en consecuencia ofrece aspectos de difícil evaluación. Las aguas infiltradas constituyen las subterráneas contenidas inmóviles unas o desplazándose otras en los estratos profundos.

(Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006) nos dice que, es la cantidad de agua que atraviesa la superficie del terreno por unidad de tiempo y se desplaza al subsuelo recibe un nombre de ritmo o tasa de infiltración. Si el agua se introduce al terreno por la superficie se desplaza a mayor profundidad, entonces se dice que ocurre la percolación.

(Aparicio Mijares, 1992) nos dice, se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia dentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

Evapotranspiración

(Monsalve S.), nos dice: Es el conjunto de los fenómenos de evaporación y transpiración. **Evapotranspiración Potencial**, Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso

de que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Evapotranspiración Real, Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y de transpiración de las plantas.

Balance Hídrico

(Vásquez Villanueva, 2000), no dice, el Balance Hídrico superficial (BHS) tiene como principio la conservación de la masa y de la ecuación de continuidad. Esta dice que, para cualquier sistema considerado y durante cualquier periodo de tiempo, la diferencia entre sus entradas y salidas será igual al cambio de volumen de agua en el almacenado. Una forma general de determinar el Balance Hídrico Superficial, para cualquier cuerpo de agua a intervalo de tiempo será a través del uso de la siguiente expresión:

$$P + Q_{si} + Q_{us} - E - ET - Q_{ao} - Q_{uo} - \Delta s - n = 0$$

En forma más detallada y para problemas más específicos los términos de la ecuación pueden sub dividirse como:

$$P + Q_{si} + Q_{us} - ET - Q_{ao} - Q_{uo} - \Delta M - \Delta G - \Delta Sch - \Delta Sgl = 0$$

P: Precipitación Efectiva.

Q_{si}: Entrada de agua superficial de agua a la Cuenca.

Q_{us}: Entrada de agua subterránea a la Cuenca.

E: Evaporación.

ET: Evapotranspiración.

Q_{ao}: Salida de agua superficial.

Q_{uo}: Salida de agua Subterránea.

ΔS: Variación de almacenamiento de agua en la cuenca

n: Termino residual de discrepancia, error de medición

ΔM: Variación de almacenamiento de humedad en el suelo y la zona no saturada

ΔG: Variación de almacenamiento en acuífero

ΔSgl: Variación de almacenamiento de lagos y embalses

ΔSch: Variación de almacenamiento en canales de los ríos

ΔSgl: Variación de almacenamiento en glaciales.

Para cálculos de áreas extensas y largos periodos, se recomienda la siguiente ecuación:

$$\langle P \rangle - \langle Q \rangle = \langle ET \rangle + n$$

$$\langle Q \rangle = \langle P \rangle - \langle ET \rangle$$

Almacenamiento o Capacidad de Retención del Agua

(Aparicio Mijares, 1992), nos dice: Es la capacidad de almacenamiento de un vaso que sirve para regula los escurrimientos de un río, es decir, para almacenar el volumen de agua que escurre en exceso en las temporadas de lluvia para posteriormente usarlo en las épocas de sequía cuando los escurrimientos son escasos.

Escorrimento Superficial

(Aparicio Mijares, 1992) nos dice: Es una función de las características físicas, hidrológicas, vegetativas, climáticas de la misma. Como es sabido algunas partes de la precipitación no se manifiestan como escorrentía superficial, siendo desviados por caminos más o menos largos dependiendo de la litología y de aspectos como la composición, textura y secuencia de las rocas, así como sus discontinuidades.

(Monsalve S.) nos dice: Consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. La mayoría de los estudios hidrológicos están ligados al aprovechamiento de agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento. De la precipitación que alcanza el suelo, parte queda retenida ya sea depresiones o como película en torno a partículas sólidas. Del exceder de agua retenida, parte se infiltra y parte se escurre superficialmente. Se define como exceso de precipitación la precipitación total caída al suelo menos la retenida e infiltrada. Puede ocurrir que el agua infiltrada venga posteriormente a aflorar en superficie como fuente de una nueva escorrentía superficial. La escorrentía superficial comprende el exceso de precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie libre del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua, que puede ser alimentado tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas.

Temperatura

(Mejía M., 1991) nos dice: Es el factor determinante y decisivo de las diversas etapas del ciclo hidrológico y principalmente en el estudio de la evaporación. El efecto de los diversos procesos de intercambio de calor en el sistema tierra - atmósfera conduce a una distribución de temperatura según la dirección vertical, o sea, un decremento de la temperatura con la altitud de $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ en la troposfera y condiciones aproximadamente

isotérmicas en la estratosfera. La tasa de variación de la temperatura con la altitud es denominada gradiente vertical de temperatura.

Procesamiento de los Datos de Temperatura

Para el procesamiento de los datos de temperatura, se realiza el método de curvas isoyetas, de forma similar al tratamiento de los datos de precipitación, realizando el trazado de las Curvas Isotermas para conseguir la Temperatura en toda la Cuenca a diferentes Alturas.

Ciclo Hidrológico

(Chávez Díaz, 1994) nos dice: Es un continuo dinamismo del Océano al Cielo, del Cielo a la Tierra, de la Tierra al Océano.

(Villón Béjar, 2002) nos dice: Es el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).

(Mejía M., 1991) nos dice: Es la interminable circulación que siguen las partículas de agua en cualquiera de sus tres estados. La circulación se efectúa en forma natural y durante la misma el agua sufre transformaciones físicas que en nada alteran su cantidad.

(Aparicio Mijares, 1992) nos dice: No tiene ni principio ni fin, y su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento, el vapor de agua se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación.

(Chow, 1994) nos dice: Es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua.

(Velasco, 1981) nos dice: Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación desde el suelo, aguas continentales, condensadas en nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

Sistema de Información Geográfica

(Chuvieco, 1992), nos dice: La revolución informática, con las nuevas herramientas nos permite aprovechar la vasta cantidad de información, entre estas se tiene los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección que surgen como alternativas casi

imprescindibles, a los métodos tradicionales de recopilación y procesamiento de información espacial. La técnica del SIG permite abordar la tarea de integración entre una y diversas variables de componentes espaciales y darles múltiples aplicaciones. La Teledetección brinda una rápida evaluación de los fenómenos medio ambientales de gran radio de cobertura, desde problemas de contaminación marina hasta detección de yacimientos o inventarios de incendios forestales.

(Berry, 1986), nos dice: Con el ingreso de las computadoras y el desarrollo de los programas, el SIG, es definido como un sistema de hardware, software y procedimientos analíticos que integra modernas técnicas de mapeo computarizado con potentes operadores analíticos de base de datos geográficos o espaciales, capaces de efectuar consultas y transformaciones sobre el espacio constituyéndose en una herramienta versátil, eficiente y oportuna para el planeamiento regional urbano-rural y la toma de decisiones, cuyas principales funciones se resumen: entrada, manejo, análisis y salida de datos.

1.8.4. Estudio Económico

La realización del presente proyecto de tesis tendrá un costo de:

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO					
DESCRIPCION	CANT.	UND.	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL S/	TOTAL S/
I. MATERIALES					1,815.00
GPS NAVEGADOR	10	Días	25.00	250.00	
PAPELERÍA	01	Glb	800.00	800.00	
LAPICEROS	06	Und	2.50	15.00	
MEMORIA USB	04	Und	20.00	80.00	
CD, DVD	10	Und	2.00	20.00	
MOVILIDAD	30	Días	15.00	450.00	
OTROS	01	Glb	200.00	200.00	
II. SERVICIOS					13,300.00
ASESORIA PROFESIONAL	1	Und	8000.00	8,000.00	
ADQUISICION DE INFORMACION DEL SENAMHI	1	Glb	3000.00	3,000.00	
AYUDANTES	1	Glb	1500.00	1500.00	
IMPRESIONES	1	Glb	550.00	550.00	
VARIOS	1	Glb	250.00	250.00	
TOTAL					15,115.00

El presupuesto total es s/ 15 115.00 (Quince mil ciento quince con 00/100.00 soles)

1.8.5. Cronograma de Actividades

Tabla 4

Cronograma de actividades

TIEMPO	MESES																			
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	SEMANAS																			
ETAPAS/ACTIVIDADES/TAREAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Implementación y ejecución del proyecto	█																			
2. Elaboración y aplicación de instrumentos			█	█																
3. Procesamiento de los datos recogidos					█	█	█	█												
4. Análisis e interpretación de datos									█	█	█	█								
5. Elaboración y presentación de la tesis													█	█	█	█				
6. Sustentación y difusión de la tesis																	█	█	█	█

Fuente: Elaboración propia

1.8.6. Marco Conceptual: definición de términos básicos

Abastecimiento de agua potable.- es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural con población relativamente densa, el agua potable.

Afluentes. - corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar, sino en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

Atmósfera.- capa de gas que rodea a un cuerpo celeste. Los gases resultan atraídos por la gravedad del cuerpo, y se mantienen en ella si la gravedad es suficiente y la temperatura de la atmósfera es baja.

Captación. - estructura hidráulica destinada a derivar de un curso de agua parte de su ésta para ser utilizada en un fin específico.

Cuantificar. - Expresar la cantidad, el número o el grado de lo designado mediante un elemento gramatical.

Déficit. - Lo que falta a los ingresos para que se equilibren con los gastos, para que el crédito sea igual al débito, o para que la cantidad de una mercancía sea igual al consumo.

Ecológico. – Término que hace referencia a la ecología, rama de la biología que estudia la relación de los diferentes seres vivos entre si y con su entorno.

Escurrimientos de un río. - La distribución del volumen total de agua caída durante una precipitación dada, depende tanto de las características y condiciones físicas -naturales o artificiales- de la cuenca, como de las características de la propia precipitación.

Escorrentía. – Se llama escorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. En hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.

Estiaje. - El estiaje es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía. El término se deriva de estío o verano, debido a que, en la región del Mediterráneo, el estío es la época de menor caudal de los ríos debido a la relativa escasez de precipitaciones en esta estación.

Evapotranspiración. - se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

Hidrometeorológicos. - se generan por la acción violenta de los fenómenos atmosféricos, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico.

Homogeneidad. – Igualdad o semejanza en la naturaleza o el género de varios elementos; uniformidad en la composición y la estructura de una sustancia o una mezcla.

Infiltración. - proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo.

Precipitación. - Elementos líquidos o sólidos procedentes de la condensación del vapor de agua que caen de la atmósfera o son depositados desde el aire en el suelo.

Planos Topográficos. - representación gráfica de una superficie, identificando aspectos esenciales para la planificación de una obra, como son coordenadas, alturas y pendientes.

Radiación.- es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

Recurso. - Un recurso es una fuente o suministro del cual se produce un beneficio. Normalmente, los recursos son material u otros activos que son transformados para producir beneficio y en el proceso pueden ser consumidos o no estar más disponibles.

Sequía. – La sequía es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica.

Transpiración. - La transpiración es la evaporación de agua en la superficie de los organismos que viven en tierra firme. Tanto las plantas terrestres, como los hongos, como los animales terrestres, transpiran.

Vertiente. – Vertiente, en geomorfología, es una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos o puntos culminantes del relieve (picos, crestas, bordes de cerros o mesetas) y los bajos (pies de vertiente, vaguadas o valles, cauces).

1.8.7. Hipótesis

Para el desarrollo de la presente investigación nos planteamos la siguiente hipótesis: **“El estudio hidrológico de la microcuenca de la quebrada Shupishiña permitirá conocer la oferta del recurso hídrico, y su disponibilidad con la finalidad de planificar su aprovechamiento”**, que beneficiara a los pobladores que habitan en el área de influencia directa e indirecta y servirá como base para el desarrollo de otros proyectos que ayudara a impulsar la inversión económica y sostenible.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

Para el siguiente Proyecto de tesis se ha utilizado lo siguiente:

2.1.1. Recursos

2.1.1.1. Recursos humanos

Investigador Autor

Asesor – Docente de la UNSM-T - FICA

Secretaria digitadora

2.1.1.2. Recursos Materiales y Servicios

Bibliografía Especializada en el tema de Hidrología.

Información pluviométrica registrada en las Estaciones cercanas a la quebrada Shupishiña.

Tesis e informes de Ingeniería de la Biblioteca especializada de la FICA-UNSM.

Manual y talleres referentes al tema referente al marco teórico.

Movilidad y viáticos.

Escritorio de trabajo

Lapiceros

Regla

Carta Nacional a escala 1: 100,000

Archivos digitales de los cuadrantes 13j;13k;14j;14k

Lápiz HB

2.1.1.3. Recursos equipos

Computadora portátil

Plotter

Calculadoras científicas

GPS GARMIN

Programa asistido de dibujo AUTOCAD 2017, ArcGis 10.5, Global Mapper, Google Earth

2.2. Metodología de la Investigación

2.2.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación a realizar en este estudio es de tipo DESCRIPTIVA – HISTORICA.

Descriptiva, porque se basa en un problema real que se intenta solucionar para prevenir posibles problemas futuros, a través de la descripción de esta realidad.

Histórica por que se realiza empleando información registrada a lo largo de varios años, recurriendo a fuentes primarias y secundarias para la reconstrucción de la realidad hidrológica.

2.2.2. Diseño de la Investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que usa la medición, recolección de datos, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamientos y probar teorías.

Bajo la perspectiva cuantitativa, la recolección de datos es equivalente a medir. De acuerdo con la definición clásica del término, medir significa asignar números a objetos y eventos de acuerdo a ciertas reglas.

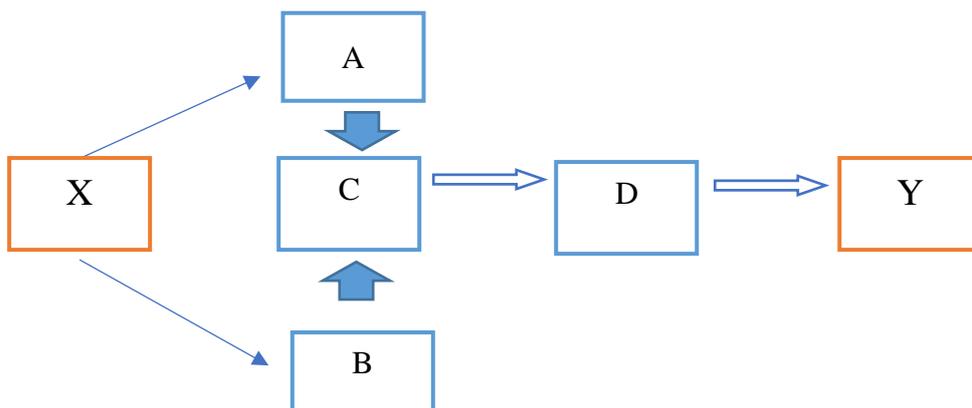
Un instrumento de medición adecuado: Es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente, en términos cuantitativos, se captura verdaderamente la realidad que se desea capturar, aunque no hay medición perfecta, el resultado se acerca todo lo posible a la representación del concepto que el investigador tiene en mente.

Tipo de diseño: No experimental, no se manipularán variables.

Temporalidad: Transversal. La información se procesará en un solo período de tiempo.

Diseño descriptivo: Es de relación causal, siguiendo el siguiente marco conceptual.

Esquema De Metodología De La Investigación



- **X: Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.**
- **A:** Reconocimiento del lugar por medio del estudio de campo.
- **B:** Recopilación de información y datos a investigar.
- **C:** Aplicación de técnicas y estudios ingenieriles para la solución de problema.
- **D:** Estudios de hidrología, de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.
-

Y: Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del estudio definitivo.

2.2.3. Población y Muestra

2. Población

La masa anual de agua que produce la cuenca del río Cumbaza.

2.2.3.1. Muestra

Masa anual de agua que produce la microcuenca de la Quebrada Shupishiña.

2.2.3.2. Muestreo

Es el medio, la técnica, el método mediante el cual realizaremos el análisis los datos obtenidos

2.3. Sistema de Variables

2.3.1. Variable Independiente

Parámetros Hidrometeorológicos.

2.3.2. Variable Dependiente

Caudales Medios Mensuales.

2.3.3. Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Independiente	Parámetros hidrometeorológicos	El valor de los diferentes parámetros hidrometeorológicos condicionan el comportamiento hídrico de la cuenca de la quebrada Shupishiña	Precipitación promedio mensual	mm
			Precipitación máxima en 24 horas	mm/hr
			Temperatura	°C
Dependiente	Estudio Hidrológico	Se elaborará el estudio hidrológico, empleando información hidroclimática del área del proyecto y su ámbito de influencia.	Caudales medios mensuales	m ³ /seg

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

En el proceso de investigación tanto en gabinete como en laboratorio se utilizarán las técnicas de observación, procesamiento y manejo de información hidrometeorológica obtenidas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que se basan en el registro de datos a lo largo de los días, meses y años de las condiciones climáticas, las mismas que son registradas en las estaciones climatológicas distribuidos en el ámbito de influencia del área de estudio.

Para la investigación documental se utilizará textos, libros, revistas especializadas en el tema y artículos científicos de la biblioteca especializada de la FIC – UNSM o de fuentes particulares.

También se hará uso de la biblioteca virtual, normatividad y reglamentos específicos también se utilizó Bibliografía variada y adecuada para la investigación, las cuales se mencionó en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

2.5. Procesamiento de la información

Procesamiento de Datos

Primero se realizó la recopilación de información disponible del área de estudio (planos y datos pluviométricos) la cual sirvió de base y orientación para la planificación y,

organización de trabajo de gabinete mediante del programa Microsoft Excel 2016, Se realizó una vista de campo, cuya importancia respecto al momento de su ejecución es relativa, con el fin de contrastar datos empíricos.

Por último, se ordenó la información, y se completó la faltante en el trabajo de gabinete mediante metodología estadística, así como se buscó digitalizar información como planos para un mejor cálculo.

Presentación de Datos

La presentación de datos se realizó mediante informes de datos recolectados del SENAMHI y mapas digitalizados en lo que concierne a la microcuenca materia de estudio. Cabe recalcar y aclarar que se ha tenido en consideración, que la información cumpla con ser confiable, completa y extensa.

Análisis e Interpretación de Datos

El análisis de Doble Masa, ha sido empleado para dar validez de la información utilizada en el proceso, para el cálculo de la precipitación, así como la aplicación de las teorías mencionadas en el marco teórico.

Para realizar la delimitación de la cuenca hidrográfica, se recurrió al método digital, a través de software ArcGis 10.5, con la aplicación de los criterios correspondientes.

Para los cálculos de Precipitación se sometió la data al promedio de las curvas Isoyetas y el polígono de Thiessen.

En cuanto a temperatura se trabajó con curvas isotermas y para finalizar según metodología mencionada en el marco teórico, el cálculo del Balance hídrico.

Validación de la Información

La información cartográfica fue obtenida de forma virtual, a través del IGN (Instituto Geográfico Nacional), ubicándose la microcuenca en los cuadrantes 13-k, 13-j, 14-k, 14-j, debido a la nubosidad existente en dichos cuadrantes, se procedió a completar los datos de las curvas de nivel con ayuda de software por computadora, que contienen información satelital como son Google Earth y Global Mapper.

La información hidrometeorológica se obtuvo directamente del SENAMHI, proyectos de tesis elaborados con anterioridad, consultorías afines que garantizan la veracidad de estos, Se sometió la información a un análisis de Doble Masa para verificar el grado de confiabilidad de las estaciones.

2.5.1. Representación de la información

Información Cartográfica

En el presente trabajo se utilizó cuatro cuadrantes de la Carta Nacional (13-j, 13-k, 14-j, 14-k), a escala 1/100000 que han sido obtenidas del Instituto Geográfico Nacional.

El análisis respectivo ha sido visualizado y desarrollado con los softwares por computadora AutoCad 2017, ArcGis (ArcMap 10.5) y reformulada para completar los datos (curvas de nivel), con ayuda de los programas, Google Earth Pro y Global Mapper. que por defectos de nubosidad no se visualizan en la carta nacional.

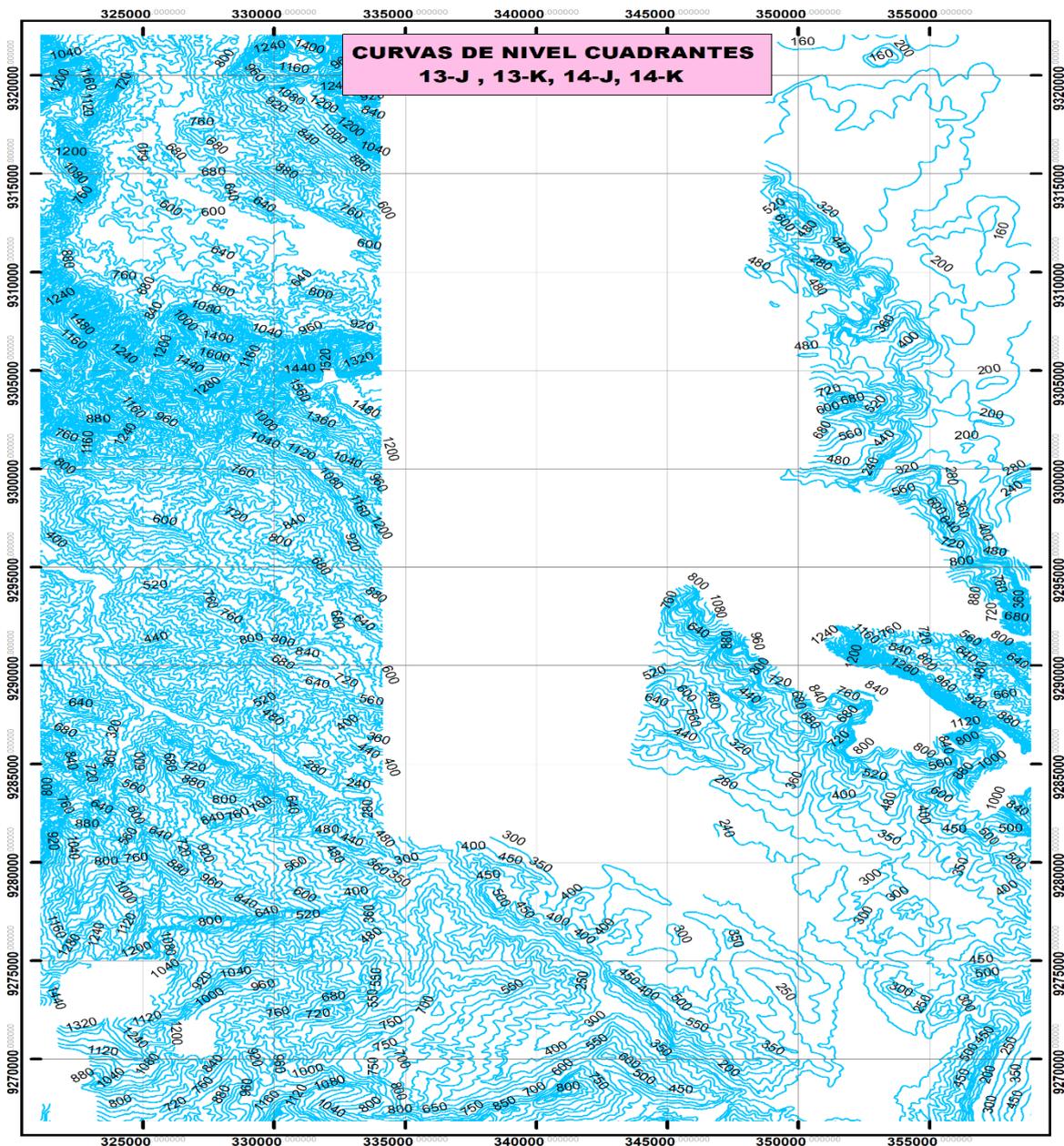


Ilustración 27 : Curvas de Nivel - Sección de Cuadrantes 13j, 13k, 14j, 14k (Fuente Elaboración Propia).

**CURVAS DE NIVEL COMPLETADAS
CON GOOGLE EARTH Y GLOBAL MAPPER**

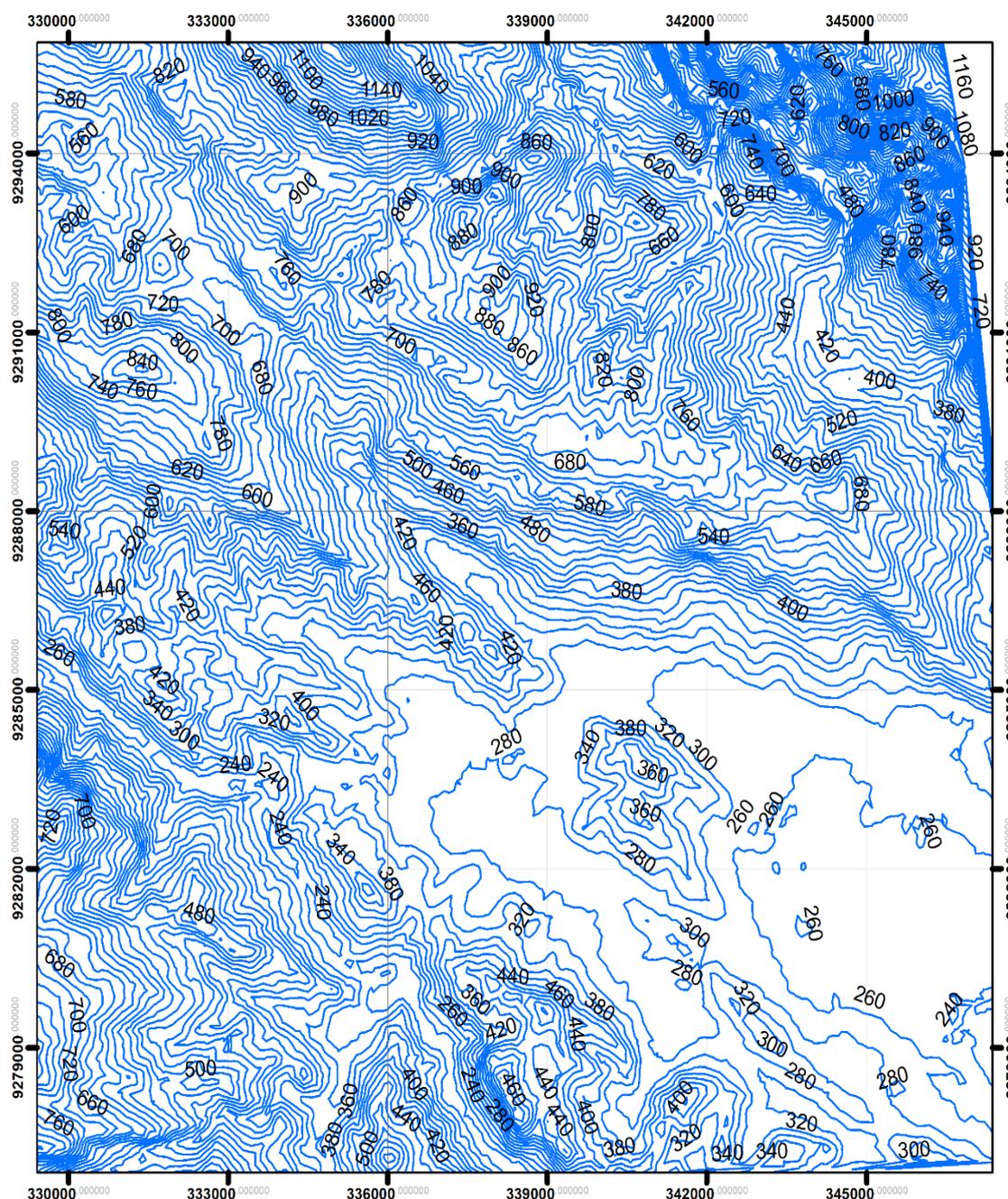


Ilustración 28 : Curvas de Nivel Completadas con Google Earth y Global Mapper (Fuente Elaboración Propia)

De esta manera, la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, localizada en secciones de los cuadrantes 13-j, 13-k, 14-j y 14-k, se representa en Curvas de Nivel en el presente plano, la cual ha sido ubicada estratégicamente para una mejor visualización y análisis del Área. Las curvas de nivel tienen una equidistancia de 20 metros.

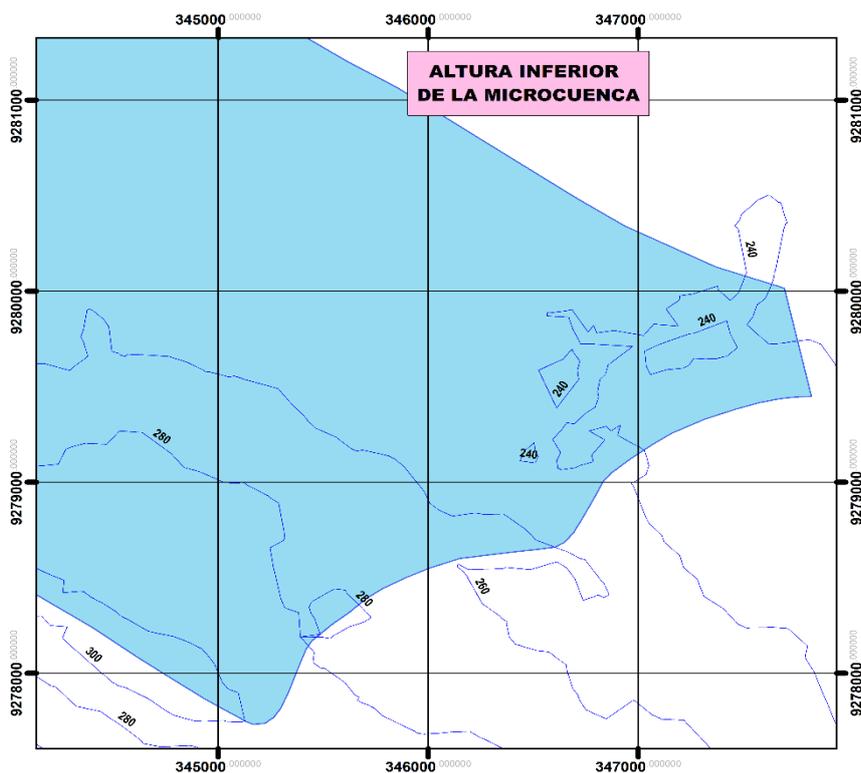


Ilustración 29 : Altura inferior de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente Elaboración Propia)

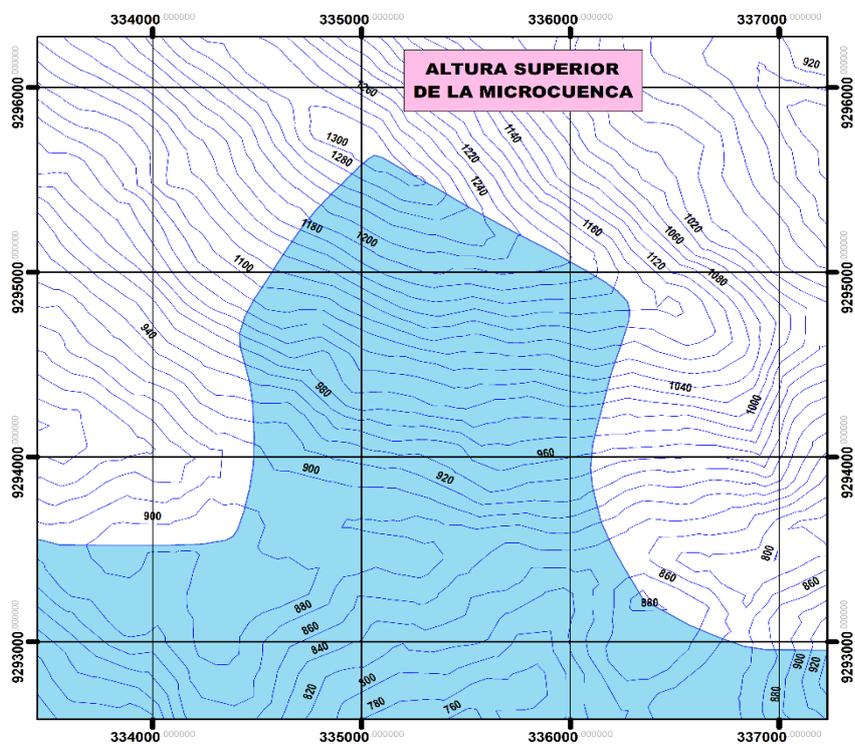


Ilustración 30 : Altura superior de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente Elaboración Propia)

Según las delimitaciones realizadas, de acorde a los pasos indicados en el marco teórico y la representación gráfica en las Ilustraciones 28 y 29, se puede apreciar que la cuenca, cuenta con una altura inferior de 240 msnm, donde se ubica la desembocadura al río Cumbaza, además de tener una altura superior de aproximadamente 1300 msnm.

Delimitación de la Cuenca

Para lograr la delimitación de la cuenca hidrográfica, fue necesaria utilizar la información cartográfica digital y la información topográfica obtenida de los softwares Global Mapper y Google Earth Pro, procesando la DATA con ArcGIS y AutoCAD, siguiendo el orden de los pasos mencionados en el Marco Teórico. Para obtener la ubicación georreferenciada en coordenadas, se hizo uso del Sistema WGS 1984UTM para la Zona 18 Sur. El río fue trazado y ubicado a mano alzada, siguiendo el trazo del “Flow Direction” (Dirección de Flujo), la aplicación de los criterios de elevaciones y las vistas satelitales que se pueden obtener en Google Earth y Google Mapper.

En la Ilustración 30 se aprecia el MDT (Modelado Digital del terreno) en archivo TIN, que se obtiene por medio de las curvas de nivel.

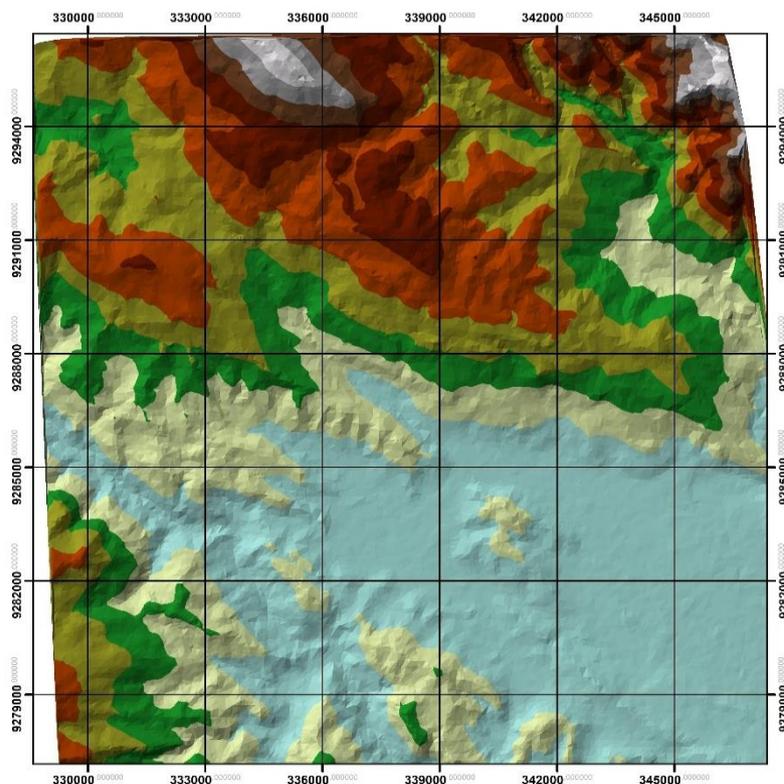


Ilustración 31 : Modelado Digital del Terreno de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente Elaboración Propia)

En la Ilustración 31 se aprecia el “Raster Fill” del terreno, el cual corrige imperfecciones (huecos y sumideros) que se hayan generado en el MDT.

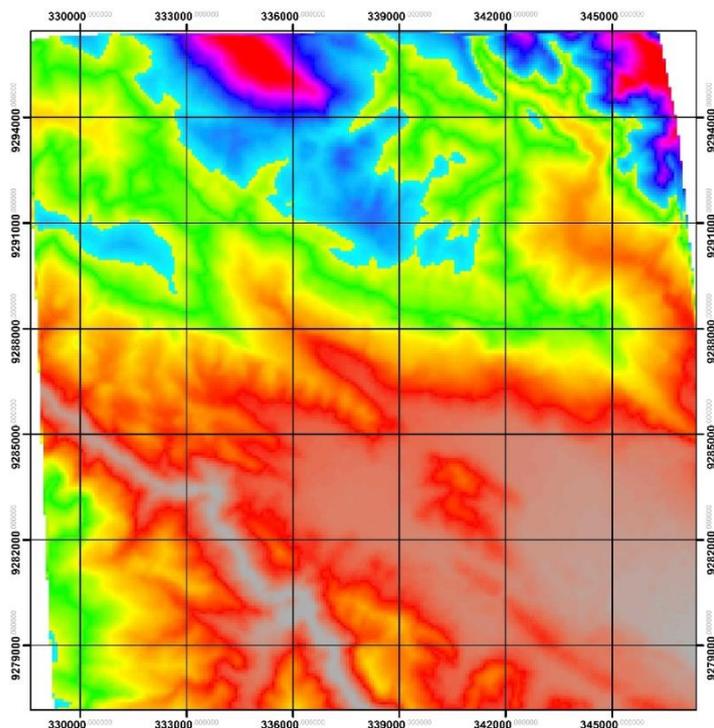


Ilustración 32 : Archivo Raster Fill de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia).

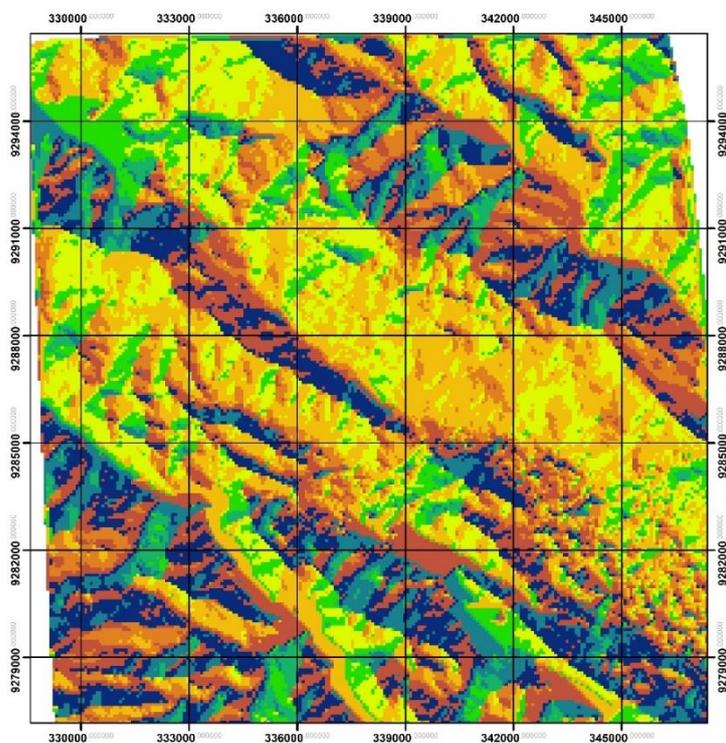


Ilustración 33 : Flow Direction de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia)

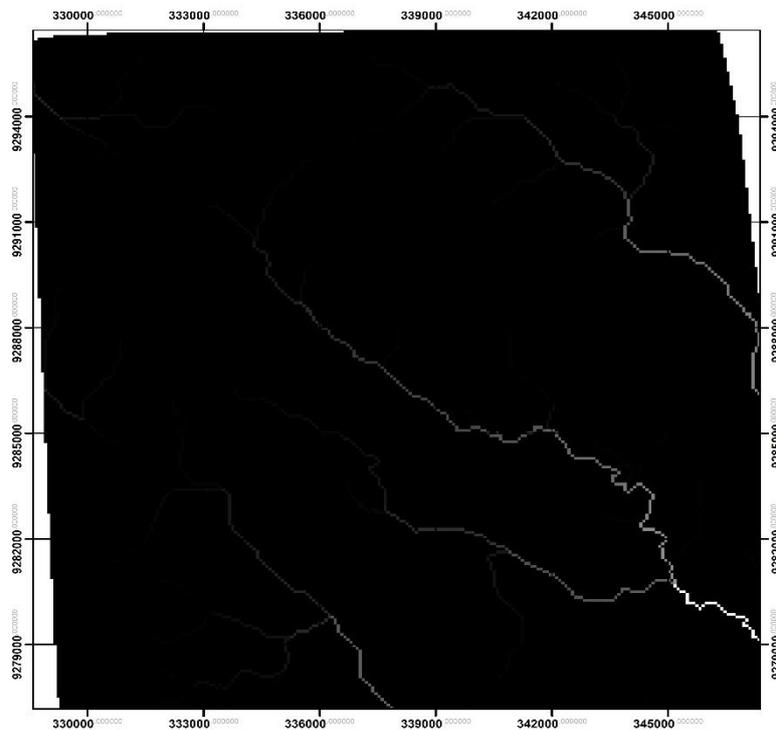


Ilustración 34 : Flow Accumulation de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia).

