

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**ESTUDIO HIDROLOGICO PARA LA RECARGA DE ACUIFEROS
EN LAS MICROCUENCAS DE CAPILLANI Y CCANCAHUA,
DISTRITO DE SICUANI - CANCHIS - CUSCO**

PRESENTADO POR:

- Br. INDIRA QUISPE CUSIHUAMAN

Para optar al Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO.

ASESOR:

Ms.Sc. GUIDO VICENTE HUAMAN
MIRANDA

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "Estudio Micoedológico para la recarga de acuíferos en las microcuencas de capillani y ceancahua, distrito de sicani - canchis-cusco"

presentado por: **INDIRA Quispe Cusiwanan** con DNI Nro.: **46041597**

presentado por: con DNI Nro.:

para optar el título profesional/grado académico de

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **01** veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **10**%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, **01** de **Febrero** de 20**24**


Firma
Post firma **Guido Vicente Huamán Miranda**

Nro. de DNI **31044739**

ORCID del Asesor **0000-0002-9992-8065**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:27259:319623929**

NOMBRE DEL TRABAJO
TESIS INDIRA FINAL.pdf

AUTOR
INDIRA QUISPE CUSIHUAMAN

RECUENTO DE PALABRAS
67815 Words

RECUENTO DE CARACTERES
256260 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS
228 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO
12.0MB

FECHA DE ENTREGA
Jan 31, 2024 2:44 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME
Jan 31, 2024 2:48 PM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de Internet
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y por ser guía e iluminar el camino.

A mis padres Luis francisco Quispe y Sofia Cusihuaman por su apoyo a lo largo de mis estudios y de mi vida, por cuidarme y construir buenos hábitos y valores que me ayudan a salir adelante en los momentos difíciles.

A mi esposo Andrews Mendoza, mis lindos hijos Luis André y Giselle Antonella.

La Autora

AGRADECIMIENTO

A la Tri Centenaria **Universidad Nacional de San Antonio Abab del Cusco** y a la Escuela Profesional de Agronomía, por haber contribuido al proceso de formación académica.

A los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por los conocimientos brindados a través de los años de estudio.

Al asesor Ms.Sc. Guido V. Huamán Miranda, por el apoyo y consejos, que ayudaron en la culminación del trabajo de investigación.

A mis hermanas Linuska, Nohelia y Josep por sus consejos y apoyo.

La Autora

CONTENIDO

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PROBLEMA OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1. Problema general.	12
1.2.2. Problema específico.	12
II.- OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	13
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2.3 JUSTIFICACIÓN.....	13
III.- HIPÓTESIS.....	14
3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	14
3.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	14
IV.-MARCO TEÓRICO	15
4.1. Morfometría de Cuencas.....	15
4.1.1. Variables que definen el tamaño de la cuenca.....	15
4.1.2. Variables que definen la simetría de la cuenca	17
4.1.3. Variables que definen la elongación de una cuenca	18
4.2 Acuífero.....	18
4.2.1 Característica de los acuíferos.....	20
4.2.2 Tipos de acuíferos.....	20
4.3 Cuenca.....	21
4.4 Subcuenca	22
4.5 Microcuenca.....	22
4.6 Recarga.....	23
4.6.1 Recarga artificial	23
4.7 Zanjias de infiltración	24
4.7.1 Características del diseño de zanjias de infiltración.....	25
4.8 Manantial.....	25
4.9 Demanda de agua.....	26
4.10 Siembra y cosecha de agua.....	27
4.11 Estudio climatológico.....	27
4.12 Estudio Hidrológico.....	32
4.13 Zonas de vida.....	34
4.14 Efectos del cambio climático	36
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	37
5.1 TIPO DE INVESTIGACION.....	37
5.2 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	37

5.2.1	Accesibilidad.	40
5.3	Fases de la investigación.	42
5.4	Características fisiograficas	43
5.4.1	Hidrografía.....	43
5.4.2	Clasificación de pendientes:	44
5.4.3	Geomorfología.....	51
5.5	Aspectos Hidrologicos	63
5.5.1	Información hidrometeorológica.....	63
5.5.2	Análisis de datos.....	64
5.5.3	Tratamiento de la información meteorológica.....	66
5.5.4	Regionalización	88
5.5.5	Clasificación climática según Zonas de vida de Holdridge	104
5.6	Oferta hídrica generada.....	107
5.6.1	Generación de caudales medios mensuales.....	107
5.7	Análisis de máximas avenidas.....	123
5.7.1	Curvas intensidad duración frecuencia (IDF) MC.....	131
5.7.2	Generación del caudal máximo de diseño.....	132
5.7.3	Naturaleza geológica de la zona de intervención.....	138
5.7.4	Inventario de manantes.....	143
5.7.5	Pruebas de permeabilidad.....	150
5.8	Clasificación de acuíferos.....	152
5.9	Acciones de recarga.....	154
5.9.1	Represamiento de las lagunas de Chaquecocha y Capillani.....	154
5.9.2	Zanjas de infiltración.....	162
5.10	Plan de acciones para recarga de acuíferos.....	166
5.10.1	Componentes y actividades del plan.....	166
5.11	Demanda hídrica de las microcuencas Capillani y Ccancahua	171
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	178
	BIBLIOGRAFÍA	183
	ANEXO 1.....	185

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de manantiales.	26
Figura 3: Cambio de forma en curva hipsométrica con la edad del río	56
Figura 4: Curva hipsométrica y mediana de la altitud Microcuenca Capillani.	57
Figura 5: Curva hipsométrica y mediana de la altitud Microcuenca Ccancahua. ..	57
Figura 6: Curva hipsométrica y mediana de la altitud de área cuenca Capillani. ..	58
Figura 7: Curva hipsométrica y mediana de la altitud de área Chaquecocha.	58
Figura 8: Variación Anual de la precipitación promedio mensual (1964 –2017)....	65
Figura 9: Variación Anual de la precipitación media red de estaciones.	65
Figura 10: Diagrama de doble masa	74
Figura 11: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de Sicuani	75
Figura 12: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de Yauri	75
Figura 13: Curvas de frecuencia de precipitación estación de Pomacanchi	76
Figura 14: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de La Raya	76
Figuras 15: Líneas de tendencia regional precipitación anual	90
Figura 16: Comportamiento de precipitación anual por regresión exponencial.	91
Figura 17: Variación mensual de temperatura de la microcuenca Ccancahua. ..	103
Figura 18: Variación mensual de temperatura media de microcuenca Capillani.	103
Figura 20: Esquema de transformación de precipitación a caudal.	108
Figura 21 Curva Intensidad Duración y Frecuencia del área Capillani.	132
Figura 22: Curva Intensidad Duración y Frecuencia del área Chaquecocha.	132
Figura 24: Sección de represamiento de laguna Chaquecocha.	161
Figura 25: Acciones de recarga con zanjas de infiltración.	163

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación de la cuenca según su área	23
Cuadro 2: Accesibilidad a la zona de estudio microcuenca Capillani.	40
Cuadro 3: Accesibilidad a la zona de estudio microcuenca Ccancahua	40
cuadro 4: Rangos de pendiente	44
Cuadro 5: Pendientes del área de intervención Capillani	44
Cuadro 6: Pendientes del área de intervención Ccancahua	45
Cuadro 7: Área y perímetro de las microcuencas	52
Cuadro 8: Longitud axial y ancho promedio de las microcuencas	53
Cuadro 8: Longitud axial y ancho promedio	53
Cuadro 9 : Variación de la altitud de las microcuencas	53
Cuadro 10: Variación de altitud de las áreas de intervención	53
Cuadro 11: Variación de la longitud del cauce principal en las microcuencas.	59

Cuadro 13: Características geomorfológicas del área de escurrimiento Capillani.	61
Cuadro 15: Características geomorfológicas del área de Chaquecocha.....	61
Cuadro 15: Información de las estaciones meteorológicas utilizadas.	63
Cuadro 16: Variación mensual de la precipitación media(mm).	65
cuadro 17: Registros de Precipitación Total.....	66
Cuadro 18: Calculo de variables para ecuación. recta de regresión	68
Cuadro 19: Datos Meteorológicos originales y faltantes de la estación Sicuani....	68
Cuadro 20: Datos Meteorológicos completados para la estación Sicuani.....	70
Cuadro 21: Selección de periodos a comparar por la media.....	77
Cuadro 22: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”	77
Cuadro 23: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”	78
Cuadro 24: Datos meteorológicos del primer periodo corregido.	79
Cuadro 25: Comprobación de pruebas de bondad al 95 % de confianza	80
Cuadro 26: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”	80
Cuadro 27: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”	81
Cuadro 28: Datos corregidos estación Sicuani.....	81
Cuadro 29: Variables para la corrección por tendencias.....	83
Cuadro 30: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”	83
Cuadro 31: Variables para la corrección por tendencias.....	84
Cuadro 32: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”	84
Cuadro 33: Datos meteorológicos corregidos por tendencias, estación Sicuani...85	
Cuadro 34: Registro completado y extendido estación Sicuani.....	87
Cuadro 35: Precipitación anual y media anual corregida	88
Cuadro 36: Ecuación de regresión por precipitación que se ajusta a la zona	89
Cuadro 37: Regionalización de la precipitación anual para Chaquecocha.....	89
Cuadro 38: Ecuacion de regrecion lineal multiple	92
Cuadro 39: Ecuacion de regrecion lineal multiple para uecocha.....	92
Cuadro 40: Precipitación regionalizada de la microcuenca Ccancahua	94
Cuadro 41: Registro de precipitación regionalizada de la microcuenca Capillani .95	
Cuadro 42: Precipitación anual según la altitud de Ccancahua	96
Cuadro 43: Precipitación mensual y efectiva al 75 % de Chaquecocha.....	97
Cuadro 45: precipitación efectiva al 75 % de persistencia zona de Capillani.	98
Cuadro 51: Clasificación climática modelo Holdridge de Capillani.....	105
Cuadro 52: Clasificación climática Holdridge área de Chaquecocha	105
Cuadro 55: Calculo de los coeficientes de agotamiento “a”.	115
Cuadro 56: Lámina acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.	116
Cuadro 57: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%).	117
Cuadro 58: Caudal generado del área de escurrimiento - Ccancahua.....	121
Cuadro 59: Caudal generado en el área de escurrimiento - Capillani.....	122
Cuadro 60: Registro de precipitación máxima de 24 horas estación Sicuani	124
Cuadro 61: Registro de precipitación máxima de 24 horas - Ccancahua.....	125
Cuadro 62: Registro de precipitación máxima de 24 horas - Capillani.....	126
Cuadro 63: Precipitaciones máximasde intervención Chaquecocha.	129
cuadro 64: Precipitaciones máximas- Area de intervención Capillani	129
Cuadro 65: Tabla de Intensidades - Chaquecocha	130

Cuadro 66: Tabla de Intensidades – Capillani.....	131
Cuadro 67: Característica morfométricas microcuencas Ccancahua y Capillani	133
Cuadro 68: Tiempo de concentración microcuencas Ccancahua y Capillani	133
Cuadro 69: Coeficiente de escorrentía de Capillani y Ccancahua	135
Cuadro 70: Datos de inventario de manantes de la microcuenca Ccancahua	144
cuadro 72: Inventario de manantes de la microcuenca Ccancahua	145
cuadro 73: Inventario de manantes de la microcuenca Capillani	146
Cuadro 74: Según Meinzer, productividad de caudales (l/s)	147
cuadro 75: Planilla de permeabilidad microcuenca Ccancahua	151
cuadro 76: Planilla de permeabilidad microcuenca Capillani	151
Cuadro 77: Clasificación de materiales sedimentarios según su permeabilidad .	152
Cuadro 78: Area de unidades hidrogeológicas de intervención Ccancahua	152
Tabla 79: Area de unidades hidrogeológicas área de intervención Capillani	152
Tabla 80: Precipitación media anual y al 75 % - Chaquecocha.....	159
Cuadro 81: Precipitación media anual y al 75 % - Capillani	160

INDICE DE FOTOS

Fotografía 1: Vista del paisaje de ubicación.....	40
Fotografía 2: Relieve de la zona de intervención Capillani.....	51
Fotografía 3: Relieve de la zona de intervención Chaquecocha	51
Fotografía 4: Afloramientos de la formación Pisac.	138
Fotografía 5: Paisaje de modelado flúvio glaciar de laguna Chaquecocha.	139
Fotografía 6: Formación Muñani - arenisca intercalada de lutitas	140
Fotografía 7: Corte de talud de depósito de suelo morrénico.....	141
Fotografía 8 : Acumulación de depósitos morrénico - Capillani.....	141
Fotografía 9:Medición del caudal C. Sunchuchumo y Capillani.....	143
Fotografía 10: Medicion de caudal de manantes de forma volumétrica	147
Fotografía 11: Inventario de manantes, microcuencas Ccancahua y Capillani ...	149
Fotografía 12: Pruebas de permeabilidad	150
Fotografía 13: Levantamiento topográfico areas de intervención Chaquecocha.	154
Fotografía14: Vista de laguna Chaquecocha zona de represamiento	155

INDICE DE MAPAS

Mapa satelital 01: Ubicación de microcuencas y áreas de intervención.....	41
Mapa satelital 02: Pendientes de microcuencas Capillani y Ccancahua	46
Mapa satelital 03: Pendientes de las áreas de Capillani y Ccancahua	47
Mapa satelital 04: Fisiografía de las microcuencas Capillani y Ccancahua	49
Mapa satelital 05: Fisiografía de áreas de intervención Capillani y Chaquecocha	50
Mapa satelital 06: Parámetros geomorfológicos - Capillani y Ccancahua	54
Mapa satelital 07: Longitud axial de las áreas de Capillani y Chaquecocha	55
Mapa satelital 08: Drenaje de las microcuencas y áreas de intervención	60

Mapa satelital 09: Isohietas del área de intervención Chaquecocha.....	99
Mapa satelital 10: Isohietas del área de intervención Capillani.	100
Mapa satelital 11: Clasificación de zonas de vida áreas de intervención	106
Mapa satelital 12: áreas de escurrimiento de las áreas de intervención	137
Mapa satelital 13: Geología de las microcuencas Capillani y Ccancahua.....	142
Mapa satelital 14: Inventario de manantes Capillani y Chaquecocha	148
Mapa satelital 15: Unidades acuíferas de áreas de intervención	153

INDICE DE PLANOS

Plano 01: Altimétrico del espejo de agua de lagua Chaquecocha.....	156
Plano 02: Altimétrico del espejo de agua de lagua Capillani	157

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en las microcuencas Capillani y Ccancahua las cuales se encuentran ubicadas en el distrito de Sicuani beneficiando a las comunidades de Capillani y Sunchuchumo. Con el objetivo de realizar el estudio hidrológico para la recarga de acuíferos de ambas microcuencas, sustentándose en estudios fisiográfico, geomorfológico, tratamiento de información meteorológica, lo que permite caracterizar ambas microcuencas.

La metodología empleada es la descripción y evaluación de las microcuencas para los cuales se realizó, aforos, registro de manantes, pruebas de infiltración y levantamiento topográfico, obteniendo conclusiones para ambas microcuencas de acuerdo con los resultados del análisis morfométrico, que tienen una respuesta positiva ante los eventos extremos de precipitación, garantizando el almacenamiento de agua en los acuíferos; El área de aporte hídrico de la microcuenca de Ccancahua es de 99.434 ha, con un coeficiente de escurrimiento de 0.38. La microcuenca de Capillani presenta un área de aporte hídrico de 56.056 ha, con un coeficiente de escurrimiento de 0.38, lo cual permite garantizar la recarga de los acuíferos y abastecer la demanda de agua para el ámbito de estudio; se ha formulado el plan de acciones para la recarga de los acuíferos el cual considera el manejo de pastizales: 77 ha, área reforestada:1,031 ha, zanjas de infiltración: 1,031 ha, capacitación en manejo de forestación y reforestación con especies nativas de la zona, construcción de zanjas de infiltración y terrazas de formación lenta.

Palabras clave. - Estudio Hidrológico, Recarga, Acuíferos, Microcuencas, Plan

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha acrecentado la problemática de la disponibilidad de los recursos hídricos, debido al proceso de cambio climático y el calentamiento global que ha alterado el comportamiento de la estabilidad de precipitación, presentando épocas con excesos de precipitación y sequías, las cuales influyen en el desarrollo de los sistemas productivos. Las actividades antrópicas contribuyen a la alteración de la calidad y cantidad del recurso hídrico debido al mal uso de la cobertura vegetal, la deforestación, contaminación de las aguas y suelos, los incendios forestales, acrecienta la inestabilidad climática en las microcuencas hidrográficas. Ante esta problemática el hombre viene optando alternativas tecnológicas que permitan el uso sostenible y eficiente de recursos hídricos. Para lo cual es necesario desarrollar evaluaciones de la oferta y la demanda y establecer el balance hídrico teniendo sustento en un estudio hidrológico en el ámbito de una cuenca hidrográfica como unidad de análisis y solución de esta problemática y sus alternativas de mitigación.

Frente a la problemática una alternativa es la recarga de los acuíferos, la misma que requiere del conocimiento del comportamiento del ciclo hidrológico del agua y de las características de la cobertura vegetal, las características fisiográficas y geomorfológicas del ámbito de estudio que permitirá el diseño de infraestructura, las cuales son sustento técnico del estudio hidrológico de las microcuencas, Cuyos resultados servirán de base para su replicabilidad en otros ámbitos geográficos de nuestra región con similares características.

I. PROBLEMA OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad se ha acrecentado el problema de abastecimiento del agua para los diferentes usos, debido al cambio climático y calentamiento global, así como las actividades antrópicas a través de los incendios forestales, la pérdida de suelos por efecto de la erosión hídrica, la compactación y contaminación de los suelos.