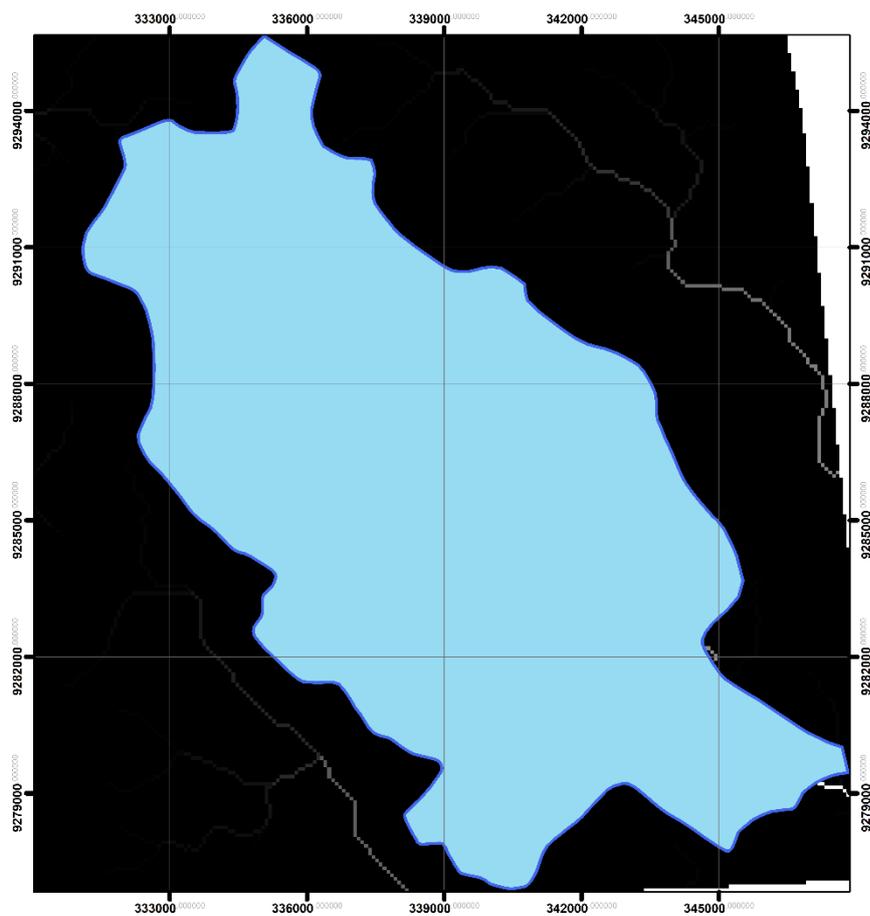


Ilustración 35 : Trazo en ArcMap de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia).

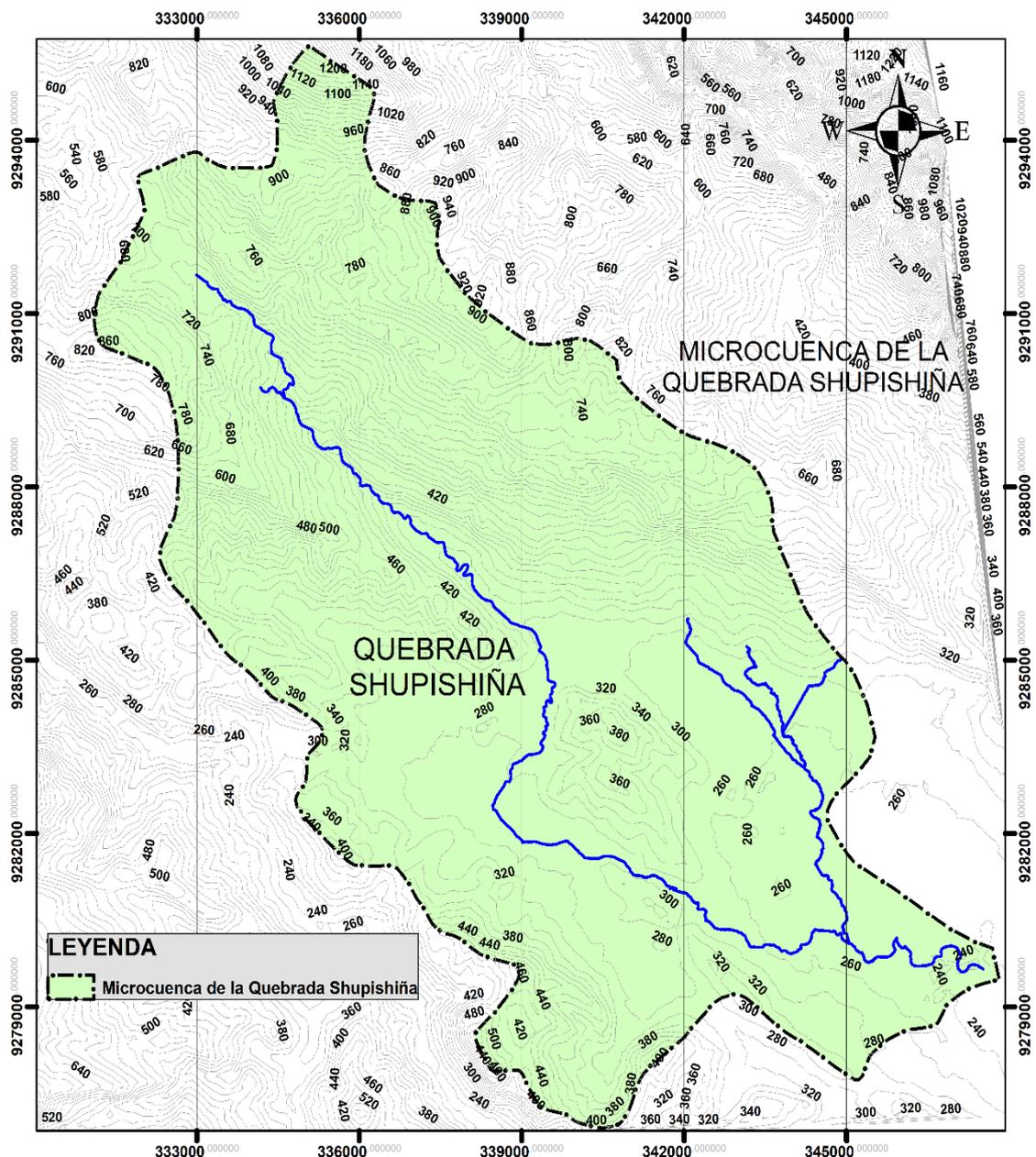


Ilustración 36 : Delimitación de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración propia).

Parámetros de la Cuenca

El cálculo respectivo, se ha realizado empleando los métodos y fórmulas explicadas en el Marco Teórico, las cuales estarán mostradas en los resultados.

Información Hidrometeorológica

La información obtenida a través del SENAMHI, está compuesta por la precipitación total mensual (mm.) y temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$), de las estaciones más cercanas al área de estudio, cuya información representen un alto impacto en los cálculos. Así tenemos:

1. Estación PLU “Cuñumbuque”

Ubicación Geográfica:

Departamento : San Martín

Provincia : Lamas

Distrito : Cuñumbuque

Latitud : 06° 30’

Longitud : 76° 30’

Altura : 240 m.s.n.m.

Datos : Precipitación total mensual (mm.)

2. Estación PLU “Shanao”

Ubicación Geográfica:

Departamento : San Martín

Provincia : Lamas

Distrito : Shanao

Latitud : 06° 26’

Longitud : 76° 36’

Altura : 300 m.s.n.m.

Datos : Precipitación total mensual (mm.).

3. Estación CO “Lamas”

Ubicación Geográfica:

Departamento : San Martín

Provincia : Lamas

Distrito : Lamas

Latitud : 06° 16’

Longitud : 76° 42’

Altura : 920 m.s.n.m.

Datos : Precipitación total mensual (mm.) y Temperatura media mensual (°C).

4. Estación CO “San Antonio”

Ubicación Geográfica:

Departamento : San Martín

Provincia : San Martín
Distrito : San Antonio
Latitud : 06° 25'
Longitud : 76° 25'
Altura : 430 m.s.n.m.
Datos : Precipitación total mensual (mm.) y Temperatura media mensual (°C).

5. Estación CO “Tarapoto”

Ubicación Geográfica:

Departamento : San Martín
Provincia : San Martín
Distrito : Tarapoto
Latitud : 06° 28'
Longitud : 76° 22'
Altura : 356 m.s.n.m.
Datos : Precipitación total mensual (mm.) y Temperatura media mensual (°C).

6. Estación MAP “El Porvenir”

Ubicación Geográfica:

Departamento : San Martín
Provincia : San Martín
Distrito : Juan Guerra
Latitud : 06° 35'
Longitud : 76° 19'
Altura : 230 m.s.n.m.
Datos : Precipitación total mensual (mm.) y Temperatura media mensual (°C).

Para corroborar la validez de estas, se aplicó el Análisis de Doble masa entre 2 estaciones, las cuales fueron agrupadas convenientemente en relación a su cercanía, lográndose así 5 combinaciones posibles.

Tabla 5*Análisis de doble Masa entre Estaciones Tarapoto y San Antonio*

AÑOS	ESTACION TARAPOTO		ESTACION SAN ANTONIO		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P. ANUAL	ACUMULADO
2000	1196.10	1196.10	1575.00	1575.00	1385.55	1385.55
2001	1591.00	2787.10	2460.90	4035.90	2025.95	3411.5
2002	971.30	3758.40	1619.80	5655.70	1295.55	4707.05
2003	1452.50	5210.90	2220.20	7875.90	1836.35	6543.4
2004	1207.80	6418.70	1960.50	9836.40	1584.15	8127.55
2005	1233.10	7651.80	1907.30	11743.70	1570.2	9697.75
2006	1291.90	8943.70	1835.70	13579.40	1563.8	11261.55
2007	1383.10	10326.80	1946.50	15525.90	1664.8	12926.35
2008	1112.30	11439.10	1572.30	17098.20	1342.3	14268.65
2009	1562.30	13001.40	2199.20	19297.40	1880.75	16149.4
2010	1320.90	14322.30	1513.70	20811.10	1417.3	17566.7
2011	1474.70	15797.00	2220.00	23031.10	1847.35	19414.05
2012	1593.50	17390.50	1834.90	24866.00	1714.2	21128.25
2013	1394.20	18784.70	2003.20	26869.20	1698.7	22826.95
2014	1510.00	20294.70	1876.00	28745.20	1693	24519.95
2015	1582.80	21877.50	1826.70	30571.90	1704.75	26224.7
2016	1234.50	23112.00	1622.90	32194.80	1428.7	27653.4
2017	1733.40	24845.40	1997.60	34192.40	1865.5	29518.9
2018	1536.10	26381.50	1934.90	36127.30	1735.5	31254.4
2019	1821.40	28202.90	1937.50	38064.80	1879.45	33133.85
PROMEDIO	1410.15		1903.24			

Fuente: Elaboración Propia.

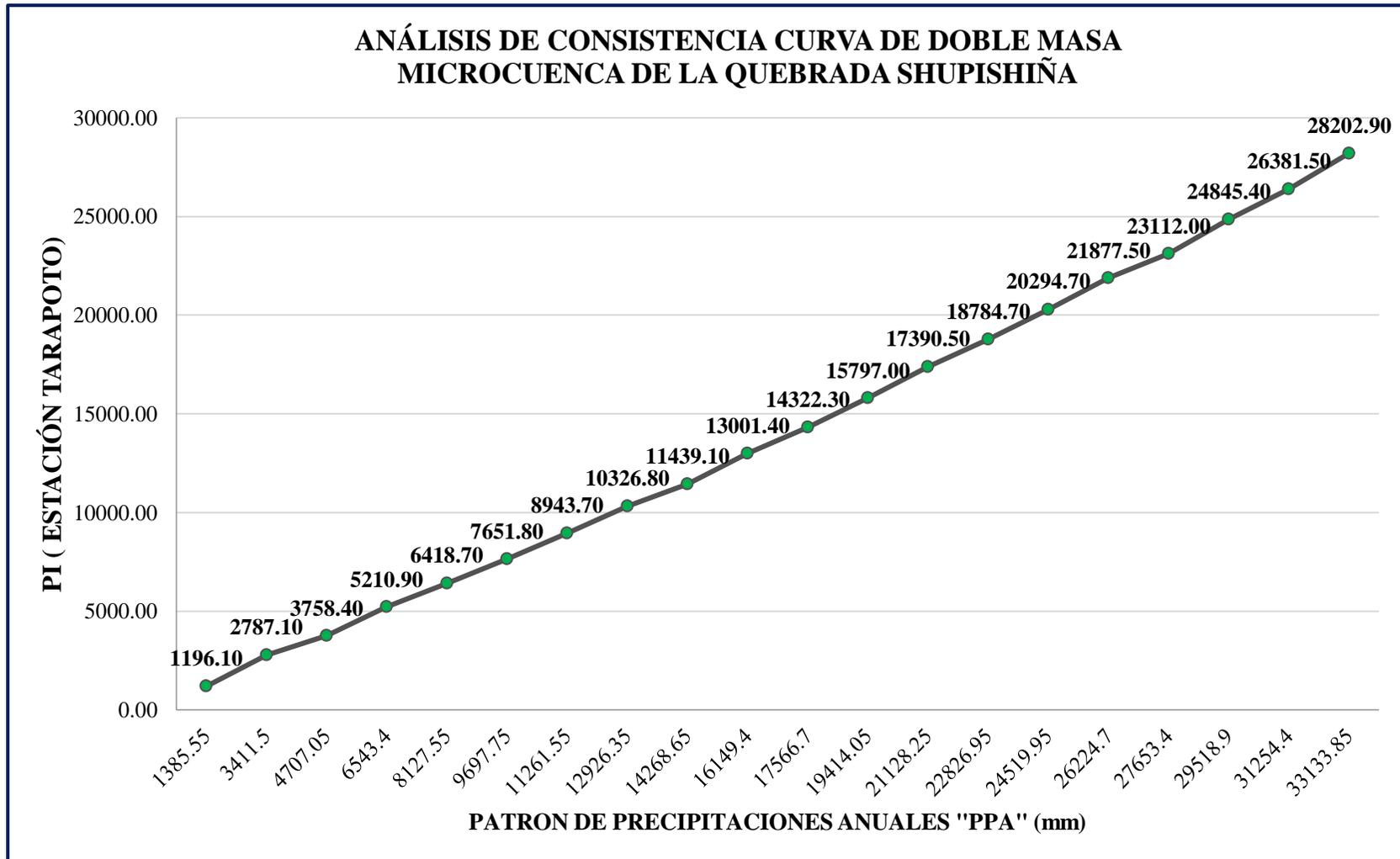


Ilustración 37 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Tarapoto (Fuente: Elaboración propia)

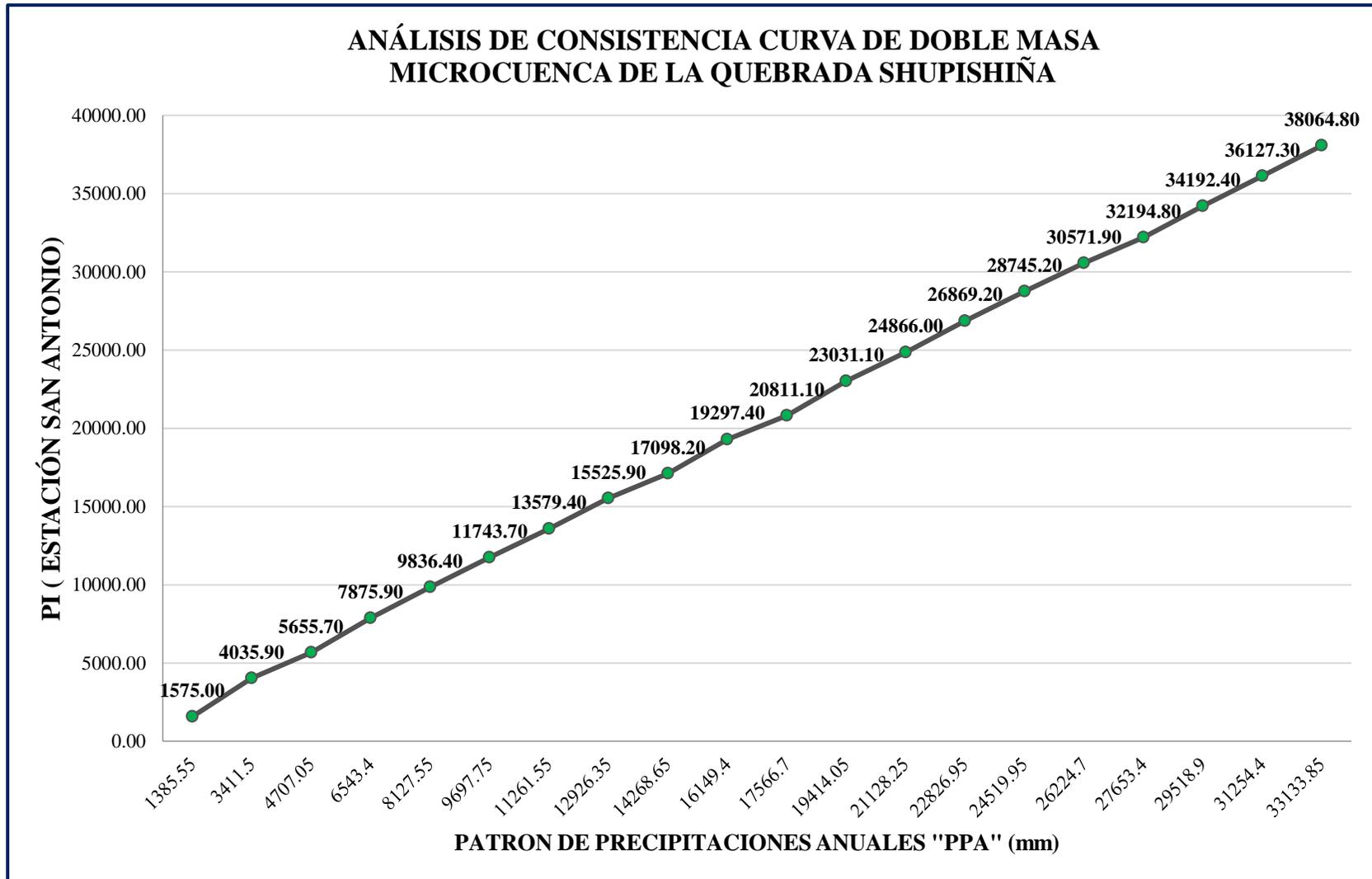


Ilustración 38 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación San Antonio (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 6*Análisis de doble Masa entre Estaciones San Antonio y Lamas*

AÑOS	ESTACION SAN ANTONIO		ESTACION LAMAS		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P. ANUAL	ACUMULADO
2000	1575.00	1575.00	1465.10	1465.10	1520.05	1520.05
2001	2460.90	4035.90	1910.00	3375.10	2185.45	3705.5
2002	1619.80	5655.70	1113.70	4488.80	1366.75	5072.25
2003	2220.20	7875.90	1838.20	6327.00	2029.2	7101.45
2004	1960.50	9836.40	1295.70	7622.70	1628.1	8729.55
2005	1907.30	11743.70	1313.30	8936.00	1610.3	10339.85
2006	1835.70	13579.40	1232.60	10168.60	1534.15	11874
2007	1946.50	15525.90	1716.60	11885.20	1831.55	13705.55
2008	1572.30	17098.20	1371.60	13256.80	1471.95	15177.5
2009	2199.20	19297.40	1643.30	14900.10	1921.25	17098.75
2010	1513.70	20811.10	1173.10	16073.20	1343.4	18442.15
2011	2220.00	23031.10	1349.00	17422.20	1784.5	20226.65
2012	1834.90	24866.00	1520.50	18942.70	1677.7	21904.35
2013	2003.20	26869.20	1285.40	20228.10	1644.3	23548.65
2014	1876.00	28745.20	1433.00	21661.10	1654.5	25203.15
2015	1826.70	30571.90	1770.30	23431.40	1798.5	27001.65
2016	1622.90	32194.80	1371.50	24802.90	1497.2	28498.85
2017	1997.60	34192.40	1693.70	26496.60	1845.65	30344.5
2018	1934.90	36127.30	1519.20	28015.80	1727.05	32071.55
2019	1937.50	38064.80	1979.90	29995.70	1958.7	34030.25
PROMEDIO	1903.24		1499.79			

Fuente: Elaboración Propia

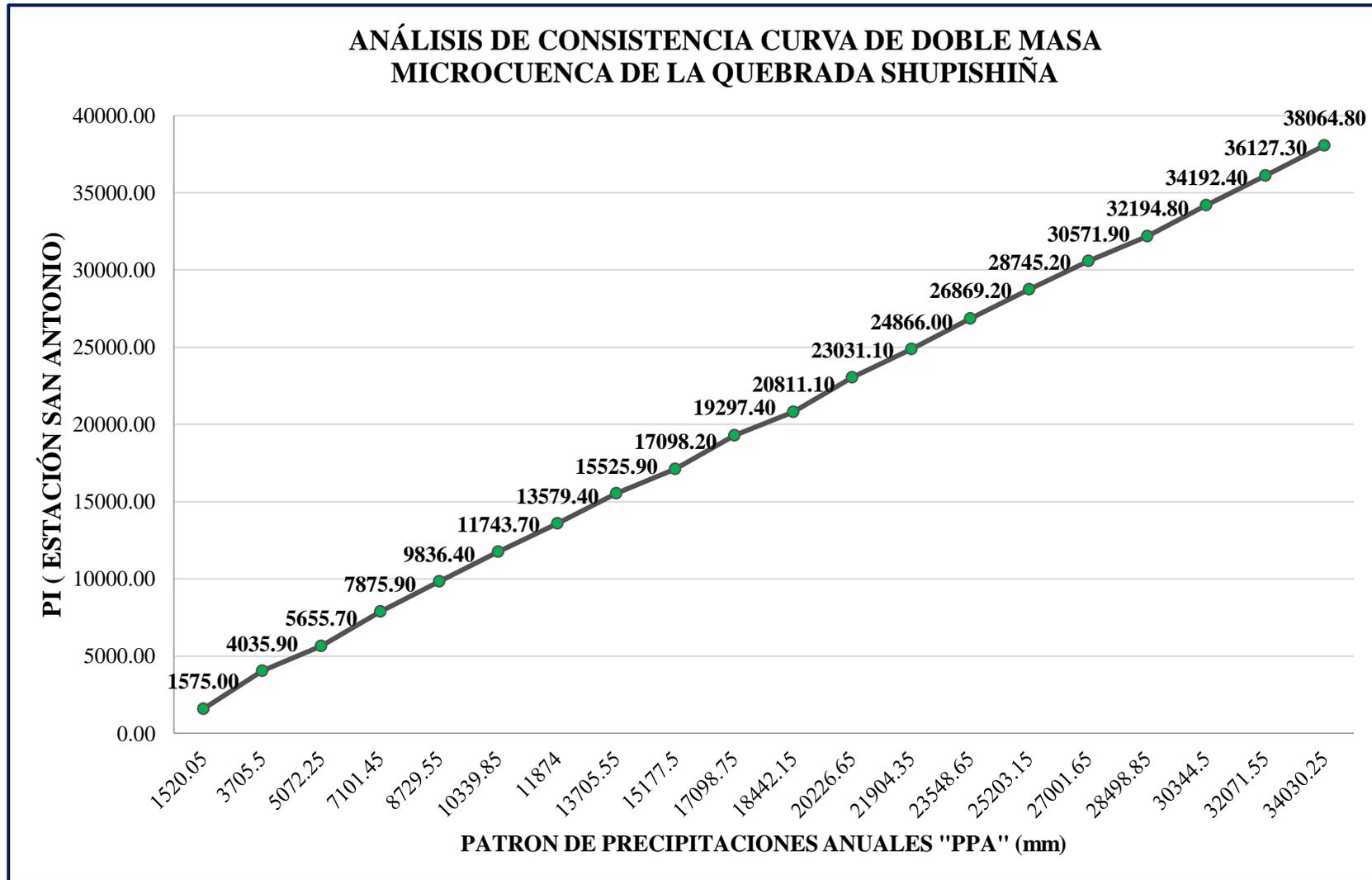


Ilustración 39 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación San Antonio (Fuente: Elaboración propia).

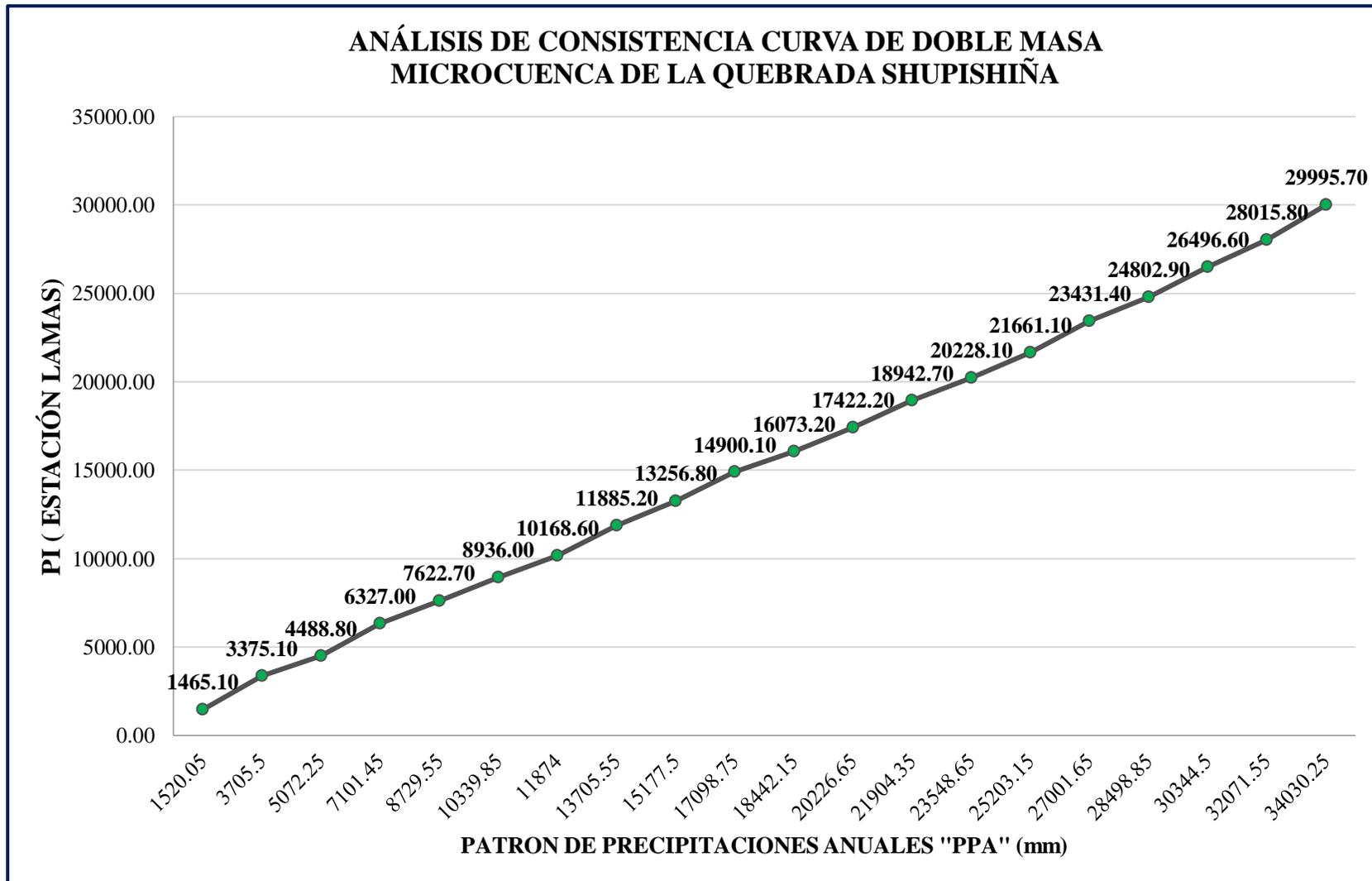


Ilustración 40 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Lamas (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 7
Análisis de doble Masa entre Estaciones Lamas y Shanao

AÑOS	ESTACION LAMAS		ESTACION SHANAO		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P. ANUAL	ACUMULADO
2000	1465.10	1465.10	1522.40	1522.40	1493.75	1493.75
2001	1910.00	3375.10	1730.80	3253.20	1820.4	3314.15
2002	1113.70	4488.80	1083.60	4336.80	1098.65	4412.8
2003	1838.20	6327.00	1339.10	5675.90	1588.65	6001.45
2004	1295.70	7622.70	1200.60	6876.50	1248.15	7249.6
2005	1313.30	8936.00	1201.60	8078.10	1257.45	8507.05
2006	1232.60	10168.60	1090.20	9168.30	1161.4	9668.45
2007	1716.60	11885.20	1124.20	10292.50	1420.4	11088.85
2008	1371.60	13256.80	1165.30	11457.80	1268.45	12357.3
2009	1643.30	14900.10	1339.40	12797.20	1491.35	13848.65
2010	1173.10	16073.20	993.40	13790.60	1083.25	14931.9
2011	1349.00	17422.20	1232.30	15022.90	1290.65	16222.55
2012	1520.50	18942.70	1231.90	16254.80	1376.2	17598.75
2013	1285.40	20228.10	1161.80	17416.60	1223.6	18822.35
2014	1433.00	21661.10	1326.10	18742.70	1379.55	20201.9
2015	1770.30	23431.40	1521.50	20264.20	1645.9	21847.8
2016	1371.50	24802.90	1241.10	21505.30	1306.3	23154.1
2017	1693.70	26496.60	1417.90	22923.20	1555.8	24709.9
2018	1519.20	28015.80	1221.30	24144.50	1370.25	26080.15
2019	1979.90	29995.70	1316.70	25461.20	1648.3	27728.45
PROMEDIO	1499.79		1273.06			

Fuente: Elaboración propia

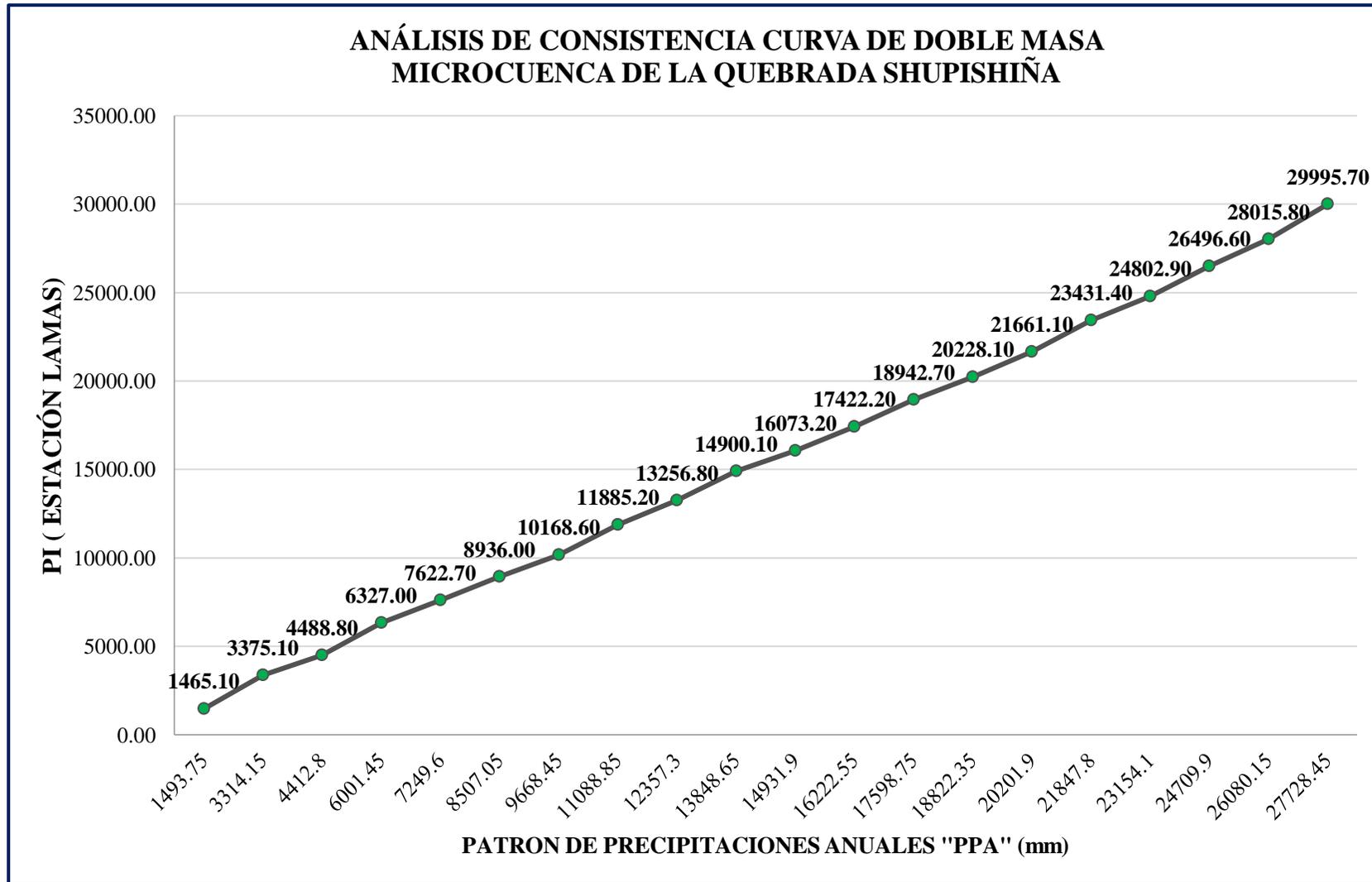


Ilustración 41 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Lamas (Fuente: Elaboración propia).

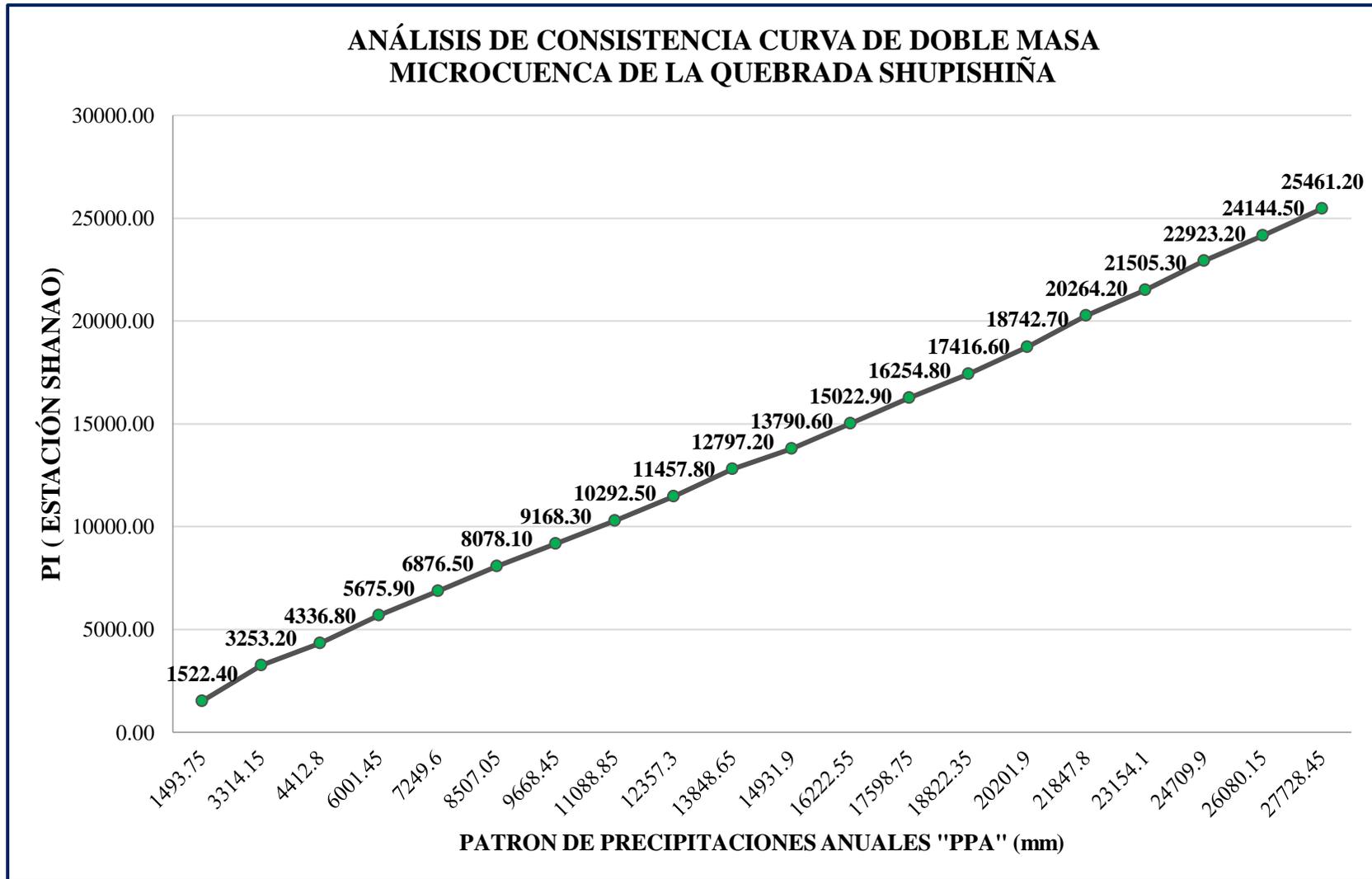


Ilustración 42 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Shanao (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 8
Análisis de doble Masa entre Estaciones Shanao y Cuñumbuque

AÑOS	ESTACION SHANAO		ESTACION CUÑUMBUQUE		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P. ANUAL	ACUMULADO
2000	1522.40	1522.40	1002.40	1002.40	1262.4	1262.4
2001	1730.80	3253.20	1526.30	2528.70	1628.55	2890.95
2002	1083.60	4336.80	812.60	3341.30	948.1	3839.05
2003	1339.10	5675.90	1156.10	4497.40	1247.6	5086.65
2004	1200.60	6876.50	948.20	5445.60	1074.4	6161.05
2005	1201.60	8078.10	838.20	6283.80	1019.9	7180.95
2006	1090.20	9168.30	948.20	7232.00	1019.2	8200.15
2007	1124.20	10292.50	868.50	8100.50	996.35	9196.5
2008	1165.30	11457.80	980.00	9080.50	1072.65	10269.15
2009	1339.40	12797.20	1066.00	10146.50	1202.7	11471.85
2010	993.40	13790.60	921.30	11067.80	957.35	12429.2
2011	1232.30	15022.90	1104.60	12172.40	1168.45	13597.65
2012	1231.90	16254.80	1259.90	13432.30	1245.9	14843.55
2013	1161.80	17416.60	970.00	14402.30	1065.9	15909.45
2014	1326.10	18742.70	1040.60	15442.90	1183.35	17092.8
2015	1521.50	20264.20	1044.10	16487.00	1282.8	18375.6
2016	1241.10	21505.30	846.30	17333.30	1043.7	19419.3
2017	1417.90	22923.20	1215.30	18548.60	1316.6	20735.9
2018	1221.30	24144.50	1046.30	19594.90	1133.8	21869.7
2019	1316.70	25461.20	1297.90	20892.80	1307.3	23177
PROMEDIO	1273.06		1044.64			

Fuente: Elaboración Propia.

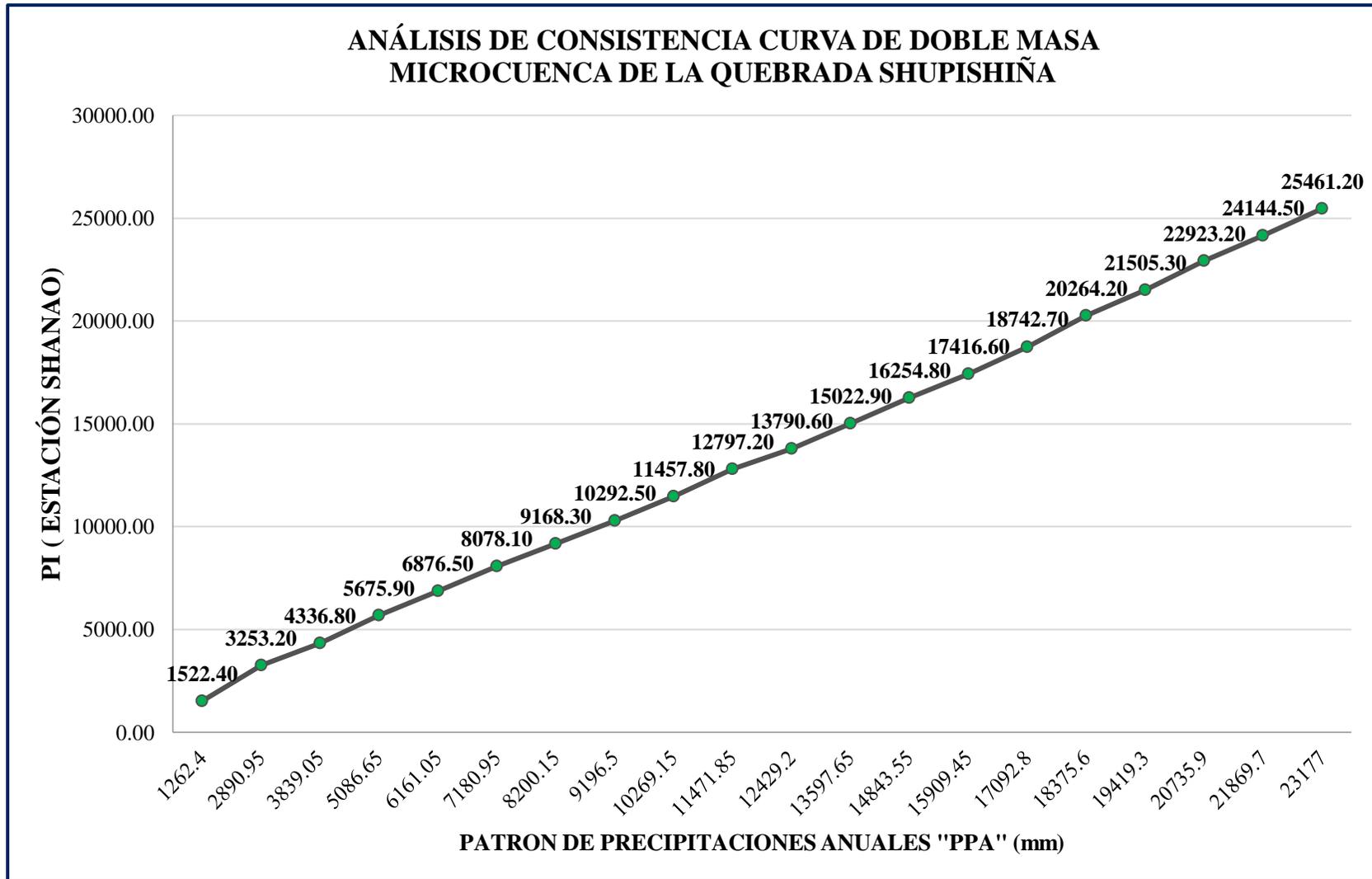


Ilustración 43 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Shanao (Fuente: Elaboración propia).

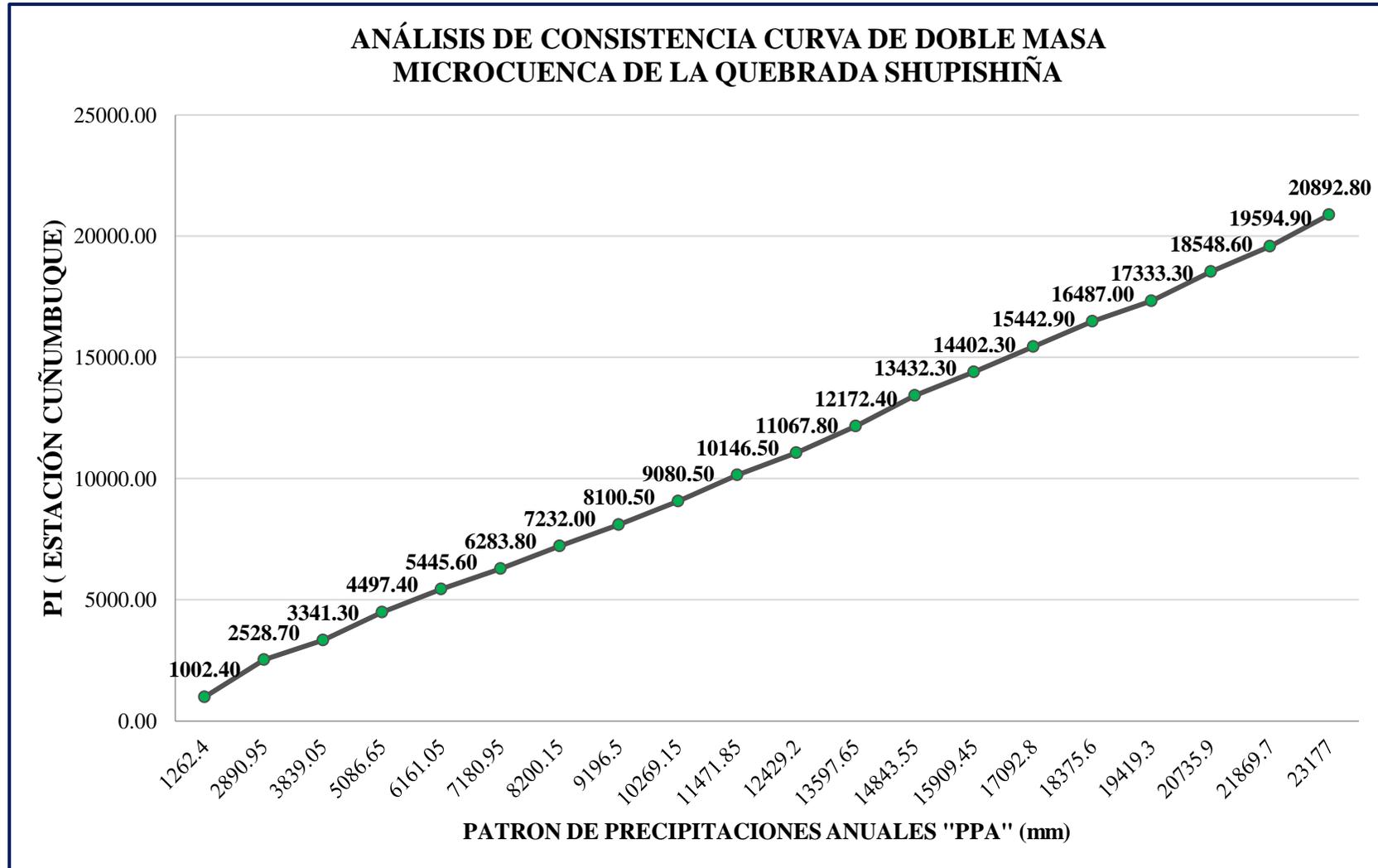


Ilustración 44 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Cuñumbuque (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 9*Análisis de doble Masa entre Estaciones Tarapoto y El Porvenir*

AÑOS	ESTACION TARAPOTO		ESTACION EL PORVENIR		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P. ANUAL	ACUMULADO
2000	1196.10	1196.10	1520.00	1520.00	1358.05	1358.05
2001	1591.00	2787.10	2054.60	3574.60	1822.8	3180.85
2002	971.30	3758.40	1151.00	4725.60	1061.15	4242
2003	1452.50	5210.90	1365.80	6091.40	1409.15	5651.15
2004	1207.80	6418.70	1228.00	7319.40	1217.9	6869.05
2005	1233.10	7651.80	1447.60	8767.00	1340.35	8209.4
2006	1291.90	8943.70	1299.50	10066.50	1295.7	9505.1
2007	1383.10	10326.80	1336.00	11402.50	1359.55	10864.65
2008	1112.30	11439.10	1311.90	12714.40	1212.1	12076.75
2009	1562.30	13001.40	1621.00	14335.40	1591.65	13668.4
2010	1320.90	14322.30	1092.30	15427.70	1206.6	14875
2011	1474.70	15797.00	1579.00	17006.70	1526.85	16401.85
2012	1593.50	17390.50	1666.20	18672.90	1629.85	18031.7
2013	1394.20	18784.70	1459.30	20132.20	1426.75	19458.45
2014	1510.00	20294.70	1482.40	21614.60	1496.2	20954.65
2015	1582.80	21877.50	1785.20	23399.80	1684	22638.65
2016	1234.50	23112.00	1601.10	25000.90	1417.8	24056.45
2017	1733.40	24845.40	2095.10	27096.00	1914.25	25970.7
2018	1536.10	26381.50	1715.80	28811.80	1625.95	27596.65
2019	1821.40	28202.90	1081.80	29893.60	1451.6	29048.25
PROMEDIO	1410.15		1494.68			

Fuente: Elaboración Propia.

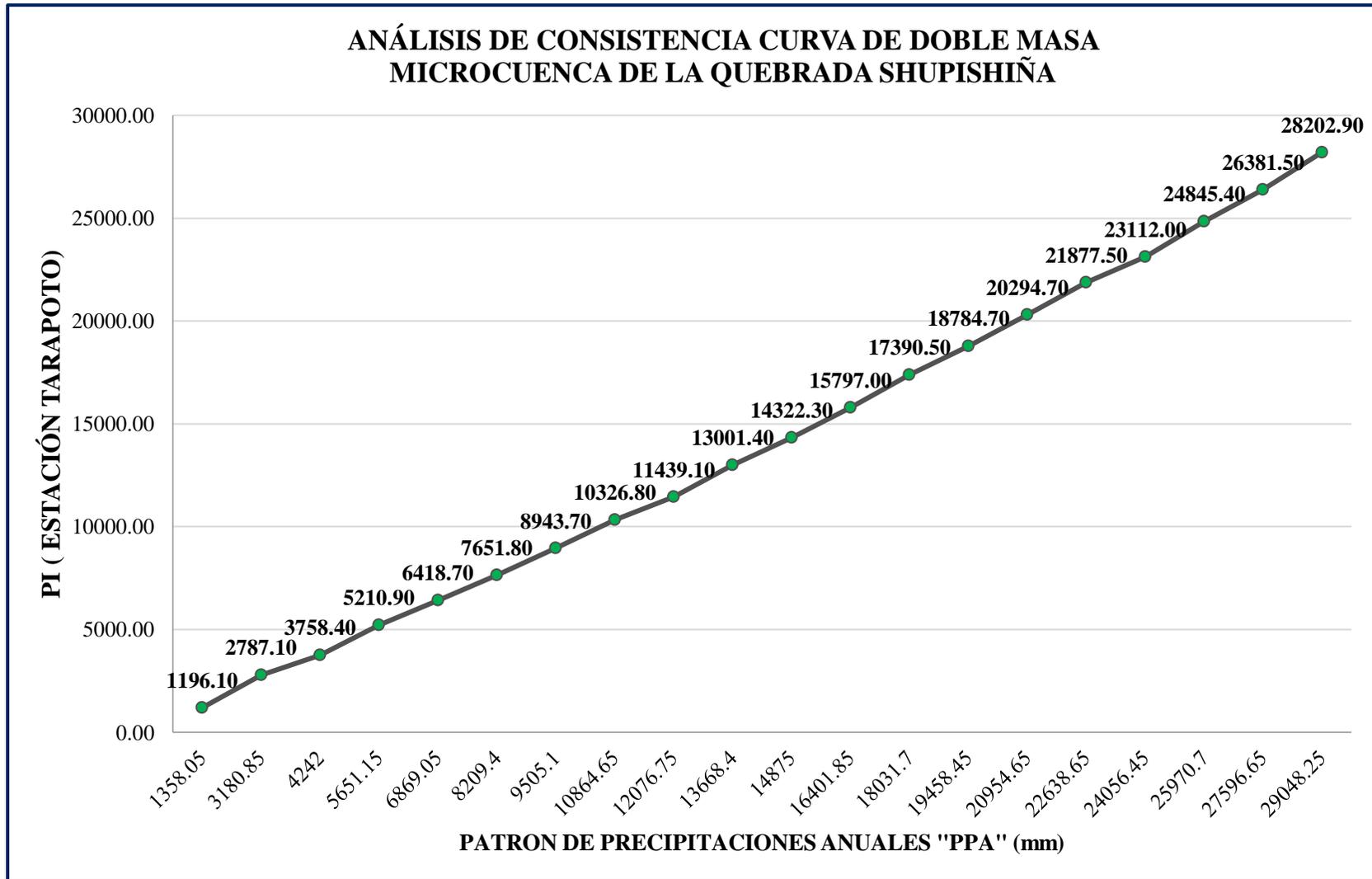


Ilustración 45 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación Tarapoto (Fuente: Elaboración propia).

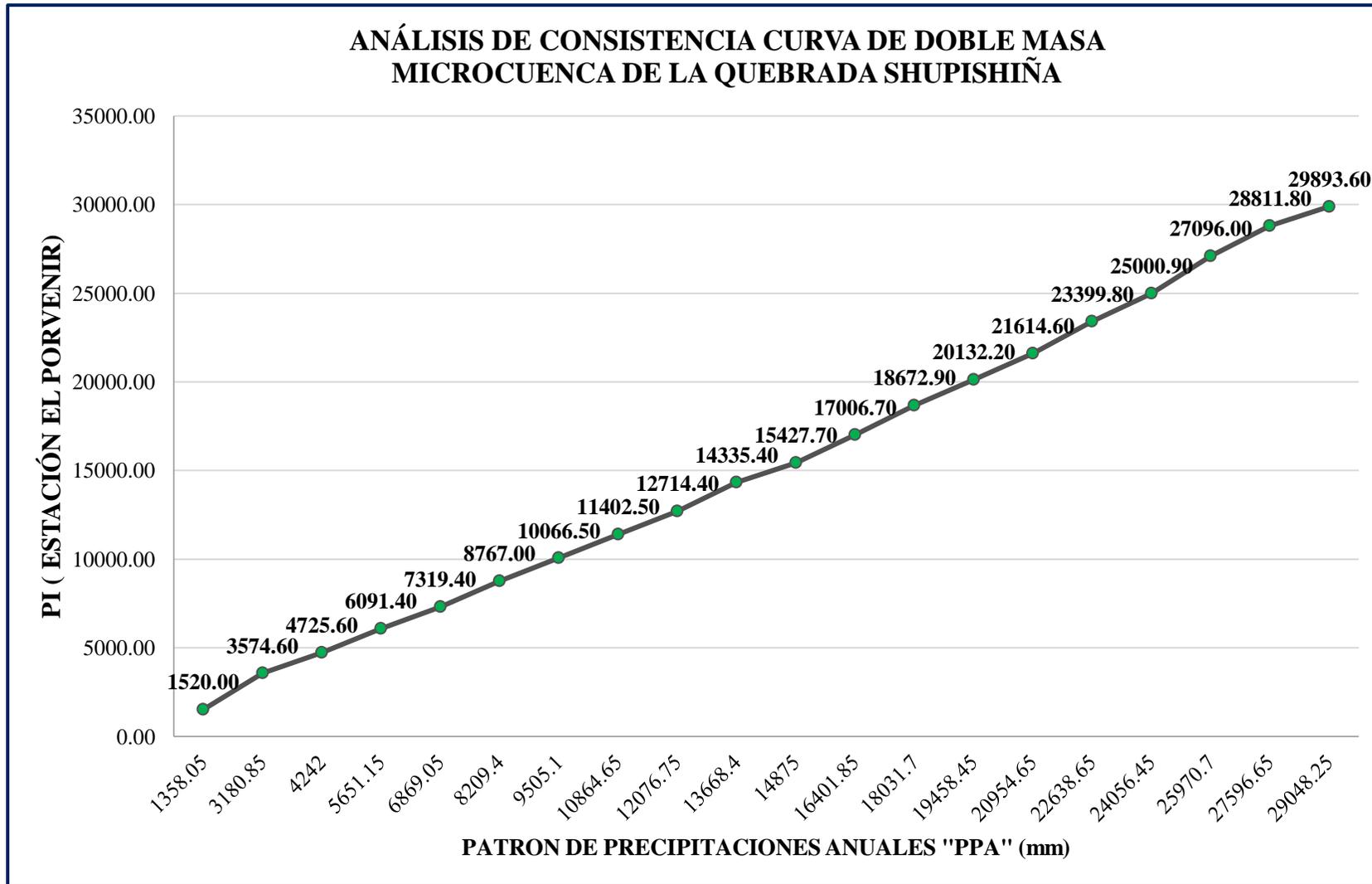


Ilustración 46 : Recta de dispersión para el análisis de doble masa Estación El Porvenir (Fuente: Elaboración propia).

Polígono de Thiessen

El cálculo de la precipitación media de la cuenca realizada a través del método de Polígono de Thiessen, se obtiene mediante la multiplicación de la precipitación y el área de influencia sobre el área de trabajo de las estaciones pluviométricas.

Para el cálculo de esta área de influencia se procedió con el uso del Programa ArcGis, realizando los siguientes pasos: Abrir la ventana “ArcToolbox” y ubicar la pestaña “Analyst Tool”, desplegarla y seleccionar “Proximity”, dentro ubicamos la herramienta “Create Thiessen Polygons”, la cual creara el polígono de Thiessen con las estaciones pluviométricas georreferenciadas, que han sido cargadas dentro del programa con anterioridad.

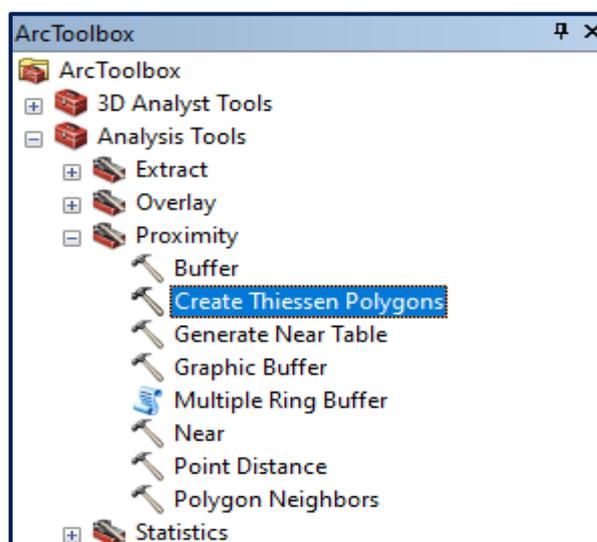


Ilustración 47 : Elaboración de Polígono de Thiessen con ArcGis. (Fuente: Elaboración Propia).

Curvas Isoyetas

La obtención de la precipitación media de la cuenca, mediante el método de las Curvas Isoyetas, se ha realizado calculando las curvas isoyetas con la información mensual y anual de las estaciones pluviométricas. Se planteó la equidistancia de 20 mm, para el cálculo anual, de manera que de los meses vario entre los 2 y 5 mm. Los resultados y planos pueden ser observados al final de la tesis.

El diseño correspondiente fue realizado con el programa ArcGis, mediante los siguientes pasos: Cargamos las estaciones pluviométricas al ArcMap, que contiene los datos de

precipitación mensual y anual, luego seleccionamos la ventana “ArcToolbox” y ubicar la pestaña “3D Analyst Tool”, desplegarla y seleccionar “Raster Interpolation”, dentro ubicamos la herramienta “IDW”, posteriormente las curvas han sido recortadas convenientemente dentro del área de la cuenca, mediante la herramienta “Clip” ubicada en “geoprocessing”. Los resultados y planos pueden ser observados al final de la tesis.

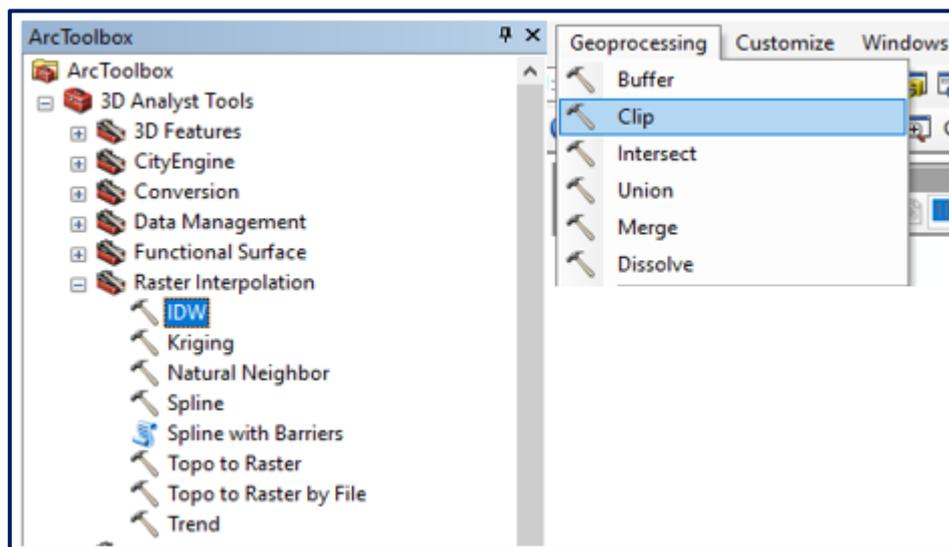


Ilustración 48 : Elaboración de Curvas Isoyetas con ArcGis (Fuente: Elaboración Propia).

Curvas Isotermas

El cálculo de las Curvas Isotermas y de la temperatura, se procedió únicamente utilizando los datos anuales, debido a la poca dispersión que existe en los resultados mensuales; además, se tiene por entendido que la Evapotranspiración tiene probabilidades mínimas de respecto al cálculo anual o mensual. Los resultados y planos pueden ser observados al final de la tesis.

Balance Hídrico

Para determinar el Balance Hídrico se utilizarán los métodos y formulas descritos en el marco teórico.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Aplicación de la Metodología y Presentación de Resultados.

3.1.1. Parámetros Geomorfológicos

a) Área de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña

Mediante el programa ArcGis se delimitó la microcuenca de la Quebrada Shupishiña, obteniendo el área que se muestra:

$$\text{Área} = 144623967.22839 \text{ m}^2 = 144.62396722839 \text{ km}^2$$

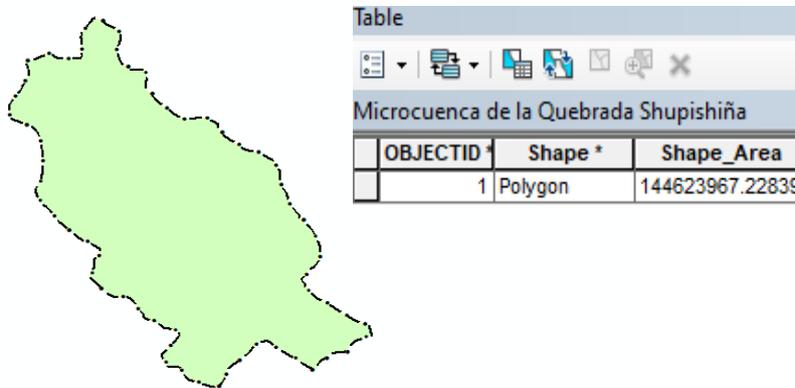


Ilustración 49 : Área de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en ArcGis (Fuente: Elaboración Propia).

b) Perímetro de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña

Mediante el programa ArcGis se delimitó la microcuenca de la Quebrada Shupishiña, obteniendo el perímetro que se muestra:

$$\text{Perímetro} = 61848.681714 \text{ m} = 61.848681714 \text{ km}$$

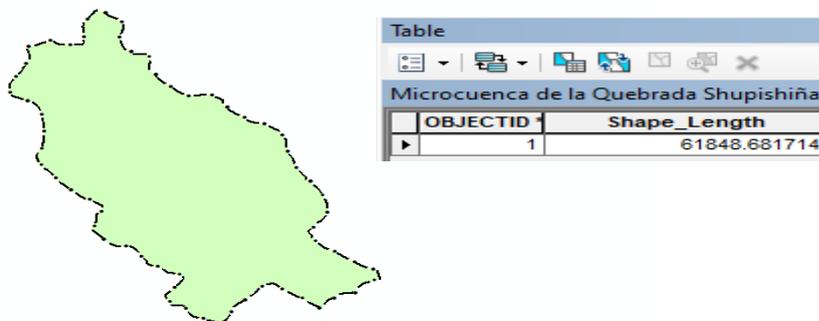


Ilustración 50 : Perímetro de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña en ArcGis (Fuente: Elaboración Propia)

c) Curva Hipsométrica

Tabla 10*Cuadro de entrada para la elaboración de la Curva Hipsométrica*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	ÁREA ENTRE CURVAS (m2)	CORRECCIÓN	ÁREA CORREGIDA (m2)	PORCENTAJE DE ÁREAS (%)	ÁREA SOBRE LA ALTITUD MAYOR (m2)	PORCENTAJE DE ÁREA SOBRE LA MAYOR ALTITUD (%)
-	236	-	-		0.000	144623967.228	100.000
236	250	4095667.792	-764.012	4094903.781	2.831	140529063.448	97.169
250	300	44086753.151	-8224.005	44078529.145	30.478	96450534.302	66.691
300	400	33238417.891	-6200.341	33232217.549	22.978	63218316.753	43.712
400	500	14218188.507	-2652.281	14215536.226	9.829	49002780.527	33.883
500	600	9681847.598	-1806.066	9680041.532	6.693	39322738.995	27.190
600	700	13660866.624	-2548.317	13658318.306	9.444	25664420.689	17.746
700	800	14140422.663	-2637.774	14137784.888	9.776	11526635.800	7.970
800	900	7983960.000	-1489.339	7982470.661	5.519	3544165.139	2.451
900	1000	1736770.520	-323.980	1736446.540	1.201	1807718.599	1.250
1000	1100	758216.981	-141.439	758075.542	0.524	1049643.058	0.726
1100	1200	641568.214	-119.679	641448.535	0.444	408194.522	0.282
1200	1307	408270.682	-76.159	408194.522	0.282	0.00	0.000
SUMATORIA		144650950.621	-26983.393	144623967.228	100.000		

Fuente: Elaboración Propia.

La corrección de las áreas generadas entre cada curva relacionada al área total de la microcuenca de la Quebrada Shupishiña, que proviene de un margen de error por parte del programa ArcGis, ha corregido utilizando la siguiente fórmula:

$$X_i = A_i \left(\frac{\sum A_{error}}{A_T} \right)$$

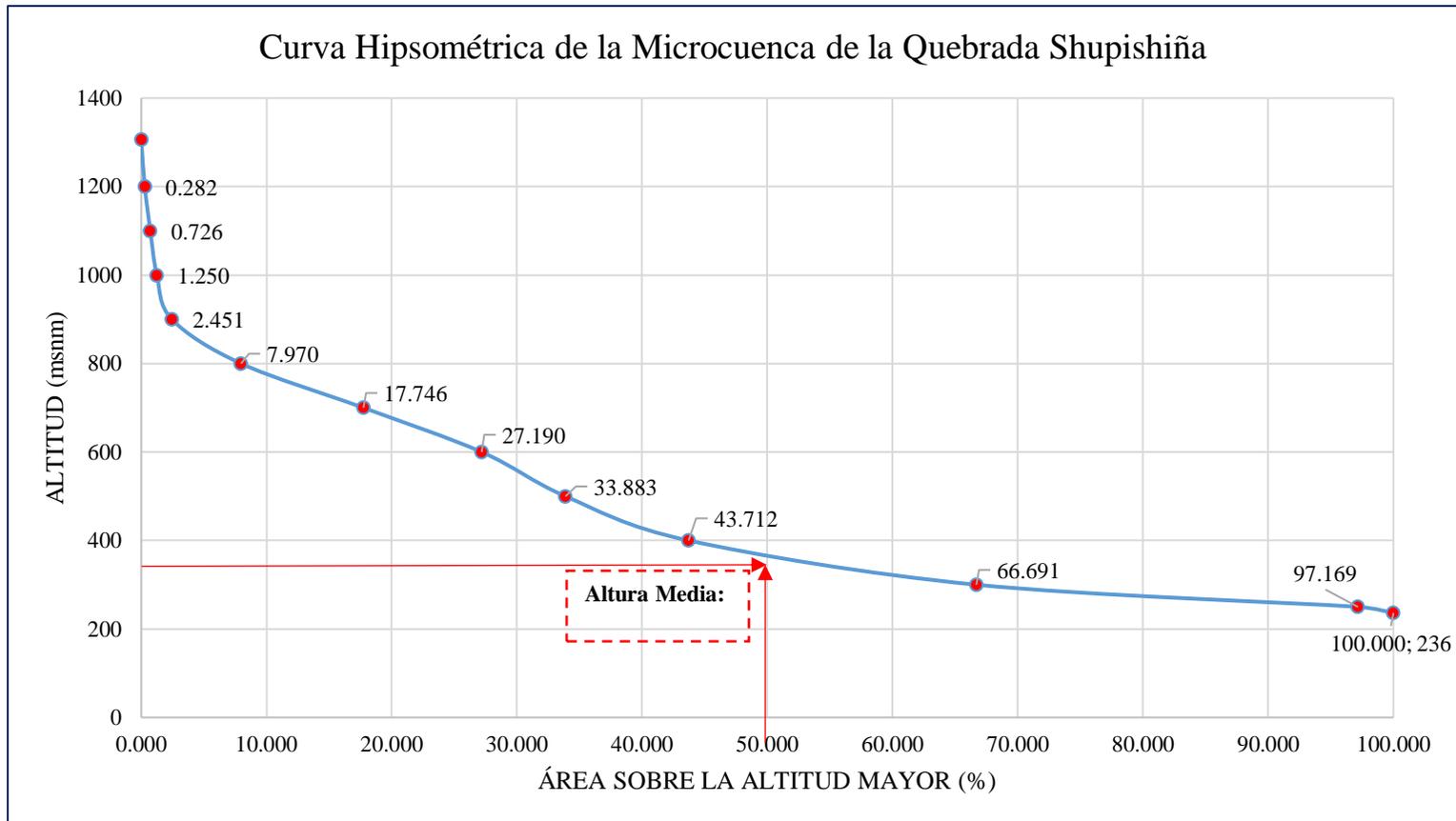


Ilustración 51 : Curva Hipsométrica de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia).

d) Polígono de Frecuencia de Altitudes

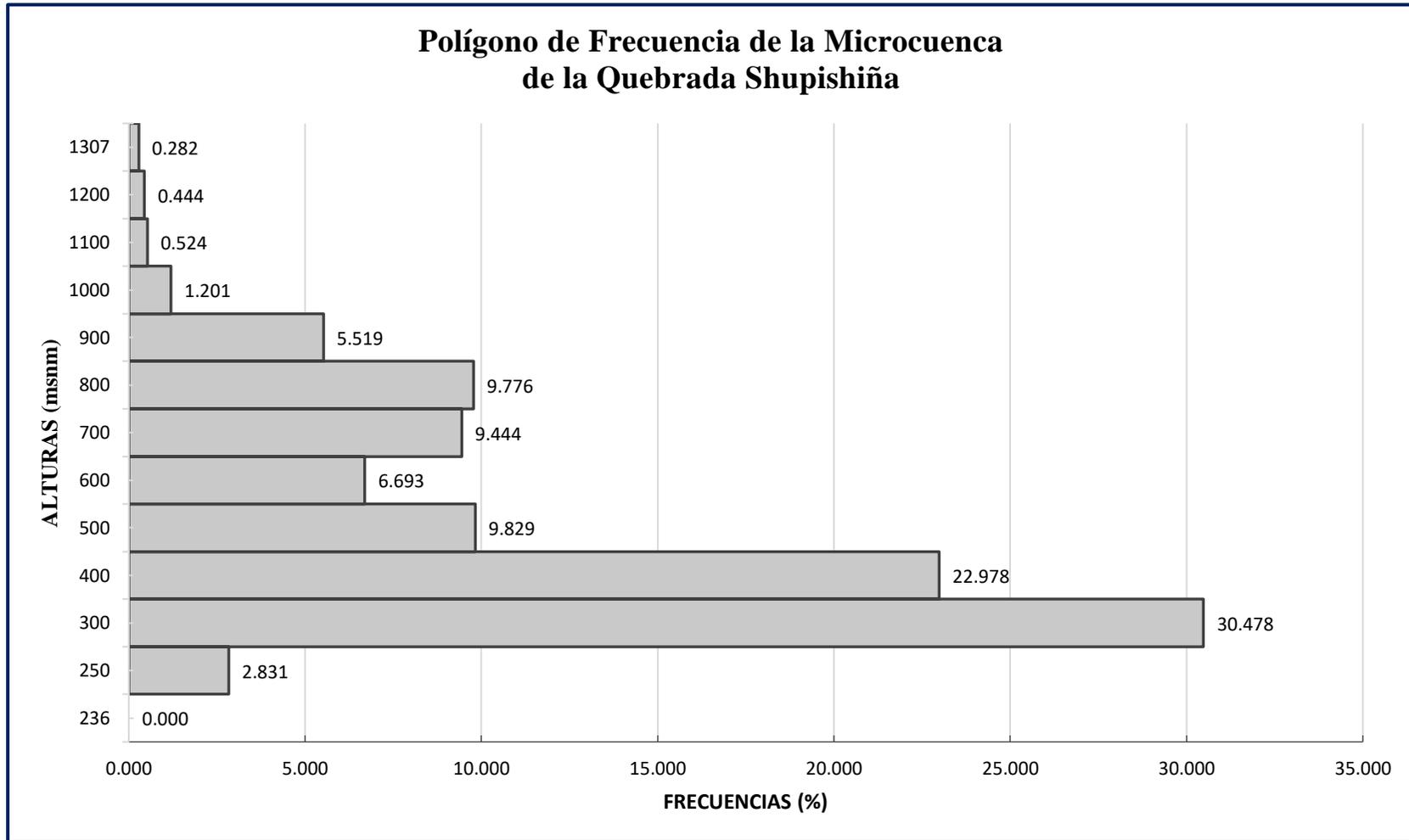


Ilustración 52 : Polígono de Frecuencia de Altitudes de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia)

e) Factor Forma**Longitud del Curso Principal (L)**

$$L = 27,308 \text{ m} = 27.308 \text{ km.}$$

Ancho Promedio (B)

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

$$B = 5,296.029 \text{ m} = 5.296029 \text{ km.}$$

Factor Forma (F)

$$F = \frac{A}{L^2} = \frac{B}{L}$$

$$F = 0.1939$$

f) Índice de Compacidad (K)

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K = 1.4400$$

g) Rectángulo Equivalente**Lado mayor del rectángulo equivalente (L)**

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

$$L = 25.180954 \text{ km.}$$

Lado menor del rectángulo equivalente (l)

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

$$l = 5.743387216 \text{ km}$$

h) Datos de la Red de Drenaje

Orden de los ríos	N° de cursos de Agua	Longitud (Km)
1°	2	5.95
2°	1	7.14
3°	1	27.308

En total suman 04 curso de agua que suman un total de 40.398 km.

Tabla 11

Datos de entrada para el Rectángulo Equivalente

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	ÁREA ENTRE CURVAS (m ²)	ALTURAS PARCIALES (m)
-	236	-	-
236	250	4094903.781	712.977
250	300	44078529.145	7674.657
300	400	33232217.549	5786.170
400	500	14215536.226	2475.114
500	600	9680041.532	1685.424
600	700	13658318.306	2378.095
700	800	14137784.888	2461.576
800	900	7982470.661	1389.854
900	1000	1736446.540	302.338
1000	1100	758075.542	131.991
1100	1200	641448.535	111.685
1200	1307	408194.522	71.072
SUMATORIA		144623967.228	25180.954

Fuente: Elaboración Propia.

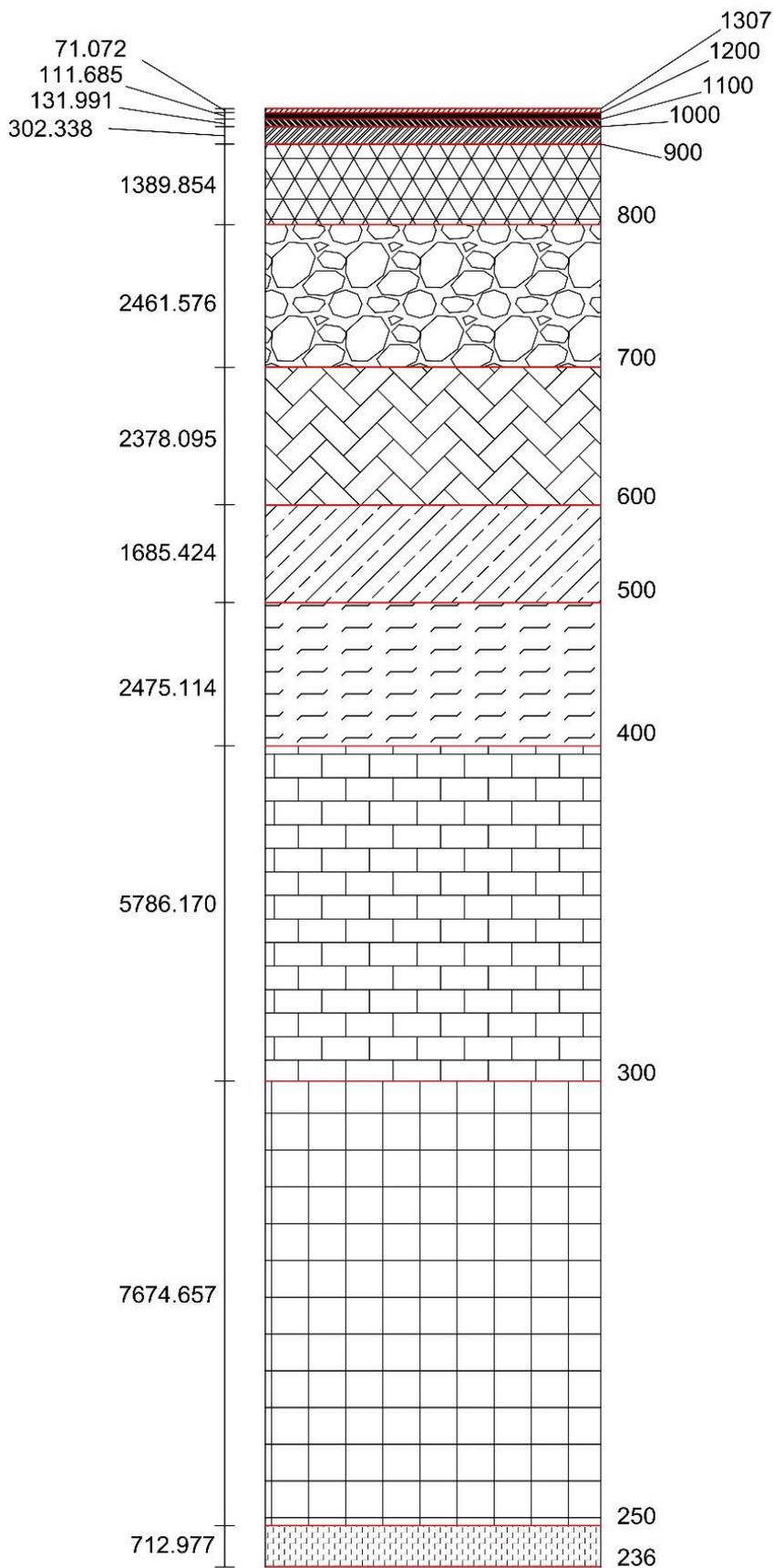


Ilustración 53 : Rectángulo Equivalente de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia).

i) Pendiente de la Cuenca (Índice de Pendiente)

Método del Rectángulo Equivalente: El valor obtenido fue de 0.16784 y los cálculos se aprecian la tabla 12.

Tabla 12

Índice de Pendiente por el Método del Rectángulo Equivalente

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	ÁREA ENTRE CURVAS (m ²)	DIFERENCIA DE ALTITUD (m)	LADO MAYOR DEL RECTANGULO (m)	CÁLCULO DEL INDICE DE PENDIENTE
-	236	-	-	-	-
236	250	4094903.781	14.00	25180.954	0.00397
250	300	44078529.145	50.00	25180.954	0.02460
300	400	33232217.549	100.00	25180.954	0.03021
400	500	14215536.226	100.00	25180.954	0.01976
500	600	9680041.532	100.00	25180.954	0.01630
600	700	13658318.306	100.00	25180.954	0.01937
700	800	14137784.888	100.00	25180.954	0.01970
800	900	7982470.661	100.00	25180.954	0.01481
900	1000	1736446.540	100.00	25180.954	0.00691
1000	1100	758075.542	100.00	25180.954	0.00456
1100	1200	641448.535	100.00	25180.954	0.00420
1200	1307	408194.522	107.00	25180.954	0.00346
SUMATORIA		144623967.228	1071.000		0.16784

Fuente: Elaboración Propia.

Método de Alvord: El valor obtenido fue de 0.08068 y los cálculos se aprecian la tabla 13.

Tabla 13

Índice de Pendiente por el Método de Alvord

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	LONGITUD DE CURVA MENOR (m)	EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS - E (m)	AREA (m ²)	CÁLCULO DEL INDICE DE PENDIENTE
-	236	-	-	-	-
236	400	318819.2360	5.00	144623967.228	0.01102
400	1200	500630.1094	20.00	144623967.228	0.06923
1200	1307	3655.8145	17.00	144623967.228	0.00043
SUMATORIA		823105.160	42.00		0.08068

Fuente: Elaboración Propia.