Esto se refleja en el ámbito de las microcuencas Capillani y Ccancahua donde se registra la falta de abastecimiento de agua para fines poblacionales y de producción agrícola, la reducción de las células de cultivo. Así como la pérdida de fuentes de agua y la reducción de los caudales en los manantes; lo que ha generado dificultades entre los agricultores por lo que se hace necesario desarrollar un estudio hidrológico que permita conocer la realidad de la oferta hídrica, así como también posibilitar la recarga de los acuíferos de agua que garantice el desarrollo rural en ambas microcuencas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema general.

¿existen estudios hidrológicos para la recarga de los acuíferos en las microcuencas de Capillani y Ccancahua del distrito de Sicuani-Canchis cusco?

1.2.2. Problema específico.

1. ¿Cuáles son las características fisiográficas y geomorfológicas de las microcuencas de Capillani y Ccancahua del distrito de Sicuani -Canchis cusco?
2. ¿Se conoce la oferta hídrica en el ámbito de estudio que permita el uso sostenible del recurso hídrico?
3. ¿Qué acciones para la recarga de acuíferos se adecuan a las microcuencas de Capillani y Ccancahua?

II.- OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Realizar el estudio hidrológico para la recarga de los acuíferos en las microcuencas de Capillani y Ccancahua de la provincia de Canchis

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Determinar las características fisiográficas y geomorfológicas de las microcuencas Ccancahua (lag. Chaquecocha) y Capillani (Lag. Capillani)
2. Determinar la oferta hídrica en el ámbito de las microcuencas de Capillani y Ccancahua.
3. Formular el plan de acciones que permitan la recarga en los acuíferos de las microcuencas de Capillani y Ccancahua.

2.3 JUSTIFICACIÓN.

El ámbito de estudio debido a sus condiciones climáticas, topográficas y orográficas permite la implementación de cultivos agrícolas para satisfacer la demanda de alimentos en el ámbito de estudio, así como a nivel local.

En los últimos años debido al incremento de las actividades productivas se observó un déficit hídrico. Ante esta problemática se hace necesario el estudio hidrológico de las microcuencas Capillani y Ccancahua partiendo del conocimiento de la identificación de la línea de base ambiental de las microcuencas.

Es necesario establecer la oferta real del agua con toda la información generada, desarrollar la generación de caudales a fin de establecer las excedencias y déficit para elaborar un plan de acciones que permitan controlar los impactos ambientales y contribuir a la recarga de los acuíferos para satisfacer la demanda hídrica.

III.- HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Un estudio hidrológico para la recarga de los acuíferos en las microcuencas de Capillani y Ccancahua de la provincia de Canchis permite conocer las alternativas de solución a los problemas del déficit hídrico y la recarga de los acuíferos

3.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

1. Las características fisiográficas y geomorfológicas de las microcuencas Ccancahua (Lag. Chaquecocha) y Capillani (Lag. Capillani) indican la forma de la cuenca
2. Las microcuencas de Capillani y Ccancahua, tiene un potencial hídrico que satisfacen las demandas hídricas.
3. El plan de acciones contribuirá a la recarga de los acuíferos en las microcuencas de Capillani y Ccancahua.

IV.-MARCO TEÓRICO

4.1. Morfometría de Cuencas

Es el estudio cuantitativo de las características físicas de una cuenca hidrográfica, y se utiliza para analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos. Dentro de este contexto, es importante señalar que las mediciones deben ser realizadas sobre un mapa hidrográfica y topográfica. **(Chow et al., 1994).**

La Morfometría de Cuencas resulta de gran utilidad ya que permite el estudio de la semejanza de los flujos de diferentes tamaños con el propósito de aplicar los resultados de los modelos elaborados en pequeña escala a prototipos de gran escala **(Ruiz, 2001)**

Los objetivos fundamentales de estos estudios están, orientados o dirigidos a inferir posibles picos de crecidas o avenidas en caso de tormentas, cuyas repercusiones de tipo socioeconómico motivan especial atención tanto a la hora de utilizar y ocupar el territorio, como en el momento de definir medidas de tipo estructural para el control de crecidas excepcionales.

La morfometría de cuencas es igualmente denominada morfología de cuencas hidrográficas **(Lindley et al. 1977)**

4.1.1. Variables que definen el tamaño de la cuenca

Las dos variables que cuantifican el tamaño de la cuenca son de medición directa.

La primera, la superficie, nos dará la idea exacta del tamaño de la misma, mientras que la longitud del perímetro, nos dará una idea del tamaño, por lo que no existirá una relación directa entre área y perímetro de una cuenca de drenaje.

- **Área de la cuenca de drenaje (A).** La medida de la superficie de una cuenca de drenaje se la denomina área, y es la variable más utilizada para el cálculo de otras que consecuentemente, serán dependientes de ella.

El conocimiento del parámetro A (área de una cuenca) nos permite, además del cálculo de otras variables morfométricas, establecer una primera clasificación entre diversas cuencas en orden a su tamaño, a la vez su valor nos permitirá escoger de antemano la escala del mapa más idónea según sea el tipo de estudio que se quiera realizar.

- **La escorrentía superficial** provoca un efecto erosivo que se traduce en un vaciado de material a través de los canales; la jerarquización dependerá, entre otros factores, de la litología presente en la zona y del espacio que tenga para desarrollarse, deduciéndose de aquí que la litología tiene una intervención decisiva en el tamaño de la cuenca y la forma de la misma.

Por todo ello será necesario, al efectuar el estudio completo de una cuenca de drenaje, la correlación área-litología y área-jerarquización; correlaciones de las que se podrán obtener importantes conclusiones sobre su evolución y funcionamiento.

La relación existente entre el área y la hidrología de la cuenca es fundamental, hasta tal punto que los datos proporcionados por una estación de aforos no tendrán utilidad práctica si no se tiene el dato de la superficie drenada hasta dicha estación, ni se podrá conocer la aportación de agua en un periodo determinado de tiempo. Igualmente, conocida la medida de la superficie, podremos saber la cantidad de agua de precipitación recogida en la cuenca en un momento o periodo concreto de tiempo, si es, naturalmente, conocida la pluviometría de la zona.

De esta forma se podrá efectuar la correlación lluvia-caudal y calcular los parámetros hidrológicos de la cuenca, tan importantes como, por ejemplo, el coeficiente de escorrentía.

- **Perímetro de la cuenca de drenaje (P).** Al calcular el perímetro lo que realmente estaremos midiendo será la proyección en el plano horizontal, medida que diferirá de la real, dependiendo del relieve o inclinación de dicha línea.

Las unidades de dicha variable son las que corresponden a una longitud, y debido a las dimensiones de las cuencas de drenaje, suele utilizarse el kilómetro (km). En la mayoría de los trabajos de morfometría fluvial, al perímetro de la cuenca se le designa con la letra P.

Este parámetro por sí solo no da ningún tipo de información respecto al tamaño o forma de la cuenca; solo si comparamos cuencas de igual superficie, el valor del perímetro podrá darnos una idea de su forma.

El perímetro (P) y su forma están íntimamente relacionados con la litología y edad de la cuenca de drenaje. Materiales blandos darán formas redondeadas, mientras que materiales más duros darán formas más quebradas o lobuladas. Igualmente, ya que la tendencia de las cuencas es la de conseguir formas redondeadas, a igualdad de litología, una cuenca redondeada implica mayor desarrollo. **(Ruiz, 2001)**

4.1.2. Variables que definen la simetría de la cuenca

Una característica muy importante en la forma de las cuencas de drenaje es su simetría, ya que en una cuenca simétrica será aquella que independientemente de la forma que tenga el curso principal transcurrirá más o menos por su centro o eje de simetría, dividiéndola aproximadamente en dos partes de parecidas dimensiones.

En el estudio de la dinámica hidrológica, que se cumpla a dos cuencas cuyos otros índices sean semejantes. Las dos variables, relativamente sencillas de calcular, que mejor nos definirán la simetría de la cuenca son el centro de gravedad y la distancia al centro de gravedad.

- **Centro de Gravedad (C.G.).** El centro de gravedad de una cuenca como el punto central atendiendo exclusivamente a la forma del perímetro (P). Su localización no es inmediata, sino que viene dada por el valor medio de las coordenadas (x, y), de la superficie de la cuenca.
- **Distancia al centro de gravedad.** La distancia al centro de gravedad nos definirá la longitud existente entre el punto en cuestión y el punto en que el curso fluvial sale de la cuenca. **(Ruiz, 2001)**

4.1.3. Variables que definen la elongación de una cuenca

La elongación de una cuenca de drenaje es la forma alargada, independientemente de las formas redondeadas o lobuladas del perímetro.

A medida que se desarrolla la morfometría fluvial, se desarrolla distintas formas de medir o cuantificar la elongación de una cuenca, pero, invariablemente, en todas ellas interviene su longitud como variable fundamental para su cálculo.

- **Longitud de la cuenca de drenaje (L).** Es la Única variable que define en cierto modo su elongación y que es, a la vez, de medición directa. Existen varios criterios para su cálculo, que estarán en relación directa con la característica que se quiera resaltar. De esta forma, si se intenta analizar el comportamiento hidrológico de una cuenca, la medida de la longitud de la misma deberá coincidir con el máximo recorrido del agua; se deberá tomar la longitud del curso principal.

Si, por el contrario, lo que se quiere conocer es, exclusivamente, la forma geométrica de la cuenca, la longitud que deberá tomarse será la de la máxima distancia en línea recta dentro de la misma.

- **Longitud del curso principal (Lh) (L).** Existen dos posibilidades para medir la longitud del curso principal. La primera y más utilizada es la medida de dicho curso en toda su longitud, y se simboliza por Lh (length of main channel). La otra posibilidad es la medida de la longitud del eje del curso principal, entendiéndose por eje a la línea que pasa por el centro de la llanura que se simboliza por L, (down valley distance) .
- **Máxima distancia en línea recta (L_w).** Esta variable es determinada por la distancia en línea recta entre el punto de salida de la cuenca y el punto del perímetro (P) más alejado de éste y que en la mayoría de las ocasiones, coincidirá con la prolongación del curso principal. A esta variable se la designa por L_w, (length of watershed).

La variable nos dará poca información sobre la elongación de la cuenca, ya que, a mayor área, se tendrá mayor longitud. Si, por el contrario, nos encontráramos con una serie de cuencas de igual superficie, la medida de dicha variable nos dará una información decisiva sobre la elongación de cada una de ellas.

¿Cómo influye la forma de cuenca en la escorrentía?

Las cuencas más ensanchadas poseen mayor susceptibilidad a generar crecidas, ya que el tiempo de recorrido del agua a través de la cuenca es mucho más corto que en cuencas alargadas, las cuencas ensanchadas tendrían menor tiempo de concentración y por ende mayor rapidez para la concentración de los flujos de aguas superficiales, generando mayor violencia en sus

crecidas. Caso contrario ocurre con las cuencas alargadas donde el tiempo de viaje del agua es mucho más largo, contribuyendo a que los picos de crecidas sean menos súbitos en caso de lluvias concentradas o tormentas. **(Ruiz, 2001)**

4.2 Acuífero

Es una formación geológica, capaz de almacenar y transmitir caudales económicamente rentables, bajo un gradiente hidráulico. Buenos acuíferos usualmente se desarrollan en formaciones con contenido de arena, grava y rocas fracturadas. **(Kresic, 2009).**

4.2.1 Característica de los acuíferos

La propiedad de los acuíferos es de contener agua. Esta propiedad está gobernada por varios factores: Porosidad, permeabilidad, transmisibilidad específica y coeficiente de almacenamiento. Conocer estas características permite evaluar la magnitud del recurso y su aprovechamiento racional sin peligro a agotarlo **(Arocha, 1980)**

4.2.2 Tipos de acuíferos

Según su comportamiento hidráulico se pueden hallar acuíferos libres, no confinados o freáticos (se encuentran en una superficie libre, que está en contacto con el aire y por tanto a presión atmosférica); acuíferos cautivos confinados o a presión (la superficie superior del agua se encuentra sometida a una presión superior a la atmosférica), y acuíferos semicautivos o semiconfinados (pared superior o inferior no es totalmente impermeable, sino que se trata de un acuitardo, es un material que permite la filtración del agua, pero de forma muy lenta, lo que sirve de alimentación al acuífero principal). **(Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos - Universidad Nacional de Colombia, 2013).**

Los acuíferos de arenisca consolidado son acuíferos porosos y/o fracturados que pueden tener una gran capacidad de almacenamiento y transmisión. La capa superficial determinará la recarga natural y gestionada. Si el suelo se originó a partir de arenisca la capacidad de recarga será alta, aunque puede ser reducida si se encuentra recubierto por depósitos aluviales de grano fino.

Si la permeabilidad del acuífero es alta, es probable que el agua de recarga se disipe rápidamente, pudiendo perderse hacia el caudal base de ríos. En este caso, es necesaria una buena comprensión de la hidráulica del acuífero para asegurar que los resultados netos de la recarga sean beneficiosos. Es posible gestionar el acuífero creando un excedente anual durante la época de lluvias, de forma de “crear” almacenamiento que puede ser aprovechado en otras épocas. **(UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2000)**

4.3 Cuenca

Es un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. La cuenca, sus recursos naturales y sus habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características peculiares. **(Axel Duorojeanni, Chile,2002)**

Unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, en la cual interacciona biofísica y socioeconómicamente las personas, los recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente. **(Javier Palacios, Managua,2014)**

4.4 Subcuenca

Una sub cuenca es toda área en la que su drenaje es menor a 5,000 km² y va directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como un sub división de la cuenca. Es decir que en una cuenca puede haber varias sub cuencas. (**Alex Dourojeanni, 1,986**)

4.5 Microcuenca

Una Microcuenca es aquella cuenca cuya área de drenaje es menor a 500 km² en la que su cauce principal va a dar el cauce principal de una sub cuenca, ósea que una cuenca está dividida en varias Microcuencas.

Una cuenca es un territorio drenado por un único sistema de drenado natural es decir que sus aguas dan al mar través de un único río.

Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamados divisoria de agua. (**Sociedad Geográfica de Lima, 2,011**)

Define una agrupación de pequeñas áreas de una sub cuenca o fracción de ella que posee características comunes. La cuenca debe reflejar la problemática que se produce tanto a nivel de sub cuenca como Cuenca, debe tratarse en lo posible de los límites hidrográficos que coincide con los de una unidad de planteamiento de característica socioeconómico. (**Campos Aranda, 1,987**)

Los rangos y áreas se determinan en función del grado de ramificación de los recursos del agua. Corresponde a la cuenca los recursos de agua de 4°,5°6° orden. El número de orden de un curso de agua o río se inicia del cauce más pequeño y teniendo como punto referencial a, los límites definidos por el "divortiom acuarium". (**Vasques Villanueva , 1997**)

Los rangos de área para las diferentes unidades hidrográficas, se puede tener como referencia:

Cuadro 1: Clasificación de la cuenca según su área

Unidad hidrológica	Área (ha)
Cuenca	500,000 - 800,0000
Subcuenca	50,000 - 500,000
Microcuenca	< 50,000

Fuente: **Vásquez, 1997**

4.6 Recarga

se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Asimismo, al volumen de agua que se infiltra o al flujo descendente en un intervalo de tiempo que alcanza el nivel freático formando o aumentando las reservas de agua **(ANA, Autoridad Nacional del agua, 2010)**

La recarga como el proceso por el cual el agua atraviesa el límite inferior de la zona no saturada, llegando al acuífero y produciendo ascensos del nivel freático. En el medio natural, la recarga se efectúa por el aporte de fuentes superficiales o a partir de la infiltración del agua de lluvia y su posterior percolación. Dentro de los métodos existentes para el cálculo de la recarga, se tiene al balance hídrico de suelos. Mediante este método, se estima una recarga potencial promedio de 18 por ciento del total de agua infiltrada al suelo, para el caso de llanuras **(Quiroz,2011)**.

4.6.1 Recarga artificial

Es la ciencia y el conjunto de técnicas que permiten aumentar la disponibilidad de agua subterránea, con la calidad apropiada a los usos a la que se destina, mediante una intervención consciente, directa o indirecta, en el ciclo natural del agua. **(Custodio ,1996)**

La recarga artificial se puede llevar a cabo partiendo de diferentes fuentes de agua. Así, se puede tomar el agua de ríos, presas, acuíferos, acueductos, alcantarillado, zonas de regadío, plantas de tratamiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de tratamiento de agua de tormenta, etc. Cuanto más se tarde en conducir el agua, tanto más contaminantes puede absorber ésta, pasando del agua de lluvia (denominada "rainwater" y que se obtiene de los tejados o tanques que recogen el agua de lluvia directamente) al agua de tormenta (denominada "stormwater", agua de origen pluvial pero recogida después de que haya circulado por el suelo (ríos, escorrentía superficial, alcantarillado). Menos frecuente es el uso de agua subterránea para abastecer un acuífero, pero se dan algunos casos donde el agua se obtiene de otro acuífero (ya sea transportada o mediante pozos de conexión) o de galerías de captación de agua subterránea. Aparte del objetivo principal de aumentar la disponibilidad de agua con ciertos requisitos de calidad, la recarga artificial de acuíferos persigue muchos objetivos adicionales. Algunos de estos objetivos varían de un lugar a otro por factores climáticos, morfológicos, económicos, etc. Incluso en un mismo lugar pueden variar los motivos a lo largo del tiempo a medida que las necesidades o exigencias sociales han ido cambiando **(Sukia Irastortza, 2009)**

4.7 Zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración son canales construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo.

4.7.1 Características del diseño de zanjas de infiltración

Para proponer un sistema de recarga artificial de acuíferos es importante conocer las características morfológicas e hidrogeológicas de los materiales a recargar, conocer sus parámetros hidrogeológicos, que nos permitirá realizar diseños adecuados de las técnicas de recarga.

Para ubicar zanjas de infiltración es necesario que exista una capa superficial de material no consolidado (suelo) que permita su emplazamiento y distribución, experimentalmente en este informe sugiere que se tracen zanjas de infiltración en los afloramientos rocosos, porque (según las pruebas de campo) tienen mayor conductividad hidráulica que los suelos y por ende mayor capacidad de infiltración. **(Peña F., Charca M., & Condori E., 2015)**

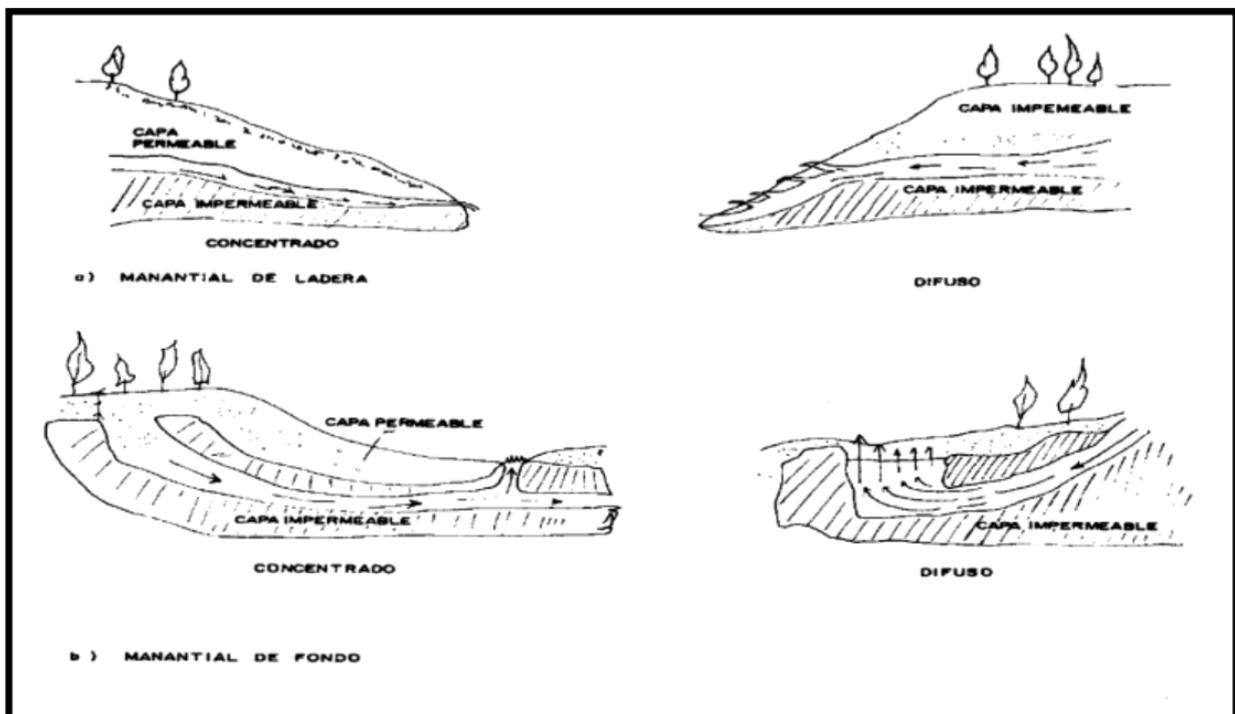
4.8 Manantial

Se puede definir un manantial como un lugar donde se produce un afloramiento natural de agua subterránea. El agua del manantial fluye por lo general a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. En los lugares donde existen estratos impermeables, estos bloquean el flujo subterráneo del agua y permiten que aflore a la superficie. El agua del manantial es pura y, por lo general, se la puede usar sin tratamiento, a condición de que el manantial este adecuadamente protegido con una estructura que impida la contaminación del agua. Se debe asegurar que el agua provenga realmente de un acuífero y que no se trate de agua de un arroyo que se ha sumergido a corta distancia **(Agüero, 1997)**.

El Ministerio de Salud, clasifica los manantiales por su ubicación y su afloramiento, pueden ser de ladera o de fondo y de afloramiento

concentrado o difuso. Los manantiales generalmente se localizan en las laderas de las colinas y los valles. En los de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie. Para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso, tal como puede apreciarse en la figura (Agüero Pittman, 1997)

Figura 1: Tipos de manantiales.



Fuente: (Agüero Pittman, 1997, p. 28)

4.9 Demanda de agua.

La demanda de agua en nuestra vida cotidiana cada vez se incrementa más, de acuerdo a las diferentes necesidades de cada persona, mientras que los recursos hídricos desaparecen poco a poco debido al fenómeno del cambio climático.

La demanda de agua para los diferentes usos (doméstico, agrícola e industrial) aumenta día a día mientras que los recursos hídricos disponibles para

satisfacerla decrecen, entre otras razones, por la sobreexplotación y la contaminación. Sin la posibilidad de que estos recursos aumenten, la única forma de satisfacer la creciente demanda es la distribución eficiente de estos a través de una adecuada gestión institucional orientada hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental de los aprovechamientos hídricos **(Europea Comisión, 2001)**

Existen simuladores que modelan conjuntamente la oferta hídrica, la demanda hídrica y la gestión institucional. La oferta se modela como un sistema hidrológico (precipitación, infiltración, evapotranspiración y escorrentía) acoplada a unos modelos de demanda representada en consumo humano, agrícola, industrial agrícola y ecológico **(Billings & Agthe, 1980)**

4.10 Siembra y cosecha de agua

Para que la reducción del recurso hídrico no nos afecte, se debe realizar la “siembra y cosecha de agua” en las cabeceras de cuenca. Esto permitirá almacenar el agua de las lluvias, incrementar su infiltración y aprovecharla en las épocas de estiaje. En el Perú, a la recarga de las aguas subterráneas realizadas por el hombre, se le llama “siembra de agua”. Consiste en captar parte del agua de lluvia y hacer que esta se infiltre para recargar las aguas subterráneas, antes que se pierda, o se vaya al río. **(FONCODES, Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social 2015).**

4 .11 Estudio climatológico.

Para el estudio climatológico se han considerado los siguientes factores.

4.11.1 Temperatura.

La temperatura es uno de los factores de mayor incidencia en el desarrollo del cultivo, ya que este dato es de importancia para el cálculo de la evapotranspiración en el estudio climatológico.

la temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en toda su etapa. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evapotranspiración y en las fórmulas de las necesidades de agua de riego de las plantas. Y como factor de consideración en aquellos en que intervienen como factor modificador: Movimiento del agua en el suelo, viscosidad, permeabilidad, etc. **(Chereque, 1993).**

La temperatura que existe en la atmosfera o en el suelo es medido a través de un instrumento denominado termómetro, el cual mide el grado de calor existente en el medio ambiente.

La temperatura se registra en termómetros con el objeto de conocer el grado de calor que ostenta la atmosfera en un área geográfica, es decir la temperatura del medio ambiente. Igualmente, para conocer la variación de la temperatura en el suelo se instalan termómetros a diferentes profundidades. Los registros se efectúan en termómetros llamados de máximas y mínimas, leyendo diariamente las temperaturas más altas y las más bajas. **(Rosell,1998).**

4.11.2 Humedad atmosférica.

La humedad atmosférica expresa el contenido de vapor de agua de la atmósfera que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en los suelos húmedos o a través de las plantas. **(Chereque,1993).**

4.11.3 Radiación solar.

La energía transferida por el Sol a la Tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía. Según lo energéticas

que sean estas ondas; se clasifican en lo que se conoce como el espectro electromagnético. Las ondas más energéticas son las correspondientes al rango del ultravioleta, seguidas por la luz visible, infrarroja y así hasta las menos energéticas que corresponden a las ondas largas. **(Rodríguez, 2004).**

4.11.4 Presión atmosférica.

El aire que nos rodea es pesado y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal ($1 \text{ Pascal} = 1\text{N/m}^2$). La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba de la atmósfera, la cantidad de aire será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo.

La presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables. La geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son principales condicionantes. Precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental en la información meteorológica. En cualquier caso, para poder comparar todos los valores de presión registrados en distintos puntos del mundo y extraer conclusiones respecto a las condiciones atmosféricas, las mediciones directas deben corregirse, al menos respecto a la altitud **(Rodríguez,2004).**

4.11.5 Evaporación.

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor

se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos.

En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

En el momento de la siembra, casi el 100% de la ETP (Evapotranspiración potencial) ocurre en forma de evaporación, cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ETP ocurre como transpiración. **(FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006).**

4.11.6 Transpiración.

La transpiración es la cantidad de agua extraída por las raíces de la planta y este pierde el agua a través de las estomas, la reducción del crecimiento de la planta tendrá impacto en la transpiración, siendo además un producto del cerrado parcial de las estomas.

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas.

Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales. La transpiración y la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración. **(FAO Riego Y Drenaje,2006).**

4.11.7 Identificación del Salto.

El análisis de hidrogramas, se realiza con la finalidad de detectar e identificar la inconsistencia de la información meteorológica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos“ muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”, los cuales se deben comprobar, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos, mediante un gráfico o hidrograma de análisis, en coordenadas cartesianas ploteando la información histórica de la variable meteorológica a nivel anual y mensual; en las coordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie meteorológica en unidades respectivas y en las abscisas el tiempo en años **(Mejía M.J. 2001).**

4.12 Estudio Hidrológico.

4.12.1 Hidrología.

Desde que el mundo existe el agua ha sido fuente de vida y de catástrofes, el ingenio del hombre ha permitido que ellos puedan vivir lejos de los cauces naturales llevando el agua desde ellos a los centros de consumo.

La hidrología es una ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. **(Villón,2002).**

La hidrología juega un rol importante en la planificación de cuencas y formulación de proyectos hidráulicos, principalmente en el aspecto que tiene relación con el dimensionamiento de estructuras de uso y control de agua, así como estudios de gestión del medio ambiente. Su aplicación directa se evidencia en los estudios de conservación de suelos, (análisis de lluvias para el diseño de estructuras de control de escorrentía en zonas de montaña), abastecimiento de agua poblacional y agrícola (disponibilidad de agua en los ríos, quebradas, y lagunas), así como el control de avenidas (defensa ribereña). **(Vasques Villanueva 1997).**

4.12.2 Precipitación.

La precipitación es toda forma de humedad que originándose de en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: Lluvias, granizadas, garuas y nevadas. **(Villón, 2002).** Se denomina precipitación, a toda agua que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (roció, helada blanca, etc.). Las que son provocadas

por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico, para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación. **(Ordoñez Galvez, 2011).**

- **Cálculo de precipitación media sobre una zona**

La altura que cae sobre un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos.

Los pluviómetros registran la lluvia que se produce en un punto en donde está instalado el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual. **(Villón, 2002).**

- **Análisis de doble masa**

El análisis de hidrogramas, se realiza con la finalidad de detectar e identificar la inconsistencia de la información meteorológica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”, los cuales se deben comprobar si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos, mediante un gráfico o hidrograma de las series de análisis, en coordenadas cartesianas ploteando la información histórica de la variable meteorológica a nivel anual y mensual; en las ordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie meteorológica en unidades respectivas y en las abscisas el tiempo en años. **(Mejía M,J, 2001)**

4.12.3 Aforos.

Existen diversos métodos para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de una corriente o según la precisión con que se requieran los valores obtenidos. Los métodos más utilizados son: Aforador parshall, Aforador sin cuello (aforador Cutthroat flume), Aforador WSC (aforador Chamberlain), Mediciones en aforador RBC. **(Olarte, 1996).**

4.13 Zonas de vida

Se define como, un grupo de asociaciones relacionadas por los efectos de los factores climáticos, dentro de una división natural del clima, las cuales toman en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, tiene una fisonomía similar en cualquier parte del mundo y esta correlacionada con todo un complejo de practica agrícola, la distribución temporal de siembras y cosechas y hasta con los tipos de edificaciones relacionadas con el uso general de la tierra. **(MINAGRI, Ministerio de Agricultura y Riego, 1995)**

Los factores principales del clima y la vegetación que tomo Holdridge fueron la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental los cuales son factores “independientes” mientras que, los factores bióticos son considerados como “dependientes” es decir subordinados a la acción directa del clima en cualquier parte del mundo. **(MINAGRI, 1995)**

4.13.1. Diagrama bioclimático

El diagrama bioclimático presenta posiciones climáticas de las zonas de vida y los pisos de 6 regiones latitudinales, basadas en los siguientes factores independientes:

Biotemperatura

Es la temperatura del aire, aproximada mente entre 0° y 30°C que determina el ritmo e intensidad de los procesos fisiológicos de las plantas (fotosíntesis de las plantas, respiración y transpiración) y la tasade evaporación directa del agua contenida en el suelo y la vegetación **(MINAGRI, 1995)**

$$\text{Biotemperatura anual} = \frac{\sum \text{bio } T^{\circ}\text{cpromedio mensual}}{12}$$

Evapotranspiración (Etp)

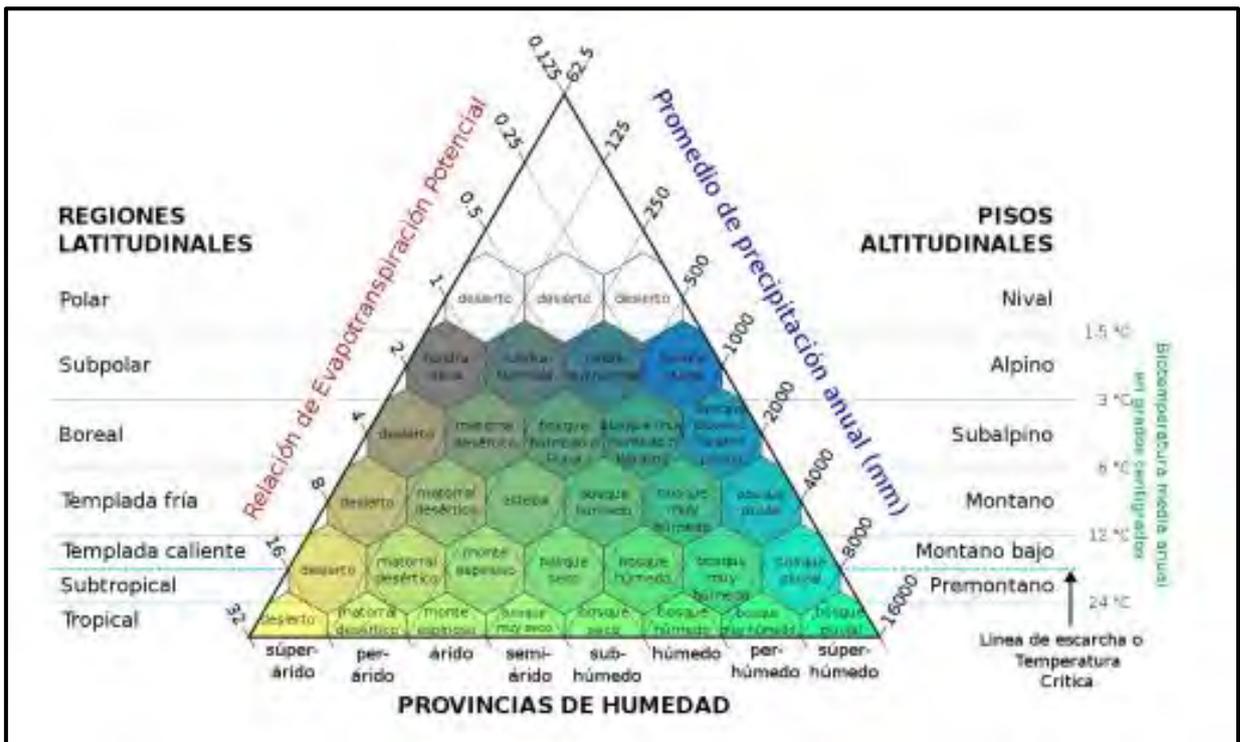
La Evapotranspiración viene a ser la cantidad de agua que sería evaporada directamente del suelo y otras superficies y transpirada por la vegetación natural en un estado estable o clímax que se encuentra sobre un suelo zonal de buena característica y con un contenido óptimo de humedad. **(MINAGRI, 1995)**

$$\text{Etp} = 58.93 \times \text{biotemperatura anual}$$

Relación de evapotranspiración

$$\text{Relación de evapotranspiración} = \frac{\text{Etp}}{\text{Etp precipitacion promedio anual}}$$

Figura 2: Diagrama bioclimático de zonas de vida por Leslie R. Holdridge.



Fuente: estimación de zonas de vida de Holdridge-SENHAMI

4.14 Efectos del cambio climático

El aumento de la temperatura es el factor principal del cambio del clima en el mundo. Se ha generado porque los seres humanos, deforestamos, quemamos bosques y praderas, usamos mucho petróleo, etc. así se producen gases que contaminan el aire de la atmosfera y contribuyen con el calentamiento del planeta. A consecuencia del cambio climático, el ciclo del agua está cambiando, produciéndose: efectos sobre dos procesos principales del ciclo del agua; la precipitación y la evaporación (PNUMA, Programa De Naciones Unidas Para El Medio Ambiente.,2002)

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

5.1 TIPO DE INVESTIGACION

La investigación se define del tipo descriptivo evaluativo, por que describe las características geomorfológicas de las microcuencas y evaluativa porque interpreta las ofertas y demandas hídricas obtenidas.