Pendiente Promedio:

Para el cálculo definitivo de la pendiente, se realiza un promedio aritmético con los resultados obtenidos de los métodos utilizados (Método del Rectángulo Equivalente y Método de Alvord):

$$S_p = \frac{S_R + S_A}{2}$$

$$S_p = \frac{0.16784 + 0.08068}{2}$$

$$S_p = 0.12426$$

j) Perfil Longitudinal del Cauce**Pendiente Media del Cauce:**

$$J = \frac{HM - Hm}{1000 * L}$$

$$J = \frac{640 - 236}{1000 * 27.308}$$

$$J = 0.015$$

Ecuación De Taylor y Schwarz para Tramos De Longitudes Diferentes

Los cálculos realizados para ser reemplazados en la fórmula se muestran en la tabla 14 y la presentación gráfica de los resultados obtenidos en la figura 54. Siendo la fórmula de Taylor Schwarz la siguiente:

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i^2}} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{27308.00}{335546.52356} \right)^2$$

$$S = 0.0066$$

Tabla 14

Declive o Pendiente del Cauce de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	DIFERENCIA DE ALTITUD (m)	LONGITUD PARCIAL (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	PENDIENTE PARCIAL	$\frac{L_i}{\sqrt{S_i}}$
-	236	-	-	0.00	-	-
236	250	14.00	4026.08	4026.08	0.00348	68274.59939
250	300	50.00	12817.06	16843.14	0.00390	205209.65908
300	400	100.00	4868.77	21711.91	0.02054	33972.55917
400	500	100.00	2354.42	24066.32	0.04247	11424.19387
500	600	100.00	1673.32	25739.65	0.05976	6844.92258
600	640	40.00	1568.36	27308.00	0.02550	9820.58948
SUMATORIA		404.00	27308.00			335546.52356

Fuente: Elaboración Propia.

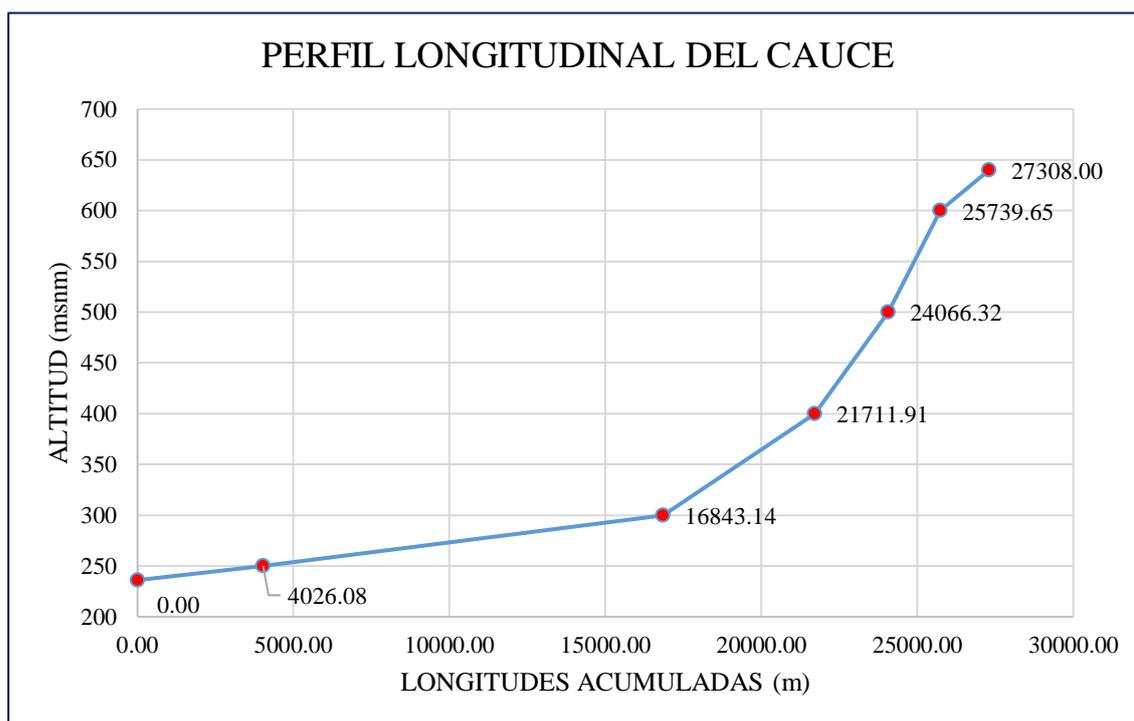


Ilustración 54 : Declive o Pendiente del Cauce de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia).

k) Coeficiente de Tortuosidad

$$k = \frac{L_a}{L_r}$$

$$k = \frac{18.868}{40.398} = 0.467$$

l) Densidad de Corriente

$$D_c = \frac{N_c}{A}$$

$$D_c = \frac{4}{144.62396722839} = 0.0277$$

m) Densidad de Drenaje

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

$$D_d = \frac{40.398}{144.62396722839} = 0.279$$

n) Extensión Media de Escorrentía Superficial

$$E_x = \frac{A}{4L}$$

$$E_x = \frac{144.62396722839}{4 * 40.398} = 0.895 \frac{km^2}{km}$$

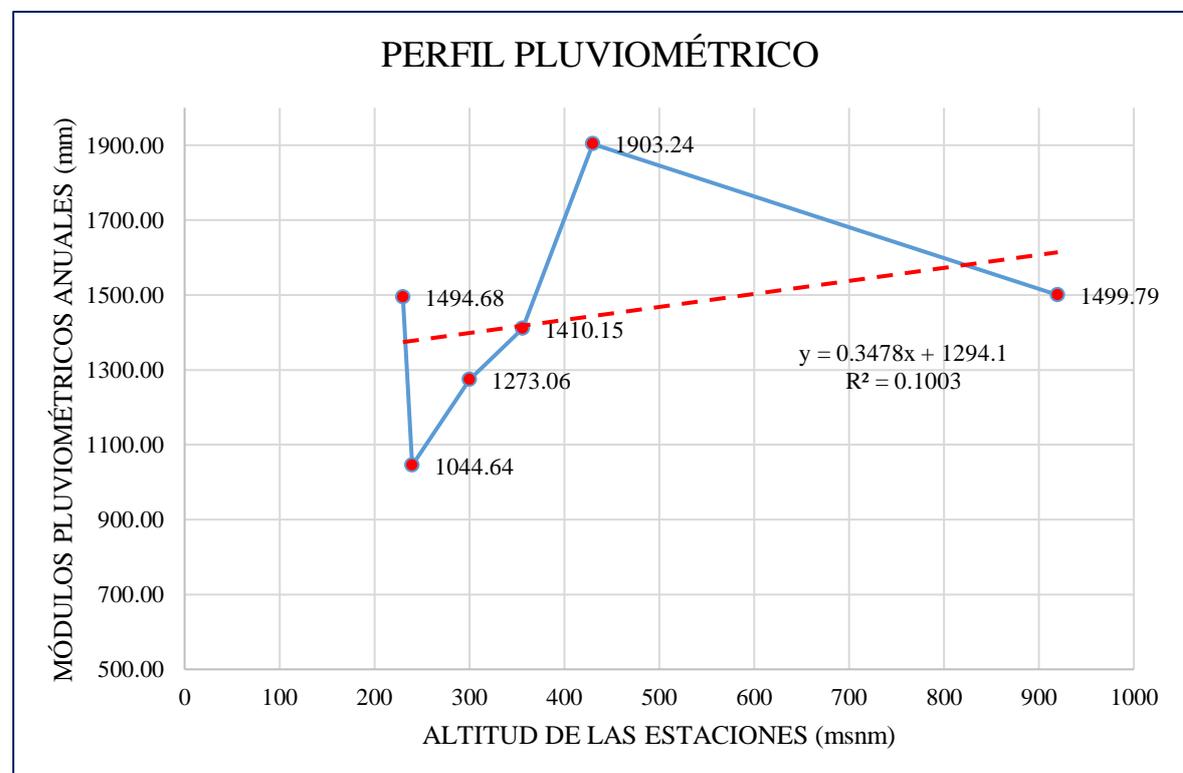
o) Perfil Pluviométrico de las Estaciones

Ilustración 55 : Perfil Pluviométrico de las Estaciones. (Fuente: Elaboración Propia).

3.1.2. Precipitación

a) Método Aritmético

Tabla 15

Precipitación Media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña - Método Aritmético

PERIODO	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
ENE	115.576
FEB	134.173
MAR	172.320
ABR	169.865
MAY	123.220
JUN	84.543
JUL	85.273
AGO	65.457
SEP	108.844
OCT	128.817
NOV	130.693
DIC	121.952
ANUAL	1440.733

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 15 se pueden apreciar los resultados obtenidos aplicando el método aritmético y los cálculos desarrollados se muestran en la Tabla 18 y así como en las Ilustraciones 56 y 57, se aprecia la línea de tendencia y perfil de la información resultante.

b) Método de Polígono de Thiessen

Tabla 16

Precipitación Media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña - Método Polígono de Thiessen

PERIODO	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
ENE	112.676
FEB	128.121
MAR	169.701
ABR	165.211
MAY	114.580
JUN	80.654
JUL	82.622
AGO	62.575
SEP	101.401
OCT	118.717
NOV	127.389
DIC	120.952
ANUAL	1384.601

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 16 se pueden apreciar los resultados obtenidos aplicando el método Polígono de Thiessen y los cálculos desarrollados se muestran en la Tabla 19 y así como en las Ilustraciones 58 y 59, se aprecia la línea de tendencia y perfil de la información resultante.

c) Método de las Curvas Isoyetas

Tabla 17

Precipitación Media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña - Método de las Curvas Isoyetas

PERIODO	CALCULOS POR MES	CALCULO DIRECTO ANUAL
	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	
ENE	114.062	
FEB	130.818	
MAR	171.520	
ABR	167.152	
MAY	113.336	
JUN	82.393	
JUL	83.597	
AGO	64.378	
SET	103.884	
OCT	122.040	
NOV	129.182	
DIC	122.080	
ANUAL	1404.443	1406.439

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 17 se pueden apreciar los resultados obtenidos aplicando el método de las Curvas Isoyetas y los cálculos desarrollados en los intervalos mensuales y anuales se muestran en las Tablas 20 al 32 y así como en las Ilustraciones 60 y 61, se aprecia la línea de tendencia y perfil de la información resultante.

Para este método ha se realizado una comparación de resultados, trabajando independientemente cada mes del año, llegando a una sumatoria final de doce valores, así como un solo cálculo por las precipitaciones acumuladas anuales, dando como resultados, valores muy similares y cercanos.

Finalmente, para la obtención de la precipitación media de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, se procedió a promediar los valores obtenidos por los métodos de Polígono de Thiessen y Curvas Isoyetas.

Tabla 18*Precipitación Media de la Cuenca - Método Aritmético*

PERIODO	PRECIPITACIÓN MEDIA REGISTRADA EN LA ESTACION (mm)						PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
	TARAPOTO	SAN ANTONIO	LAMAS	SHANAO	CUÑUMBUQUE	EL PORVENIR		
ENE	124.585	153.185	129.045	98.930	76.065	111.645	693.455	115.576
FEB	148.400	178.130	141.860	121.350	85.655	129.645	805.040	134.173
MAR	170.035	234.780	186.750	138.525	126.780	177.053	1033.923	172.320
ABR	173.185	211.340	174.750	146.010	133.380	180.525	1019.190	169.865
MAY	109.255	169.410	127.080	114.250	82.435	136.890	739.320	123.220
JUN	84.485	121.420	83.975	72.374	58.095	86.910	507.259	84.543
JUL	73.165	113.435	95.235	72.374	62.935	94.495	511.639	85.273
AGO	58.805	85.485	60.515	58.665	55.725	73.545	392.740	65.457
SEP	91.535	135.330	108.237	103.020	85.180	129.763	653.065	108.844
OCT	113.930	172.440	140.080	123.405	79.660	143.385	772.900	128.817
NOV	132.645	168.640	132.635	120.475	102.420	127.345	784.160	130.693
DIC	130.120	159.645	125.035	101.780	96.310	118.820	731.710	121.952
ANUAL	1410.145	1903.240	1505.197	1271.157	1044.640	1510.021	8644.400	1440.733

Fuente: Elaboración Propia.

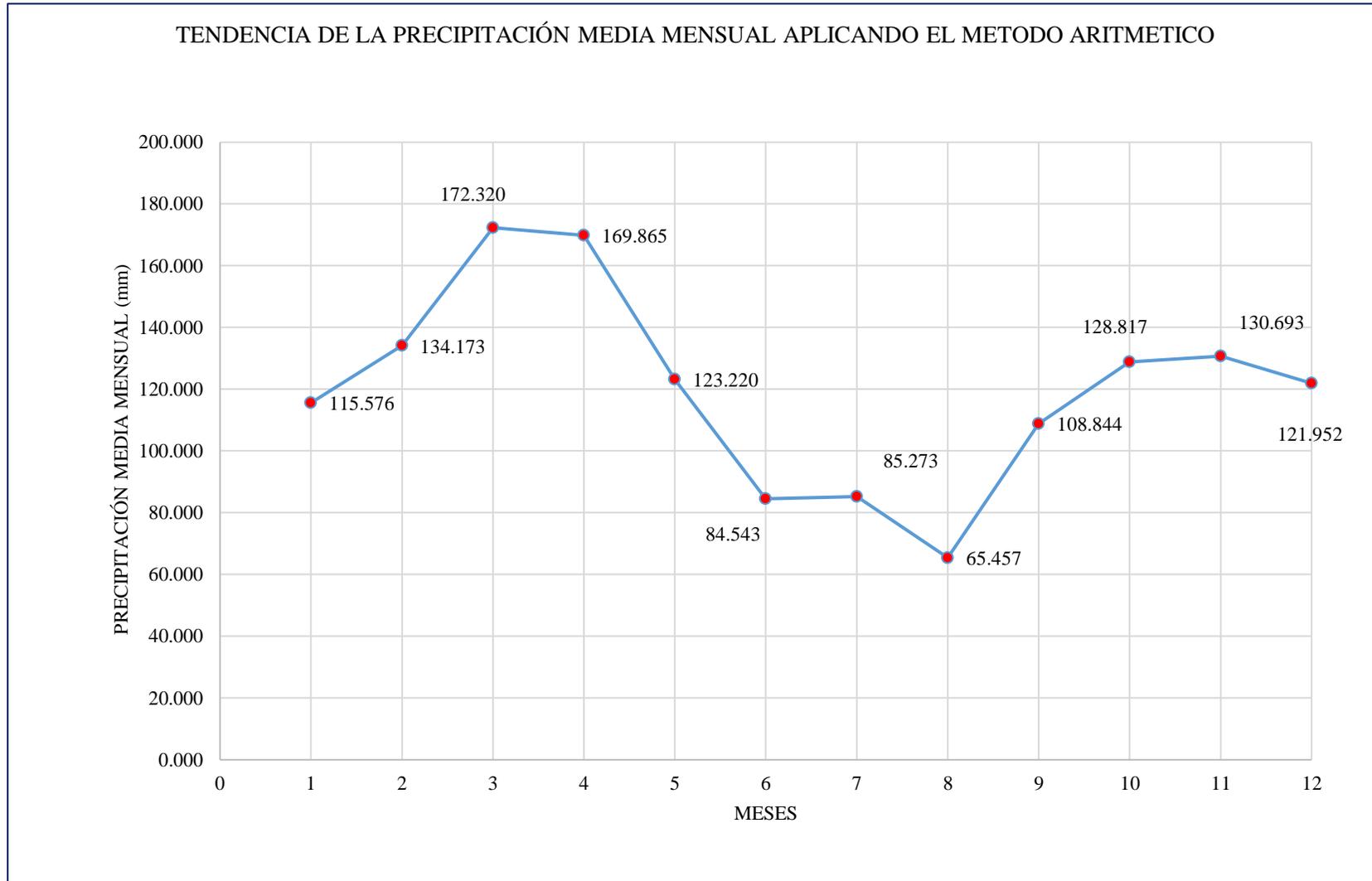


Ilustración 56 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual - Método Aritmético (Fuente: Elaboración Propia).

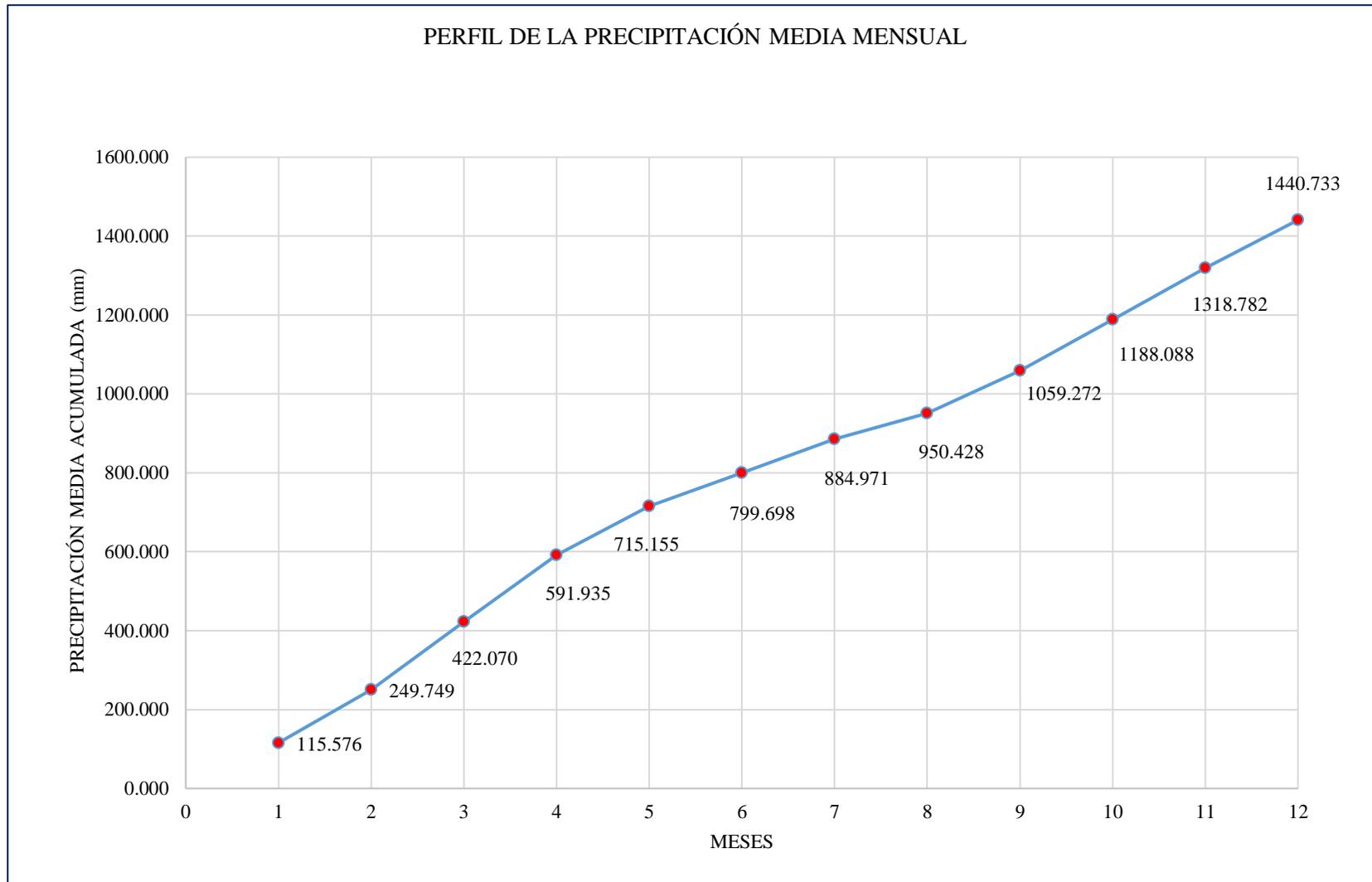


Ilustración 57 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada - Método Aritmético (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 19*Precipitación Media de la Cuenca - Método Polígono de Thiessen*

PERIODO	ESTACIÓN TARAPOTO		ESTACIÓN SAN ANTONIO		ESTACIÓN LAMAS		ESTACIÓN CUÑUMBUQUE		PRECIPITACIÓN MEDIA
	P (mm)	%A*P (mm)	P (mm)	%A*P (mm)	P (mm)	%A*P (mm)	P (mm)	%A*P (mm)	
ENE	124.585	20.651	153.185	25.256	129.045	38.615	76.065	28.154	112.676
FEB	148.400	24.599	178.130	29.368	141.860	42.450	85.655	31.703	128.121
MAR	170.035	28.185	234.780	38.708	186.750	55.883	126.780	46.925	169.701
ABR	173.185	28.707	211.340	34.844	174.750	52.292	133.380	49.368	165.211
MAY	109.255	18.110	169.410	27.931	127.080	38.027	82.435	30.512	114.580
JUN	84.485	14.004	121.420	20.019	83.975	25.129	58.095	21.503	80.654
JUL	73.165	12.128	113.435	18.702	95.235	28.498	62.935	23.294	82.622
AGO	58.805	9.748	85.485	14.094	60.515	18.108	55.725	20.625	62.575
SEP	91.535	15.173	135.330	22.312	108.237	32.389	85.180	31.528	101.401
OCT	113.930	18.885	172.440	28.430	140.080	41.917	79.660	29.484	118.717
NOV	132.645	21.987	168.640	27.804	132.635	39.690	102.420	37.909	127.389
DIC	130.120	21.569	159.645	26.321	125.035	37.415	96.310	35.647	120.952
ANUAL	1410.145	233.748	1903.240	313.788	1505.197	450.415	1044.640	386.651	1384.601

Fuente: Elaboración Propia.

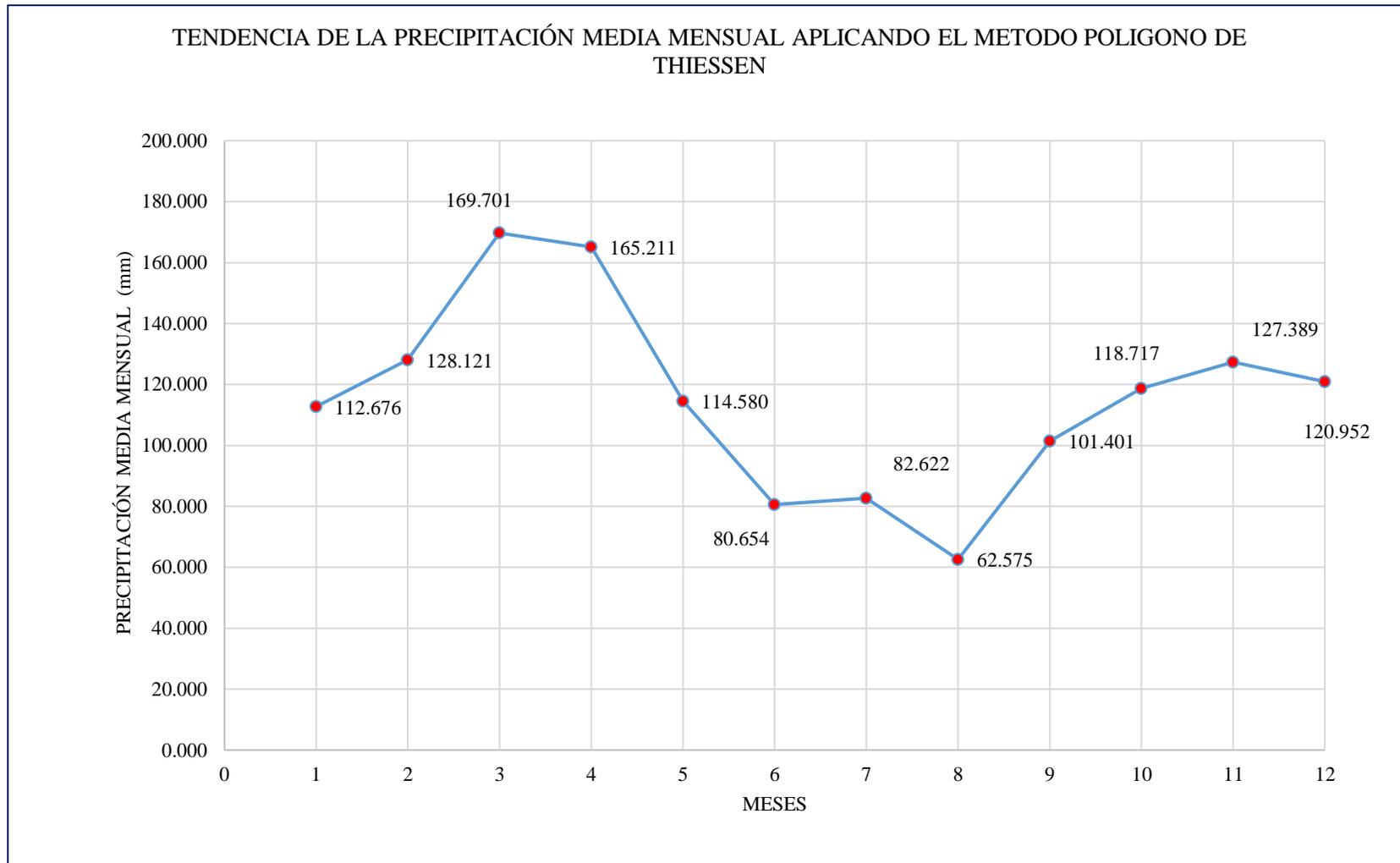


Ilustración 58 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual - Método Polígono de Thiessen (Fuente: Elaboración Propia).

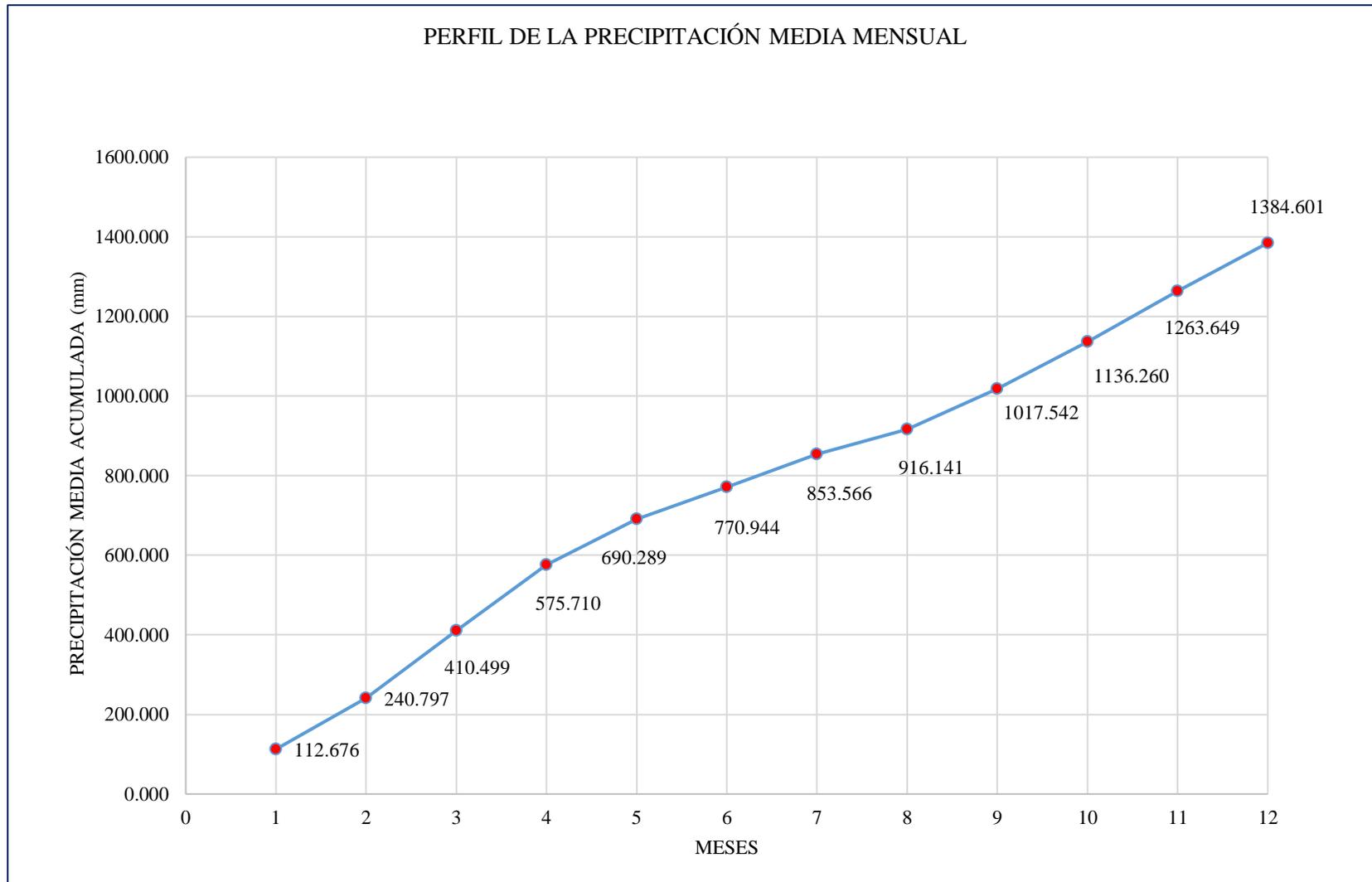


Ilustración 59 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada - Método de Polígono de Thiessen (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 20*Precipitación Media Mes de Enero - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
85	80	82.5	6.571906	542.182	3.749
90	85	87.5	6.473818	566.459	3.917
95	90	92.5	7.146422	661.044	4.571
100	95	97.5	8.141316	793.778	5.489
105	100	102.5	8.379530	858.902	5.939
110	105	107.5	9.598626	1031.852	7.135
115	110	112.5	14.082655	1584.299	10.955
120	115	117.5	20.150108	2367.638	16.371
125	120	122.5	30.589489	3747.212	25.910
130	125	127.5	23.485105	2994.351	20.704
135	130	132.5	5.464911	724.101	5.007
140	135	137.5	4.540080	624.261	4.316
TOTAL			144.623967	16496.079	114.062

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21*Precipitación Media Mes de Febrero - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
90	95	92.5	5.139241	475.380	3.287
95	100	97.5	5.036277	491.037	3.395
100	105	102.5	5.425749	556.139	3.845
105	110	107.5	6.119636	657.861	4.549
110	115	112.5	6.898580	776.090	5.366
115	120	117.5	7.046311	827.942	5.725
120	125	122.5	7.928219	971.207	6.715
125	130	127.5	9.947207	1268.269	8.769
130	135	132.5	14.723835	1950.908	13.490
135	140	137.5	27.509264	3782.524	26.154
140	145	142.5	28.131524	4008.742	27.718
145	150	147.5	9.700989	1430.896	9.894
150	155	152.5	4.960173	756.426	5.230
155	160	157.5	3.639549	573.229	3.964
160	165	162.5	2.417413	392.830	2.716
TOTAL			144.623967	18919.479	130.818

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22*Precipitación Media Mes de Marzo - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
135	130	132.5	4.467737	591.975	4.093
140	135	137.5	5.175054	711.570	4.920
145	140	142.5	5.698827	812.083	5.615
150	145	147.5	6.450911	951.509	6.579
155	150	152.5	7.028404	1071.832	7.411
160	155	157.5	7.198519	1133.767	7.839
165	160	162.5	8.362458	1358.899	9.396
170	165	167.5	13.331585	2233.040	15.440
175	170	172.5	17.472523	3014.010	20.840
180	175	177.5	13.506176	2397.346	16.576
185	180	182.5	29.071629	5305.572	36.685
190	185	187.5	11.558815	2167.278	14.986
195	190	192.5	5.134764	988.442	6.835
200	195	197.5	3.518679	694.939	4.805
205	200	202.5	2.766595	560.235	3.874
210	205	207.5	2.287589	474.675	3.282
215	210	212.5	1.593702	338.662	2.342
TOTAL			144.623967	24805.835	171.520

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23*Precipitación Media Mes de Abril - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
140	135	137.5	4.749769	653.093	4.516
145	140	142.5	6.723989	958.168	6.625
150	145	147.5	7.565607	1115.927	7.716
155	150	152.5	9.123495	1391.333	9.620

160	155	157.5	9.709942	1529.316	10.574
165	160	162.5	11.840847	1924.138	13.304
170	165	167.5	19.545231	3273.826	22.637
175	170	172.5	42.313680	7299.110	50.470
180	175	177.5	16.407071	2912.255	20.137
185	180	182.5	7.131368	1301.475	8.999
190	185	187.5	4.606515	863.721	5.972
195	190	192.5	3.438098	661.834	4.576
200	195	197.5	1.468355	290.000	2.005
TOTAL			144.623967	24174.197	167.152

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24

Precipitación Media Mes de Mayo - Método de las Curvas Isoyetas

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
85	80	82.5	5.394412	445.039	3.077
90	85	87.5	6.755326	591.091	4.087
95	90	92.5	7.699908	712.241	4.925
100	95	97.5	8.975765	875.137	6.051
105	100	102.5	9.580118	981.962	6.790
110	105	107.5	16.093703	1730.073	11.963
115	110	112.5	21.170270	2381.655	16.468
120	115	117.5	16.281724	1913.103	13.228
125	120	122.5	31.023466	3800.375	26.278
135	125	130	9.553258	1241.924	8.587
140	135	137.5	4.834826	664.789	4.597
145	140	142.5	3.456005	492.481	3.405
150	145	147.5	3.805187	561.265	3.881
TOTAL			144.623967	16391.134	113.336

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25*Precipitación Media Mes de Junio - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
65	60	62.5	8.595246	537.203	3.714
70	65	67.5	10.274005	693.495	4.795
75	70	72.5	12.722755	922.400	6.378
80	75	77.5	15.534116	1203.894	8.324
85	80	82.5	43.088147	3554.772	24.579
90	85	87.5	28.955235	2533.583	17.518
95	90	92.5	11.943811	1104.802	7.639
100	95	97.5	6.437481	627.654	4.340
105	100	102.5	4.427447	453.813	3.138
110	105	107.5	2.645724	284.415	1.967
TOTAL			144.623967	11916.033	82.393

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26*Precipitación Media Mes de Julio - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
70	65	67.5	12.172122	821.618	5.681
75	70	72.5	15.010344	1088.250	7.525
80	75	77.5	30.320626	2349.848	16.248
85	80	82.5	18.981168	1565.946	10.828
90	85	87.5	19.352734	1693.364	11.709
95	90	92.5	39.793303	3680.881	25.451
100	95	97.5	6.338994	618.052	4.274
105	100	102.5	2.654678	272.104	1.881
TOTAL			144.623967	12090.064	83.597

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27*Precipitación Media Mes de Agosto - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN	
				ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
65	60	62.5	104.078580	6504.911	44.978
70	65	67.5	26.757180	1806.110	12.488
75	70	72.5	13.788207	999.645	6.912
TOTAL			144.623967	9310.666	64.378

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28*Precipitación Media Mes de Septiembre - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN	
				ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
95	90	92.5	21.465729	1985.580	13.729
100	95	97.5	24.926211	2430.306	16.804
105	100	102.5	30.848872	3162.009	21.864
110	105	107.5	40.643870	4369.216	30.211
115	110	112.5	16.733868	1882.560	13.017
120	115	117.5	6.253936	734.838	5.081
125	120	122.5	3.751466	459.555	3.178
TOTAL			144.623953	15024.063	103.884

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29*Precipitación Media Mes de Octubre - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
90	85	87.5	6.688176	585.215	4.046
95	90	92.5	5.792838	535.837	3.705
100	95	97.5	6.446434	628.527	4.346
105	100	102.5	7.507410	769.510	5.321
110	105	107.5	7.677524	825.334	5.707
115	110	112.5	8.935474	1005.241	6.951
120	115	117.5	19.594475	2302.351	15.920
125	120	122.5	13.345015	1634.764	11.304
130	125	127.5	11.267830	1436.648	9.934
135	130	132.5	13.868788	1837.614	12.706
140	135	137.5	31.614389	4346.979	30.057
145	140	142.5	5.363075	764.238	5.284
150	145	147.5	3.397808	501.177	3.465
155	150	152.5	3.124730	476.521	3.295
TOTAL			144.623967	17649.957	122.040

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 30*Precipitación Media Mes de Noviembre - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
110	105	107.5	8.756407	941.314	6.509
115	110	112.5	9.383144	1055.604	7.299
120	115	117.5	11.460328	1346.589	9.311
125	120	122.5	12.754092	1562.376	10.803
130	125	127.5	21.770146	2775.694	19.192
135	130	132.5	44.404294	5883.569	40.682
140	135	137.5	18.811054	2586.520	17.884
145	140	142.5	7.964033	1134.875	7.847
150	145	147.5	5.018370	740.210	5.118
155	150	152.5	4.302100	656.070	4.536
TOTAL			144.623967	18682.819	129.182

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31*Precipitación Media Mes de Diciembre - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
105	100	102.5	11.352887	1163.671	8.046
110	105	107.5	10.354585	1113.118	7.697
115	110	112.5	12.279562	1381.451	9.552
120	115	117.5	15.149121	1780.022	12.308
125	120	122.5	38.777094	4750.194	32.845
130	125	127.5	30.754865	3921.245	27.113
135	130	132.5	13.018216	1724.914	11.927
140	135	137.5	6.509108	895.002	6.188
145	140	142.5	4.414017	628.997	4.349
150	145	147.5	2.014511	297.140	2.055
TOTAL			144.623967	17655.754	122.080

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32*Precipitación Media Anual - Método de las Curvas Isoyetas*

ISOYETA MAYOR (mm)	ISOYETA MENOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	ÁREA ENTRE CURVAS (Km2)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
1080	1060	1070	1.553412	1662.150	11.493
1100	1080	1090	1.768293	1927.439	13.327
1120	1100	1110	1.933930	2146.663	14.843
1140	1120	1130	2.524854	2853.084	19.728
1160	1140	1150	2.654678	3052.879	21.109
1180	1160	1170	2.694968	3153.112	21.802
1200	1180	1190	2.905372	3457.393	23.906
1220	1200	1210	3.021766	3656.337	25.282
1240	1220	1230	3.290368	4047.152	27.984
1260	1240	1250	3.599259	4499.074	31.109
1280	1260	1270	3.406762	4326.587	29.916

1300	1280	1290	3.456005	4458.247	30.826
1320	1300	1310	3.711177	4861.641	33.616
1340	1320	1330	3.912628	5203.795	35.982
1360	1340	1350	4.422970	5971.010	41.286
1380	1360	1370	5.461563	7482.341	51.737
1400	1380	1390	7.220902	10037.054	69.401
1420	1400	1410	9.410004	13268.105	91.742
1440	1420	1430	9.629362	13769.987	95.212
1460	1440	1450	7.623804	11054.516	76.436
1480	1460	1470	9.727849	14299.938	98.877
1500	1480	1490	19.625812	29242.459	202.196
1520	1500	1510	8.102810	12235.243	84.600
1540	1520	1530	4.821396	7376.736	51.006
1560	1540	1550	3.733560	5787.018	40.014
1580	1560	1570	2.596481	4076.474	28.187
1600	1580	1590	2.175672	3459.318	23.919
1620	1600	1610	1.862303	2998.308	20.732
1640	1620	1630	1.589225	2590.437	17.912
1660	1640	1650	1.432541	2363.693	16.344
1680	1660	1670	1.325100	2212.918	15.301
1700	1680	1690	1.199753	2027.583	14.020
1720	1700	1710	1.038592	1775.993	12.280
1740	1720	1730	0.689410	1192.680	8.247
1760	1740	1750	0.501389	877.431	6.067
	TOTAL		144.623967	203404.795	1406.439

Fuente: Elaboración Propia.