El nivel de investigación es aplicativo; con los resultados de la investigación se busca mejorar la recarga de acuíferos

El presente trabajo de investigación se inició, en julio del 2018 y culmino en diciembre del 2018.

5.2 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

a.- Microcuenca Capillani

Altitud: 4091.40 m.

Latitud: 14°19'21.89" y 14°18'52.36" Sur

Longitud 71°19'38.67" y 71°19'46.51" Oeste

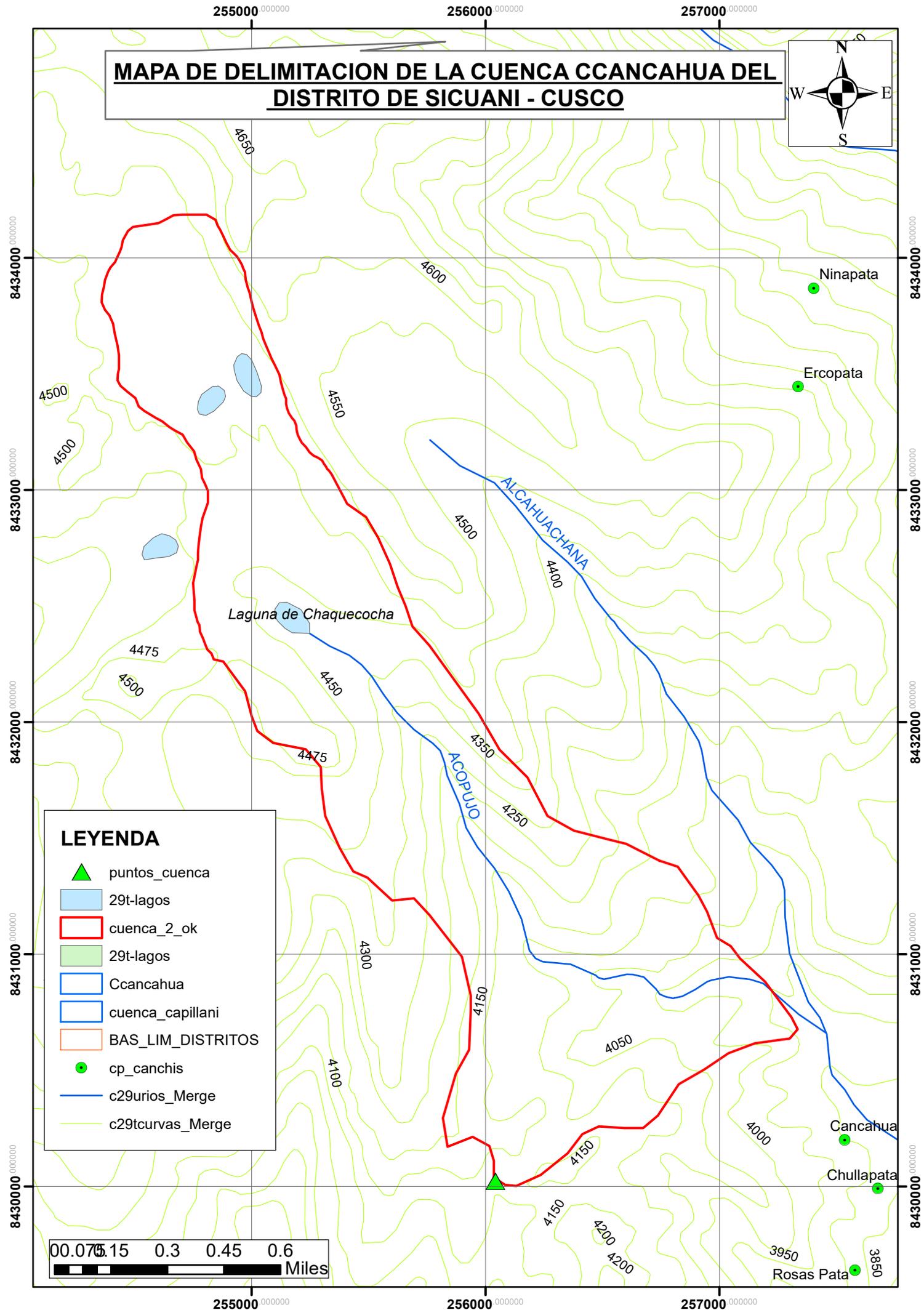
b.- Microcuenca Ccancahua

Altitud: 4481 m.

Latitud: 14°10'13.57" y 14°09'10.34" de Latitud Sur

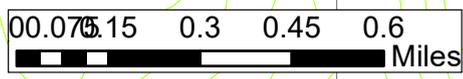
Longitud: 71°16'10.34" y 71°16'21.61" Oeste.

MAPA DE DELIMITACION DE LA CUENCA CCANCAHUA DEL DISTRITO DE SICUANI - CUSCO



LEYENDA

-  puntos_cuenca
-  29t-lagos
-  cuenca_2_ok
-  29t-lagos
-  Ccancahua
-  cuenca_capillani
-  BAS_LIM_DISTritos
-  cp_canchis
-  c29urios_Merge
-  c29tcurvas_Merge



5.2.1 Accesibilidad.

a.- Microcuenca Capillani.

El acceso a la Microcuenca Capillani es por vía terrestre la cual cuenta con vías asfaltadas y caminos de herradura

Cuadro 2: Accesibilidad a la zona de estudio microcuenca Capillani.

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HORAS)	TIPO DE VÍA	ESTADO DE LA VÍA
Cusco - San Pablo	121.2 Km	2 h 30 min	Asfaltada	Buena
San Pablo - Irubamba	7.15 km	1 h	Afirmada	Regular
Irubamba - Paepaca	4.33 km	13 min	Afirmada	Regular
Paepaca - Laguna Capillani	2.75 Km	6 min	Camino de Herradura	Malo

fuentes: elaboración propia



Fotografía 1: Vista del paisaje de ubicación

b.- Microcuenca Ccancahua.

Cuadro 3: Accesibilidad a la zona de estudio microcuenca Ccancahua.

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HORAS)	TIPO DE VÍA	ESTADO DE LA VÍA
Cusco - San Pablo	121.2 Km	2 h 30 min	Asfaltada	Buena
San Pablo - Tucsa	2.63 km	20 mn	Trocha carrozable	Malo
Tucsa - Represa Callacocho	9 km	1 hora	Trocha carrozable	Malo

fuentes: elaboración propia

5.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de investigación consta de tres fases

2. Etapa de pre campo

- Recopilación bibliográfica (trabajos anteriores).
- Determinar el mapa base.
- Análisis de la Imagen satelital Lansad.
- Recopilación y revisión de información meteorológica de estaciones circundantes a las zonas de estudio

3. Etapa de campo

- Cartografiado de las formas de relieve
- Determinar las condiciones hidrológicas del área de represamiento
- Levantamientos topográficos.
- Identificación e inventario de las fuentes de agua.
- Pruebas de infiltración en rocas y suelo, para correlación con tipos de acuíferos y ubicación de zanjas de infiltración
- Identificar el tipo de cobertura vegetal existente en las zonas de intervención

4. Etapa de gabinete

- Procesamiento e interpretación de los datos.
- Estimación de parámetros hidrológicos e hidráulicos.
- Cálculo de los índices de escurrimiento.
- Cálculos de volúmenes de almacenamiento
- Cálculo de capacidad de infiltración se suelos y rocas
- Cálculo del volumen de almacenamiento de la presa
- Cálculo del balance hídrico

- Planteamiento de acciones de recarga de acuíferos
- Costos presupuestos global.

5.4 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

5.4.1 Hidrografía.

a.- Microcuenca de Ccancahua

Presenta su drenaje principal denominado Acopugio, el cual descarga sus aguas al río Quehuar, y este a su vez al río Vilcanota. Este sistema de drenaje nace en la cabecera de la microcuenca conformado por las montañas, Pacobamba y Ayahuash, donde existe una serie de lagunas pequeñas temporales como permanentes entre las que destaca la laguna de Chaquecocha. Se puede decir que todo el servicio ecosistémico de recarga de los acuíferos se da en esta zona de la microcuenca por presentar un relieve plano ondulado moderadamente inclinada con presencia de humedales y lagunas que retienen el escurrimiento superficial permitiendo la recarga de los acuíferos geológicos alimentado la red de manantes ubicado en las partes media y baja de la microcuenca de las que se benefician las poblaciones de Cochapa, Yanacopata, Laramocso, Calasaya y Mollepata pertenecientes a la comunidad de Sunchuchumo del distrito de Sicuani.

b.- Microcuenca de Capillani

La microcuenca de Capillani, presenta su drenaje principal denominado Capillani, que descarga sus aguas directamente al río Vilcanota. Este sistema de drenaje nace en la cabecera de la microcuenca, conformado por la montaña Yauricunca, donde existe el humedal y la Qocha Capillani. Todo el servicio ecosistémico de recarga de los acuíferos se da en esta parte de la cuenca, beneficiando a la comunidad campesina de Capillani.

5.4.2 Clasificación de pendientes:

Describe las formas de inclinación del relieve a través de la pendiente (100%); para lo cual se ha utilizado la clasificación de pendientes establecidas por el MINAN (ministerio nacional del ambiente)

cuadro 4: Rangos de pendiente

CLASE	RANGO PENDIENTE (%)	NOMBRE
A	0 – 2	Plana o casi nivel o allanada
B	2 – 4	Llano a Ligeramente inclinado
C	4 – 8	Moderadamente inclinadas
D	8 – 15	Fuertemente inclinadas
E	15 – 25	Moderadamente empinadas
F	25 – 50	Empinadas
G	50 – 75	Fuertemente empinadas
H	Mas de 75	Escarpado

Fuente: MINAN (ministerio nacional del ambiente)

Cuadro 5: Pendientes del área de intervención Capillani

CLASE	RANGO PENDIENTE (%)	NOMBRE	AREA (ha)	AREA (%)
B	2 – 4	Llano a Ligeramente inclinado	3.65	6.52
C	4 – 8	Moderadamente inclinadas	0.59	1.05
D	8 – 15	Fuertemente inclinadas	4.82	8.59
E	15 – 25	Moderadamente empinadas	7.32	13.06
F	25 – 50	Empinadas	26.42	47.13
G	50 – 75	Fuertemente empinadas	11.00	19.62
H	Mas de 75	Escarpado	2.26	4.03
	TOTAL		56.06	100.00

Fuente: Elaboración propia

En el área de intervención Capillani predomina las laderas de pendiente empinadas entre rangos de 25 a 50%, que ocupa el 43.13% de área total.

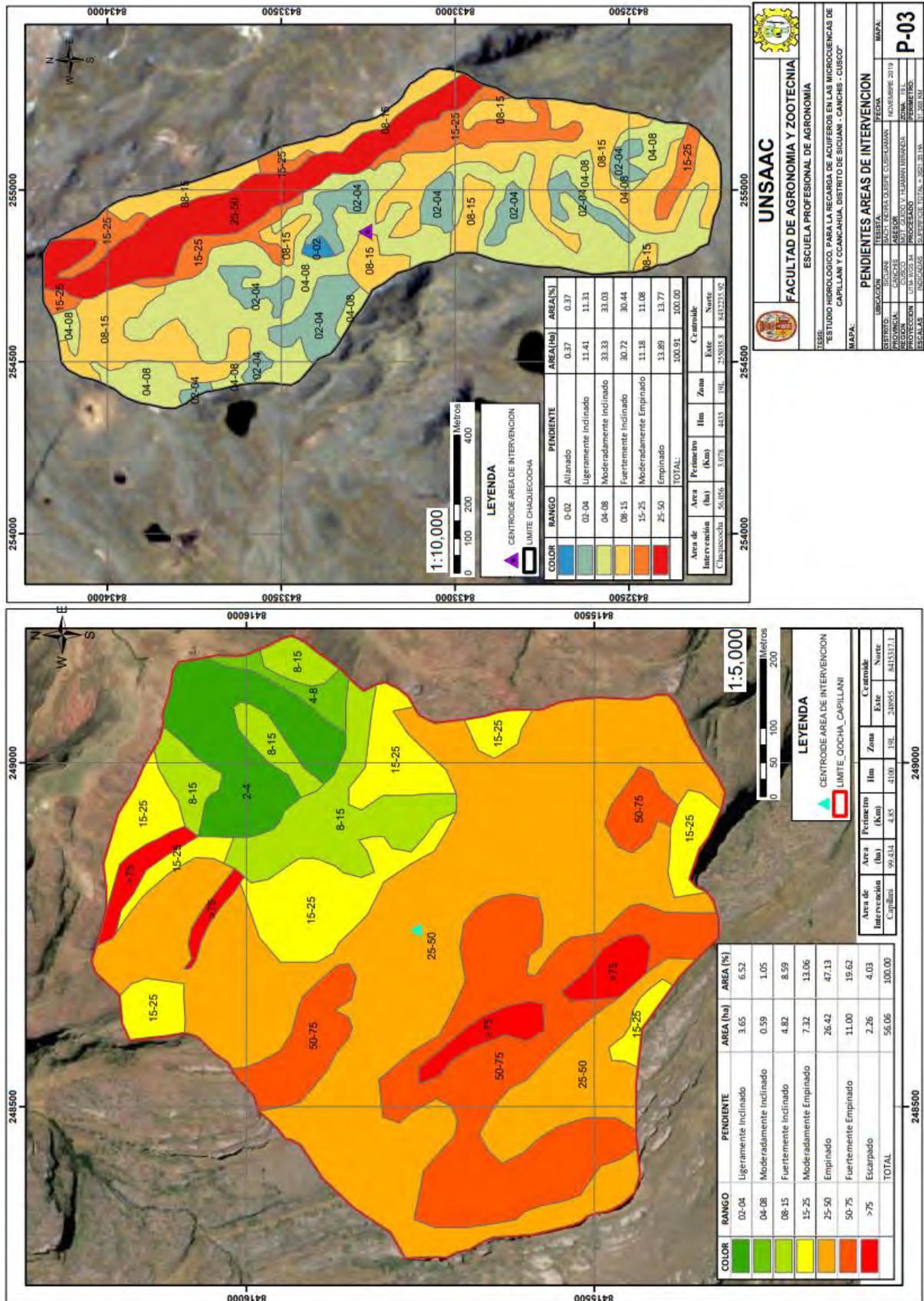
Cuadro 6: Pendientes del área de intervención Ccancahua

CLASE	RANGO PENDIENTE (%)	NOMBRE	AREA(ha)	AREA(%)
A	0 – 2	Allanado	0.37	0.37
B	2 – 4	Ligeramente inclinadas	11.41	11.31
C	4 – 8	Moderadamente inclinadas	33.33	33.03
D	8 – 15	Fuertemente inclinada	30.72	30.44
E	15 – 25	Moderadamente empinada	11.18	11.08
F	25 – 50	Empinada	12.89	13.77
	TOTAL		99.34	100.00

Fuente: Elaboración propia

Mientras el área de intervención Ccancahua predomina la pendiente fuertemente inclinada que ocupa 30.44% de área total y la moderadamente inclinada con 33.03% de área total

Mapa satelital 03: Pendientes de las áreas de intervención Capillani y Ccancahua



UNSAAC
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

FECHA: NOVIEMBRE 2019

MAPA: PENDIENTES AREAS DE INTERVENCIÓN

ESTUDIO HIDROLOGICO PARA LA RECARGA DE ACUIFEROS EN LAS MICROCIENCIAS DE CAPILLANI Y CCANCAHUA, DISTRITO DE SICUANI - CANCHIS - CUSCO

DEFINICION	SICUANI	FECHA	MAPA
ELABORACION	DAVID NEIRA CUPIE CUSUMAN		
REVISOR	DAVID NEIRA CUPIE CUSUMAN		
PROYECTOR	DAVID NEIRA CUPIE CUSUMAN		
APROBADO	DAVID NEIRA CUPIE CUSUMAN		
INDICADOR	INDICADOR TOTAL = 301.38 HA		

P-03

5.4.1.1 Clasificación Fisiográfica.

Teniendo en cuenta las unidades de pendiente clasificados anteriormente, se describen las unidades fisiográficas a partir de las unidades de gran paisaje (planicie, colina y montaña), habiéndose identificado en la zona de estudio las siguientes unidades fisiográficas:

Área de intervención Capillani

COLOR	SIMBOLO	FISIOGRAFIA	AREA (Ha)	AREA (%)
	DIII	Depresion Lacustre Ligeramente Inclinado	1.77	3.16
	Lmbem	Ladera de Montaña Baja Empinado	26.42	47.13
	Lmbes	Ladera de Montaña Baja Escarpado	2.26	4.03
	Lmbfe	Ladera de Montaña Baja Fuertemente Empinado	11.00	19.62
	Lmbfi	Ladera de Montaña Baja Fuertemente Inclinado	4.82	8.59
	Lmbli	Ladera de Montaña Baja Ligeramente Inclinado	1.88	3.36
	Lmbme	Ladera de Montaña Baja Moderadamente Empinado	7.32	13.06
	Lmbmi	Ladera de Montaña Baja Moderadamente Inclinado	0.59	1.05
TOTAL:			56.06	100.00

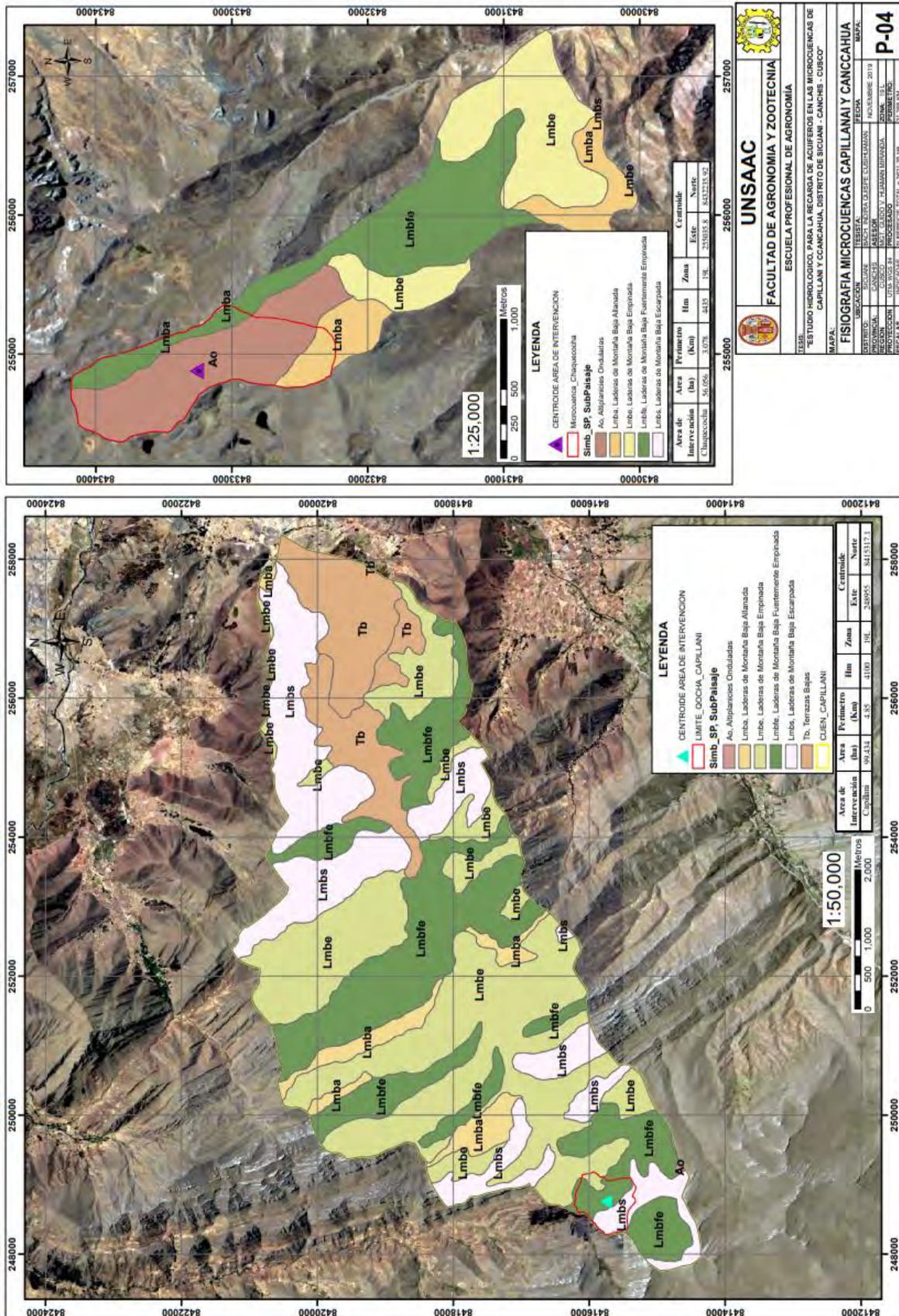
Fuente: Elaboración propia

Área de intervención Capillani

COLOR	SIMBOLO	FISIOGRAFIA	AREA (ha)	AREA (%)
	Aoa	Altiplanicie Ondulada Allanado	0.37	0.37
	Aoe	Altiplanicie Ondulada Empinado	2.81	2.83
	Aofi	Altiplanicie Ondulada Fuertemente Inclinado	21.85	22.02
	Aoii	Altiplanicie Ondulada Ligeramente Inclinado	11.11	11.19
	Aome	Altiplanicie Ondulada Moderadamente Empinado	6.41	6.46
	Aomi	Altiplanicie Ondulada Moderadamente Inclinado	28.92	29.14
	Lmbe	Ladera de Montaña Baja Empinado	9.40	9.47
	Lmbfi	Ladera de Montaña Baja Fuertemente Inclinado	8.87	8.94
	Lmbli	Ladera de Montaña Baja Ligeramente Inclinado	0.30	0.31
	Lmbme	Ladera de Montaña Baja Moderadamente Empinado	4.78	4.81
	Lmbmi	Ladera de Montaña Baja Moderadamente Inclinado	4.42	4.45
TOTAL:			99.23	100.00

Fuente: Elaboración propia

Mapa satelital 04: Fisiografía de las microcuencas Capillani y Ccancahua



UNSAAC
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

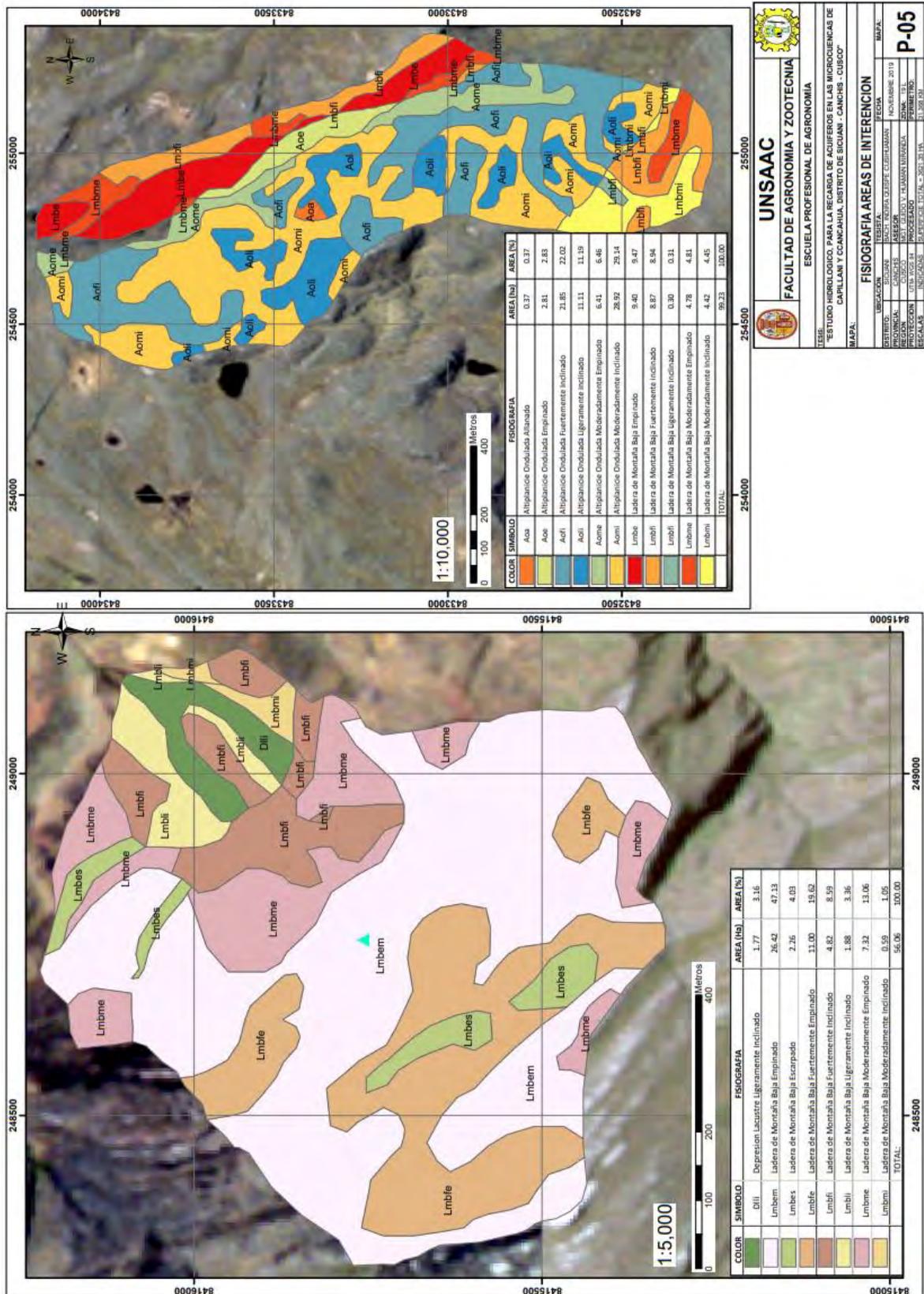
UNSAAC
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

MAPA:
FISIOGRAFÍA MICROCUENCAS CAPILLANI Y CCANCAHUA

UBICACIÓN:	PERU
DISTRITO:	CHICHA
PROVINCIA:	CHICHA
PROYECTO:	UNSAAC
ESCALAS:	INDICADO

P-04

Mapa satelital 05: Fisiografía de áreas de intervención Capillani y Chaquecocha



UNSAAC
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

INSTITUTO HIDROLOGICO PARA LA RECARGA DE ACUIFEROS EN LAS MICROCUENCAS DE CAPILLANI Y CHAQUECOCHA, DISTRITO DE SUCANA - CANCHIS - CUSCO

MAPA: **P-05**

FECHA: NOVIEMBRE 2019

ELABORADO POR: [Nombre]

REVISADO POR: [Nombre]

APROBADO POR: [Nombre]

ESCALAS: INDICADAS EN EL TITULO Y EN LA LEGENDA

5.4.3 Geomorfología.

Como parte de la descripción del relieve de las zonas de estudio, se sabe que este tipo de relieve es producto de millones de años de evolución geológica, permitiendo que en las zonas de estudio aparezcan relieves de alta montaña de hasta los 4600 m de la altitud, fuertemente empinados (Yahuricunca en Capillani y Pacobamba en Ccancahua), con cimas allanadas, acolinadas y de tipo agreste en Capillani, producto de la desglaciación y desgaste de los macizos rocosos superiores formando relieves plano ondulados conformado por material morrénico sobre los cuales se emplazan un conjunto de lagunas y humedales altoandinos como la laguna de Chaquecocha y la laguna de Capillani.



Fotografía 2: Relieve de la zona de intervención Capillani



Fotografía 3: Relieve de la zona de intervención Chaquecocha

5.4.3.1 Parámetros geomorfológicos.

En lo que respecta a este parámetro, se desarrolló el cálculo de los principales parámetros geomorfológicos tanto de las microcuencas Capillani y Ccancahua como de las zonas de intervención donde se ubican las lagunas de Chaquecocha y Capillani, con fines de evaluar su capacidad de respuesta frente a las precipitaciones. Estos parámetros geomorfológicos constan de: Área, perímetro, longitud axial, ancho promedio, coeficiente de compacidad, factor de forma, curva hipsométrica, polígono de frecuencia de altitudes, altitud media, mediana de la altitud, grado de ramificación del drenaje, densidad de drenaje longitud del cauce principal, pendiente del curso principal y tiempo de concentración de las microcuencas.

Los parámetros geomorfológicos fueron calculados a partir del punto de descarga de las microcuencas mayores (Capillani y Ccancahua), como de las zonas de intervención (lagunas de Chaquecocha y Capillani).

Área y perímetro de las microcuencas y áreas de intervención: Este parámetro se ha obtenido a partir de la delimitación del drenaje siguiendo los divortium acuorum, sobre la imagen satelital tanto de la microcuenca como de las zonas de intervención que comprende las lagunas de Chaquecocha, y Capillani; los resultados se aprecian en siguiente cuadro:

Cuadro 7: Área y perímetro de las microcuencas y áreas de escurrimiento hídrico a las lagunas.

Microcuenca	Área (Km ²)	Perímetro (km)	Área Intervención	Área (ha)	Perímetro (km)
Capillani	36.21	31.37	Laguna Capillani	99.434	4.85
Ccancahua	3.55	11.47	Laguna Chaquecocha	56.056	3.078

Fuente: Elaboración propia

La longitud axial y ancho promedio: El primero expresa la distancia en línea recta desde la salida del drenaje al lado más lejano de la cuenca, mientras el segundo expresa el ancho promedio de la cuenca transversal a la longitud axial, la información se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 8: Longitud axial y ancho promedio de las microcuencas y áreas de escurrimiento hídrico a las lagunas.

Cuadro 8: Longitud axial y ancho promedio

Microcuencas	Long.ax (Km)	A. Prm. (km)	Área Intervención	Long.ax (Km)	A.Prm (km)
Capillani	12.11	3.0	Laguna Capillani	1.876	0.530
Ccanchahua	4.71	0.75	Laguna Chaquecocha	1.029	0.545

Fuente: Elaboración propia

Altitud: Este parámetro, nos muestra la variación del relieve con respecto a los cambios de altitud, que presenta las zonas de intervención, y las microcuencas a las que están circunscritas.

Cuadro 9 : Variación de la altitud de las microcuencas

Microcuenca	Altitud Máxima(m)	Altitud Mínima(m)	Altitud Media(m)	Mediana de la Altitud
Capillani	4450	3550	3928	3965
Ccanchahua	4630	3920	4289	4320

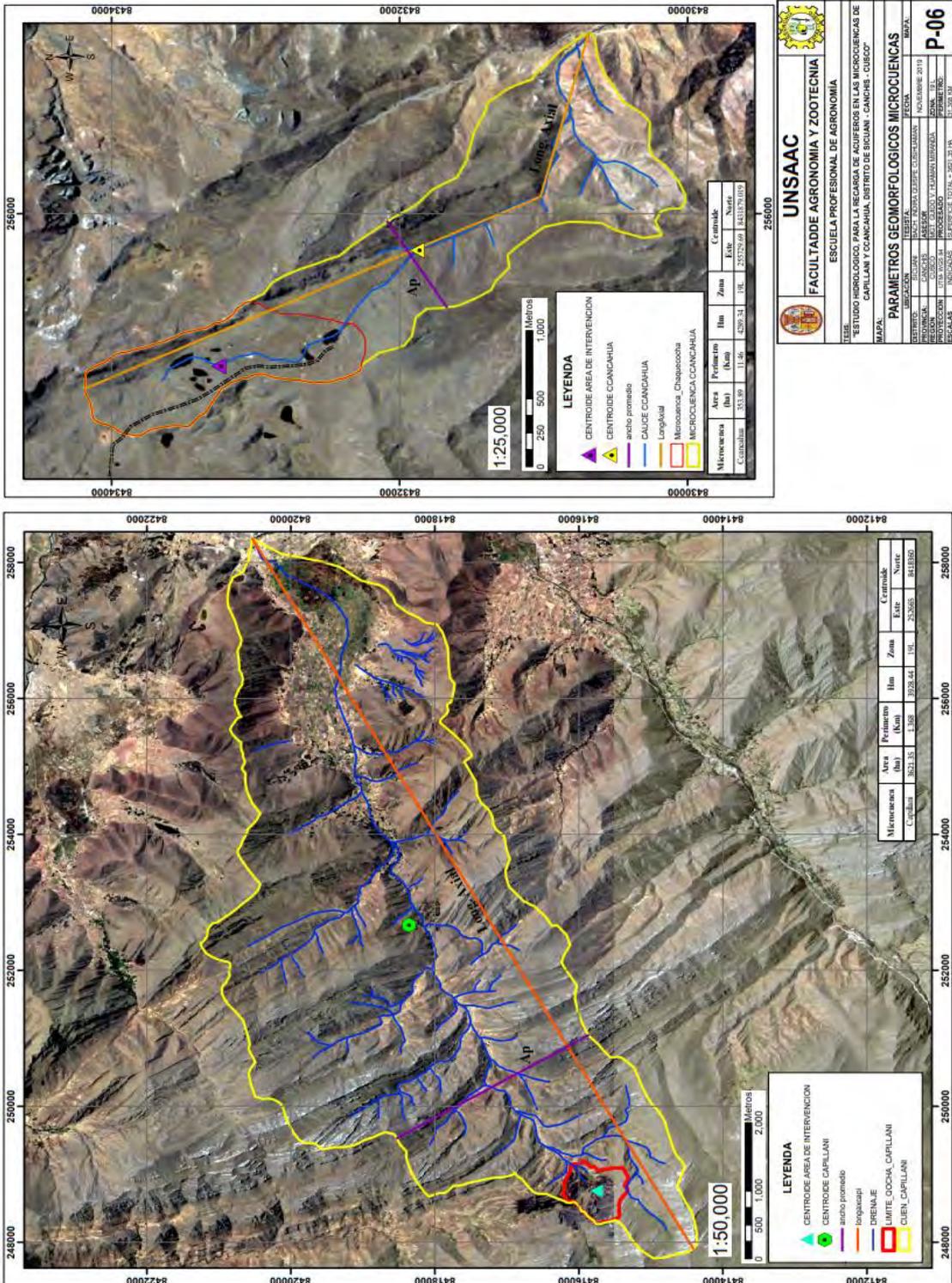
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10: Variación de altitud de las áreas de intervención

Área de intervención	Altitud Máxima(m)	Altitud Mínima(m)	Altitud Media	Mediana de la Altitud
Capillani	4330	3970	4150	4091
Chaquecocha	4590	4430	4510	4481.6

Fuente: Elaboración propia

Mapa satelital 06: Parámetros geomorfológicos de las microcuencas Capillani y Ccancahua



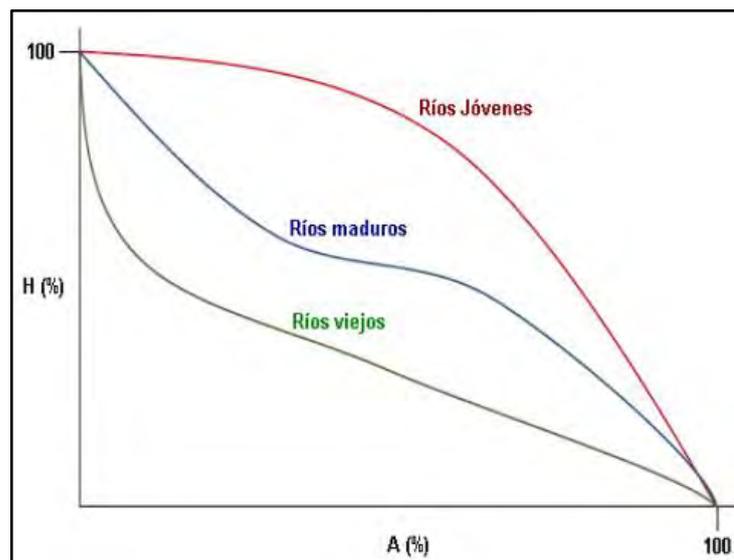
Curva hipsométrica

La curva hipsométrica es un parámetro de relieve que nos permite identificar de manera grafica la variación altitudinal de una microcuenca, además, de estar asociada con los años que podría tener la cuenca.