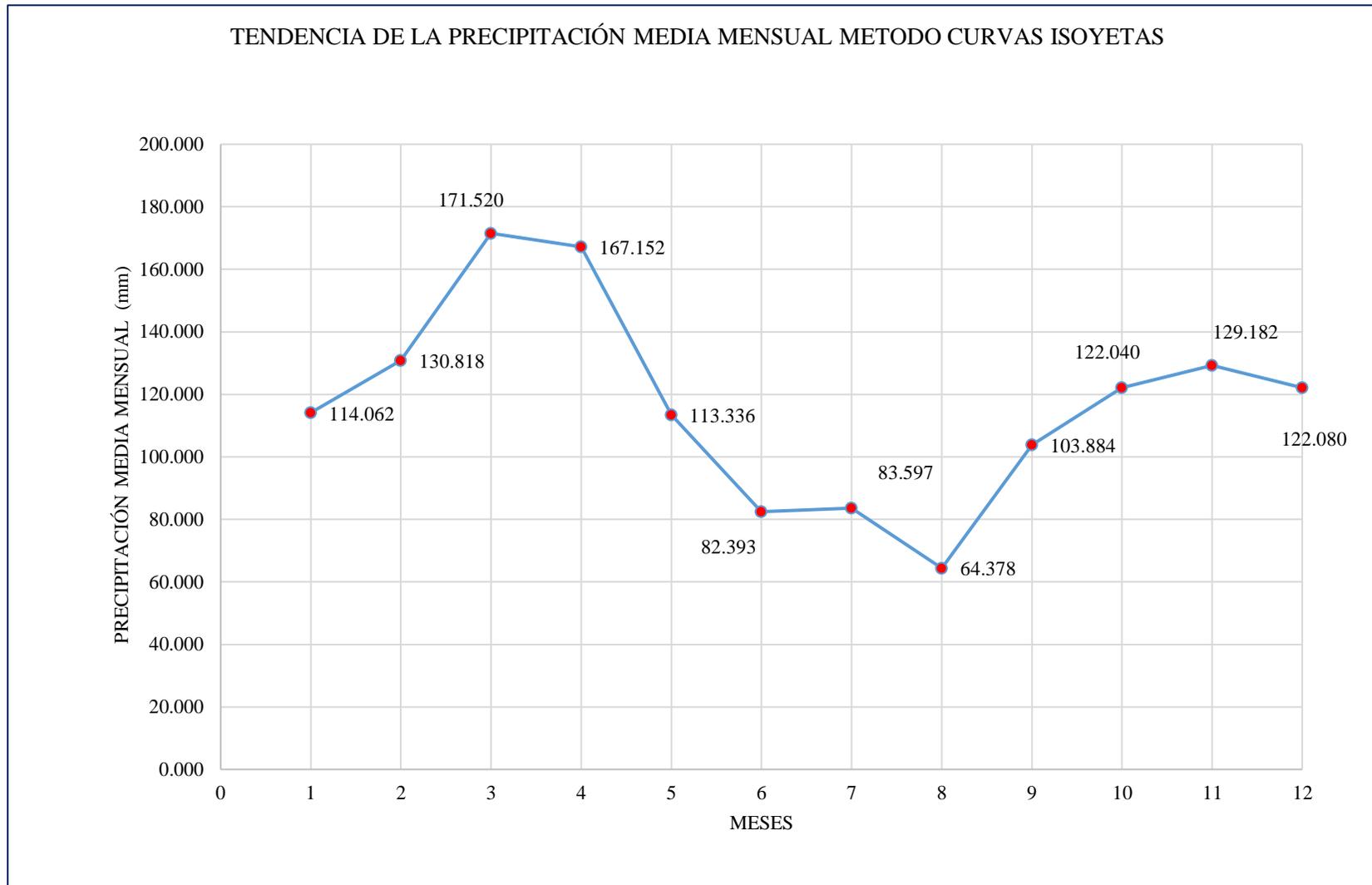


Ilustración 60 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual - Método de las Curvas Isoyetas (Fuente: Elaboración Propia).

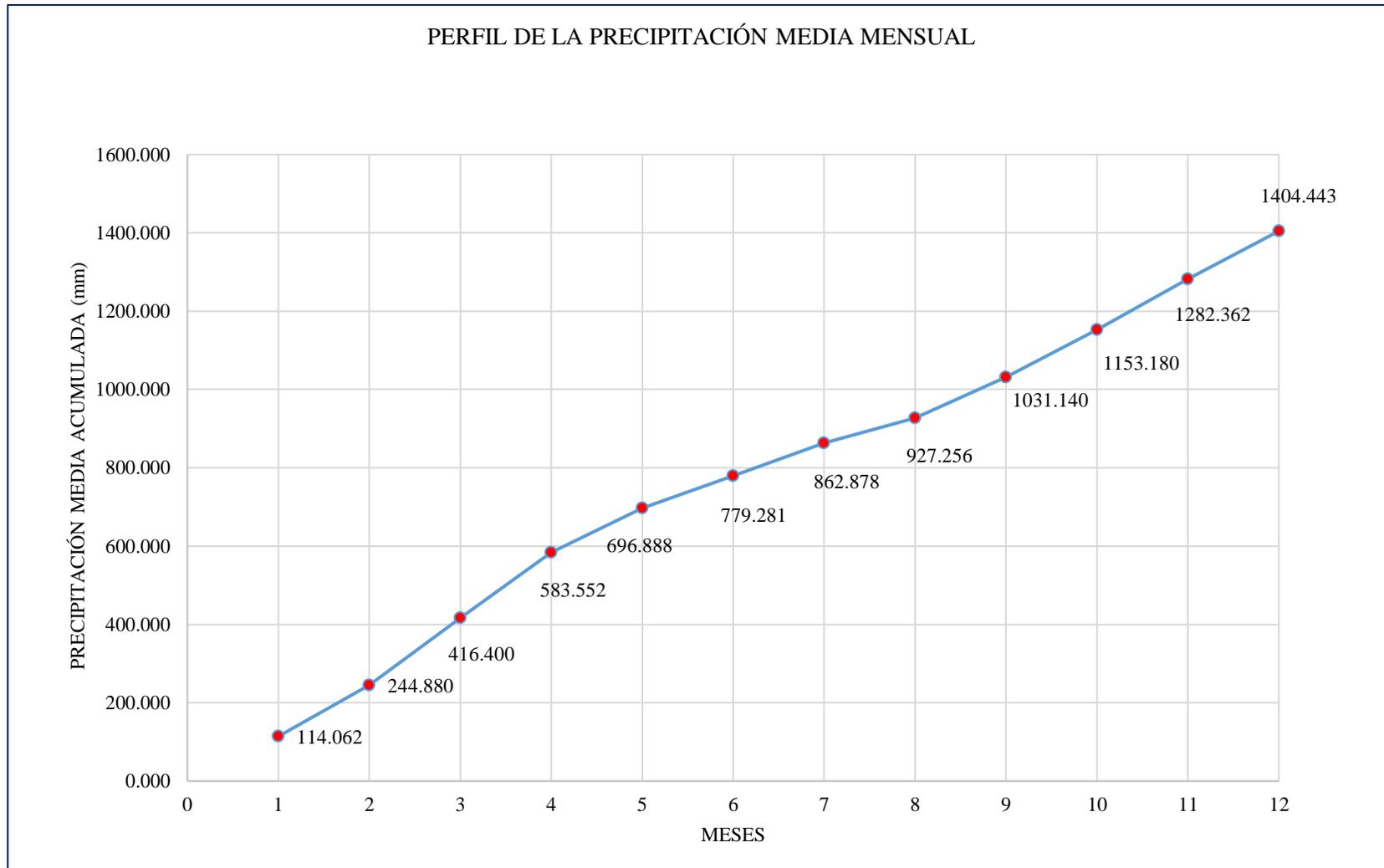


Ilustración 61 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada - Método de la Curvas Isoyetas (Fuente: Elaboración Propia).

d) Precipitación Promedio en la Cuenca

Para el cálculo de la precipitación media en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, se procedió a promediar los valores obtenidos por los métodos de Polígono de Thiessen y Curvas Isoyetas. No se tomaron en cuenta el valor obtenido por el método aritmético, por ser poco significativo. Los cálculos y resultados se muestran en la Tabla 33 y las tendencias en los gráficos N° 62 y 63.

Tabla 33

Precipitación Promedio Mensual en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña

PERIODO	PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN
	MEDIA - CURVAS ISOYETAS (mm)	MEDIA - POLIGONO DE THIESEN (mm)	PROMEDIO (mm)
ENE	114.062	112.676	113.369
FEB	130.818	128.121	129.470
MAR	171.520	169.701	170.610
ABR	167.152	165.211	166.182
MAY	113.336	114.580	113.958
JUN	82.393	80.654	81.524
JUL	83.597	82.622	83.109
AGO	64.378	62.575	63.477
SET	103.884	101.401	102.642
OCT	122.040	118.717	120.379
NOV	129.182	127.389	128.286
DIC	122.080	120.952	121.516
ANUAL	1404.443	1384.601	1394.522

Fuente: Elaboración Propia.

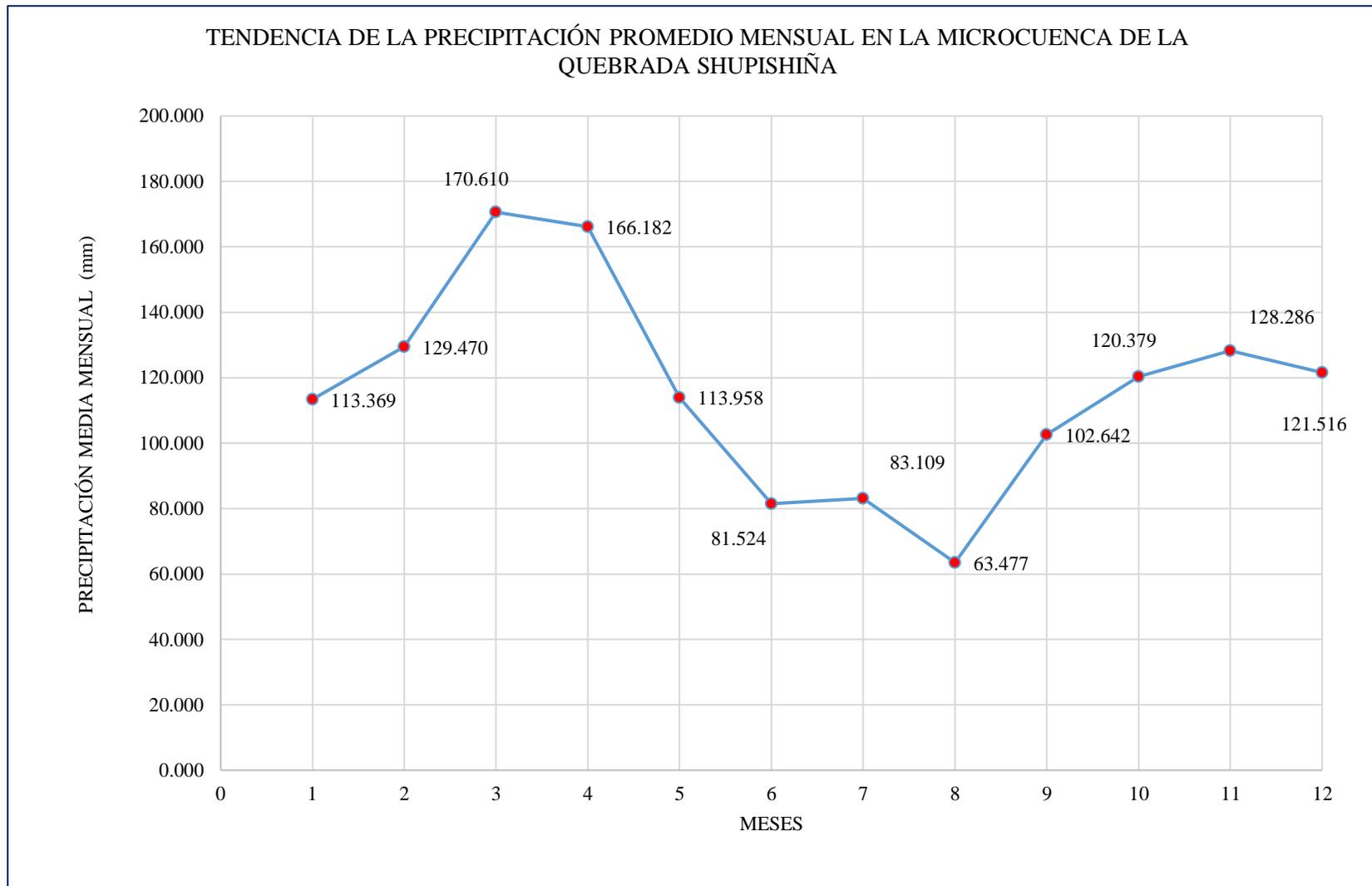


Ilustración 62 : Tendencia de la Precipitación Media Mensual en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia).

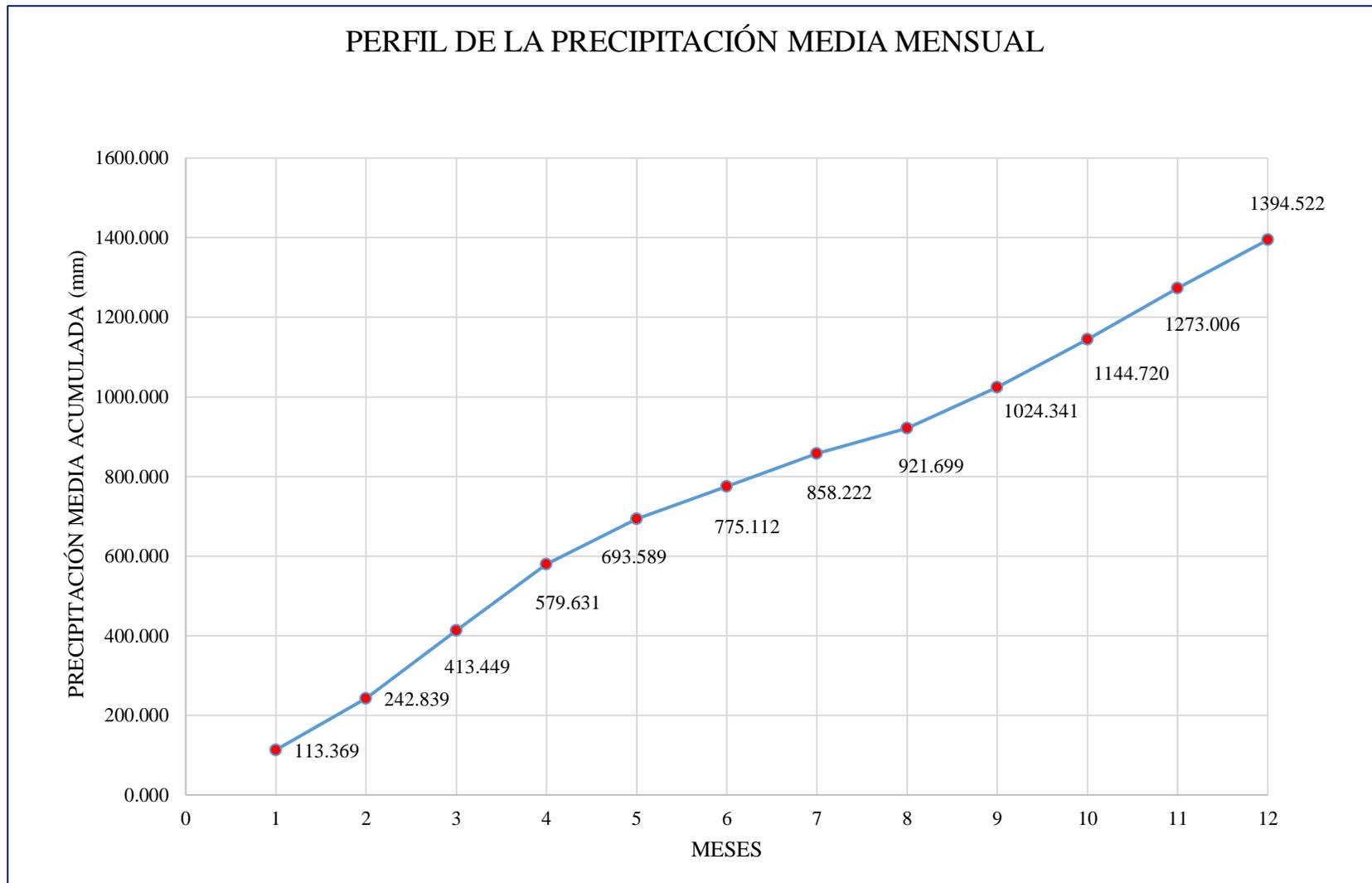


Ilustración 63 : Tendencia de la Precipitación Media Acumulada en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña (Fuente: Elaboración Propia)

3.1.3. Evapotranspiración Real

a) Perfil de los datos de Temperatura

El trazo del perfil de temperatura media (Ilustración 64), se ha graficado utilizando los los datos de temperatura de las Estaciones Lamas, San Antonio y Tarapoto.

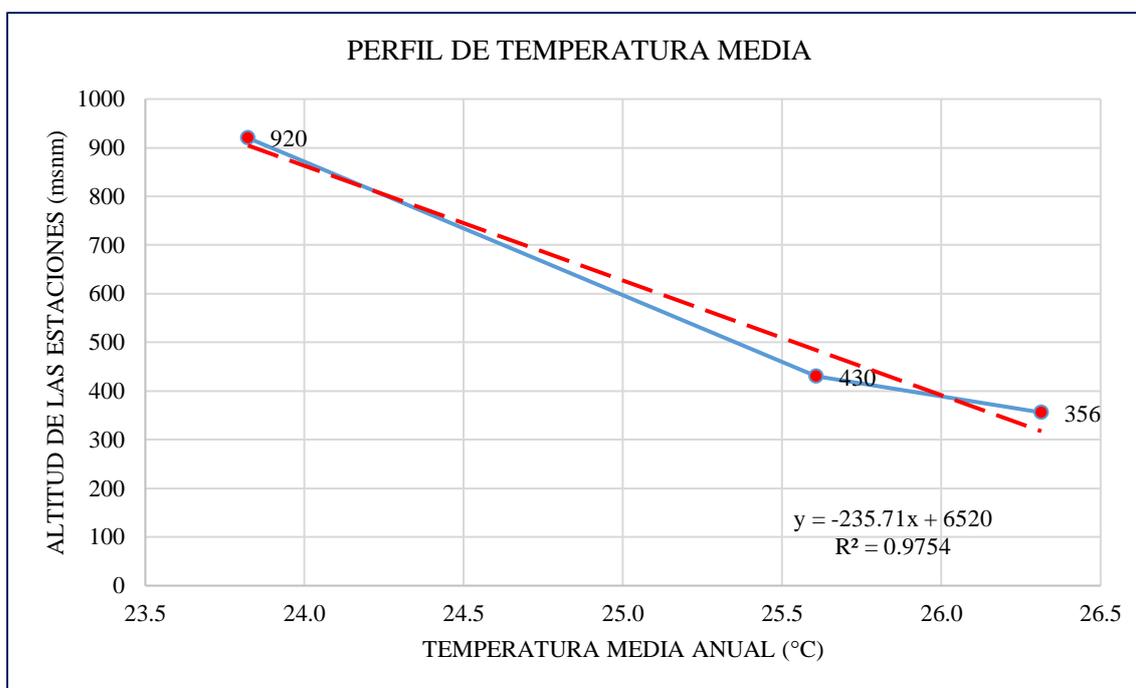


Ilustración 64 : Perfil de Temperatura Media (Fuente: Elaboración Propia).

b) Temperatura Media Anual y Mensual

El promedio resultante de los tres métodos utilizados para el cálculo se muestran en la Tabla 34, las cuales han sido desarrolladas en las Tablas 35; 36; 37.

Tabla 34

Resultados de Temperatura

MÉTODO	TEMPERATURA (°C)
CURVAS ISOTERMAS	25.1442
LÍNEA DE TENDENCIA	25.5043
ZONAS DE VIDA PROMEDIO	24.0907
PROMEDIO	24.9131

Fuente: Elaboración Propia.

Método 1: Curvas Isotermas

Tabla 35

Curvas Isotermas

Isoterma Menor (°C)	Isoterma Mayor (°C)	Isoterma Promedio (°C)	Área entre Curvas (m2)	Volumen entre Curvas (m2*°C)	Temperatura Media (°C)
24.00	24.30	24.15	22047701.312	532451986.696	3.6816
24.30	24.60	24.45	15073017.324	368535273.563	2.5482
24.60	24.90	24.75	13658383.087	338044981.407	2.3374
24.90	25.20	25.05	15704230.701	393390979.068	2.7201
25.20	25.50	25.35	24183082.739	613041147.435	4.2389
25.50	25.80	25.65	30701144.284	787484350.895	5.4450
25.80	26.10	25.95	23256407.780	603503781.900	4.1729
TOTAL			144623967.228	3636452500.964	25.1442

Fuente: Elaboración Propia.

Método 2: Zonas de Vida

Tabla 36

Temperatura Anual por Zonas de Vida

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C)	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	2.831414363	25.75	0.7291
250	400	53.456386363	24.80	13.2572
400	600	16.522557233	24.50	4.0480
600	900	24.739034989	22.50	5.5663
900	1307	2.450607052	20.00	0.4901
TOTAL			24.091	24.091

Fuente: Elaboración Propia.

Método 3: Relación Altura–Temperatura o Línea de Tendencia

Tabla 37

Tendencia de Temperatura Anual

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.950399	26.143824	2.831414363	26.047112	0.7375
250	300	25.756851	25.950296	30.478025178	25.853574	7.8797
300	400	25.563318	25.756618	22.978361185	25.659968	5.8962
400	500	25.369987	25.563259	9.829308723	25.466623	2.5032
500	600	25.176359	25.369768	6.693248510	25.273064	1.6916
600	700	24.983126	25.176277	9.444021325	25.079702	2.3685
700	800	24.789465	24.982801	9.775547691	24.886133	2.4328
800	900	24.595818	24.789198	5.519465974	24.692508	1.3629
900	1000	24.402357	24.595682	1.200663053	24.499020	0.2942
1000	1100	24.208841	24.402264	0.524170064	24.305553	0.1274
1100	1200	24.015409	24.208748	0.443528516	24.112079	0.1069
1200	1307	23.821798	24.015270	0.282245419	23.918534	0.0675
TOTAL				100.000		25.4684

Fuente: Elaboración Propia.

Aproximación de la Temperatura Mensual

El cálculo realizado para la aproximación de los valores de la temperatura mensual, se dio realizando para cada uno de los meses la línea de tendencia correspondiente, posteriormente se ha corregido, de acuerdo a la comparación con la temperatura media anual utilizando los métodos de racionalidad.

El resultado del método se aprecia en la Tabla 38 y los cálculos correspondientes para llegar a estar se muestran en las tablas desde la 39 hasta la 50, y las tendencias de estas en las figuras 65 hasta la 76.

Tabla 38

Temperatura Media y Anual

PERIODO	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL CORREGIA (°C)
ENE	26.0400	26.0033
FEB	25.6716	25.6355
MAR	25.2869	25.2513
ABR	25.1083	25.0730
MAY	25.1269	25.0915
JUN	24.6772	24.6425
JUL	24.6676	24.6329
AGO	25.4502	25.4143
SET	25.7426	25.7063
OCT	25.9400	25.9035
NOV	26.2240	26.1871
DIC	26.1159	26.0792
ANUAL	25.5043	25.4684

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39*Temperatura Media Mensual - Enero*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	26.519547	26.712036	2.831414363	26.615792	0.7536
250	300	26.327124	26.519505	30.478025178	26.423315	8.0533
300	400	26.134462	26.326864	22.978361185	26.230663	6.0274
400	500	25.941978	26.13442	9.829308723	26.038199	2.5594
500	600	25.749414	25.941917	6.693248510	25.845666	1.7299
600	700	25.556887	25.74939	9.444021325	25.653139	2.4227
700	800	25.364414	25.556751	9.775547691	25.460583	2.4889
800	900	25.171904	25.364305	5.519465974	25.268105	1.3947
900	1000	24.979315	25.171755	1.200663053	25.075535	0.3011
1000	1100	24.786875	24.979115	0.524170064	24.882995	0.1304
1100	1200	24.594231	24.786537	0.443528516	24.690384	0.1095
1200	1307	24.40169	24.594213	0.282245419	24.497952	0.0691
TOTAL				100.000		26.040

Fuente: Elaboración Propia.

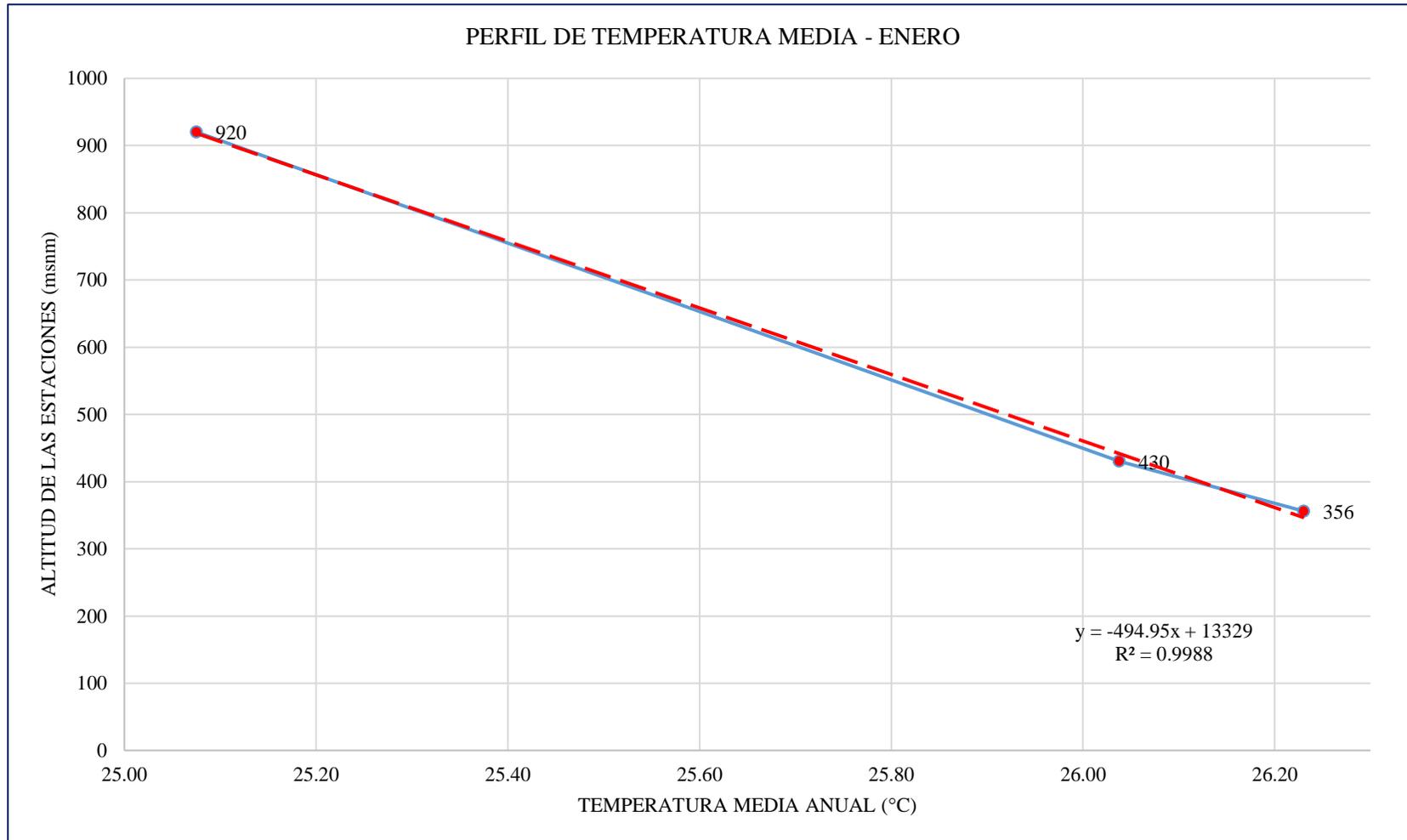


Ilustración 65 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Enero (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 40*Temperatura Media Mensual - Febrero*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	26.131231	26.315699	2.831414363	26.223465	0.7425
250	300	25.946699	26.131062	30.478025178	26.038881	7.9361
300	400	25.762232	25.946659	22.978361185	25.854446	5.9409
400	500	25.577698	25.76214	9.829308723	25.669919	2.5232
500	600	25.393276	25.577633	6.693248510	25.485455	1.7058
600	700	25.208717	25.393133	9.444021325	25.300925	2.3894
700	800	25.02421	25.208551	9.775547691	25.116381	2.4553
800	900	24.839687	25.023724	5.519465974	24.931706	1.3761
900	1000	24.655209	24.839581	1.200663053	24.747395	0.2971
1000	1100	24.470623	24.655083	0.524170064	24.562853	0.1288
1100	1200	24.286175	24.470461	0.443528516	24.378318	0.1081
1200	1307	24.101601	24.286058	0.282245419	24.193830	0.0683
TOTAL				100.000		25.672

Fuente: Elaboración Propia.

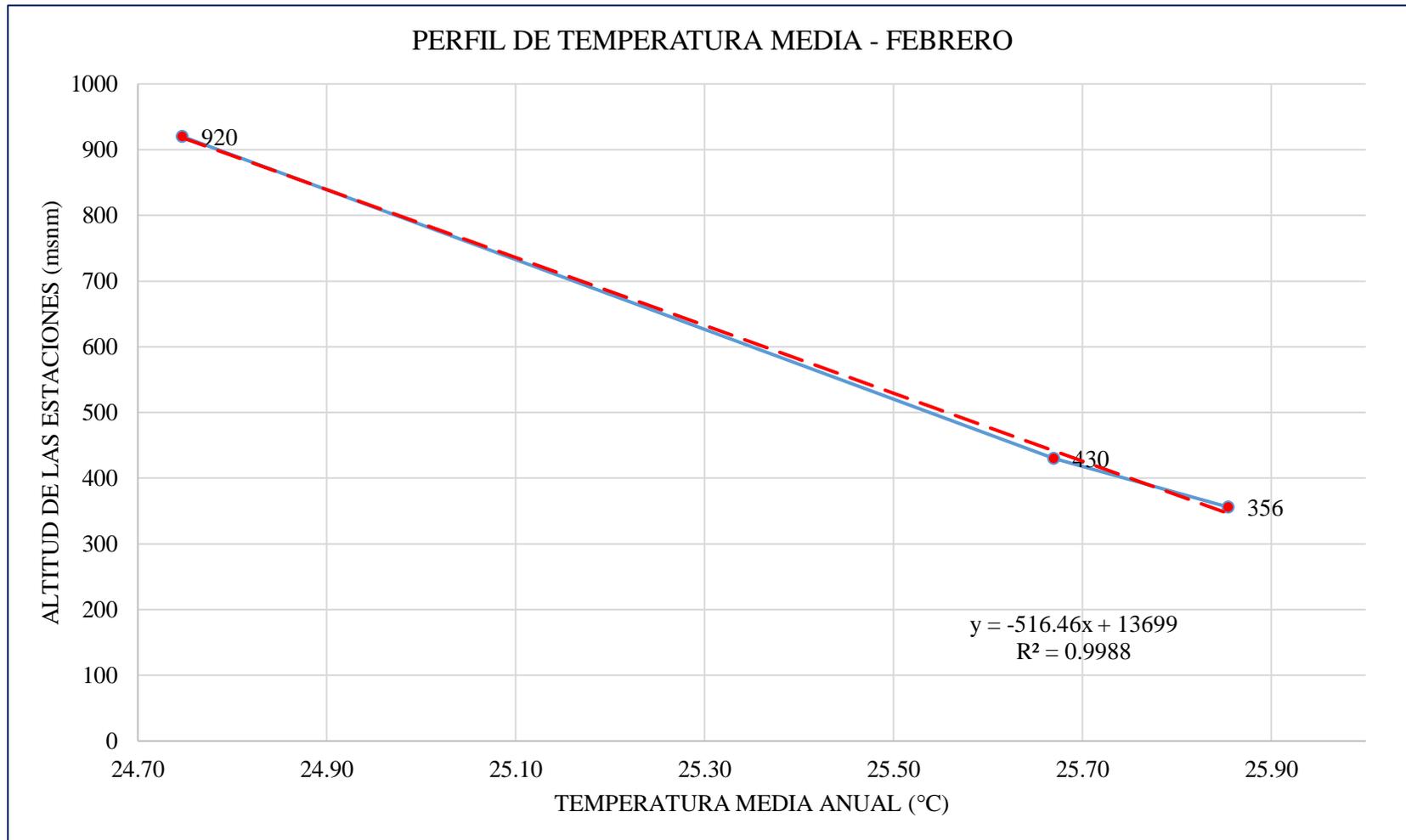


Ilustración 66 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Febrero (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 41

Temperatura Media Mensual - Marzo

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.750853	25.93712	2.831414363	25.843987	0.7318
250	300	25.564674	25.750814	30.478025178	25.657744	7.8200
300	400	25.37829	25.564499	22.978361185	25.471395	5.8529
400	500	25.191992	25.378258	9.829308723	25.285125	2.4854
500	600	25.005816	25.191975	6.693248510	25.098896	1.6799
600	700	24.819529	25.005693	9.444021325	24.912611	2.3528
700	800	24.633146	24.819355	9.775547691	24.726251	2.4171
800	900	24.446901	24.633116	5.519465974	24.540009	1.3545
900	1000	24.260614	24.446848	1.200663053	24.353731	0.2924
1000	1100	24.074684	24.260521	0.524170064	24.167603	0.1267
1100	1200	23.888035	24.074158	0.443528516	23.981097	0.1064
1200	1307	23.701719	23.887983	0.282245419	23.794851	0.0672
TOTAL				100.000		25.287

Fuente: Elaboración Propia.

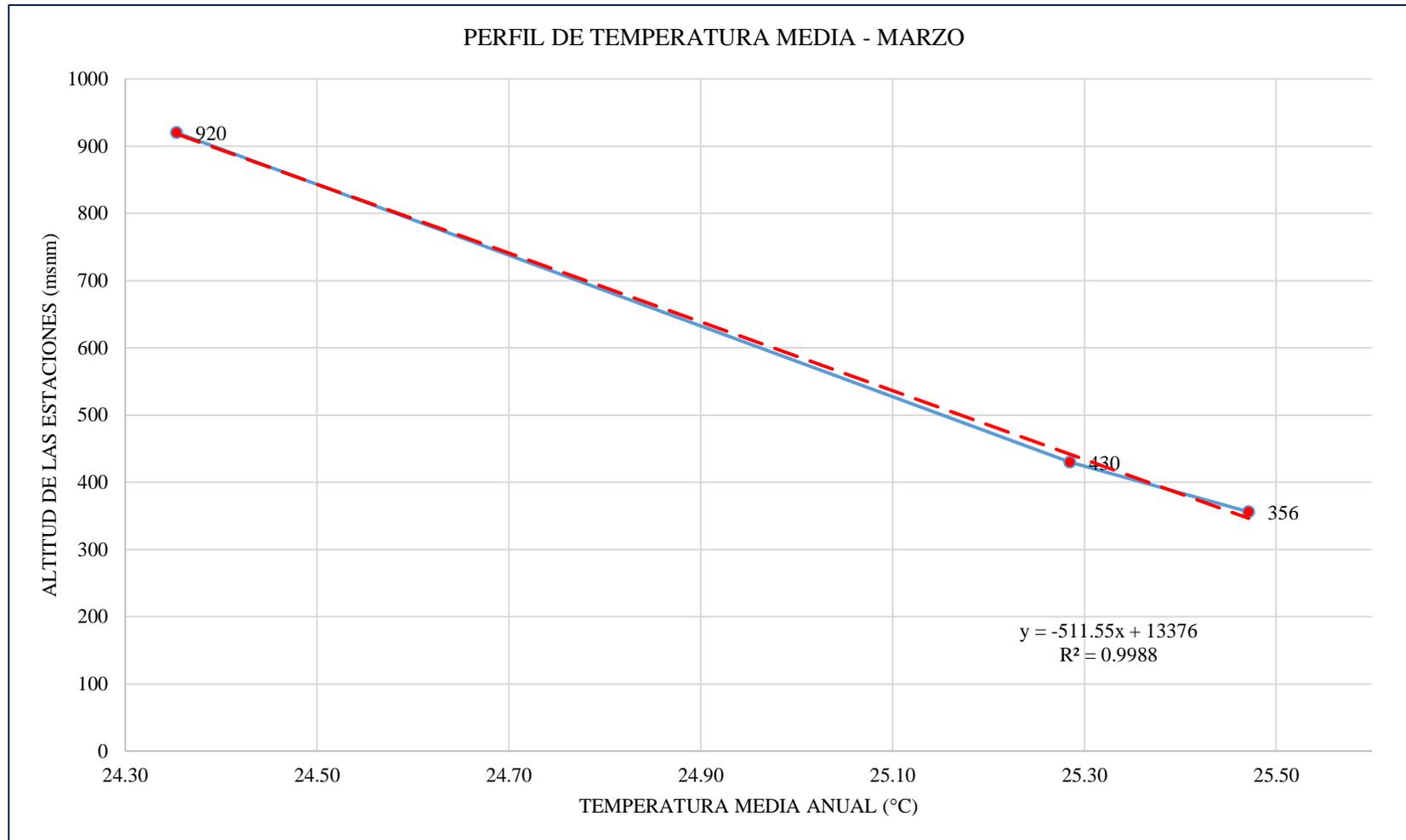


Ilustración 67 : Perfil Temperatura Media Mensual - Marzo (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 42*Temperatura Media Mensual - Abril*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.520086	25.685377	2.831414363	25.602732	0.7249
250	300	25.354836	25.52006	30.478025178	25.437448	7.7528
300	400	25.189453	25.354744	22.978361185	25.272099	5.8071
400	500	25.024139	25.189432	9.829308723	25.106786	2.4678
500	600	24.858822	25.024122	6.693248510	24.941472	1.6694
600	700	24.693525	24.858755	9.444021325	24.776140	2.3399
700	800	24.528339	24.69348	9.775547691	24.610910	2.4059
800	900	24.362888	24.528175	5.519465974	24.445532	1.3493
900	1000	24.19758	24.362814	1.200663053	24.280197	0.2915
1000	1100	24.032339	24.19738	0.524170064	24.114860	0.1264
1100	1200	23.86697	24.032108	0.443528516	23.949539	0.1062
1200	1307	23.70163	23.86672	0.282245419	23.784175	0.0671
TOTAL				100.000		25.108

Fuente: Elaboración Propia.

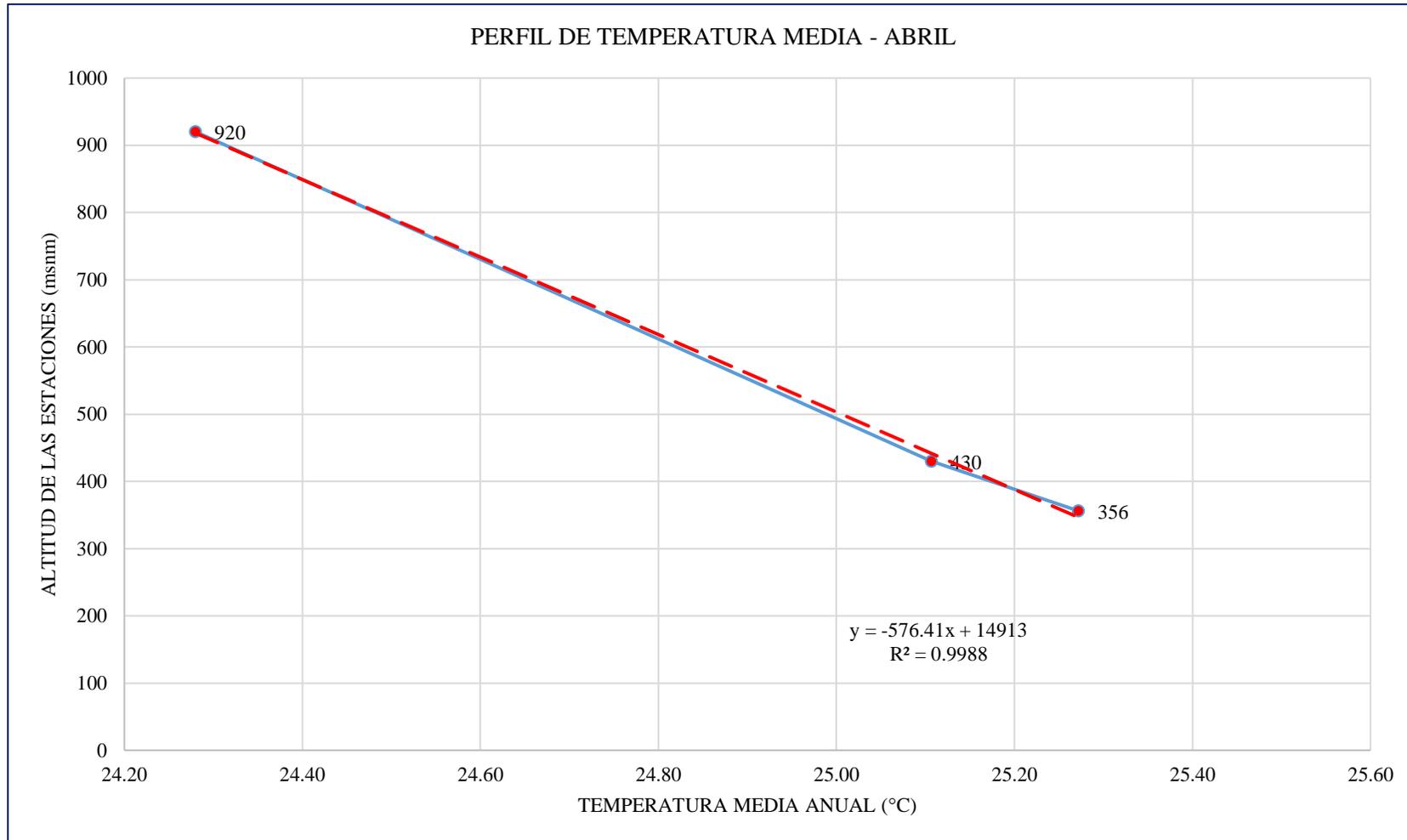


Ilustración 68 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Abril (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 43*Temperatura Media Mensual - Mayo*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.573372	25.752586	2.831414363	25.662979	0.7266
250	300	25.394135	25.573233	30.478025178	25.483684	7.7669
300	400	25.214876	25.394058	22.978361185	25.304467	5.8146
400	500	25.035624	25.21484	9.829308723	25.125232	2.4696
500	600	24.856384	25.035603	6.693248510	24.945994	1.6697
600	700	24.677225	24.85635	9.444021325	24.766788	2.3390
700	800	24.497923	24.677053	9.775547691	24.587488	2.4036
800	900	24.318687	24.497892	5.519465974	24.408290	1.3472
900	1000	24.139523	24.31859	1.200663053	24.229057	0.2909
1000	1100	23.960287	24.139257	0.524170064	24.049772	0.1261
1100	1200	23.780939	23.960165	0.443528516	23.870552	0.1059
1200	1307	23.601688	23.780693	0.282245419	23.691191	0.0669
TOTAL				100.000		25.127

Fuente: Elaboración Propia.