Las cuencas pueden presentar diferentes tipos de curva hipsométrica debido a su evolución (años del río), que permite definir características fisiográficas como:

- Cuencas con ríos jóvenes: Presentan gran potencial erosivo.
- Cuencas con ríos maduros: Se encuentran en estado de equilibrio.
- Cuencas con ríos viejos: Son sedimentarias.

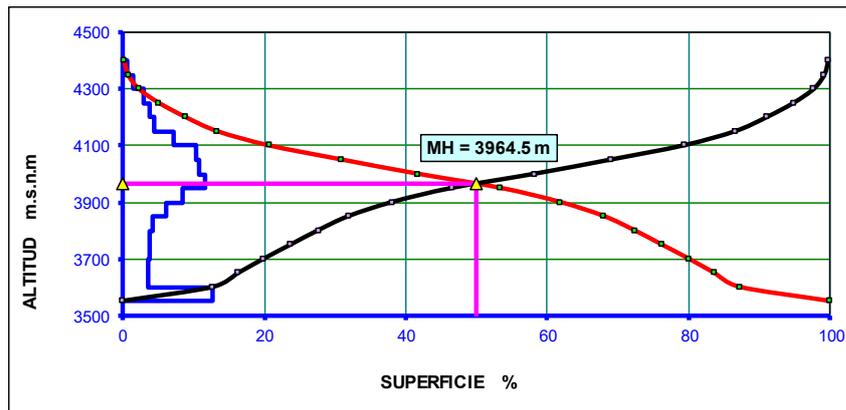
Figura 3: Cambio de forma en curva hipsométrica con la edad del río



Fuente: Ibáñez - Morfología de las cuencas hidrográficas

Este grafico indica el grado de evolución de la cuenca, la misma que para la zona de aporte hídrico nos indica un drenaje bien evolucionado de baja pendiente y amplias llanuras hacia los costados.

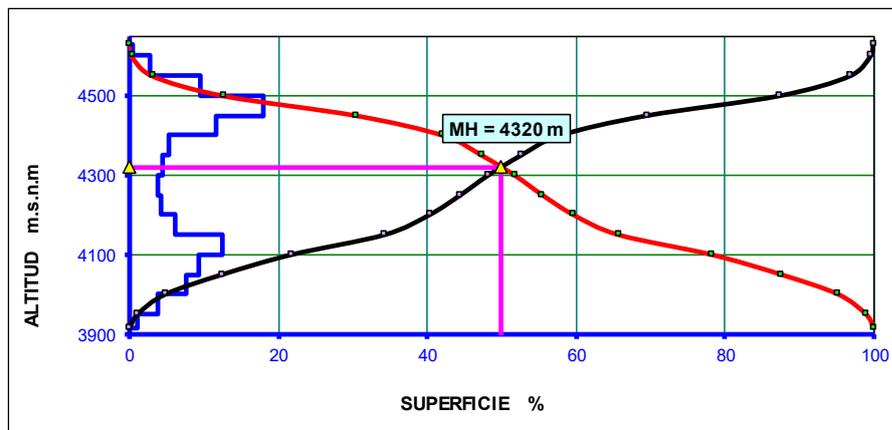
Figura 4: Curva hipsométrica y mediana de la altitud Microcuenca Capillani.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la curva de evolución la microcuenca Capillani presenta un grado de evolución de cuenca madura, con un modelo de drenaje de tipo dendrítico sub paralelo de orden 4to.

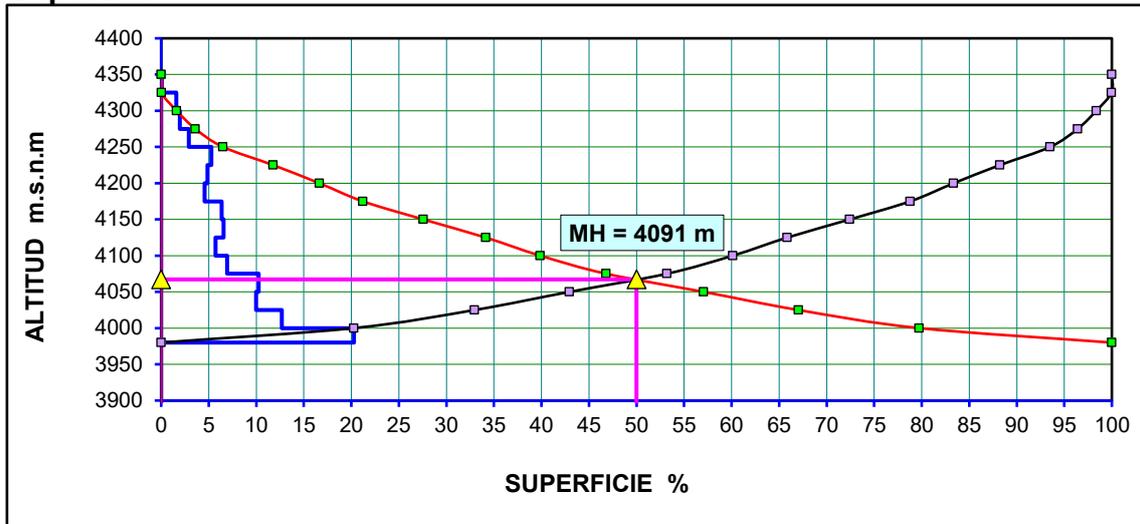
Figura 5: Curva hipsométrica y mediana de la altitud Microcuenca Ccancahua.



Fuente: Elaboración propia

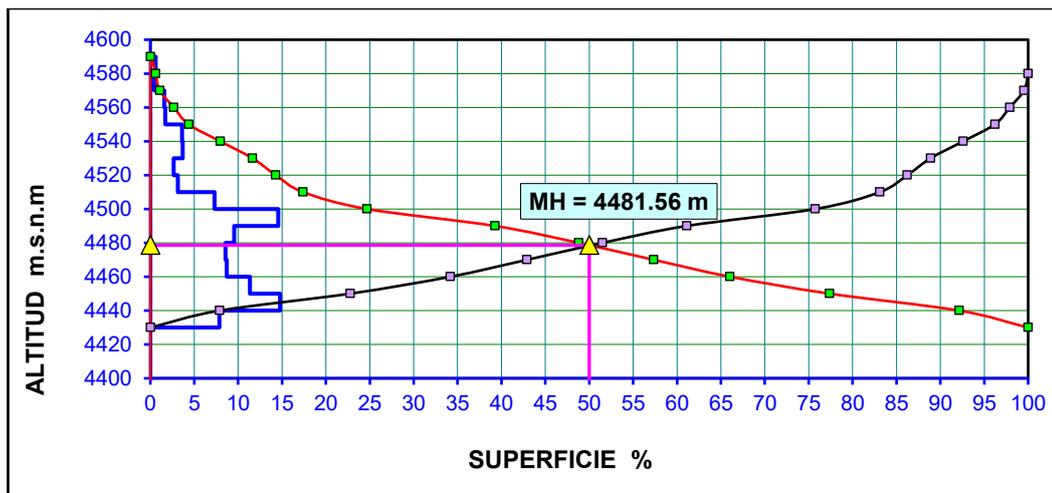
Tiene un grado de evolución juvenil, todavía en proceso de evolución con un sistema de drenaje de orden 3ro .

Figura 6: Curva hipsométrica y mediana de la altitud de área de intervención Capillani.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Curva hipsométrica y mediana de la altitud de área de intervención Chaquecochoa.



Fuente: Elaboración propia

Mientras que las áreas de las cuencas de intervención, en el caso de laguna Capillani y la laguna Chaquecochoa, según el mismo diagrama de evolución, indican que todavía están en una fase de desequilibrio o etapa de evolución juvenil.

Longitud de cauce principal.

Cuadro 11: Variación de la longitud del cauce principal en las microcuencas.

Microcuenca	Altitud Máxima(m)	Altitud Mínima(m)	Longitud drenaje Principal (km)	Pendiente %
Capillani	4300	3550	13.87	5.4
Ccancahua	4500	3920	4.604	11.95

Fuente: Elaboración propia

El cuadro nos muestra que la longitud del cauce principal es de 13.87 km para la microcuenca Capillani y de 4.6 km para la microcuenca Ccancahua.

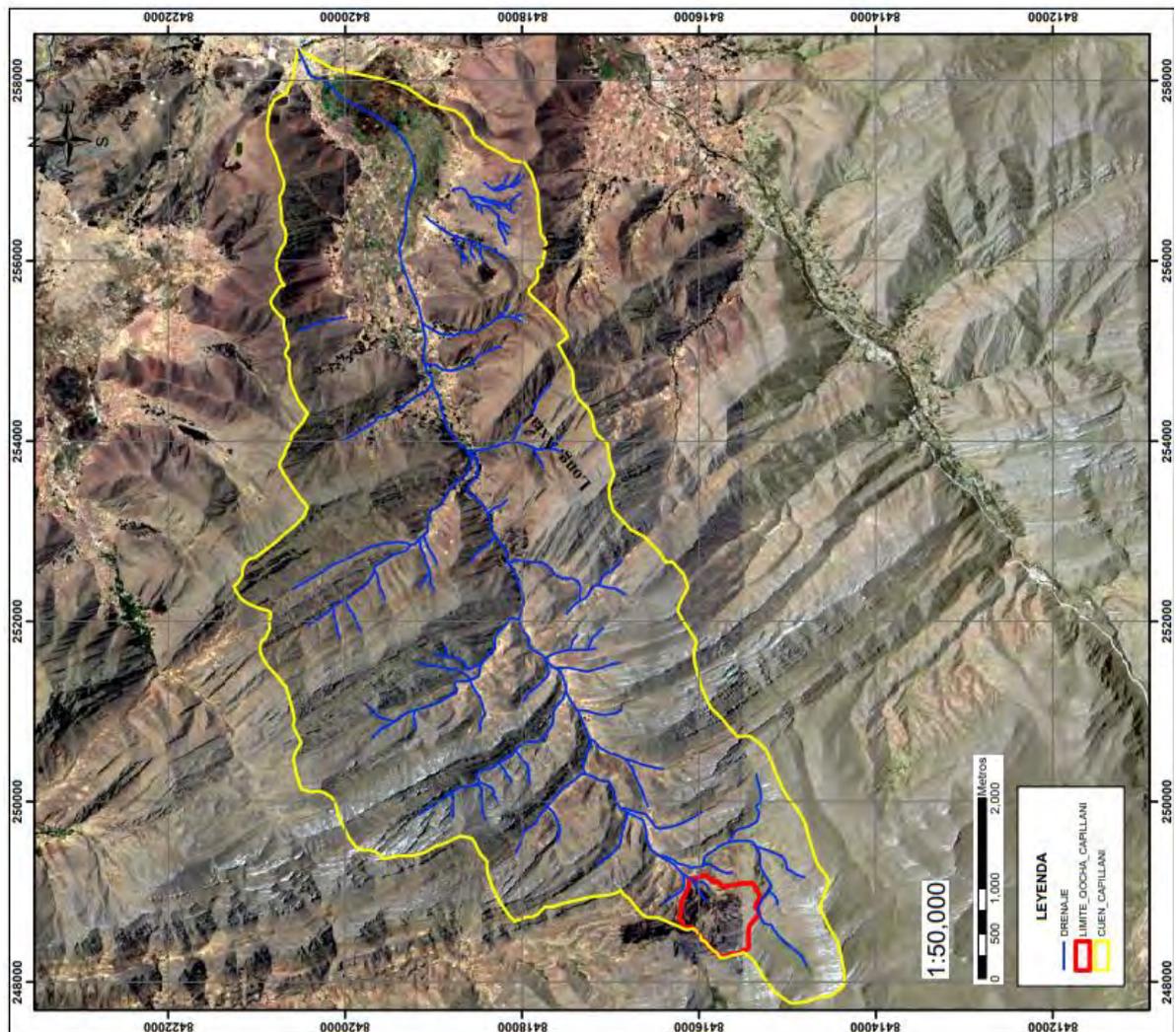
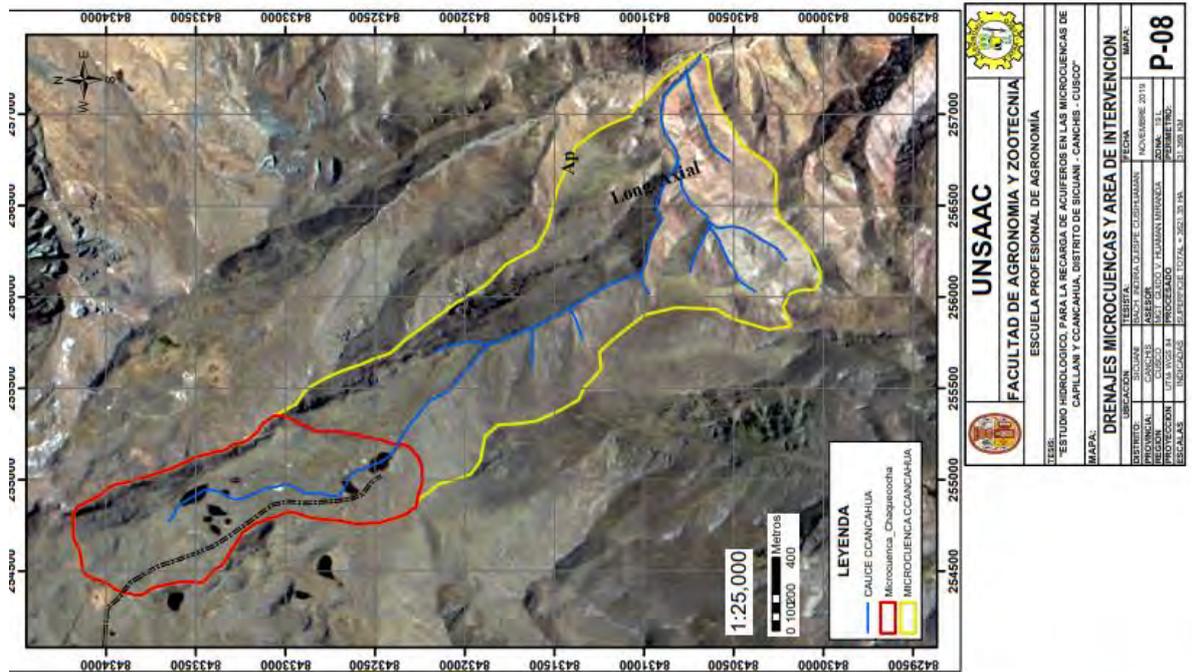
Cuadro 12: Variación de la longitud de cauce principal en las áreas de intervención.

Área de intervención	Altitud Máxima(m)	Altitud Mínima(m)	Longitud drenaje Principal (km)	Pendiente %
Capillani	4243	3970	0.95	27.79
Chaquecocha	4502	4430	1.522	4.4

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se observa que el área de intervención Capillani tiene una longitud de cauce de 0.95 km y el área de intervención Chaquecocha tiene una longitud de cauce de 4.4 km

Mapa satelital 08: Drenaje de las microcuencas y áreas de intervención



PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

Cuadro 13: Características geomorfológicas del área de escurrimiento Capillani

PARÁMETROS	CARACTERISTICAS	UNID	Capillani	
PARÁMETROS DE FORMA DE LA AREA DE INTERVENCION	Área total	km ²	0.99434	
	Perímetro	km	4.855	
	Longitud total de los ríos de diferentes grados	Orden 1	km	2.74
		Orden 2	km	1.0729
		Orden 3	km	0.1171
		Longitud total	km	3.93
	Ancho promedio	km	0.530	
	Coefficiente de compacidad (Indice de Gravelius)	-	1.37	
	Factor de forma de Horton	-	0.28	
	Rectángulo equivalente	Lado mayor	km	1.91
		Lado menor	km	0.52
	Radio de Circularidad	km	0.53	
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA DE LA AREA DE INTERVENCION	Longitud del río principal	km	1.522	
	Tipo de corriente	-	Temporal	
	Número de orden de los ríos	Orden 1	-	24
		Orden 2	-	7
		Orden 3	-	1
		Nº total de ríos	-	32
		Grado de ramificación	-	3
	Frecuencia de densidad de los ríos	ríos/km ²	32.18	
	Densidad de drenaje	km/km ²	3.95	
	Extension media del escurrimiento superficial	km ² /km	0.25	
	Cotas del río principal	Altitud máxima	msnm	4502
		Altitud mínima	msnm	4435
Pendiente media del río principal	m/m	0.0440		
Altura media del río principal	msnm	4468.5		
Tiempo de concentración según Kirpich	horas	0.31		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14: características geomorfológicas del área de escurrimiento del área de intervención chaquecocha

PARÁMETROS DE FORMA DEL AREA DE INTERVENCION	Área total		km ²	0.56056
	Perímetro		km	3.078
	Longitud total de los ríos de diferentes grados	Orden 1	km	2.28
		Orden 2	km	1.36
		Orden 3	km	
		Longitud total	km	3.64
	Ancho promedio		km	0.545
	Coeficiente de compacidad (Índice de Gravelius)		-	1.16
	Factor de forma de Horton		-	0.53
	Rectángulo equivalente	Lado mayor	km	0.95
		Lado menor	km	0.59
Radio de Circularidad		km	0.74	
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA	Longitud del río principal		km	0.95
	Tipo de corriente		-	Temporal
	Número de orden de los ríos	Orden 1	-	14
		Orden 2	-	6
		Orden 3	-	0
		Nº total de ríos	-	20
		Grado de ramificación	-	2
	Frecuencia de densidad de los ríos		ríos/km ²	35.68
	Densidad de drenaje		km/km ²	6.49
	Extensión media del escurrimiento superficial		km ² /km	0.15
	Cotas del río principal	Altitud máxima	msnm	4243
Altitud mínima		msnm	3979	
Pendiente media del río principal		m/m	0.2779	
Altura media del río principal		msnm	4111	
Tiempo de concentración según Kirpich		horas	0.10	

Fuente: Elaboración propia.