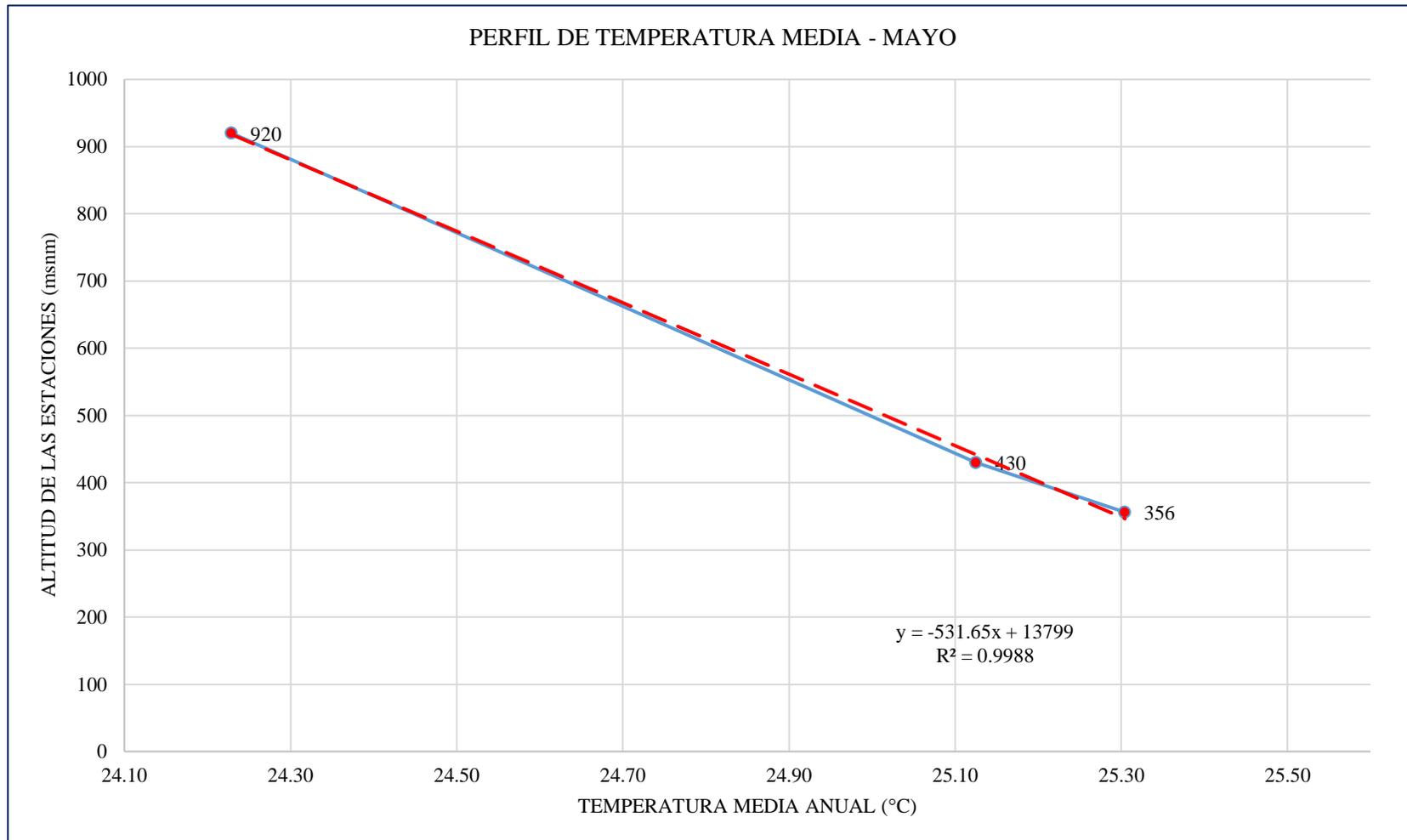


Ilustración 69 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Mayo (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 44*Temperatura Media Mensual - Junio*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.109121	25.282494	2.831414363	25.195808	0.7134
250	300	24.935715	25.109024	30.478025178	25.022370	7.6263
300	400	24.762337	24.935686	22.978361185	24.849012	5.7099
400	500	24.58897	24.762224	9.829308723	24.675597	2.4254
500	600	24.415524	24.588867	6.693248510	24.502196	1.6400
600	700	24.242155	24.415472	9.444021325	24.328814	2.2976
700	800	24.068756	24.242104	9.775547691	24.155430	2.3613
800	900	23.895323	24.068554	5.519465974	23.981939	1.3237
900	1000	23.722321	23.895309	1.200663053	23.808815	0.2859
1000	1100	23.548597	23.721754	0.524170064	23.635176	0.1239
1100	1200	23.375135	23.548439	0.443528516	23.461787	0.1041
1200	1307	23.201717	23.375063	0.282245419	23.288390	0.0657
TOTAL				100.000		24.677

Fuente: Elaboración Propia.

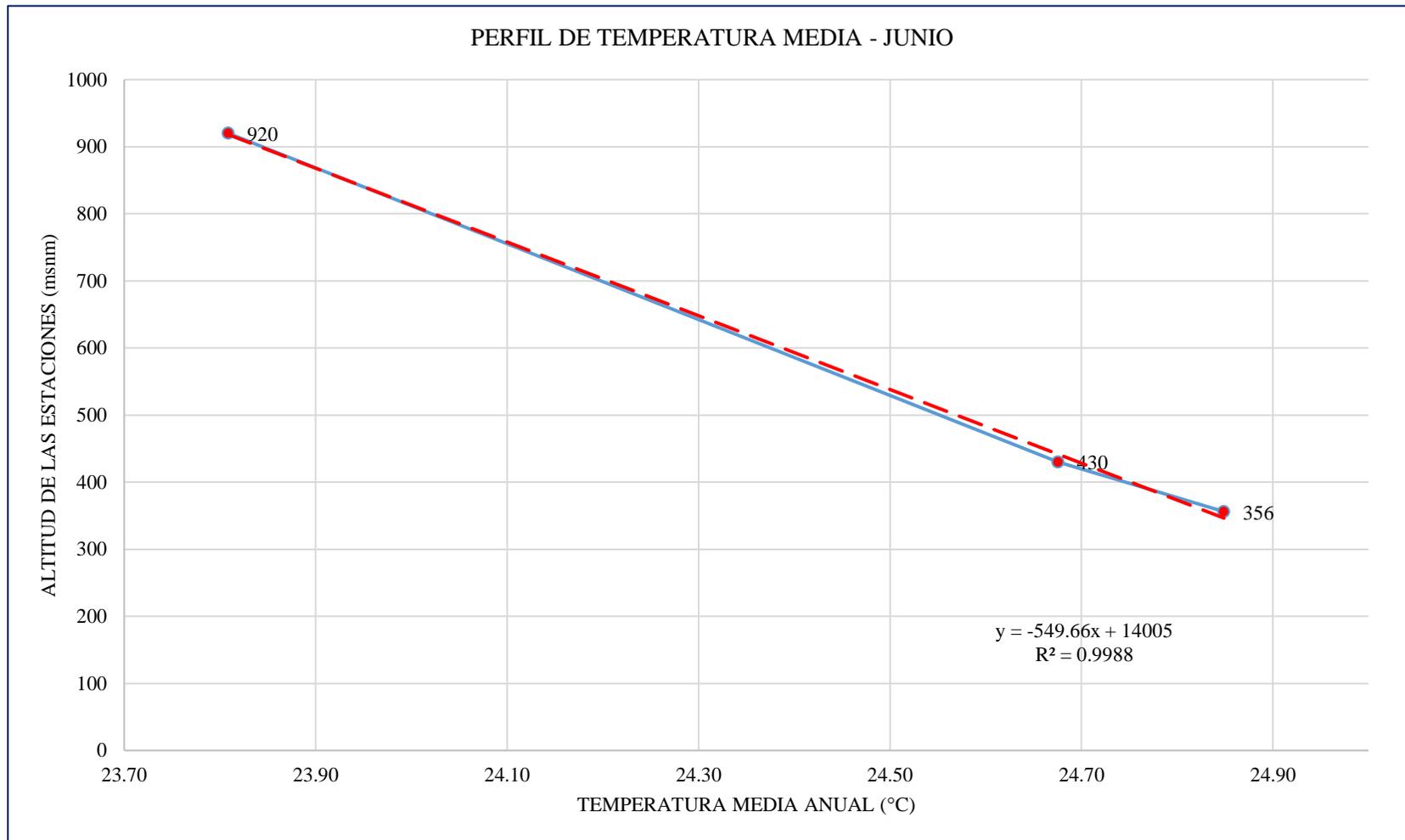


Ilustración 70 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Junio (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 45*Temperatura Media Mensual - Julio*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.096815	25.268982	2.831414363	25.182899	0.7130
250	300	24.924446	25.096687	30.478025178	25.010567	7.6227
300	400	24.752249	24.924334	22.978361185	24.838292	5.7074
400	500	24.579969	24.752123	9.829308723	24.666046	2.4245
500	600	24.407633	24.579792	6.693248510	24.493713	1.6394
600	700	24.235508	24.407595	9.444021325	24.321552	2.2969
700	800	24.063055	24.235296	9.775547691	24.149176	2.3607
800	900	23.890848	24.062908	5.519465974	23.976878	1.3234
900	1000	23.71851	23.890724	1.200663053	23.804617	0.2858
1000	1100	23.546375	23.718386	0.524170064	23.632381	0.1239
1100	1200	23.374023	23.545986	0.443528516	23.460005	0.1041
1200	1307	23.201658	23.373898	0.282245419	23.287778	0.0657
TOTAL				100.000		24.668

Fuente: Elaboración Propia.

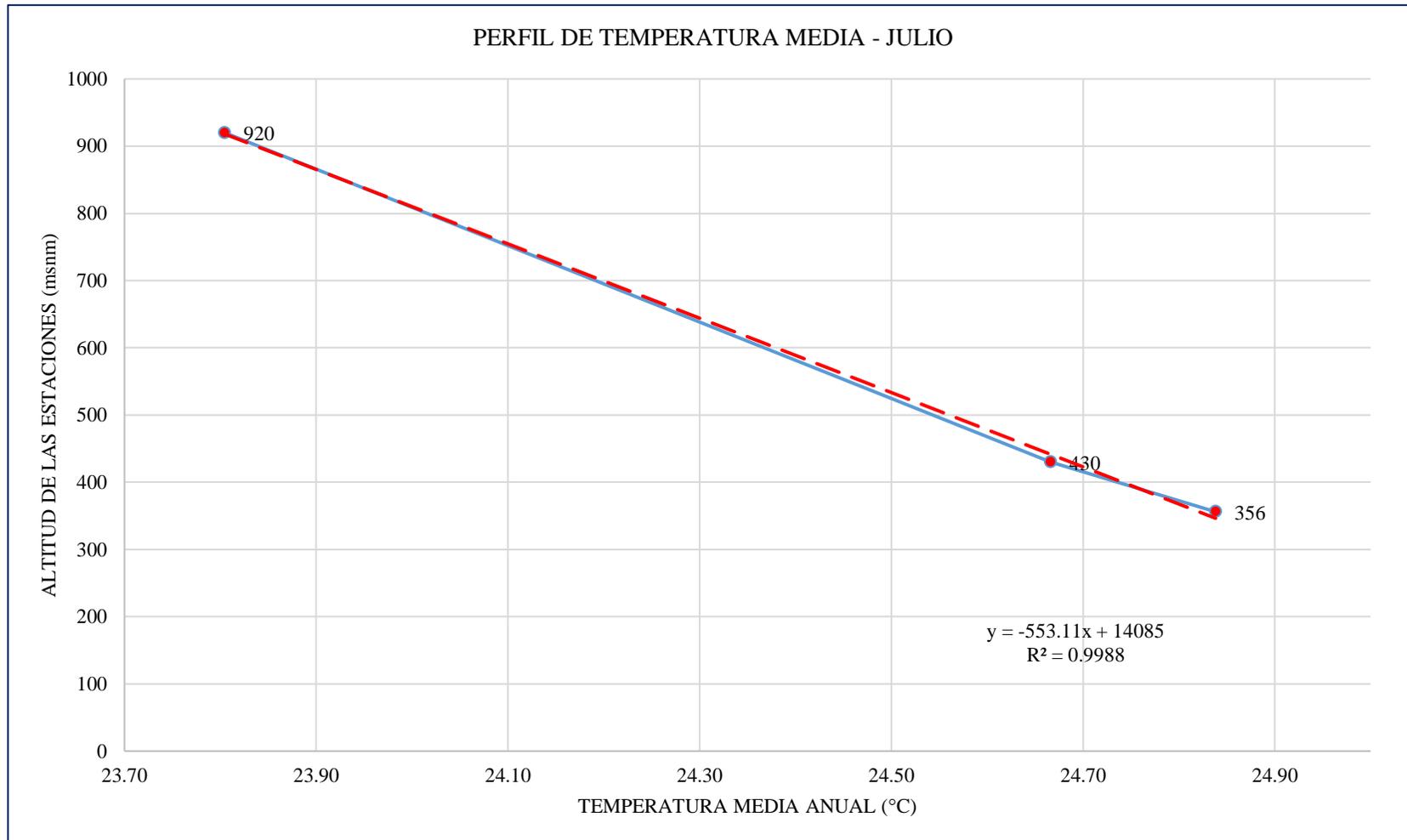


Ilustración 71 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Julio (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 46*Temperatura Media Mensual - Agosto*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	25.874313	26.044445	2.831414363	25.959379	0.7350
250	300	25.703997	25.873987	30.478025178	25.788992	7.8600
300	400	25.533743	25.703934	22.978361185	25.618839	5.8868
400	500	25.363565	25.533714	9.829308723	25.448640	2.5014
500	600	25.193289	25.363455	6.693248510	25.278372	1.6919
600	700	25.023006	25.193123	9.444021325	25.108065	2.3712
700	800	24.852779	25.022858	9.775547691	24.937819	2.4378
800	900	24.682692	24.85273	5.519465974	24.767711	1.3670
900	1000	24.512365	24.682369	1.200663053	24.597367	0.2953
1000	1100	24.342255	24.512024	0.524170064	24.427140	0.1280
1100	1200	24.171795	24.341852	0.443528516	24.256824	0.1076
1200	1307	24.001541	24.171722	0.28224542	24.086632	0.0680
TOTAL				100.000		25.450

Fuente: Elaboración Propia.

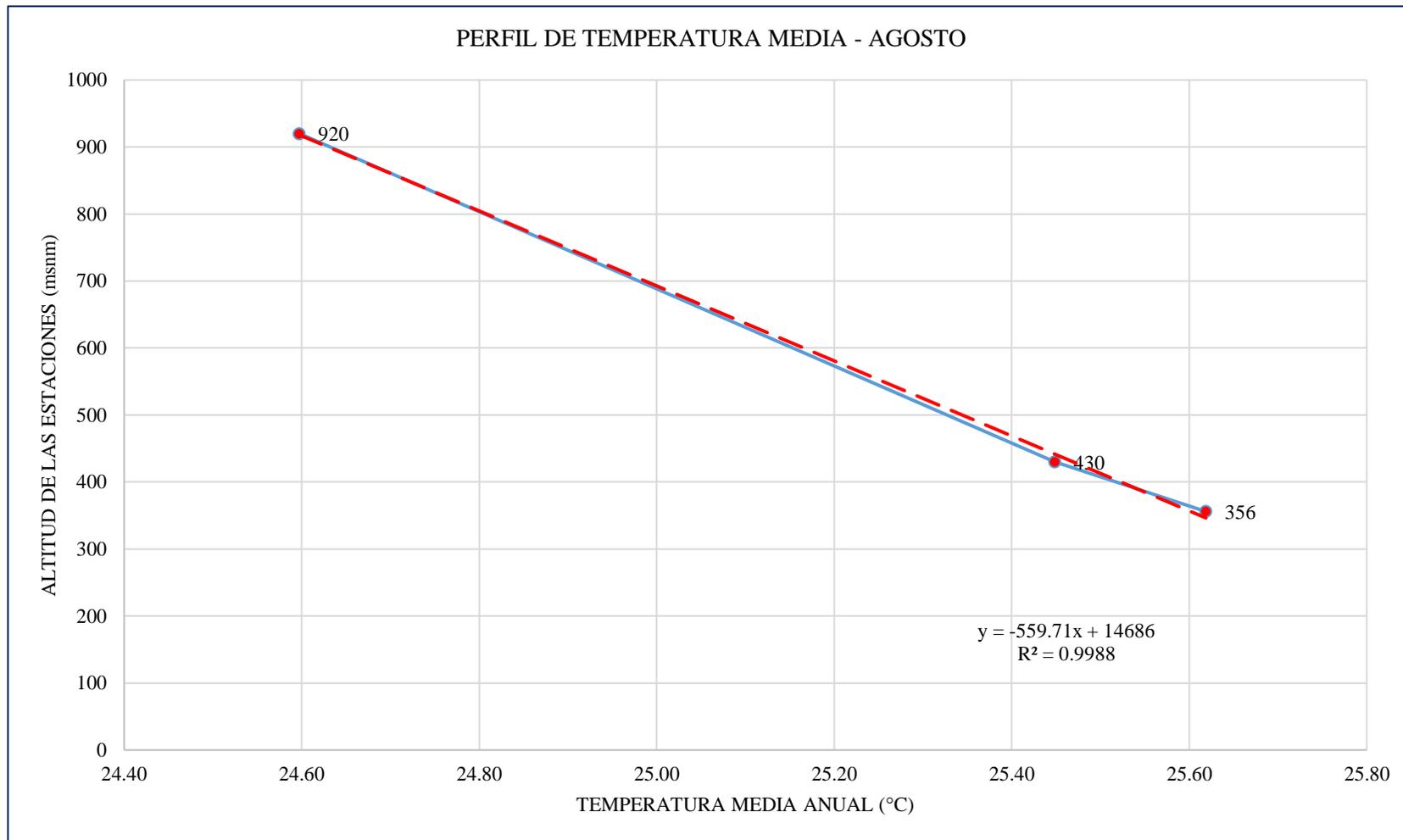


Ilustración 72 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Agosto (Fuente: Elaboración Propia):

Tabla 47*Temperatura Media Mensual - Setiembre*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	26.164461	26.333735	2.831414363	26.249098	0.7432
250	300	25.995094	26.164242	30.478025178	26.079668	7.9486
300	400	25.825684	25.994871	22.978361185	25.910278	5.9538
400	500	25.656424	25.825628	9.829308723	25.741026	2.5302
500	600	25.487047	25.6563	6.693248510	25.571674	1.7116
600	700	25.317625	25.486906	9.444021325	25.402266	2.3990
700	800	25.148422	25.317541	9.775547691	25.232982	2.4667
800	900	24.978943	25.148235	5.519465974	25.063589	1.3834
900	1000	24.809591	24.978891	1.200663053	24.894241	0.2989
1000	1100	24.640245	24.809504	0.524170064	24.724875	0.1296
1100	1200	24.470854	24.64002	0.443528516	24.555437	0.1089
1200	1307	24.301483	24.470669	0.282245419	24.386076	0.0688
TOTAL				100.000		25.743

Fuente: Elaboración Propia.

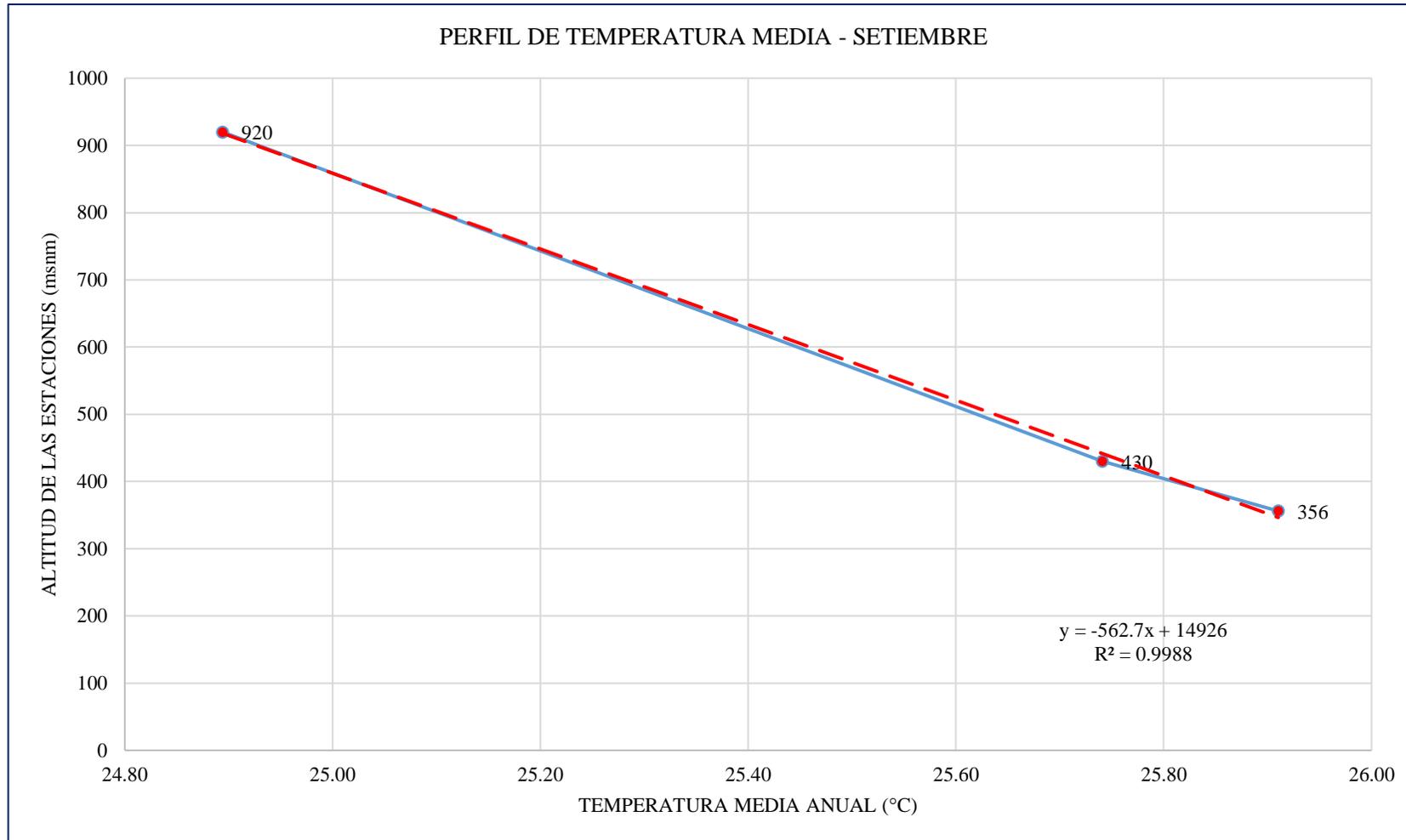


Ilustración 73 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Setiembre (Fuente: Elaboración Propia):

Tabla 48*Temperatura Media Mensual - Octubre*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	26.419546	26.612036	2.831414363	26.515791	0.7508
250	300	26.227123	26.419506	30.478025178	26.323315	8.0228
300	400	26.034464	26.226864	22.978361185	26.130664	6.0044
400	500	25.841978	26.034422	9.829308723	25.938200	2.5495
500	600	25.649416	25.841917	6.693248510	25.745667	1.7232
600	700	25.456886	25.649389	9.444021325	25.553138	2.4132
700	800	25.264416	25.456753	9.775547691	25.360585	2.4791
800	900	25.071903	25.264305	5.519465974	25.168104	1.3891
900	1000	24.879314	25.071754	1.200663053	24.975534	0.2999
1000	1100	24.686874	24.879114	0.524170064	24.782994	0.1299
1100	1200	24.49423	24.686537	0.443528516	24.590384	0.1091
1200	1307	24.301689	24.494215	0.282245419	24.397952	0.0689
TOTAL				100.000		25.940

Fuente: Elaboración Propia.

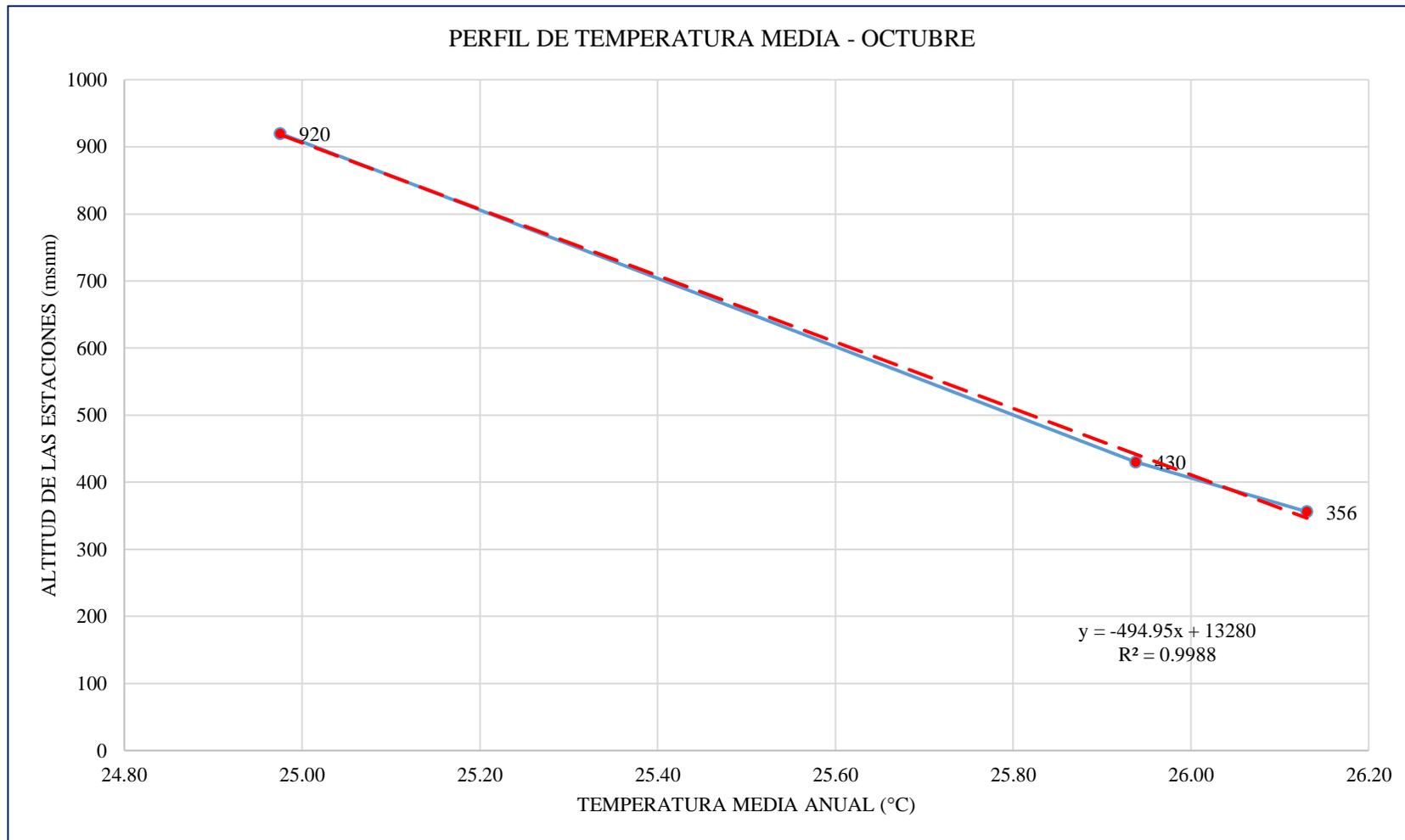


Ilustración 74 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Octubre (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 49*Temperatura Media Mensual - Noviembre*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	26.728056	26.93042	2.831414363	26.829238	0.7596
250	300	26.525702	26.727926	30.478025178	26.626814	8.1153
300	400	26.323305	26.525661	22.978361185	26.424483	6.0719
400	500	26.120934	26.323261	9.829308723	26.222098	2.5775
500	600	25.918564	26.120876	6.693248510	26.019720	1.7416
600	700	25.716167	25.918455	9.444021325	25.817311	2.4382
700	800	25.513958	25.71595	9.775547691	25.614954	2.5040
800	900	25.311485	25.513681	5.519465974	25.412583	1.4026
900	1000	25.109091	25.311333	1.200663053	25.210212	0.3027
1000	1100	24.906874	25.109013	0.524170064	25.007944	0.1311
1100	1200	24.704287	24.90663	0.443528516	24.805459	0.1100
1200	1307	24.501896	24.704229	0.282245419	24.603063	0.0694
TOTAL				100.000		26.224

Fuente: Elaboración Propia.

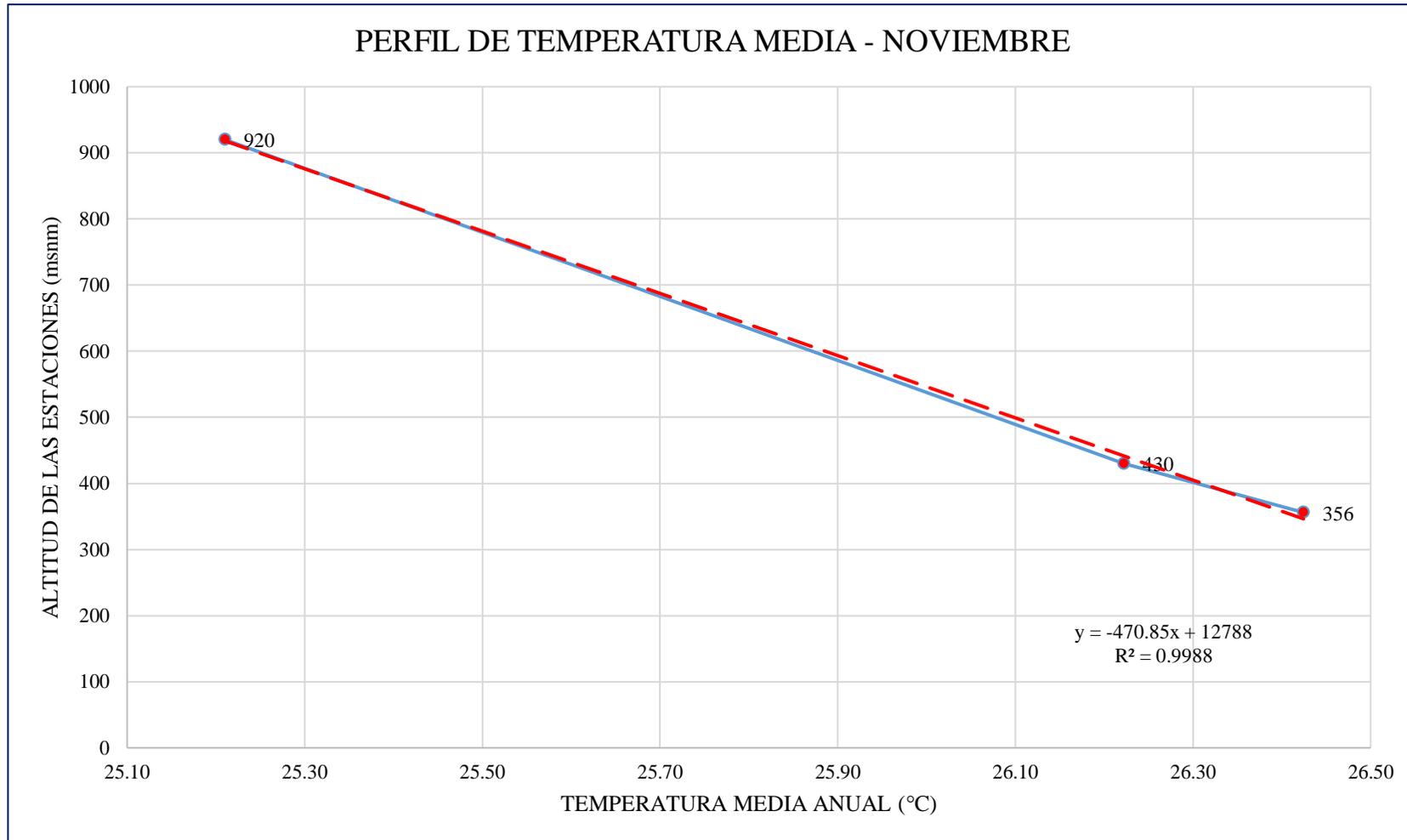


Ilustración 75 : Perfil de Temperatura Media Mensual – Noviembre (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla 50*Temperatura Media Mensual - Diciembre*

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	t_{i-1}	t_i	% DE ÁREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
236	250	26.617693	26.819084	2.831414363	26.718389	0.7565
250	300	26.416311	26.617599	30.478025178	26.516955	8.0818
300	400	26.214823	26.416183	22.978361185	26.315503	6.0469
400	500	26.013439	26.214735	9.829308723	26.114087	2.5668
500	600	25.811951	26.013321	6.693248510	25.912636	1.7344
600	700	25.610712	25.811781	9.444021325	25.711247	2.4282
700	800	25.409031	25.610426	9.775547691	25.509729	2.4937
800	900	25.20763	25.408869	5.519465974	25.308250	1.3969
900	1000	25.006159	25.207571	1.200663053	25.106865	0.3014
1000	1100	24.805014	25.006107	0.524170064	24.905561	0.1305
1100	1200	24.603354	24.80456	0.443528516	24.703957	0.1096
1200	1307	24.401838	24.603159	0.282245419	24.502499	0.0692
TOTAL				100.000		26.116

Fuente: Elaboración Propia.

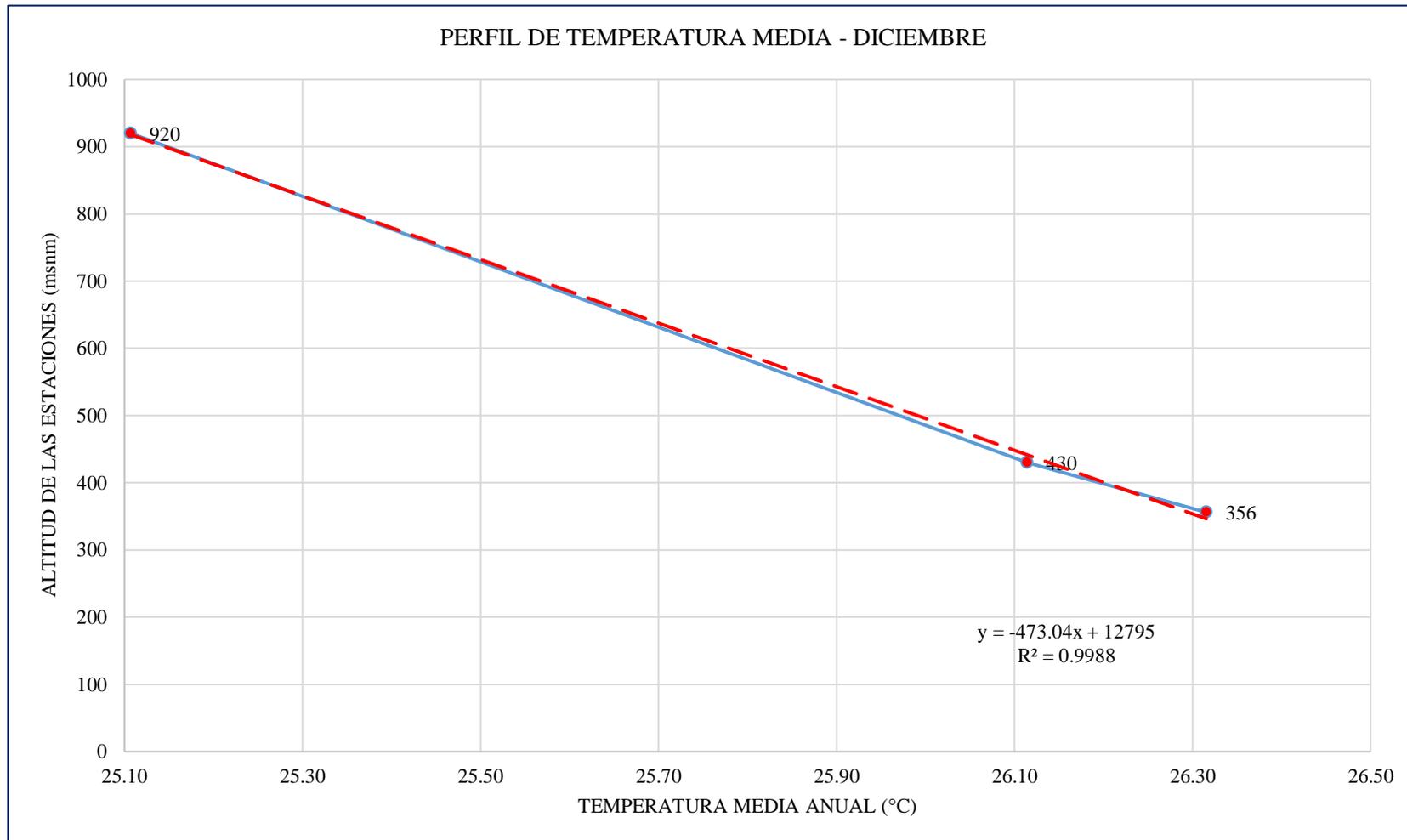


Ilustración 76 : Perfil de Temperatura Media Mensual - Diciembre (Fuente: Elaboración Propia)

c) Evapotranspiración

Evapotranspiración Real Anual – Fórmula de Turc.

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L_t}\right)^2}}$$

$$E = 1110.79 \text{ mm}$$

Evapotranspiración Real Anual – Fórmula de Coutagne.

$$ET_R = P - xP^2$$

$$E = 910.98 \text{ mm}$$

Evapotranspiración Potencial Mensual de Thornthwaite

$$ETP = 16 * \left(\frac{10T}{I}\right)^2 * L$$

ETP = Evapotranspiración Potencial en mm.

Se hizo uso de las tablas del Anexo 03, para cada factor interviniente en la aplicación correcta de la fórmula, los resultados y cálculos realizados se muestran en la tabla 51 y su perfil respectivo en la Ilustración 77.

Tabla 51

Evapotranspiración Potencial por el Método de Thornthwaite

MES	TEMPERATURA	FACTOR "I"	ETP (Sin corregir mm/mes)	FACTOR "K"	ETP (Corregida mm/mes)
ENE	26.0033	12.13706317	145.7173612	1.06592	155.3224429
FEB	25.6355	11.87806268	129.9573787	1.05592	137.2240542
MAR	25.2513	11.60958813	140.0558059	1.01296	141.8706375
ABR	25.0730	11.48570923	134.826029	1.02704	138.4720055
MAY	25.0915	11.49856227	136.2548376	0.98704	134.4892586
JUN	24.6425	11.18844256	129.5251206	1.01113	130.966249
JUL	24.6329	11.18186447	134.1541051	1.01408	136.0435535
AGO	25.4143	11.72326882	137.8730603	0.92408	127.4063117
SET	25.7063	11.92778928	135.7232956	1.03000	139.7949945
OCT	25.9035	12.06656666	143.5362525	1.02296	146.831546
NOV	26.1871	12.26712499	141.5782163	1.06592	150.9104627
DIC	26.0792	12.19070327	147.134365	1.03592	152.4188187
ANUAL	25.4684	141.1547455	1656.335828		1691.750335

Fuente: Elaboración Propia.