5.5 ASPECTOS HIDROLOGICOS

5.5.1 Información hidrometeorológica.

La información hidrometeorológica obtenida para este estudio, corresponde a los registros de la red de estaciones Meteorológicas y pluviométricas a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)

Para él estudio, se ha procesado la información meteorológica de: Precipitación, temperatura máxima, media y mínima; humedad relativa, evaporación, horas y decimas de sol, velocidad del viento. De las estaciones La Raya, Sicuani, Pomacanchi, Yauri y Kayra; en razón que las zonas en estudio carecen de propia información hidrometeorológica e hidrométrica.

Cuadro 15: Información de las estaciones meteorológicas utilizadas.

NRO	ESTACIÓN	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PARAMETRO METEOROLÓGICO	PERIODO
1	KAYRA	CO	13°33'25"	71°52'31"	3219	Precipitación total mensual(mm)	(1964 - 2017)
2	SICUANI	CO	14°15'13"	71°14'14"	3574	Precipitación total mensual(mm)	(1964 - 2017)
						Precipitación máxima en 24 horas	
3	YAURI	PLU	14°49'01"	71°25'01"	3927	Precipitación total mensual(mm)	(1964 - 2017)
4	POMACANCHI	PLU	14°01'41"	71°34'22"	3686	Precipitación total mensual(mm)	(1985 - 2017)
5	LA RAYA	PLU	14°28'00"	71°3'00"	4120	Precipitación total mensual(mm)	(1973 - 1985)

5.5.2 Análisis de datos.

5.5.2.1 Variables meteorológicas.

Para el estudio meteorológico, se utilizó información del SENAMHI, como la estación Kayra, Sicuani, Pomacanchi, Yauri y La Raya. También se utilizó los datos de estudios realizados en las zonas de intervención, siendo las más representativas la cuenca Vilcanota , para su análisis se usó parámetros de Precipitación total mensual, precipitación máxima 24 horas, humedad relativa, temperatura media mensual y en un rango de 54 años (1964 -2017) para la precipitación.

Precipitación.

Las características estacionales del clima en la región y en especial de la cuenca alta del río Vilcanota, se manifiestan principalmente en la variación del régimen de la precipitación. En el cuadro, se presenta el promedio mensual de la precipitación correspondiente al periodo 1964 – 2017 de cada una de las estaciones meteorológicas y pluviométricas.

El período de lluvias de mayor magnitud comienza a partir del mes de diciembre y se prolonga hasta marzo, corresponde el 71.03% en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales este periodo es considerado periodo húmedo.

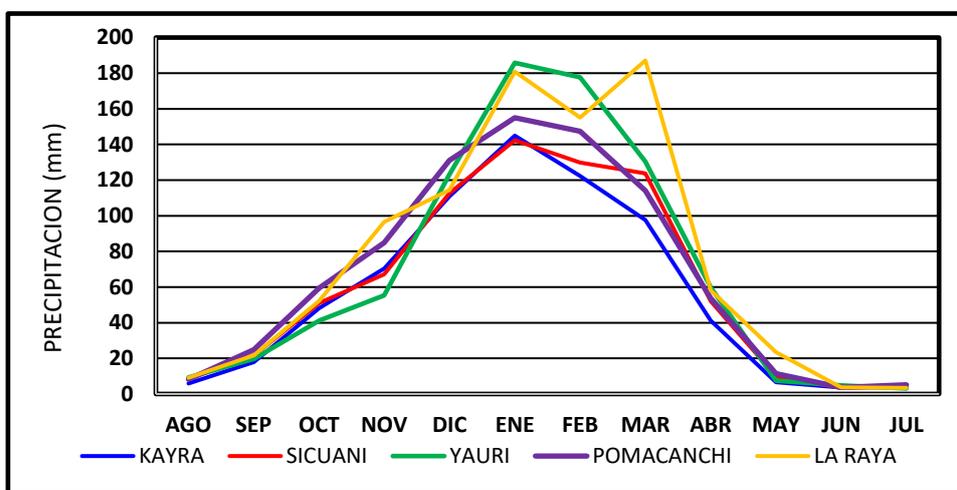
El período seco (invierno), comprende los meses de mayo a agosto, las precipitaciones con sus mínimos valores llegan a ser del 6.24% en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales.

Cuadro 16: Variación mensual de la precipitación media(mm).

ESTACION	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
KAYRA	5.95	17.90	48.13	70.31	110.80	144.96	122.42	97.54	41.17	6.64	3.62	3.81	673.25
SICUANI	8.48	21.70	50.99	67.23	112.66	142.36	129.90	123.80	52.18	9.86	3.43	4.29	726.89
YAURI	9.28	19.67	41.23	55.37	123.24	185.84	177.69	130.31	59.89	7.58	4.87	3.14	818.10
POMACANCHI	8.21	24.87	59.53	84.92	131.05	155.01	147.47	114.13	53.65	11.48	3.70	5.10	799.11
LA RAYA	9.08	21.70	52.27	96.54	114.37	180.86	155.04	187.14	58.13	23.51	3.67	3.41	905.72

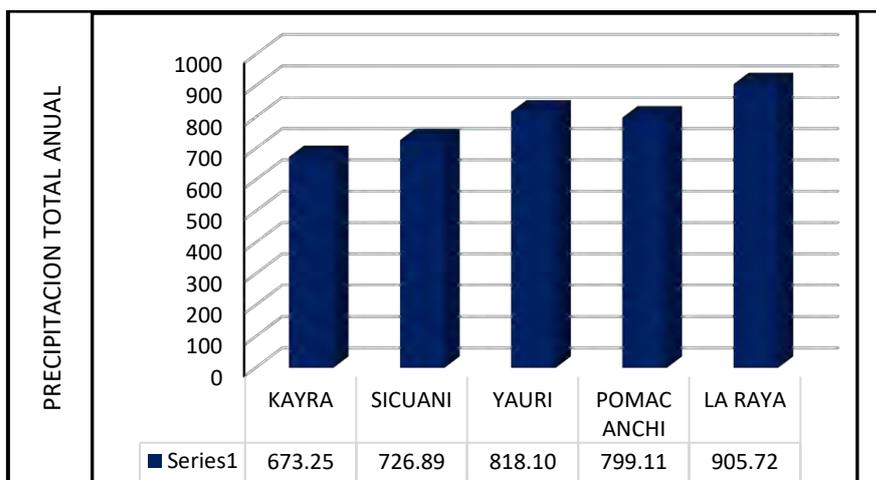
Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Variación Anual de la precipitación promedio mensual (1964 –2017).



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Variación Anual de la precipitación media red de estaciones.



Fuente: Elaboración propia

5.5.3 Tratamiento de la información meteorológica.

5.5.3.1 Registros históricos y red de estaciones meteorológicas.

En la cuenca alta de río Vilcanota a la altura de las zonas en estudio, se cuenta con dos estaciones de influencia directa como son la estación de Sicuani y La Raya, y de influencia indirecta se tiene las estaciones Pomacanchi y Kayra; la estación de Yauri pertenece a la cuenca del río Apurímac. Todas ellas, administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología - SENAMHI, el cual disponen de información variable desde el año 1964 hasta el 2017.

cuadro17: Registros de Precipitación Total.

	AÑO 1964 - 1990																											
ESTACION	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
KAYRA																												
SICUANI																					7				3			
YAURI	2	1				3	2								2									10	5	6	11	
POMACANCHI																								5	7	9		
LA RAYA																					1							
	AÑO 1991									AÑO 2017																		
ESTACION	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	
KAYRA																												
SICUANI			5																			1					1	3
YAURI	6	5										1			1							1	1				3	
POMACANCHI	11	4																									5	
LA RAYA																												

PERIODO CON DATOS COMPLETOS	
PERIODO CON DATOS INCOMPLETOS	3
PERIODO SIN DATOS	

5.5.3.2 Completado y extensión de registros

Uno de los problemas más comunes al realizar estudios hidrológicos, es la falta de algunos datos en los registros históricos, o de un periodo considerable de información, ocasionados por diferentes razones. Para ello se ha procedido a utilizar el método de la recta de regresión, utilizando como estación índice la estación de Kayra por ser una estación completa, y de periodo amplio de lecturas; el procedimiento de la misma se detalla a continuación:

5.5.3.2.1 Completado de datos por el método de ecuación de la línea recta

Se ha seguido los pasos siguientes:

1. Selección del modelo matemático de correlación, en nuestro caso es la ecuación de la línea recta.
2. Selección de la estación base en función a la cual se va a realizar el completado, siendo para el presente caso la estación de Kayra.
3. Estimación del coeficiente de correlación entre X e Y, utilizando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\overline{XY} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{S_x \cdot S_y}$$

4. Estimación de los parámetros de la ecuación de regresión. Los parámetros de la ecuación se determinan por:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$
$$b = r \frac{S_y}{S_x}$$

5. Relleno de los datos faltantes del registro Y, en función de los datos correspondientes del registro X.

Ejemplo SICUANI Enero 1985 = a + b * X_{KAYRA}

Cuadro 18: Calculo de variables para ecuación. recta de regresión

ESTACION SICUANI		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio Precipit.	y =	129.76	121.79	114.48	49.10	9.18	2.90	4.10	7.62	19.43	47.05	64.78	103.46
Varianza	S²(y) =	1817.07	2530.23	2119.62	886.30	100.39	26.33	41.18	69.16	223.91	896.13	1319.59	1602.63
Desviación	S (y) =	42.63	50.30	46.04	29.77	10.02	5.13	6.42	8.32	14.96	29.94	36.33	40.03
ESTACION KAYRA													
Promedio Precipit.	x1 =	145.06	123.74	98.30	41.37	6.60	3.25	4.03	6.06	17.87	47.16	70.27	110.89
Varianza	S²(x1) =	3016.30	1759.08	1779.55	607.94	36.50	30.14	41.54	53.87	155.77	594.63	1475.42	2030.48
Desviación	S (x1) =	44.78	31.57	34.56	23.40	6.02	5.64	6.61	7.48	12.13	22.46	34.09	35.59
Coef. Correl. r		0.39	0.41	0.26	0.16	0.49	0.70	0.75	0.67	0.43	0.34	0.37	0.49
Covarianza Sxy		732.75	633.10	411.03	111.38	28.79	19.99	31.02	40.80	75.99	224.19	451.93	679.15
Número de datos n =		51	51	50	51	51	50	50	49	51	51	49	50
a =		94.52	77.26	91.77	41.52	3.97	0.74	1.09	3.03	10.71	29.27	43.26	66.37
b =		0.243	0.360	0.231	0.183	0.789	0.663	0.747	0.757	0.488	0.377	0.306	0.334

Realizado el cálculo, se tiene el registro de precipitación mensual (mm) para la estación meteorológica de Sicuani completo

Cuadro 19: Datos Meteorológicos originales y faltantes de la estación Sicuani.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	95.4	101	112	50	31.8	0	2.5	3.2	32.2	25.8	85.1	50
1965	43.2	89.7	119	51.7	2.1	0	2.4	3.7	52.5	66.1	61	179.7
1966	81.6	118.2	94.2	6	35	0	0	2.3	38.9	148.8	106	121
1967	63.4	117.2	155.9	33	8.2	1.4	21.4	28.7	40.4	49	46.8	129.5
1968	118.2	171.3	272.9	55.6	0	0	16	28.2	21.4	62.1	149.3	64.2
1969	132.5	127	140.4	67	3.6	2.8	8	1.6	18	78.2	76.2	80.8
1970	172.3	139.5	141.3	50.3	5.6	0	0	0	20.4	48.3	46.6	185.4
1971	189.5	162	66.1	66.9	6	0	0	0	0	0	3.8	71.6
1972	154.2	76.5	95.6	58.1	6.3	0	15.9	29.6	0	8	35.2	94.4
1973	140.7	136.2	168	82.5	3.1	0	2	11.8	5.9	27	47.6	96.2
1974	168.5	223.3	91.1	25.1	0.8	6.5	0	16	24.5	13	51.5	77
1975	157	103.9	134.9	39.4	20.3	0.7	0	8.4	32.1	24.4	62.4	154.2
1976	161.9	68.7	130.4	27.5	11.4	6.7	5.1	9.6	17.9	9.3	29	86.3
1977	70.5	179.9	87	33.9	7.2	0	0.8	0	11	30.7	87.3	88.1
1978	214.6	71.3	183.4	83	0	0	0	0	25.5	24.2	73.4	37.9
1979	66.8	50.5	64.8	31.8	4.4	0	0.9	19.8	27.6	0.8	14.3	31.7

1980	86.6	49.3	26.1	0	15.6	18.6	19.9	21.6	1.6	65.9	60.2	82.6
1981	130.1	110.9	102.8	0.8	0	6.9	0	19.2	0	6	8.6	43.3
1982	66.3	26.3	48.4	0	0	0	0.9	0	24	58.1	34	8.6
1983	41.2		31.6	0	0	0	0	0	14.8	1	0	63.1
1984	131.2	52.1	45.3	3	0							
1985												
1986												
1987				49.8	2.9	1.3	11.2	0.5	2.5	24.9	132.1	155.3
1988	143.8	94.9	120.6	87.4	4	0	0	0	3.4	17	18.7	57.2
1989	183.4	108.2	168.5	76.5	16.1	10.2	0	12	50.3	51.7	46.9	130.8
1990	127.1	104.8	71.2	33.8	1.5	25.2	0	9	11.2	128.8	90.5	130.3
1991	93.3	76.3	87.5	59.3	18.1	14.4	0	0	12.7	44.9	43.7	70.4
1992	99.2	61.4						19.5	19.1	62.8	96.8	53.6
1993	163	87.1	116.2	57.4	0	1.2	2	9.8	26.7	66	136.4	114.1
1994	127.5	143.8	128.4	74.9	18.8	0.3	0	1.2	9.3	50.5	81	127.4
1995	107.4	105.2	131.3	64.4	3.1	1.2	2.8	0	16.6	36	92.3	117
1996	121.3	112	155.5	42.7	16.3	0	0	12	24.5	54.2	61.6	115.7
1997	226.7	173.8	176.9	49.9	3.5	0	5.2	15.2	8.9	45.5	135.5	64.6
1998	102.3	131	97.8	15.5	0	0	0	5.6	1.7	92.2	73.6	92.7
1999	133.3	145.4	83.4	85.7	17.6	3.2	0.3	0	44.1	24.4	38.5	127.2
2000	110.4	180	121.9	15.6	7.2	6	4.4	1.7	18.6	76.4	25.2	92.6
2001	213	158.1	176.9	55.3	25.9	1.2	13.9	10.5	34.7	48.3	76.2	134.4
2002	154.7	205.2	145.7	126.4	32.9	0	26.1	4.7	37.4	75.9	87.3	141.5
2003	129.2	131.8	160	59.6	18.7	6.6	0	8	1.6	37.5	27.2	125.5
2004	162.6	191	80.4	47	7.6	8.2	4.2	12	51.6	28.9	92.4	98.4
2005	66.3	178.8	120.3	44.9	4.5	0	2.7	0	7.6	48.3	75	93.4
2006	151.2	120.8	92.8	99	3.3	5.7	0	10.3	23.3	45.4	111.3	102
2007	115.8	86.9	174.4	45.1	5.3	0	9	0	15.2	60.7	77	73.7
2008	137.3	133.5	117.9	21.6	7.0	0.7	0.6	0.6	2.6	84.1	61.6	149.0
2009	89.8	140.6	85.8	37.6	5.7	0.0	6.2	0.0	11.1	32.2	129.0	121.1
2010	161.0	95.8	118.0	48.4	2.6	0.0	0.0	5.7	2.4	62.8	46.6	125.1
2011	107.6	118.4	156.4	132.7	14.4	2.9	4.4		51.9	25.3	29.0	131.9
2012	155.2	184.8	103.0	49.0	0.5	3.2	0.8	0.0	14.2	36.4	38.7	149.8
2013	167.0	157.7	78.9	23.5	7.2	7.1	0.0	11.2	1.8	38.1	66.2	162.7
2014	146.9	134.3	55.4	36.7	9.5	0.0	0.2	6.3	24.5	49.2	31.2	156.4
2015	142.0	95.9	106.9	55.2	8.4	2.7	12.6	7.0	10.1	52.5	74.6	136.5
2016	131.4	260.0	53.8	82.8	3.2	0.0	0.3	6.9	19.9	79.0		77.0
2017	162.3	119.1	126.9	60.8	40.8	0.0	2.2		22.7	72.9		