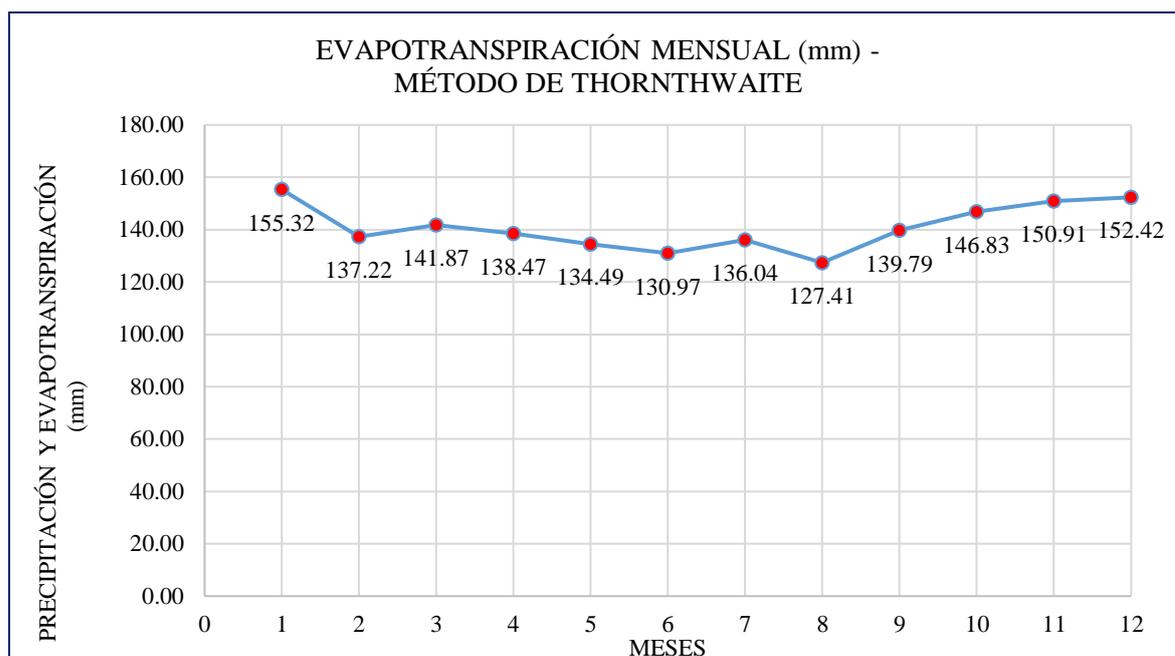


Ilustración 77 : Evapotranspiración Potencial de Thornthwaite (Fuente: Elaboración Propia).

Evapotranspiración Potencial Mensual de Turc

$$ET_{POTENCIAL} = C_i K_i \left(\frac{T}{T + 15} \right) (R_i + 50)$$

Los resultados obtenidos de la aplicación de la fórmula se muestran en la tabla 52 y el perfil de este en la Ilustración 72, también se usó las Tablas del Anexo 03 en lo que corresponda.

Tabla 52

Evapotranspiración Potencial por el Método de Turc

MES	TEMPERATURA	BRILLO SOLAR	Ri	ETP (Corregida mm/mes)
ENE	26.0033	138	353.73903	102.41667
FEB	25.6355	104.6	314.31913	85.03933
MAR	25.2513	119.5	341.65620	98.28082
ABR	25.0730	125.8	342.02391	98.11310
MAY	25.0915	139.7	346.63017	99.29337
JUN	24.6425	141.3	337.51803	96.35528
JUL	24.6329	155.6	363.87052	102.89262
AGO	25.4143	183.9	424.62836	119.38699
SET	25.7063	169.8	420.85543	118.93938
OCT	25.9035	166	413.58856	117.43312
NOV	26.1871	154.5	382.90117	110.09680
DIC	26.0792	148.6	364.24146	105.19275
ANUAL	25.4684	1747.3	4405.97196	1253.44023

Fuente: Elaboración Propia.

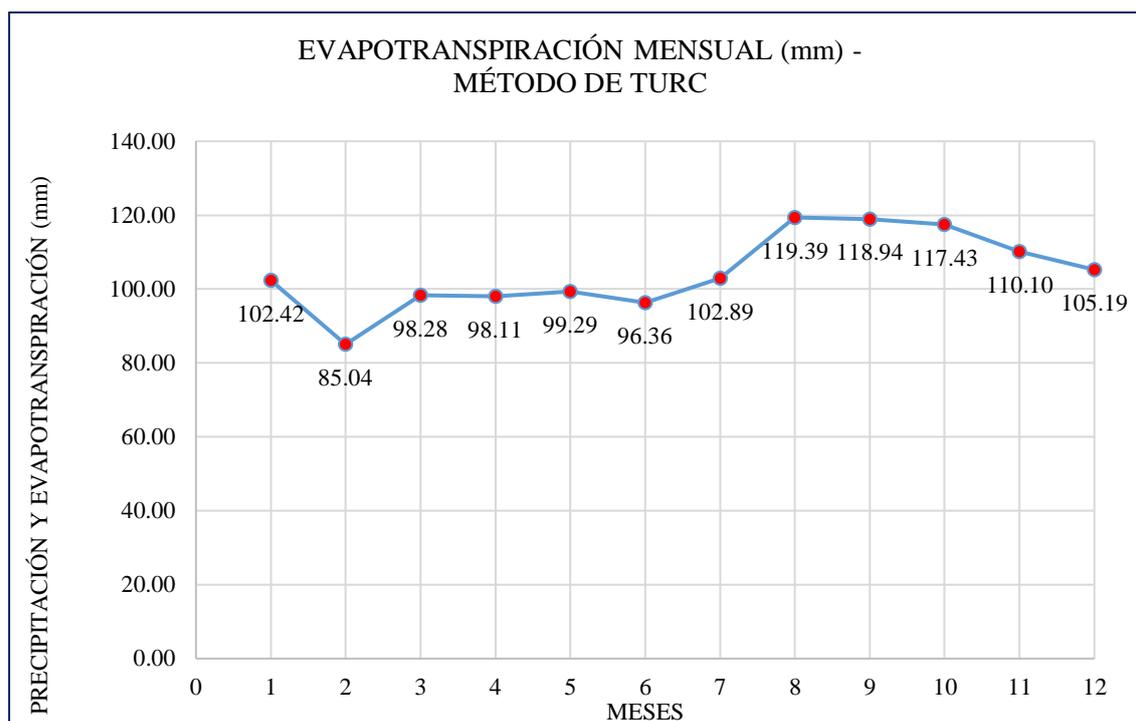


Ilustración 78 : Evapotranspiración Potencial de Turc (Fuente: Elaboración Propia):

Evapotranspiración Promedio:

Tabla 53

Resumen y Promedio de la Evapotranspiración

MES	TURC MENSUAL (mm)	TORNTHWAITE (mm)	TURC ANUAL (mm)	COUTAGNE (mm)	PROMEDIO (mm)
ENE	102.42	155.32	-	-	128.86956
FEB	85.04	137.22	-	-	111.13169
MAR	98.28	141.87	-	-	120.07573
ABR	98.11	138.47	-	-	118.29255
MAY	99.29	134.49	-	-	116.89131
JUN	96.36	130.97	-	-	113.66076
JUL	102.89	136.04	-	-	119.46809
AGO	119.39	127.41	-	-	123.39665
SET	118.94	139.79	-	-	129.36719
OCT	117.43	146.83	-	-	132.13233
NOV	110.10	150.91	-	-	130.50363
DIC	105.19	152.42	-	-	128.80578
ANUAL	1253.44	1691.75	1110.79	910.98	1241.74014

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó las correcciones a los valores mensuales del promedio de la evapotranspiración, tomando como referencia el promedio anual, obtenido de los resultados de los métodos utilizados.

Tabla 54

Evapotranspiración Promedio Corregida

MES	EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO	EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO CORREGIDA
ENE	128.87	108.67
FEB	111.13	93.71
MAR	120.08	101.25
ABR	118.29	99.75
MAY	116.89	98.57
JUN	113.66	95.84
JUL	119.47	100.74
AGO	123.40	104.05
SET	129.37	109.09
OCT	132.13	111.42
NOV	130.50	110.04
DIC	128.81	108.61
ANUAL	1472.60	1241.74

Fuente: Elaboración Propia.

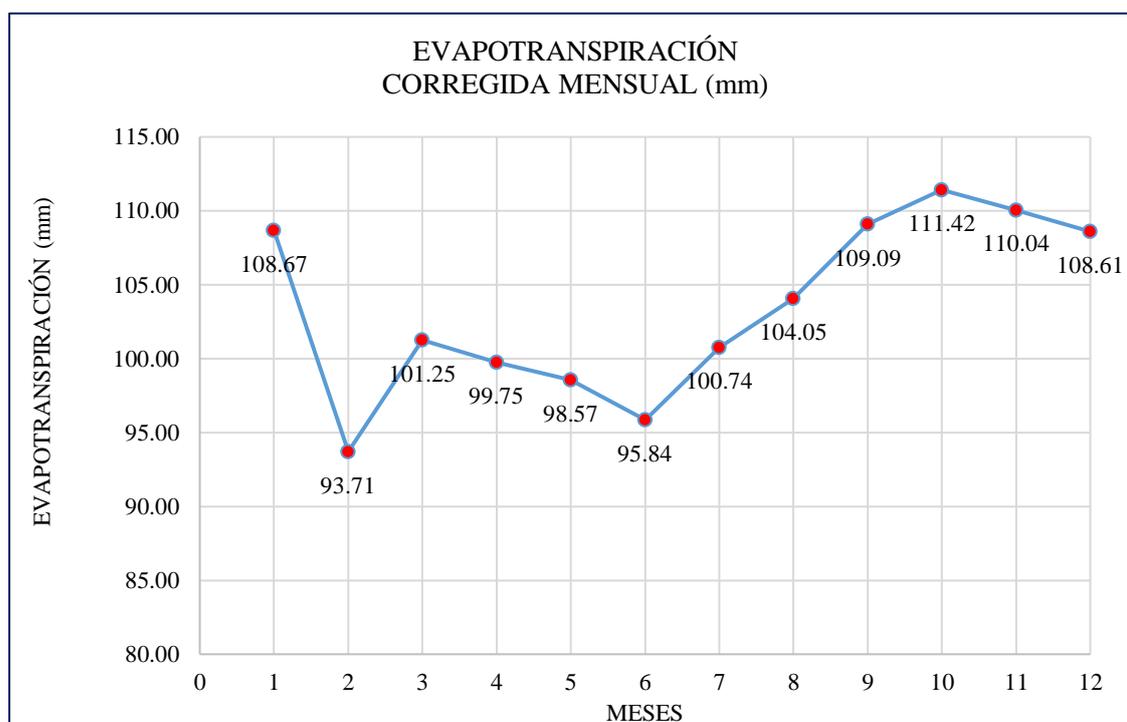


Ilustración 79 : Evapotranspiración Corregida Mensual en mm. (Fuente: Elaboración Propia).

3.1.4. Balance Hídrico

a) Comparación de Precipitación vs Evapotranspiración

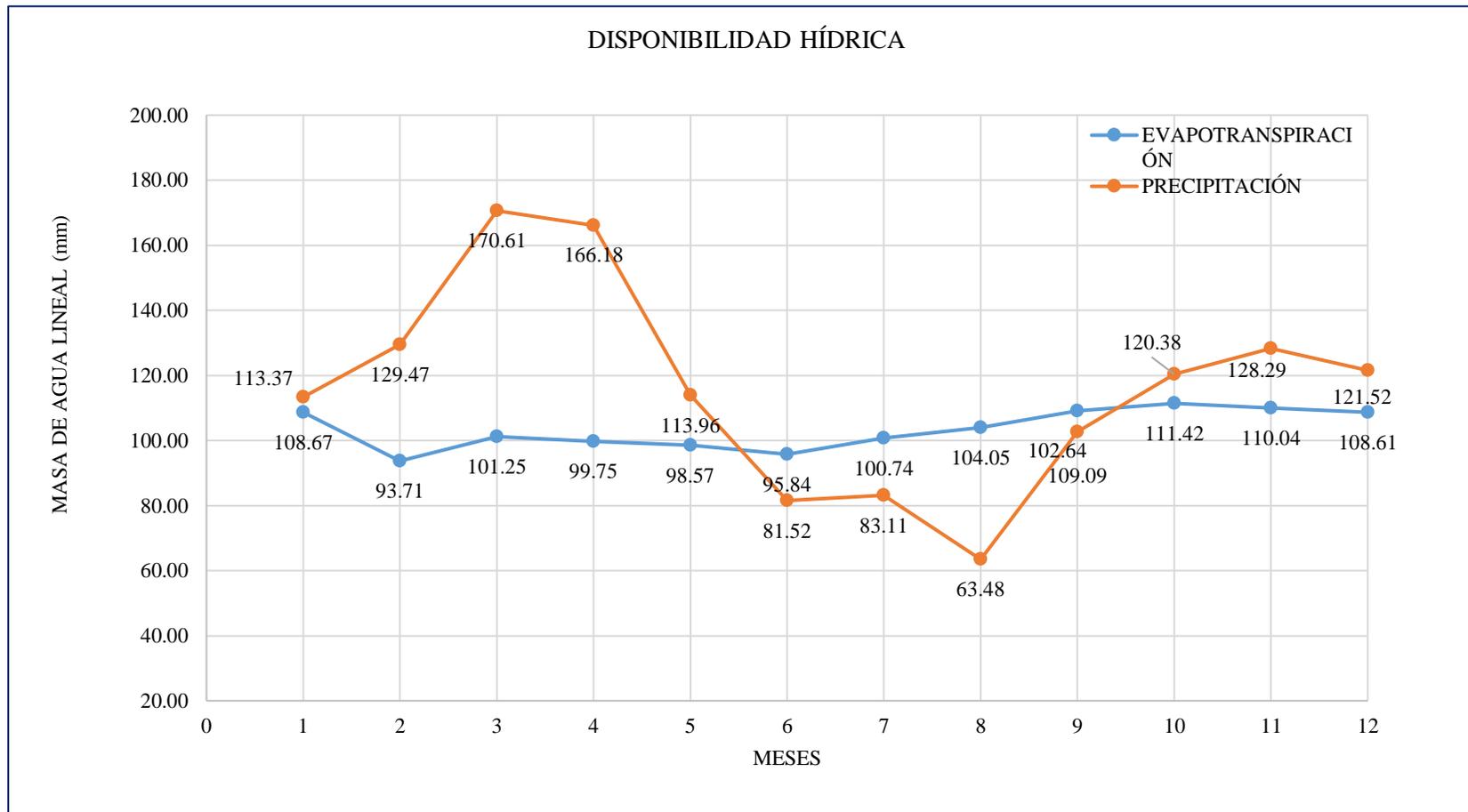


Ilustración 80 : Perfil de Precipitación vs Evapotranspiración (Fuente: Elaboración Propia)

b) Evapotranspiración Real

Tabla 55

Balance Hídrico Superficial de la Lámina de Agua

MES	PP (mm)	ETP (mm)	Δ (mm)	A (mm)	Def (mm)	Sup	A Δ (mm)	ETR (mm)
ENE	113.37	108.67	4.70	100.00	-	4.70	-	108.67
FEB	129.47	93.71	35.76	100.00	-	35.76	-	93.71
MAR	170.61	101.25	69.36	100.00	-	69.36	-	101.25
ABR	166.18	99.75	66.43	100.00	-	66.43	-	99.75
MAY	113.96	98.57	15.39	100.00	-	15.39	-	98.57
JUN	81.52	95.84	-14.32	85.68	-	-	-14.32	81.52
JUL	83.11	100.74	-17.63	68.05	-	-	-17.63	83.11
AGO	63.48	104.05	-40.58	27.48	-	-	-40.58	63.48
SET	102.64	109.09	-6.44	21.03	-	-	-6.44	102.64
OCT	120.38	111.42	8.96	29.99	-	8.96	-	111.42
NOV	128.29	110.04	18.24	48.23	-	18.24	-	110.04
DIC	121.52	108.61	12.90	61.14	-	12.90	-	108.61
ANUAL	1394.52	1241.74				231.75		1162.77

Fuente: Elaboración Propia.

c) Volumen de Oferta Hídrica en MMC

El cálculo de la oferta Hídrica en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, se da con la diferencia entre los resultados mensuales de la Precipitación (Tabla 33) y Evapotranspiración real (Tabla 55) convertidos a millones de metros cúbicos (MMC).

Tabla 56

Volumen Disponible en MMC en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña

MES	PP (MMC)	ETR (MMC)	OFERTA HÍDRICA (MMC)
ENE	16.40	15.72	0.68
FEB	18.72	13.55	5.17
MAR	24.67	14.64	10.03
ABR	24.03	14.43	9.61
MAY	16.48	14.26	2.23
JUN	11.79	11.79	0.00
JUL	12.02	12.02	0.00
AGO	9.18	9.18	0.00
SET	14.84	14.84	0.00
OCT	17.41	16.11	1.30
NOV	18.55	15.92	2.64
DIC	17.57	15.71	1.87
ANUAL	201.68	168.16	33.52

Fuente: Elaboración Propia.

d) Caudales de Escorrentía

Tabla 57

Caudales Superficiales de Escorrentía

MES	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL AL 90% (m3/s)	CAUDAL AL 110% (m3/s)
ENE	0.254	0.229	0.279
FEB	2.138	1.924	2.352
MAR	3.745	3.371	4.120
ABR	3.707	3.336	4.077
MAY	0.831	0.748	0.914
JUN	0.000	0.000	0.000
JUL	0.000	0.000	0.000
AGO	0.000	0.000	0.000
SET	0.000	0.000	0.000
OCT	0.484	0.435	0.532
NOV	1.018	0.916	1.120
DIC	0.697	0.627	0.766
ANUAL	1.073	0.966	1.180

Fuente: Elaboración Propia.

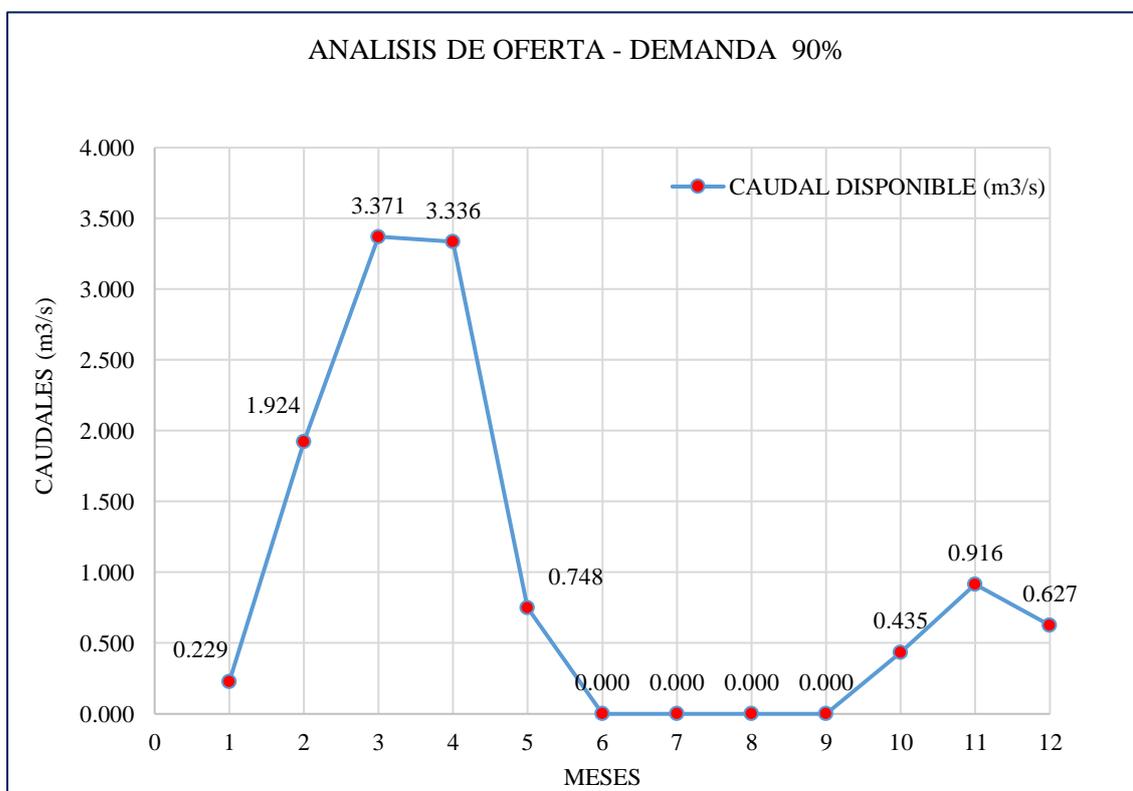


Ilustración 81 : Caudal de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña al 90% (Fuente: Elaboración Propia).

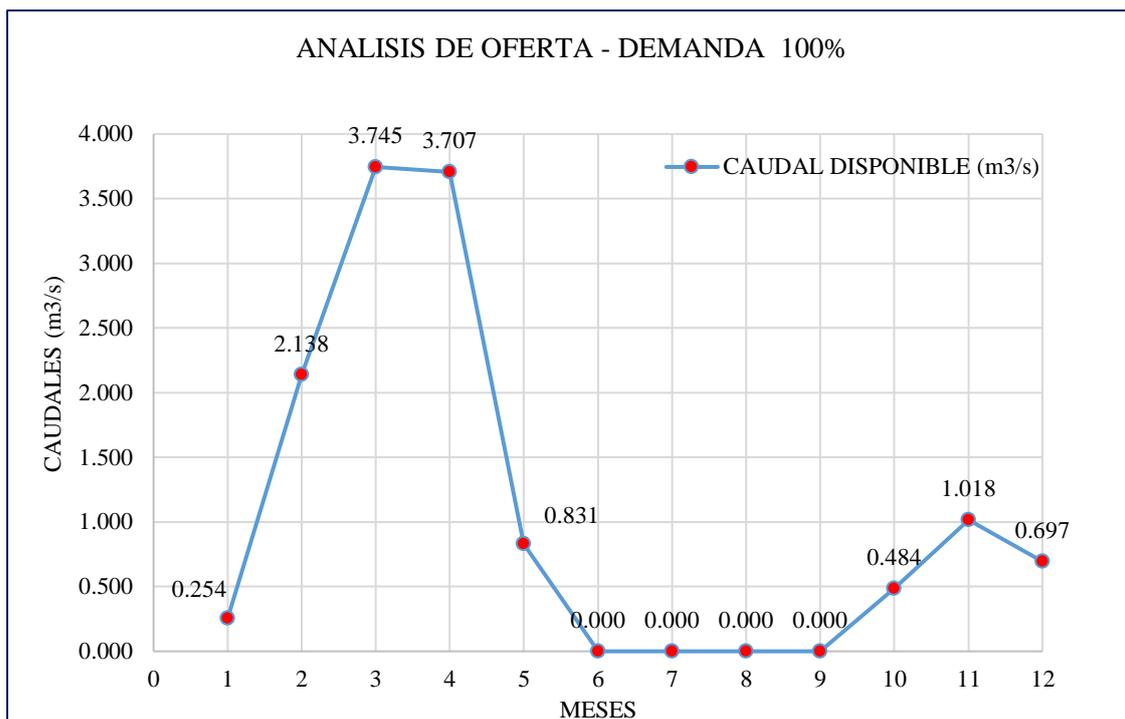


Ilustración 82 : Caudal de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña al 100% (Fuente: Elaboración Propia).

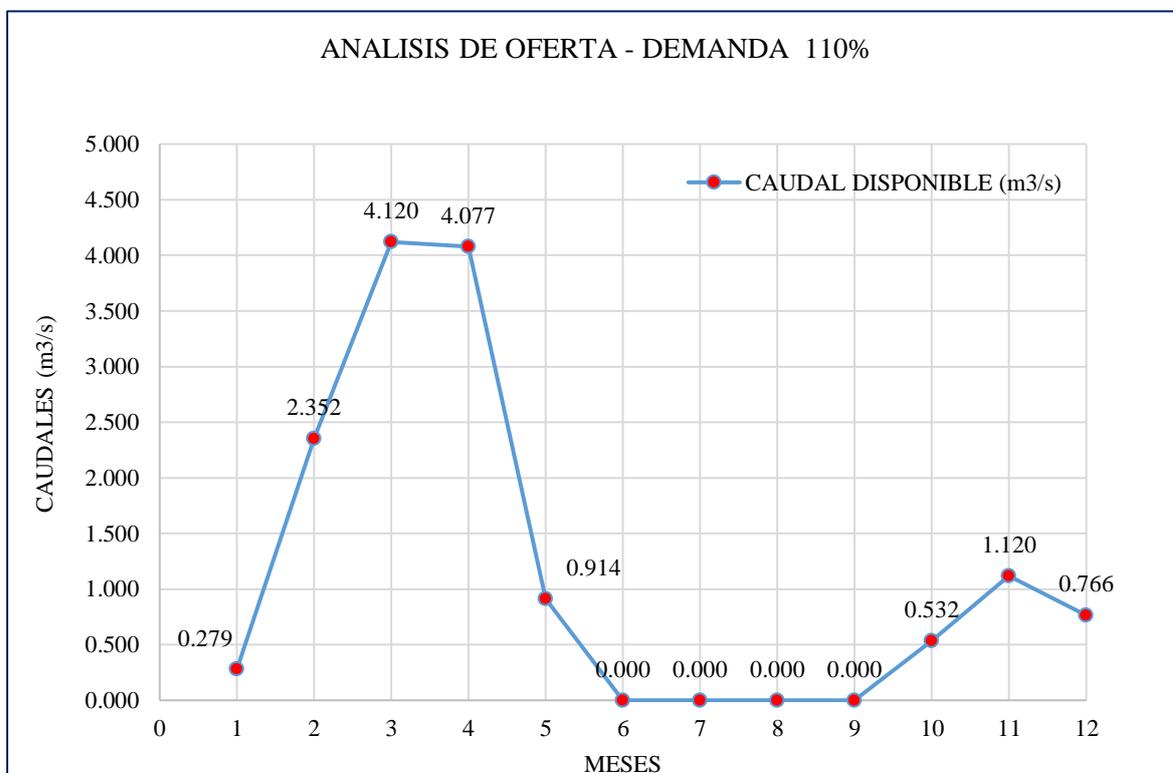


Ilustración 83 : Caudal de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña al 110% Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Análisis e Interpretación de la Cuadros y Figuras.

Con los datos y resultados obtenidos de los cálculos correspondientes en cada una de las distintas fases de la investigación, es posible realizar un análisis y discusión de estas, que nos permitirá ratificar la hipótesis planteada.

a) Análisis de los Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca

El análisis de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, nos ha permitido determinar las características geométricas de esta, obteniendo un área de 144.624 km² y un perímetro de 61.849 km.

En lo que respecta a la curva hipsométrica, se pudo determinar, debido a la forma de esta, que la Microcuenca se encuentra en la fase de monadnock (vejez), lo cual significa que gran parte de su área presenta pendientes consideradas como llanas o suaves. La relación del 50% del área total de la Microcuenca con respecto a su altura, es de 372.64 msnm, representando esta, la Altura Media.

El polígono de frecuencia, refleja que la microcuenca se encuentra en dos 2 secciones bien establecidas con mayor área que abarca, estando en las altitudes de 250 y 300 msnm (30.478%) y entre 300 y 400 msnm (22.978%).

Con el factor de forma obtenido de la microcuenca 0.1939, será posible compararla con otras, y así poder relacionarla si existiría una mayor posibilidad de una tormenta intensa, o la tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, según la diferencia del factor.

El índice de compacidad de la microcuenca es de 1.44, lo que se ve reflejado en la delimitación, constituyendo para valores mayores a la unidad, como una cuenca ligeramente alargada.

Según los métodos utilizados para el cálculo de la pendiente de la microcuenca se ha obtenido los siguientes resultados: Método del rectángulo equivalente 0.16784 y el Método de Alvord 0.08068, reflejando así pendientes variables para cada uno de sus tramos, para el cual promediando ambos valores obtenemos una pendiente de 0.12426.

Dentro de la red hidrográfica de la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, se han ubicado 04 cursos de agua, cuyas longitudes suman un total de 40.398 Km, es así que se clasificó a la Quebrada Shupishiña como uno de tercer orden, esto debido al número de tributarios que posee el curso principal, el cual tiene una longitud de 27.308 Km, con una densidad de corriente igual a 0.0277 y una densidad de drenaje de 0.279 km/km², indicando así suelos duros, poco erosionables o muy permeables y con cobertura vegetal densa.

El perfil longitudinal del cauce, nos proporciona un declive de la Microcuenca de 0.0066, así mismo se identificó tres zonas del cauce, teniendo así: el tramo superior o la naciente entre los 640 - 500 msnm que tiene una longitud de 3.24168 Km, el tramo medio entre los 500 - 300 msnm con longitud de 7.22319 Km y el tramo inferior hasta la desembocadura en el Río Cumbaza, entre los 300 - 236 msnm con una longitud de 16.84314 Km.

El factor de tortuosidad de 1.467, indica una cuenca con presencia de meandros, es decir con alta sinuosidad. La extensión media de escorrentía superficial calculada es $0.895 (km^2)/km$, indicando la media en que el agua de lluvia se escurre por cada km^2 en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña.

b) Análisis de la Precipitación

Para el cálculo de la precipitación en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, se optó trabajar con tres métodos, obteniendo valores de precipitación anual (mm) con poca dispersión entre sí, para lo cual tenemos, Método Aritmético 1440.733 mm, Método de Polígono de Thiessen 1384.601 mm y Método de la Curvas Isoyetas 1404.443 mm, para el resultado final, solo se tomó estos dos últimos métodos, por contar con mayor confiabilidad a la hora del cálculo, promediando los resultados obtenidos se tiene 1394.522 mm anuales.

Del análisis de la tendencia de la precipitación media mensual, podemos identificar claramente la época de abundante lluvia, de febrero a abril, estando marzo en el punto más alto de todo el año con 170.610 mm, y los meses de octubre – diciembre, resaltando noviembre con 128.286 mm y los meses de estiaje que empieza en junio y termina en Setiembre, ocupando el punto más bajo de todo el año, agosto con 63.477 mm.

c) Análisis de los datos de Temperatura y Evapotranspiración.

Aplicado los tres métodos para el cálculo de la temperatura promedio, Método de las Curvas Isotermas, Línea de Tendencia y Zonas de vida, podemos decir que la más confiable es el método de Línea de Tendencia, debido a que relaciona las alturas con las temperaturas, obteniéndose así un promedio de $25.4684^{\circ}C$ anual, y valores correspondientes a cada mes, donde en noviembre se registra el valor más alto de $26.1871^{\circ}C$ y agosto con $24.6329^{\circ}C$, registrando la menor temperatura.

En lo que respecta a la Evapotranspiración y la aplicación de los métodos usados para su cálculo, se tienen resultados muy similares, no existiendo una dispersión significativa, a excepción quizás al Método de Coutagne. Así, teniendo que la Evapotranspiración

Potencial en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, es la misma que la Evapotranspiración Real para todos los meses, a excepción de junio, julio, agosto y septiembre, donde la precipitación es absorbida en su totalidad, debido a que se obtiene mismos valores que la evapotranspiración real.

d) Análisis del Balance Hídrico

Para el análisis correspondiente los valores de la precipitación y la evapotranspiración real, fueron transformados en millones de metros cúbicos, donde la diferencia de estas es la Oferta Hídrica o disponibilidad existente en la Microcuenca, obteniéndose 33.52 MMC anuales y de acuerdo al análisis por cada mes del año, los meses de junio, julio, agosto y septiembre, se hace uso de la reserva acumulada en meses anteriores, debido a que en esta la oferta es nula, así como también la obtención de un caudal medio anual de $1.073 \text{ m}^3 / \text{s}$.

3.3. Discusión de Resultados.

En relación al análisis de los resultados obtenidos y al complementarlo con el análisis estadístico se puede evaluar lo siguiente:

La Microcuenca de la Quebrada Shupishiña tiene un área de 144.624 km^2 , superior al área obtenida en el estudio realizado por CEDISA, 118.03 km^2 , esta diferencia se debe por lo general a que en la actualidad se usan softwares que dan mayor grado de exactitud a los cálculos. Es así que a esta microcuenca se la puede considerar como la más grande en relación a las demás microcuencas que aportan a la sub cuenca del Río Cumbaza, además de estar en un periodo de vejez, según la curva hipsométrica obtenida.

No obstante, los resultados obtenidos no reflejan en la realidad su certeza del 100%, pero se asemejan con alto grado de precisión y confiabilidad, esto a que se depende mucho de las condiciones climáticas, habilidad del investigador, los escaneos realizados por los satélites, etc. De este modo el perfil de los tributarios del cauce principal, son una aproximación y no muestra la exactitud de estas.

En cuanto al cálculo de la Precipitación, se ha utilizado 20 años de información histórica (2000-2019), de seis estaciones, de las cuales, se ha comprobado su confiabilidad para el cálculo, estas estaciones fueron: Estación Tarapoto, San Antonio, Lamas, Shanao, Cuñumbuque y El Porvenir, teniendo así en los resultados, alto grado de exactitud.

Respecto a la temperatura y evapotranspiración se utilizó 15 años de información histórica (2005-2019), de tan solo tres estaciones, Estación Tarapoto, San Antonio y Lamas, esta reducción se dio debido a la disponibilidad de la información, así como

también la falta de implementación de las demás estaciones para registrar estos parámetros, la cercanía al área de estudio también influyó en la elección de las estaciones. La Oferta Hídrica existente en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, es considerable en cantidad, 33.52 MMC anuales y analizando mensualmente presenta irregularidad sobre todo en los meses de junio, julio, agosto y septiembre donde la oferta es nula, haciendo uso de la reserva obtenida de meses anteriores.

3.4. Contrastación de Hipótesis

Tras la presentación de los resultados obtenidos y el análisis correspondiente, en lo que respecta al desarrollo del estudio hidrológico de la microcuenca, gracias a la información brindada por los entes competentes y la aceptable aplicación de los softwares utilizados, nos han permitido obtener un resultado satisfactorio, conociendo la disponibilidad de la Oferta Hídrica que posee la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña, dando confirmada, que la hipótesis planteada es correcta y demostrada satisfactoriamente en su totalidad.

CONCLUSIONES

1. La Microcuenca de la Quebrada Shupishiña cuenta con un área de **144.624 km²** y un perímetro de **61.849 km**, considerándose como la más grande microcuenca que aportan a la sub cuenca del Río Cumbaza.
2. El relieve de la microcuenca es ligeramente **accidentado**, con una distribución de áreas con respecto a sus alturas muy variada, encontrándose más del **50%** en las alturas de **300 – 400 msnm**, demostrada en el polígono de frecuencias, esto debido a que, en toda esta zona, existe la agricultura intensiva bajo riego.
3. La pendiente de la Quebrada Shupishiña es **0.0066** y la pendiente de la Microcuenca de la Quebradas Shupishiña es de **0.12426**, estos valores reflejan la relación de la altura con respecto a su distancia horizontal recorrida.
4. La información existente y utilizada para los cálculos respectivos, otorgan un alto grado de confiabilidad, debido a que es extensa, completa, y las estaciones utilizadas se encuentran muy cerca de la zona de estudio.
5. La precipitación media obtenida, tras la aplicación de 2 de los métodos precisos y confiables, se obtuvo **1394.522 mm**.
6. En el análisis mensual de la precipitación obtenida se identifica época de abundante lluvia, en los meses de febrero a abril, estando marzo en el punto más alto de todo el año con **170.610 mm**, y los meses de octubre – diciembre, resaltando noviembre con **128.286 mm** y los meses de estiaje que empieza en junio y termina en Setiembre, ocupando el punto más bajo de todo el año, agosto con **63.477 mm**.
7. El valor representativo de la Temperatura en la microcuenca es de **24.91°C**, esto tras la aplicación de los métodos correspondientes muy similares al cálculo de la precipitación.
8. El uso correcto de los softwares digitales, aportan en la exactitud de los cálculos y resultados obtenidos, resaltando ArcGis, que ha demostrado dar resultados muy precisos y aceptables, siendo así muy confiable su uso.
9. Los resultados obtenidos en el balance hídrico demuestran que, en cuatro meses consecutivos del año, entre junio y setiembre, la evapotranspiración es superior a la

precipitación existente por lo tanto en la cuenca la oferta hídrica es nulo, lo que no sucede en el resto de los meses del año, en los cuales si existe oferta hídrica.

10. La oferta hídrica anual en la microcuenca de la quebrada Shupishiña es de **33.52 MMC** la misma que puede ser aprovechada previa planificación en función al uso prioritario establecido en la Ley de Recursos Hídricos 29338.

RECOMENDACIONES

Para la elaboración de futuros estudios en la Microcuenca de la Quebrada Shupishiña o en cualquier otra cuenca que, y/o involucren proyectos en las mismas, se recomienda:

1. Recopilar la mayor cantidad de información hidrometeorológica, de las estaciones más cercanas que se ubiquen dentro y fuera de la zona de estudio, para así poder realizar un análisis más profundo de los datos para obtener resultados con alto grado de confiabilidad y exactitud.
2. Realizar la medición de caudales in-situ, según corresponda, para realizar la comparación respectiva, con los valores obtenidos tras los cálculos, así como también por los obtenidos por los entes competentes en la zona de estudio.
3. Realizar el estudio de impacto ambiental correspondiente, que se genera tras la sobrepoblación y las expansiones de las zonas urbanas, que afectan directa e indirectamente a los afluentes.
4. Generar conciencia y alternativas de solución en la población aledaña, que permita satisfacer las necesidades, sin generar un daño irreversible a la quebrada, los meses donde la oferta hídrica es nula.
5. Dentro del uso de la oferta hídrica, en caso que este retorne al ciclo hidrológico del agua, debe ser tratada, para así minimizar los efectos de la contaminación.
6. El aprovechamiento de la Oferta Hídrica disponible debe estar enmarcado dentro de los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, V. (1983). *Hidrología Tratamiento de Datos Hidrometeorológicos*. Lima - Perú: INAF.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Limusa.
- Berry, J. (1986). *Learning Computer Assisted Map Analysis in Geographic Information Systems*. USA: Vol. III.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- CEDISA. (2008). *Pago por servicios ambientales hidricos para la conservación de bosque y alivio a la pobreza, región San Martín*. San Martín: Version Digital.
- Chávez Díaz, R. (1994). *Hidrología para Ingenieros*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: Mc. Graw Hill.
- Chuvieco, E. (1992). *II Curso Avanzado sobre Sistemas de Información Geográfica-Sistema de Información Geográfica*. Santiago de Chile - Chile.
- Delgado Alva, G. (2018). *Las Precipitaciones y su relación con el Balance Hídrico Superficial del sistema Hidrológico conformado por la cuenca del río Mishquiyacu, en el Distrito de Pilluana, Provincia de Picota-Región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín-T.
- EPS EMAPA SAN MARTÍN S.A. (2014). *Estudio Hidrológico del Río Shilcayo*. Tarapoto.
- Kerlinger, E. N. (1979). *En foque conceptual de la investigación del comportamiento*.
- Linsley, R. R., & Franzini, J. B. (1972). *Ingeniería de los Recursos Hidráulicos*. México: CECSA.
- Mejía M., A. (1991). *Métodos Estadísticos en Hidrología*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.

- Ministerio de Agricultura. (2010). *Evaluación de Recursos Hídricos Cuenca del Río Zaña*. Lima.
- Ministerio de Agricultura. (2013). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Chicama - Hidrología*". La Libertad.
- Monsalve S., G. (s.f.). *Hidrología en la Ingeniería*. México: ALFAOMEGA.
- Ordoñez Dávila, M. H., & Valdera Santamaria, J. F. (2019). *Estudio hidrogeológico con fines de aprovechamiento hídrico subterráneo del manantial Uchpayacu para consumo humano en el Caserío Tres de Octubre, distrito de La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín - región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín-T.
- Pizarro Baldera, J. del C. (2017). *Hidrología*. Apuntes de Clase.
- Salas Rodríguez, O. M. (2007). *Balance Hídrico del Acuífero CD Hidalgo-Tuxpan, en el Estado de Michoacán*. Mexico DF.
- Vásquez Fernández, C. (2001). *Balance Hidrico Superficial de la Cuenca del Río Sisa*. Tarapoto - Peru: Universidad Nacional de San Martín.
- Vásquez Villanueva, A. (2000). *Manejo de Cuencas Altoandinas*. Lima: Escuela Superior de Administración de Aguas " Charles Sutton".
- Velasco, J. (1981). *Hidrología Avanzada*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Publidrat.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología* . Lima: Villón.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>1.2.Planteamiento del Problema ¿El estudio hidrológico de la microcuenca de la quebrada Shupishiña permitirá conocer la oferta anual del recurso hídrico, y su disponibilidad con la finalidad de planificar su aprovechamiento?</p>	<p>1.3.1. Objetivo General Analizar y procesar la información hidrometeorológica de la microcuenca de la quebrada Shupishiña con la finalidad de determinar la oferta anual del recurso hídrico que permita planificar su aprovechamiento.</p> <p>1.3.2. Objetivos Específicos 01.Delimitar la cuenca en estudio a partir de la cartografía disponible obtenida de la Carta Nacional - IGN, a escala 1:100,000. 02.Determinar y calcular el valor de cada uno de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca de la quebrada Shupishiña. 03.Calcular la oferta mensual en MMC de agua en la quebrada Shupishiña. 04.Calcular el consumo mensual en MMC de agua en la quebrada Shupishiña. 05.Cuantificar la oferta anual de agua en MMC aplicando ya sea modelos estadísticos y/o hidrometeorológicos. 06.Cuantificar la disponibilidad mensual y anual de agua en la quebrada Shupishiña.</p>	<p>3.1.Hipótesis Para el desarrollo de la presente investigación nos planteamos la siguiente hipótesis: “El estudio hidrológico de la microcuenca de la quebrada Shupishiña permitirá conocer la oferta del recurso hídrico, y su disponibilidad con la finalidad de planificar su aprovechamiento”, que beneficiara a los pobladores que habitan en el área de influencia directa e indirecta y servirá como base para el desarrollo de otros proyectos que ayudara a impulsar la inversión económica y sostenible.</p>	<p>3.2.Sistema de Variables 3.2.1Variable Dependiente Caudales Medios Mensuales.</p> <p>3.2.2Variable Independiente Parámetros Hidrometeorológicos.</p>	<p>Para la Variable Independiente Precipitación promedio mensual. Precipitación máxima en 24 horas Temperatura</p> <p>Para la Variable dependiente Caudales medios mensuales</p>	<p>4.1.Tipo y nivel de investigación a)Descriptiva.-Se basa en un problema real que se intenta solucionar para prevenir posibles problemas futuros, a través de la descripción de esta realidad. b) Histórica.-Se realiza empleando información registrada a lo largo de varios años, recurriendo a fuentes primarias y secundarias para la reconstrucción de la realidad hidrológica.</p> <p>4.2.Diseño de la Investigación La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que usa la medición, recolección de datos, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamientos y probar teorías.</p> <p>4.3.Población y Muestra 4.3.1.Población La masa anual de agua que produce la microcuenca, la masa anual de agua que se usa en la cuenca y la disponibilidad 4.3.2.Muestra Masa anual de agua que produce la microcuenca, la masa anual de agua que se usa en la cuenca y la disponibilidad en quebrada Shupishiña. 4.3.3Muestreo Es el medio, la técnica, el método mediante el cual realizaremos el análisis los datos obtenidos.</p>

Anexo 2: Información de Precipitación Total Mensual (mm) proporcionados por el SENAMHI

 PERÚ		Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI				Estación Zonal 9					
ESTACION CO "TARAPOTO"													
Latitud	: 06° 28'			Departamento	: San Martín								
Longitud	: 76° 22'			Provincia	: San Martín								
Altura	: 356 m.s.n.m.			Distrito	: Tarapoto								
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	118.3	130.9	93.2	181.7	58.0	55.1	57.7	92.4	177.0	50.2	42.5	139.1	1196.1
2001	81.6	112.9	131.6	357.0	142.7	47.3	140.6	66.0	96.8	122.0	71.3	221.2	1591.0
2002	19.5	100.5	89.5	167.9	52.4	61.3	146.5	24.0	18.9	93.6	102.6	94.6	971.3
2003	169.0	167.1	177.7	131.2	106.2	99.7	36.7	41.0	70.2	155.4	97.7	200.6	1452.5
2004	24.8	154.3	82.9	64.8	137.6	89.3	84.5	104.4	76.4	99.8	119.6	169.4	1207.8
2005	56.2	153.1	145.7	185.5	44.8	118.9	35.2	15.9	77.0	150.5	228.4	21.9	1233.1
2006	151.6	145.7	107.9	151.3	59.7	53.3	144.1	14.8	41.4	144.5	193.0	84.6	1291.9
2007	121.5	34.4	278.9	119.3	138.7	21.8	91.5	104.2	106.0	104.9	211.8	50.1	1383.1
2008	96.8	192.8	155.6	100.7	81.6	103.2	19.0	40.5	103.4	83.5	85.5	49.7	1112.3
2009	154.5	158.8	168.5	244.4	117.1	128.5	53.6	95.7	132.5	99.3	108.0	101.4	1562.3
2010	71.7	156.2	113.7	254.7	103.7	64.7	17.9	70.2	43.9	100.5	207.5	116.2	1320.9
2011	84.4	53.3	270.7	135.2	125.1	179.2	93.3	27.1	68.0	90.4	183.2	164.8	1474.7
2012	193.7	125.1	175.3	298.4	125.1	87.1	59.1	14.3	95.5	137.3	59.3	223.3	1593.5
2013	140.8	144.3	168.0	77.9	112.3	99.7	49.7	128.4	105.3	65.2	217.6	85.0	1394.2
2014	154.7	134.2	296.6	128.9	145.1	50.4	81.1	51.8	82.7	196.8	102.2	85.5	1510.0
2015	141.6	204.8	116.6	271.3	145.7	72.2	43.9	71.5	26.6	116.8	144.2	227.6	1582.8
2016	62.4	197.7	192.5	79.3	182.6	114.9	50.7	23.7	77.8	78.2	68.7	106.0	1234.5
2017	239.5	170.7	292.5	158.6	107.5	134.2	47.1	82.0	171.8	43.6	129.7	156.2	1733.4
2018	130.3	151.7	251.2	233.4	92.5	71.0	71.5	51.4	123.2	137.3	78.1	144.5	1536.1
2019	278.8	279.5	92.1	122.2	106.7	37.9	139.6	56.8	136.3	208.8	202.0	160.7	1821.4

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "SAN ANTONIO"**

Latitud : 06° 25'
 Longitud : 76° 25'
 Altura : 430 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : San Martín
 Distrito : San Antonio

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	103.4	140.0	193.6	172.6	63.0	152.4	68.5	76.0	201.5	82.3	60.2	261.5	1575.0
2001	133.5	147.7	235.0	417.1	316.7	106.7	231.1	77.8	167.0	232.4	109.1	286.8	2460.9
2002	54.5	182.5	136.5	183.9	135.4	59.1	269.1	36.1	49.8	190.0	144.3	178.6	1619.8
2003	179.9	173.4	358.0	244.8	174.3	178.9	90.1	86.7	120.8	133.7	158.6	321.0	2220.2
2004	76.1	205.5	203.5	92.5	187.0	185.7	187.3	171.1	109.6	252.7	210.0	79.5	1960.5
2005	76.0	354.5	250.5	268.9	91.6	131.4	88.7	19.0	117.1	224.1	221.9	63.6	1907.3
2006	246.7	178.1	191.3	150.1	119.3	189.1	112.8	81.9	110.1	216.3	140.7	99.3	1835.7
2007	185.0	12.5	280.6	373.4	243.7	26.2	138.5	63.3	166.6	153.4	209.4	93.9	1946.5
2008	87.8	197.8	154.6	105.8	117.1	164.3	78.3	75.6	248.9	152.0	114.9	75.2	1572.3
2009	178.7	243.1	189.3	321.2	218.1	157.5	83.3	194.4	158.7	118.7	175.7	160.5	2199.2
2010	99.7	171.0	127.8	299.1	144.1	111.4	45.7	55.8	50.8	140.0	135.3	133.0	1513.7
2011	117.6	72.4	259.1	167.8	214.3	223.8	137.2	65.6	165.0	230.0	390.5	176.7	2220.0
2012	220.8	84.2	266.6	264.7	140.8	92.7	73.4	34.2	99.1	183.0	121.2	254.2	1834.9
2013	222.5	168.9	235.8	152.2	235.2	123.2	94.2	126.2	177.3	103.7	225.0	139.0	2003.2
2014	228.3	169.7	295.6	157.8	154.7	66.0	123.6	47.3	162.3	199.4	152.2	119.1	1876.0
2015	211.7	235.3	168.9	264.6	160.3	105.1	104.3	79.3	63.6	111.5	151.1	171.0	1826.7
2016	57.2	281.7	347.8	73.8	272.2	99.6	54.7	71.5	63.9	94.4	64.0	142.1	1622.9
2017	241.4	133.0	307.9	175.3	218.6	81.8	59.6	119.3	150.8	109.8	233.5	166.6	1997.6
2018	181.7	179.6	329.3	149.4	98.1	95.6	107.5	153.7	127.6	199.0	164.0	149.4	1934.9
2019	161.2	231.7	163.9	191.8	83.7	77.9	120.8	74.9	196.1	322.4	191.2	121.9	1937.5

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERU

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "LAMAS"**

Latitud : 06° 16'
 Longitud : 76° 42'
 Altura : 920 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : Lamas
 Distrito : Lamas

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	130.9	216.7	126.0	147.8	69.4	107.9	81.2	86.2	177.9	98.4	55.3	167.4	1465.1
2001	83.3	145.7	170.5	220.8	184.5	63.1	221.4	73.6	122.1	148.6	143.1	333.3	1910.0
2002	80.2	139.0	75.0	113.2	103.2	43.5	142.1	55.5	70.9	164.2	90.4	36.5	1113.7
2003	110.6	80.2	171.4	320.1	125.2	117.7	83.5	64.5	130.9	161.1	185.5	287.5	1838.2
2004	100.9	84.8	119.4	48.7	141.4	98.4	119.0	119.4	113.2	119.3	97.4	133.8	1295.7
2005	87.3	202.3	141.0	216.8	52.7	108.1	69.5	41.1	98.2	116.8	149.9	29.6	1313.3
2006	124.1	146.2	113.5	78.2	108.3	52.4	104.3	25.0	86.5	115.8	192.9	85.4	1232.6
2007	171.7	29.4	357.4	274.0	312.9	3.5	163.5	35.2	S/D	135.1	168.0	65.9	1716.6
2008	85.3	239.0	238.2	110.8	43.6	142.9	96.9	22.9	141.7	92.7	106.4	51.2	1371.6
2009	185.9	118.0	160.4	281.5	133.9	164.7	85.8	104.3	164.7	125.0	57.2	61.9	1643.3
2010	37.3	145.7	112.4	198.5	124.3	60.9	55.2	45.1	44.4	56.3	147.8	145.2	1173.1
2011	54.4	54.4	183.7	169.3	144.9	101.9	79.7	18.5	103.9	112.9	185.3	140.1	1349.0
2012	127.4	70.2	282.7	257.0	131.0	57.0	45.2	9.4	88.3	244.7	86.8	120.8	1520.5
2013	186.7	88.8	180.4	70.9	103.0	93.7	90.4	120.5	72.7	84.9	129.1	64.3	1285.4
2014	143.4	103.5	228.1	137.1	80.8	61.9	83.2	56.9	112.5	155.4	180.4	89.8	1433.0
2015	218.9	222.7	172.1	284.8	143.7	106.4	62.3	74.8	49.7	134.5	144.7	155.7	1770.3
2016	24.2	229.2	249.6	135.7	126.0	69.4	21.8	47.0	74.1	174.2	65.9	154.4	1371.5
2017	230.4	182.4	250.4	111.1	160.2	92.5	59.7	94.6	131.2	114.3	194.9	72.0	1693.7
2018	223.7	116.9	243.6	154.5	117.8	78.6	89.1	68.2	55.3	152.1	79.1	140.3	1519.2
2019	174.3	222.1	159.2	164.2	134.8	55.0	150.9	47.6	218.3	295.3	192.6	165.6	1979.9

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERU

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION PLU "SHANAO"**

Latitud : 06° 26'
 Longitud : 76° 36'
 Altura : 300 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : Lamas
 Distrito : Shanao

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	148.3	219.6	81.6	202.8	39.6	184.2	58.4	95.3	151.8	66.6	121.5	152.7	1522.4
2001	42.9	104.3	181.8	242.5	217.8	48.7	142.7	87.5	99.5	167.2	88.9	307.0	1730.8
2002	64.5	51.3	57.8	157.1	87.7	71.0	168.3	30.6	49.0	186.3	134.6	25.4	1083.6
2003	70.3	52.7	181.9	148.3	75.4	93.9	49.8	52.3	145.6	139.7	115.4	213.8	1339.1
2004	38.2	188.1	130.2	89.4	159.7	73.6	99.8	60.4	76.4	74.0	85.8	125.0	1200.6
2005	75.9	250.2	95.9	190.5	50.3	38.6	42.6	33.3	56.5	145.6	180.9	41.3	1201.6
2006	92.1	68.3	88.1	102.6	102.9	39.3	79.7	45.3	162.3	101.4	130.1	78.1	1090.2
2007	49.6	5.4	170.7	79.3	164.1	18.1	39.0	70.0	157.9	121.6	199.2	49.3	1124.2
2008	43.8	178.8	146.2	71.9	28.6	115.3	50.5	55.1	158.5	94.6	156.3	65.7	1165.3
2009	149.8	94.1	140.4	224.3	91.0	145.7	81.5	100.2	173.8	76.1	52.7	9.8	1339.4
2010	29.9	156.9	98.5	140.3	111.9	31.6	91.4	43.4	28.2	47.0	87.1	127.2	993.4
2011	46.1	57.6	113.7	198.8	124.8	90.8	69.1	29.3	113.1	92.6	158.7	137.7	1232.3
2012	124.7	59.3	203.1	168.4	197.1	71.7	19.5	6.9	52.8	150.5	96.4	81.5	1231.9
2013	171.8	68.3	193.1	76.3	94.0	57.0	97.0	89.2	92.3	72.9	120.9	29.0	1161.8
2014	89.3	61.9	194.9	128.2	147.0	64.2	101.7	43.8	126.8	208.8	125.4	34.1	1326.1
2015	205.2	151.7	112.1	165.4	155.6	93.1	64.3	99.6	55.9	155.7	126.1	136.8	1521.5
2016	66.3	156.1	208.9	171.3	122.2	39.1	35.6	44.8	100.7	121.8	33.1	141.2	1241.1
2017	138.8	180.4	151.4	128.9	184.6	55.2	69.6	80.8	89.3	56.8	211.8	70.3	1417.9
2018	170.2	98.8	136.2	135.8	82.9	44.0	61.9	75.1	66.4	199.3	69.9	80.8	1221.3
2019	160.9	223.2	84.0	98.1	47.8	S/D	135.5	30.4	103.6	189.6	114.7	128.9	1316.7

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

		PERÚ	Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI				Dirección Zonal 9				
ESTACION PLU "CUÑUMBUQUE"													
Latitud : 06° 30' Longitud : 76° 30' Altura : 240 m.s.n.m.			Departamento : San Martín Provincia : Lamas Distrito : Cuñumbuque										
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	61.5	127.6	94.3	174.4	29.5	55.8	39.1	84.7	116.0	35.9	61.8	121.8	1002.4
2001	53.1	105.1	194.9	248.1	136.5	30.8	175.1	112.8	76.2	90.3	110.1	193.3	1526.3
2002	23.5	30.9	57.4	146.0	58.6	32.3	125.4	85.8	35.2	117.5	54.7	45.3	812.6
2003	110.0	79.3	121.7	92.9	78.9	78.0	54.8	65.6	93.4	68.1	105.0	208.4	1156.1
2004	25.6	100.4	87.1	58.0	69.2	59.7	58.7	73.5	108.3	114.0	56.4	137.3	948.2
2005	35.5	77.0	107.7	125.7	53.2	54.7	24.6	57.2	68.6	96.2	109.4	28.4	838.2
2006	88.9	76.9	97.8	84.3	63.9	54.6	83.9	24.9	88.5	93.1	151.0	40.4	948.2
2007	67.8	16.4	162.7	62.6	84.8	4.7	35.9	50.7	126.6	62.7	153.1	40.5	868.5
2008	46.2	142.1	142.1	79.8	46.7	62.7	84.5	36.7	81.8	65.8	130.6	61.0	980.0
2009	111.5	60.9	120.9	242.0	71.8	108.0	34.6	43.0	181.7	44.6	27.0	20.0	1066.0
2010	45.6	110.3	76.1	155.5	94.2	67.5	23.9	93.5	36.5	40.2	107.0	71.0	921.3
2011	29.7	12.6	168.9	147.5	97.1	97.2	48.0	17.8	72.5	87.3	237.5	88.5	1104.6
2012	184.4	68.9	143.1	237.1	120.4	54.0	49.0	15.9	70.9	136.1	59.8	120.3	1259.9
2013	84.8	62.2	112.4	61.9	107.2	94.1	56.2	69.1	54.4	46.2	149.5	72.0	970.0
2014	46.1	57.8	157.3	145.5	66.4	39.8	79.9	21.8	71.8	156.8	103.3	94.1	1040.6
2015	121.8	127.5	130.3	202.6	87.6	38.9	57.1	51.2	28.5	21.6	68.0	109.0	1044.1
2016	22.6	75.0	143.0	78.7	89.2	71.2	23.6	32.2	89.1	43.2	39.7	138.8	846.3
2017	159.1	139.5	141.0	78.1	129.0	75.9	27.4	67.2	110.2	37.2	127.1	123.6	1215.3
2018	114.8	105.1	182.1	116.3	92.9	44.8	29.4	58.5	52.1	76.1	71.8	102.4	1046.3
2019	88.8	137.6	94.8	130.6	71.6	37.2	147.6	52.4	141.3	160.3	125.6	110.1	1297.9

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

		PERU	Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI				Dirección Zonal 9				
ESTACION MAP "EL PORVENIR"													
Latitud : 06° 35' Longitud : 76° 19' Altura : 230 m.s.n.m.				Departamento : San Martín Provincia : San Martín Distrito : Juan Guerra									
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m.)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2000	96.1	186.3	102.5	174.3	95.1	131.7	71.9	98.2	145.5	84.8	89.0	244.6	1520.0
2001	41.8	102.7	381.8	316.9	257.1	43.1	146.3	64.1	111.1	156.6	94.4	338.7	2054.6
2002	71.4	72.5	58.8	171.3	79.6	107.2	179.2	37.4	57.1	174.6	115.4	26.5	1151.0
2003	73.6	49.8	190.5	133.9	94.4	124.2	83.5	78.1	134.8	115.6	78.4	209.0	1365.8
2004	25.1	138.7	112.1	83.5	214.0	100.1	80.1	100.1	117.8	90.0	111.0	55.5	1228.0
2005	82.1	209.3	107.2	235.8	81.0	84.3	82.6	32.4	99.1	159.8	214.8	59.2	1447.6
2006	96.8	95.2	93.1	193.1	93.2	73.3	136.1	13.0	147.6	149.8	140.9	67.4	1299.5
2007	85.4	5.0	208.8	116.4	189.7	11.8	55.5	75.6	237.6	114.9	181.4	53.9	1336.0
2008	42.9	148.6	155.9	150.5	51.5	40.2	66.1	40.1	166.1	159.8	147.9	142.3	1311.9
2009	155.4	93.7	228.4	257.8	92.6	185.9	116.9	129.7	184.5	83.9	63.9	28.3	1621.0
2010	37.6	143.1	102.3	149.4	138.9	66.3	77.2	45.8	52.3	58.7	112.0	108.7	1092.3
2011	60.2	56.0	151.9	181.2	174.6	106.3	114.5	74.4	182.3	97.9	204.7	175.0	1579.0
2012	136.9	82.6	269.9	280.0	183.5	97.7	72.4	19.0	84.6	185.1	84.5	170.0	1666.2
2013	193.1	93.5	218.8	86.2	113.5	73.8	107.5	124.1	143.6	92.1	140.5	72.6	1459.3
2014	105.4	73.5	191.9	196.8	182.0	91.0	71.9	58.9	99.8	203.8	138.2	69.2	1482.4
2015	196.4	219.5	182.6	242.9	155.0	138.0	84.8	94.4	31.6	147.4	113.7	178.9	1785.2
2016	55.6	216.2	242.9	174.4	174.1	53.8	60.4	65.7	153.4	192.7	92.4	119.5	1601.1
2017	271.5	222.1	212.3	158.4	186.5	100.1	103.0	182.0	226.2	112.0	211.7	109.3	2095.1
2018	285.9	152.1	152.3	218.1	92.4	82.4	72.2	100.7	S/D	402.8	82.8	74.1	1715.8
2019	119.7	232.5	S/D	89.6	89.1	27.0	107.8	37.2	90.5	85.4	129.3	73.7	1081.8
NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.													

Anexo 3: Información de Temperatura Media Mensual (°C), Humedad Relativa Promedio Mensual (%) y Horas de Sol proporcionados por el SENAMHI.

 PERU		Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI				Dirección Zonal 5					
ESTACION CO "TARAPOTO"													
Latitud	: 06° 28'			Departamento	: San Martín								
Longitud	: 76° 22'			Provincia	: San Martín								
Altura	: 356 m.s.n.m.			Distrito	: Tarapoto								
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000	26.6	25.8	25.8	25.1	25.7	25.9	24.5	25.9	26.3	26.6	28.7	26.9	26.2
2001	26.5	26.5	25.9	25.5	25.8	24.3	25.1	25.6	25.9	27.5	27.9	26.9	26.1
2002	27.9	27.3	26.6	26.1	25.8	25.6	24.8	25.7	27.4	27.5	27.2	27.6	26.6
2003	27.8	27.2	26.5	26.2	25.5	25.5	25.3	25.8	26.4	27.6	27.7	27.2	26.6
2004	28.5	27.5	27.2	27.5	26.3	24.9	25.1	25.7	25.9	27.7	28.1	27.9	26.9
2005	28.7	27.2	27.3	26.5	27.0	26.3	25.6	27.4	27.3	27.3	27.5	27.5	27.1
2006	27.3	26.8	26.8	26.4	26.3	26.0	26.2	26.3	27.1	27.1	26.6	26.8	26.6
2007	26.8	27.6	25.4	25.2	25.1	26.0	25.3	25.8	25.3	25.9	26.1	26.8	25.9
2008	26.3	25.7	25.4	25.8	25.4	25.0	25.0	26.2	25.6	25.9	26.3	27.6	25.9
2009	25.9	26.3	25.8	25.1	25.5	24.7	25.8	26.1	26.4	27.0	27.9	27.8	26.2
2010	27.7	27.1	27.0	26.2	26.0	25.4	25.4	26.6	27.4	27.6	26.9	27.2	26.7
2011	27.6	26.8	26.0	25.7	25.5	25.1	25.4	26.4	26.1	26.7	26.8	26.4	26.2
2012	26.9	25.9	25.3	25.2	25.6	24.7	24.8	26.6	26.3	27.1	27.6	26.8	26.1
2013	26.8	26.3	26.7	26.7	26.0	25.1	24.8	25.4	26.5	27.1	26.8	27.0	26.3
2014	26.6	25.9	25.7	25.5	26.3	25.9	25.7	25.9	26.5	26.0	27.2	27.0	26.2
2015	26.2	26.3	25.9	25.4	25.6	25.3	25.6	26.8	27.9	27.7	28.2	26.9	26.5
2016	29.2	26.4	26.5	26.3	26.0	25.4	25.7	26.5	26.8	27.4	28.3	27.5	26.8
2017	26.0	26.5	25.9	26.3	26.0	25.4	25.0	26.7	26.0	27.0	27.3	27.0	26.3
2018	26.0	26.7	25.9	25.4	25.8	24.8	25.2	25.5	26.8	26.6	27.4	26.3	26.0
2019	25.7	26.1	26.0	26.0	26.0	25.8	25.2	25.5	26.1	25.7	26.2	26.6	25.9

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "TARAPOTO"**

Latitud : 06° 28'
 Longitud : 76° 22'
 Altura : 356 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : San Martín
 Distrito : Tarapoto

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000	74	77	79	83	81	78	79	76	75	76	68	74	76.7
2001	74	75	80	82	82	81	80	77	78	76	73	78	78.0
2002	69	75	77	82	81	77	82	76	71	73	74	72	75.8
2003	72	76	79	80	82	83	79	74	74	75	74	77	77.1
2004	70	72	77	75	77	80	78	75	76	73	73	72	74.8
2005	68	76	75	79	78	78	74	69	70	74	73	71	73.8
2006	73	76	77	78	72	78	75	74	71	75	78	76	75.3
2007	75	71	81	84	82	79	77	75	79	79	79	75	78.0
2008	75	78	81	79	78	77	77	73	76	78	79	70	76.8
2009	78	78	82	83	82	80	76	76	77	75	72	71	77.5
2010	70	77	81	85	81	81	79	71	73	73	78	75	77.0
2011	70	73	79	81	83	83	79	73	78	78	79	80	78.0
2012	75	77	83	85	81	84	83	78	78	80	78	79	80.1
2013	81	82	83	80	84	86	83	81	80	78	80	78	81.3
2014	80	84	85	87	84	83	81	79	77	81	77	76	81.2
2015	78	83	84	86	85	88	90	85	84	85	85	89	85.2
2016	82	91	91	91	91	90	89	87	85	85	82	83	87.3
2017	88	88	90	88	90	90	88	87	89	87	86	85	88.0
2018	87	86	90	91	91	90	88	87	85	88	80	85	87.3
2019	90	91	91	89	90	89	89	88	88	90	90	88	89.4

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO
 DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

REGISTRO METEREOLÓGICO													
ESTACIÓN : TARAPOTO			LATITUD : 06° 28'			DEPARTAM. : SAN MARTIN							
CÓDIGO : 000401			LONGITUD : 76° 22'			PROVINCIA : SAN MARTIN							
TIPO : C-O			ALTITUD : 356.0 msnm			DISTRITO : TARAPOTO							
HORAS DE SOL (Hr)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1999	104.1	97.1	155.3	118.1	109.8	142.4	158.7	178.0	158.8	160.1	137.8	177.7	1,697.9
2000	133.4	122.8	81.6	110.9	119.4	141.9	140.5	183.8	166.4	187.6	179.8	168.4	1,736.5
2001	143.3	96.7	120.2	137.3	143.5	108.6	142.8	176.8	172.0	175.0	174.6	159.4	1,750.2
2002	168.8	104.8	117.0	104.1	103.4	154.7	91.3	177.7	191.3	170.9	147.6	160.7	1,692.3
2003	137.2	110.3	125.7	146.4	98.3	118.0	155.8	186.9	144.6	179.0	164.4	129.2	1,695.8
2004	159.3	100.8	123.8	151.6	166.7	109.8	155.8	183.9	169.8	166.0	154.5	148.6	1,790.6
2005	138.0	109.2	123.4	135.5	181.6	171.4	212.1	200.1	160.2	127.6	139.7	108.4	1,807.2
2006	122.8	95.0	131.0	118.2	167.3	183.3	187.9	181.6	207.9	161.7	137.6	136.7	1,831.0
2007	135.0	104.6	97.9	110.2	167.7	141.3	155.6	186.2	157.3	166.0	154.5	148.6	1,724.9
No. DATOS	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
MEDIA	138.0	104.6	119.5	125.8	139.7	141.3	155.6	183.9	169.8	166.0	154.5	148.6	1,747.4
D.S	18.8	8.7	20.6	17.2	32.4	26.1	33.1	7.1	19.2	16.8	15.7	21.3	51.5
C.V	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
MINIMA	104.1	95.0	81.6	104.1	98.3	108.6	91.3	176.8	144.6	127.6	137.6	108.4	1,692.3
MAXIMA	168.8	122.8	155.3	151.6	181.6	183.3	212.1	200.1	207.9	187.6	179.8	177.7	1,831.0



PERU

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "SAN ANTONIO"**

Latitud : 06° 25'
 Longitud : 76° 25'
 Altura : 430 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : San Martín
 Distrito : San Antonio

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2003				24.8	24.0	24.0	23.5	24.2	24.7	25.5	25.6	25.1	24.6
2004	26.4	25.5	25.0	25.7	24.3	23.1	23.6	23.6	23.6	25.2	25.5	25.5	24.8
2005	26.2	25.0	25.3	24.7	24.8	24.3	23.7	24.5	25.3	24.9	25.5	25.8	25.0
2006	25.4	25.0	25.1	24.7	24.3	24.6	24.4	24.2	25.5	25.2	25.4	24.3	24.8
2007	25.9	24.4	24.6	24.4	24.1	24.2	24.3	25.1	24.5	25.1	25.4	25.8	24.8
2008	25.5	25.2	24.6	25.0	24.4	24.0	24.3	25.5	25.0	25.1	25.7	26.4	25.1
2009	25.2	25.2	24.8	24.5	25.0	24.3	24.4	25.1	25.3	26.1	27.2	27.1	25.4
2010	26.8	26.9	26.6	26.2	26.2	26.1	25.9	26.4	26.6	26.3	26.2	26.6	26.4
2011	27.0	26.3	25.5	25.5	25.2	24.8	25.0	25.6	25.5	26.0	26.0	26.0	25.7
2012	26.2	25.6	25.4	25.3	25.4	24.8	24.8	26.1	26.0	26.1	26.7	26.1	25.7
2013	25.9	25.9	25.8	26.2	25.6	25.0	24.7	25.1	26.2	26.7	26.6	26.7	25.9
2014	26.3	25.9	25.6	25.2	25.7	25.6	25.6	26.0	26.3	26.1	27.0	26.7	26.0
2015	26.0	25.7	25.5	25.1	25.5	25.1	25.0	25.9	26.8	26.5	27.1	26.3	25.9
2016	27.7	26.1	26.1	26.5	25.6	25.8	25.5	26.0	26.2	26.9	27.0	26.1	26.3
2017	25.7	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.5	26.0	25.7	26.3	26.7	26.5	26.0
2018	25.6	25.9	25.4	25.3	26.0	25.8	25.6	25.4	25.7	25.4	26.2	25.9	25.7
2019	25.3	25.0	25.4	26.0	25.8	25.4	25.0	25.2	25.5	25.3	26.6	26.4	25.6

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO
 DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "SAN ANTONIO"**

Latitud : 06° 25'
 Longitud : 76° 25'
 Altura : 430 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : San Martín
 Distrito : San Antonio

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2003				83	84	83	82	80	82	79	82	84	82.1
2004	80	82	80	78	80	83	83	82	83	81	81	79	81.0
2005	75	81	81	83	83	84	82	81	78	80	80	80	80.7
2006	80	86	85	82	82	84	83	84	84	85	79	83	83.1
2007	84	79	88	88	86	84	81	86	89	81	85	84	84.6
2008	79	87	90	84	86	86	86	84	86	87	83	81	84.9
2009	87	85	86	86	84	83	82	81	82	82	81	82	83.4
2010	81	83	85	87	86	85	84	80	79	86	84	82	83.5
2011	82	83	85	84	85	84	83	81	81	84	83	83	83.2
2012	82	84	83	84	83	84	83	80	80	82	81	81	82.3
2013	82	82	82	82	83	83	82	82	80	81	81	81	81.8
2014	82	83	84	84	82	82	82	81	81	83	83	82	82.4
2015	82	82	82	84	83	82	81	81	80	81	82	85	82.1
2016	84	85	86	85	86	84	85	85	84	84	84	83	84.6
2017	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83	83	83	83.4
2018	84	84	84	84	83	83	83	82	83	84	83	83	83.3
2019	82	82	82	83	83	83	83	82	84	85	85	83	83.1

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO
 DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "LAMAS"**

Latitud : 06° 16'
 Longitud : 76° 42'
 Altura : 920 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : Lamas
 Distrito : Lamas

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000	23.8	23.1	23.4	22.8	23.4	22.9	21.8	22.9	23.1	23.3	24.9	23.2	23.2
2001	23.1	22.9	22.7	22.9	23.0	21.6	22.2	22.9	22.9	24.1	24.3	23.7	23.0
2002	23.9	23.7	23.6	23.1	22.9	22.7	21.9	23.0	23.9	23.6	23.4	24.1	23.3
2003	24.3	23.6	23.5	23.3	22.6	22.7	22.5	23.1	23.5	24.2	24.2	23.4	23.4
2004	24.9	24.0	23.6	24.1	23.4	22.0	22.4	22.9	22.8	24.2	24.0	23.8	23.5
2005	25.2	24.0	24.0	23.3	23.7	23.8	23.1	24.2	24.5	24.4	24.9	24.6	24.1
2006	24.2	24.5	24.1	24.3	24.0	24.5	24.6	24.9	25.4	25.7	25.3	25.7	24.8
2007	25.6	26.8	25.4	25.4	25.4	24.4	24.5	25.0	2.1	23.8	24.0	24.1	23.0
2008	24.0	23.8	23.3	23.5	22.7	22.5	22.9	23.9	23.2	23.5	24.1	24.5	23.5
2009	23.4	23.6	22.9	22.8	22.9	22.2	22.9	23.4	23.6	24.3	25.0	24.9	23.5
2010	24.8	24.6	24.3	23.9	23.6	23.1	22.9	24.4	25.1	25.1	22.3	24.3	24.0
2011	24.7	24.1	23.3	23.5	23.1	22.9	23.0	24.3	23.9	24.3	24.3	23.7	23.8
2012	24.1	23.2	23.0	23.2	23.4	22.8	23.0	24.5	24.3	24.2	25.0	24.5	23.8
2013	24.2	23.8	23.7	24.3	23.6	22.8	22.6	23.2	24.3	24.4	24.3	24.4	23.8
2014	24.0	23.8	23.4	23.2	23.8	23.4	23.2	23.6	23.8	24.0	24.5	24.4	23.8
2015	24.5	24.0	23.5	23.3	23.3	23.1	23.3	24.4	25.2	24.8	25.1	24.0	24.0
2016	26.3	23.8	24.0	24.0	23.7	23.2	23.7	24.1	24.1	24.4	25.1	24.2	24.2
2017	23.1	23.7	23.5	23.8	23.6	23.2	22.8	24.0	23.4	24.1	24.4	24.4	23.7
2018	23.3	24.0	23.3	23.1	23.6	22.9	23.0	23.2	24.9	23.7	24.4	23.7	23.6
2019	23.9	23.8	23.6	23.5	23.9	23.8	23.2	23.6	24.1	23.3	24.4	24.1	23.8

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD,
 QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION CO "LAMAS"**

Latitud : 06° 16'
 Longitud : 76° 42'
 Altura : 920 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : Lamas
 Distrito : Lamas

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000	78	80	80	84	84	84	85	82	81	83	76	82	81.6
2001	81	81	85	86	86	86	86	80	83	80	78	84	83.0
2002	78	81	81	87	87	83	87	83	79	84	82	78	82.5
2003	79	83	85	84	87	87	81	77	78	81	80	84	82.2
2004	76	77	84	81	83	85	84	80	83	79	81	80	81.1
2005	77	82	82	88	84	87	86	79	77	82	81	76	81.8
2006	79	78	81	81	77	79	74	74	69	72	75	72	75.9
2007	74	72	73	76	75	76	77	76	S/D	80	84	86	77.2
2008	87	86	87	87	87	87	85	81	84	87	85	81	85.3
2009	85	84	89	89	88	87	86	84	84	84	80	76	84.7
2010	77	81	82	86	87	86	86	82	82	83	84	84	83.3
2011	83	85	86	86	87	88	86	83	83	82	83	85	84.8
2012	84	86	87	86	84	86	85	81	82	84	81	83	84.1
2013	83	85	85	83	85	87	86	84	82	81	82	82	83.8
2014	84	85	87	87	85	86	86	84	85	85	83	82	84.9
2015	84	84	85	87	88	87	86	83	81	83	82	86	84.7
2016	79	87	87	87	88	88	86	86	86	85	83	86	85.7
2017	91	90	89	89	89	91	92	88	90	89	88	88	89.5
2018	90	88	90	90	89	90	90	88	85	88	86	88	88.5
2019	88	89	89	88	89	88	89	87	87	90	86	87	88.1

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



PERU

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHIDirección
Zonal 9**ESTACION MAP "EL PORVENIR"**

Latitud : 06° 35'
 Longitud : 76° 19'
 Altura : 230 m.s.n.m.

Departamento : San Martín
 Provincia : San Martín
 Distrito : Juan Guerra

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000	27.1	26.7	26.6	25.3	26.0	26.2	24.8	26.4	26.7	27.0	28.9	26.9	26.6
2001	26.5	26.7	26.1	25.8	25.9	24.6	25.2	25.7	25.9	27.5	28.0	27.3	26.3
2002	28.2	27.8	27.5	26.6	26.6	26.5	25.3	26.2	28.1	27.7	27.1	28.1	27.1
2003	28.0	27.4	26.4	26.8	26.0	26.0	25.9	26.6	26.9	28.1	27.8	27.6	27.0
2004	28.4	27.2	26.9	27.6	26.8	25.5	25.8	26.0	25.7	27.2	27.7	27.5	26.9
2005	28.4	27.2	27.3	26.7	26.9	26.4	25.5	26.9	27.2	26.8	27.1	27.5	27.0
2006	27.3	24.8	26.7	26.3	25.8	26.1	26.0	26.4	27.5	27.9	27.2	27.4	26.6
2007	27.7	28.3	26.3	26.0	26.0	26.1	25.8	26.4	26.0	26.6	25.6	27.3	26.5
2008	27.2	26.4	25.8	26.3	25.8	25.5	25.9	27.1	26.4	26.5	26.6	28.0	26.5
2009	26.5	26.8	26.2	25.6	26.0	25.3	25.7	26.3	26.6	27.2	28.2	28.0	26.5
2010	27.9	27.8	27.2	27.0	26.7	26.0	26.0	27.1	27.9	27.7	27.0	27.5	27.2
2011	27.9	27.0	26.4	26.0	25.9	25.5	25.6	26.5	25.9	26.6	26.8	26.6	26.4
2012	26.8	25.9	25.5	25.7	25.9	24.9	25.2	26.7	26.7	27.2	27.5	26.7	26.2
2013	26.8	26.4	26.9	27.2	26.6	25.8	25.5	26.0	27.0	27.5	27.2	27.4	26.7
2014	27.0	26.8	26.3	26.0	26.5	26.5	26.3	25.7	26.6	26.2	27.5	27.5	26.6
2015	26.7	26.5	26.1	25.8	26.1	25.7	25.9	26.9	28.4	28.2	28.3	27.5	26.8
2016	29.8	27.4	27.0	26.8	26.4	25.6	25.9	26.7	27.3	28.0	28.6	28.0	27.3
2017	26.6	26.8	25.7	26.3	26.0	25.4	25.3	27.1	26.8	27.4	27.8	27.6	26.6
2018	26.2	26.9	26.4	25.7	26.2	25.4	25.7	26.2	27.4	27.2	27.8	26.9	26.5
2019	26.6	26.8	S/D	26.4	26.5	26.4	25.7	25.9	27.2	26.6	27.3	27.0	26.6

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

		PERÚ	Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI				Dirección Zonal 9				
ESTACION MAP "EL PORVENIR"													
Latitud : 06° 35' Longitud : 76° 19' Altura : 230 m.s.n.m.					Departamento : San Martín Provincia : San Martín Distrito : Juan Guerra								
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000	73	76	78	85	82	78	82	84	83	81	72	79	79.4
2001	82	80	84	86	88	88	86	86	86	82	75	80	83.6
2002	74	77	77	84	83	80	85	81	72	75	77	76	78.4
2003	76	78	80	81	83	83	83	80	81	81	83	84	81.1
2004	81	82	85	83	85	87	83	82	86	81	82	80	83.1
2005	75	81	80	82	79	79	77	72	72	79	79	75	77.5
2006	80	86	85	82	77	79	78	77	73	81	78	82	79.8
2007	84	77	82	88	81	83	80	76	79	78	78	72	79.8
2008	71	75	79	77	77	78	76	71	74	75	74	68	74.6
2009	74	72	77	80	76	75	74	72	73	73	72	70	74.0
2010	69	71	74	75	74	74	73	70	69	71	74	71	72.1
2011	70	72	74	75	76	76	74	70	76	74	72	74	73.6
2012	72	75	76	78	75	78	75	69	71	73	71	74	73.9
2013	73	75	73	70	73	74	73	72	71	72	73	71	72.5
2014	72	72	75	75	73	72	70	72	74	75	72	71	72.8
2015	72	74	76	76	74	73	72	68	67	71	72	73	72.3
2016	66	75	76	75	74	74	72	68	70	71	69	70	71.7
2017	74	73	76	73	73	75	73	69	71	72	70	70	72.4
2018	74	70	70	74	73	76	75	73	71	73	72	74	72.9
2019	75	74	S/D	75	73	72	75	73	73	75	74	75	74.0

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

Anexo 4: Tablas para el cálculo de la Radiación, Horas de Sol Máxima y el Coeficiente de corrección “k” de Thornthwaite

La aplicación de las tablas corresponde al valor buscado de acuerdo a la latitud correspondiente, el cual se obtiene interpolando con los valores existentes en la tabla, para nuestro caso (Latitud Sur), los datos de Enero corresponderán a Julio, Febrero a Agosto, en ese orden consecutivo. (Enero = Julio, Febrero = Agosto, Septiembre = Marzo, etc.)

Factores de corrección K_i para la fórmula de Thornthwaite y Wilm.

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.05	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97

Número de horas de brillo solar (N).

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5	11.8	11.9	12	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.2	11.9	11.8
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	12.0	12.3	11.6	10.9	10.6
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8

Radiación extraterrestre tomada en la parte superior de la atmósfera (cal/cm²día).

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0	885	915	925	900	850	820	830	870	905	910	890	875
10	780	840	900	925	915	900	905	915	905	865	800	760
20	660	750	850	920	960	965	960	935	875	785	685	630
30	520	630	775	895	975	1000	990	925	820	685	560	490
40	380	505	675	845	965	1020	985	895	740	565	415	335
50	225	360	555	750	930	1010	970	830	640	435	265	190
60	90	215	425	670	890	1000	945	770	510	285	120	60
70	0	70	275	565	855	1025	945	685	385	145	15	0
80	0	0	125	480	890	1075	995	660	255	25	0	0
90	0	0	40	470	900	1085	1010	670	170	0	0	0

Anexo 5:

Planos