Cuadro 20: Datos Meteorológicos completados para la estación Sicuani.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	95.40	101.00	112.00	50.00	31.80	0.00	2.50	3.20	32.20	25.80	85.10	50.00	589.00
1965	43.20	89.70	119.00	51.70	2.10	0.00	2.40	3.70	52.50	66.10	61.00	179.70	671.10
1966	81.60	118.20	94.20	6.00	35.00	0.00	0.00	2.30	38.90	148.80	106.00	121.00	752.00
1967	63.40	117.20	155.90	33.00	8.20	1.40	21.40	28.70	40.40	49.00	46.80	129.50	694.90
1968	118.20	171.30	272.90	55.60	0.00	0.00	16.00	28.20	21.40	62.10	149.30	64.20	959.20
1969	132.50	127.00	140.40	67.00	3.60	2.80	8.00	1.60	18.00	78.20	76.20	80.80	736.10
1970	172.30	139.50	141.30	50.30	5.60	0.00	0.00	0.00	20.40	48.30	46.60	185.40	809.70
1971	189.50	162.00	66.10	66.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	71.60	565.90
1972	154.20	76.50	95.60	58.10	6.30	0.00	15.90	29.60	0.00	8.00	35.20	94.40	573.80
1973	140.70	136.20	168.00	82.50	3.10	0.00	2.00	11.80	5.90	27.00	47.60	96.20	721.00
1974	168.50	223.30	91.10	25.10	0.80	6.50	0.00	16.00	24.50	13.00	51.50	77.00	697.30
1975	157.00	103.90	134.90	39.40	20.30	0.70	0.00	8.40	32.10	24.40	62.40	154.20	737.70
1976	161.90	68.70	130.40	27.50	11.40	6.70	5.10	9.60	17.90	9.30	29.00	86.30	563.80
1977	70.50	179.90	87.00	33.90	7.20	0.00	0.80	0.00	11.00	30.70	87.30	88.10	596.40
1978	214.60	71.30	183.40	83.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.50	24.20	73.40	37.90	713.30
1979	66.80	50.50	64.80	31.80	4.40	0.00	0.90	19.80	27.60	0.80	14.30	31.70	313.40
1980	86.60	49.30	26.10	0.00	15.60	18.60	19.90	21.60	1.60	65.90	60.20	82.60	448.00
1981	130.10	110.90	102.80	0.80	0.00	6.90	0.00	19.20	0.00	6.00	8.60	43.30	428.60
1982	66.30	26.30	48.40	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	24.00	58.10	34.00	8.60	266.60
1983	41.20	0.00	31.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.80	1.00	0.00	63.10	151.70
1984	131.20	52.10	45.30	3.00	0.00	2.07	2.06	11.66	12.76	72.48	64.52	100.75	497.89
1985	125.88	120.23	108.91	47.60	16.28	8.43	1.76	3.03	31.83	52.68	78.95	107.31	702.89
1986	113.08	110.44	120.81	53.52	8.86	0.74	2.43	6.21	14.37	35.79	64.58	100.72	631.55
1987	149.01	108.89	103.00	49.80	2.90	1.30	11.20	0.50	2.50	24.90	132.10	155.30	741.40
1988	143.80	94.90	120.60	87.40	4.00	0.00	0.00	0.00	3.40	17.00	18.70	57.20	547.00
1989	183.40	108.20	168.50	76.50	16.10	10.20	0.00	12.00	50.30	51.70	46.90	130.80	854.60
1990	127.10	104.80	71.20	33.80	1.50	25.20	0.00	9.00	11.20	128.80	90.50	130.30	733.40
1991	93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	70.40	520.60
1992	99.20	61.40	115.80	44.25	3.97	13.60	1.09	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60	591.11
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10	779.90
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40	763.10
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00	677.30
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70	715.80
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60	905.70

1998	102.30	131.00	97.80	15.50	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	612.40
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	703.10
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	660.00
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	948.40
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	1037.80
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50	705.70
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40	784.30
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40	641.80
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00	765.10
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.70	663.10
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00	716.50
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10	659.10
2010	161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	46.60	125.10	668.40
2011	107.60	118.40	156.40	132.70	14.40	2.90	4.40	3.03	51.90	25.30	29.00	131.90	777.93
2012	155.20	184.80	103.00	49.00	0.50	3.20	0.80	0.00	14.20	36.40	38.70	149.80	735.60
2013	167.00	157.70	78.90	23.50	7.20	7.10	0.00	11.20	1.80	38.10	66.20	162.70	721.40
2014	146.90	134.30	55.40	36.70	9.50	0.00	0.20	6.30	24.50	49.20	31.20	156.40	650.60
2015	142.00	95.90	106.90	55.20	8.40	2.70	12.60	7.00	10.10	52.50	74.60	136.50	704.40
2016	131.40	260.00	53.80	82.80	3.20	0.00	0.30	6.90	19.90	79.00	51.84	77.00	766.14
2017	162.30	119.10	126.90	60.80	40.80	0.00	2.20	9.39	22.70	72.90	64.80	103.43	785.32
N° Datos	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media	129.73	121.31	114.30	49.06	9.21	3.14	3.93	7.53	19.44	47.42	64.80	103.43	673.31
Desv. Estándar	41.55	48.91	44.31	28.93	9.81	5.21	6.20	7.99	14.68	29.33	34.67	38.50	157.67
Coef. Variación	32.03	40.32	38.77	58.96	106.53	165.67	157.77	106.08	75.50	61.86	53.51	37.22	23.42
Prec. Max.	226.70	260.00	272.90	132.70	40.80	25.20	26.10	29.60	52.50	148.80	149.30	185.40	1,037.80
Prec. Min.	41.20	0.00	26.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	151.70

Todo el procedimiento anteriormente se ha realizado, para las estaciones meteorológicas de Yauri, Pomacanchi y La Raya; teniendo como estaciones base la estación de Kayra.

5.5.3.3 Análisis Estadístico: Saltos y tendencias.

El análisis se realizó mediante la aplicación de pruebas estadísticas de consistencia y homogeneidad del valor medio y de la desviación estándar.

Para probar la consistencia del valor medio se utilizó la prueba T (Student) y de manera similar para probar la consistencia de la desviación estándar se utilizó la prueba F (Fisher).

5.5.3.4 Análisis de Precipitación

Para la estimación de la precipitación a nivel de las microcuencas de Capillani y Ccanchahua, es necesario contar primero con registros de precipitación total mensual histórica de amplio periodo de observación (54 años para el presente caso), sobre las que se realizaron las pruebas de consistencia a través de la media y desviación estándar, pruebas de ajuste por tendencias a través de la media y desviación estándar y finalmente su validación por pruebas de Smirnov Kolmogorov. Para ello se ha utilizado programas como Hidroesta y hojas de cálculo para luego regionalizar y extrapolar los datos para contar con información ajustada al relieve de ambas microcuencas.

5.5.3.5 Análisis de consistencia.

Comprende el análisis gráfico de las curvas de frecuencia de precipitación total anual y mensual de cada una de las estaciones pluviométricas utilizadas para el proceso de regionalización, encontrándose picos representativos en los registros históricos de las estaciones que se describe a continuación:

- En la Estación 1 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 2008 un valor de 308.4 mm.
- En la Estación 2 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 2008 un valor de 210.7 mm.

- En la Estación 3 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 1993 un valor de 256.6 mm.
- En la Estación 4 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 2008 un valor de 290.5 mm.
- En la Estación 5 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 2008 un valor de 299.1 mm.
- En la Estación 6 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 2008 un valor de 253.7 mm.
- En la Estación 7 se ha identificado un pico en el mes de enero del año 1993 un valor de 265.3 mm.

Los registros de precipitación total anual y mensual de cada una de las estaciones analizadas, se presentan en el Anexo 1.

5.5.3.5.1 Análisis de doble masa.

Se utilizó para la determinación de la consistencia de la información en lo relacionado a errores que pudieron haberse producido en la obtención de los mismos, básicamente permitió identificar los periodos dudosos y confiables para cada estación en estudio.

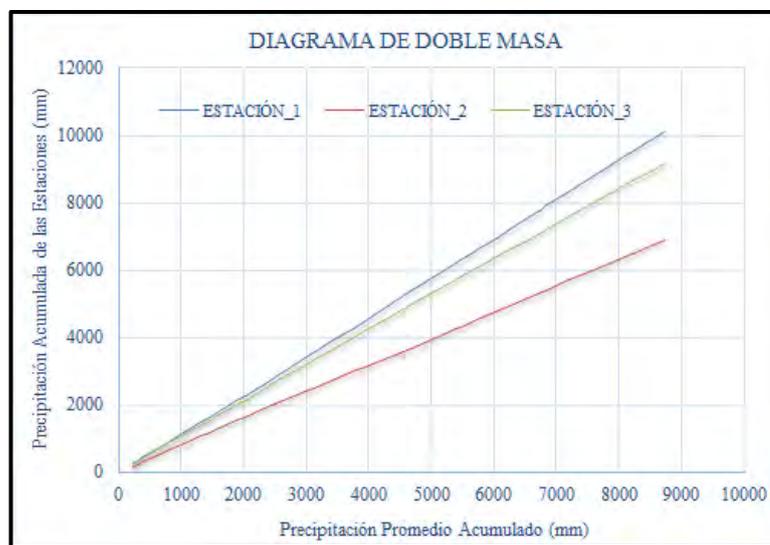
Para el análisis de doble masa de la información pluviométrica se conformaron grupos en base a criterios de ubicación geográfica y distribución espacial y principalmente de aproximación a la zona de estudio, quedando conformados de la siguiente manera:

- El Grupo P1 (GP1) está conformado por las estaciones 1, 2 y 3, estaciones que dan cobertura a la parte alta de la cuenca en estudio.
- El Grupo P2 (GP2) está conformado por las estaciones 1 y 2, estaciones que dan cobertura a la parte media y baja de la cuenca en estudio.

- El Grupo P3 (GP3), está conformado por las estaciones 1 y 2. estaciones que dan cobertura a la parte media y baja de la cuenca en estudio.

Para la construcción de los diagramas de doble masa, las planillas de cálculo han sido parcialmente completadas con los promedios mensuales para obtener una línea constante y facilitar la identificación de los quiebres, las planillas se presentan en el Anexo 2.

Figura 10: Diagrama de doble masa



En la Figura, se analizó los periodos confiables de los registros de precipitación de cada una de las estaciones que conforman los grupos GP1, GP2 y GP3.

5.5.3.5.2 Análisis del Salto

Este método, analiza el cambio súbito de los datos fuera de los años normales, por lo que a nivel grafico se puede identificar a través de histogramas, cuyo análisis se da a través de la media y la desviación estándar, siendo éstos los que nos interesan desde el punto de vista práctico.

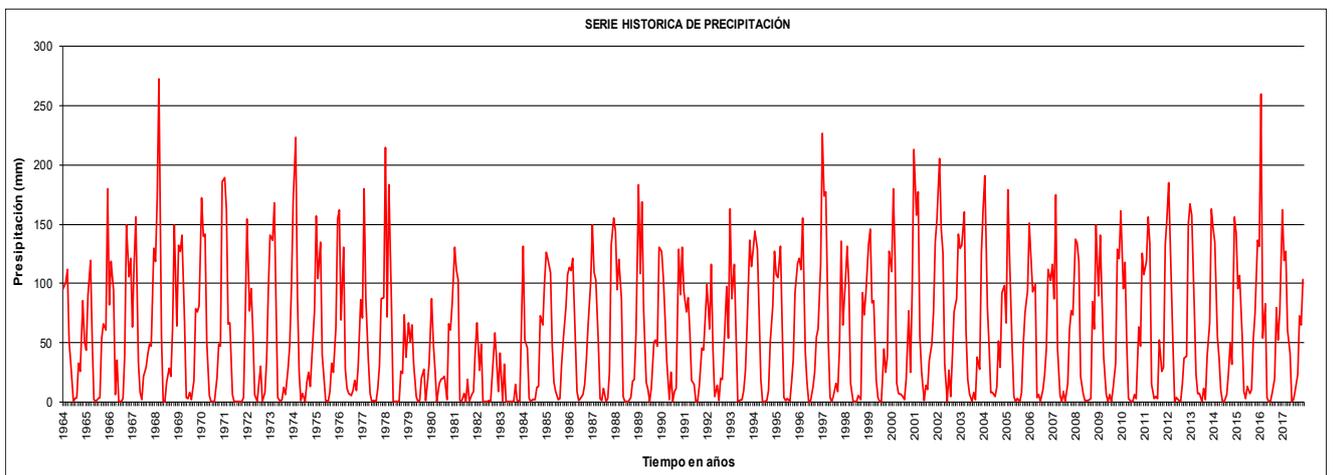
El procedimiento de análisis se realiza en tres fases:

- Identificación del salto.
- Evaluación y cuantificación del salto.
- Corrección y/o eliminación del salto.

A.1 Identificación del Salto.

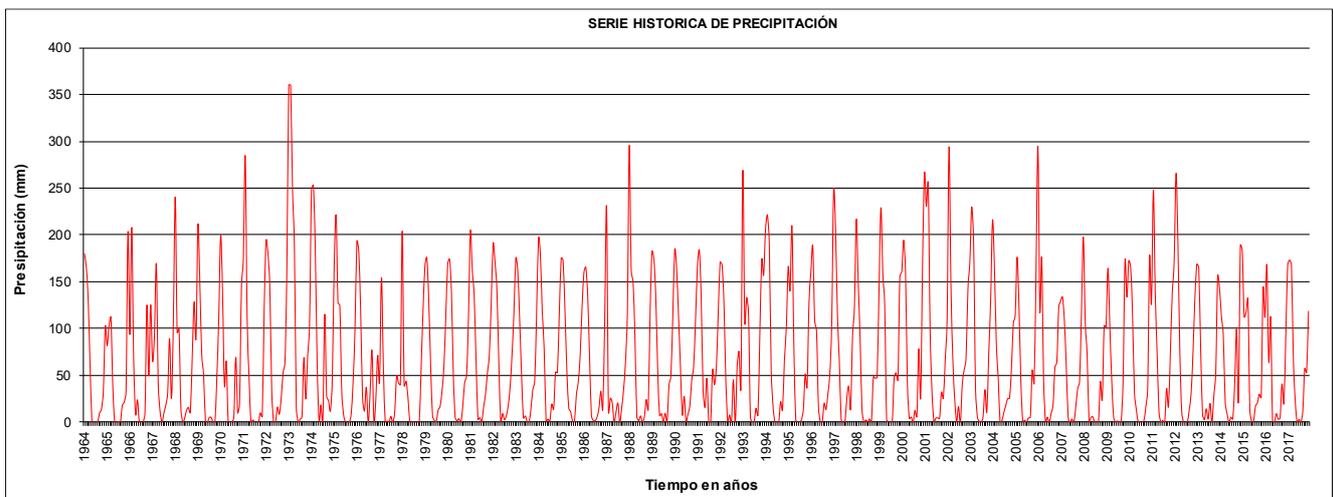
Mediante este análisis se puede decir que existen períodos dudosos significativos en las series mensuales y anuales de las precipitaciones totales mensuales, tal como se muestra en las curvas de frecuencia.

Figura 11: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de Sicuani



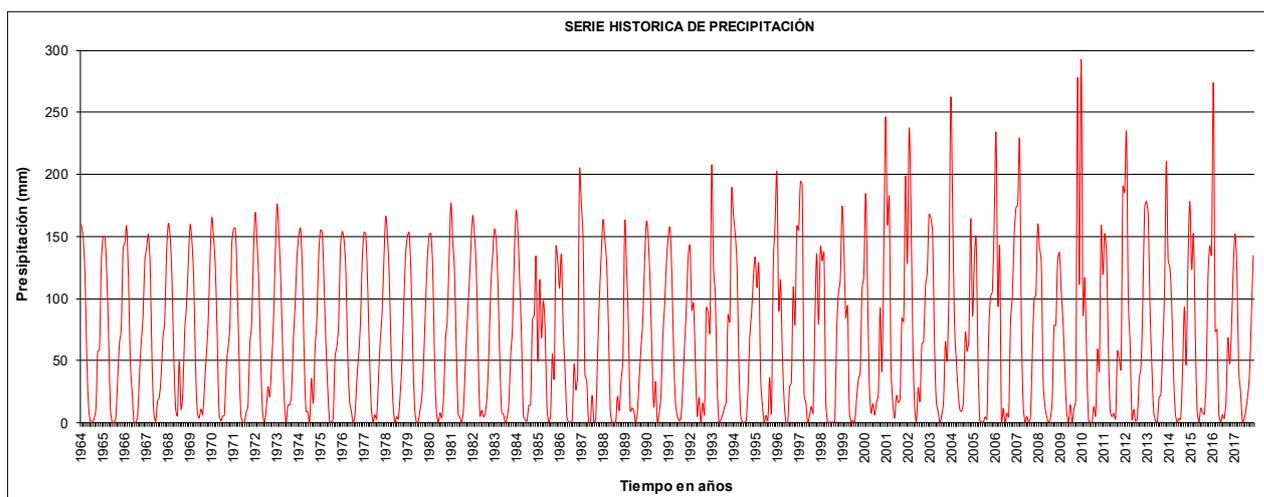
Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de Yauri



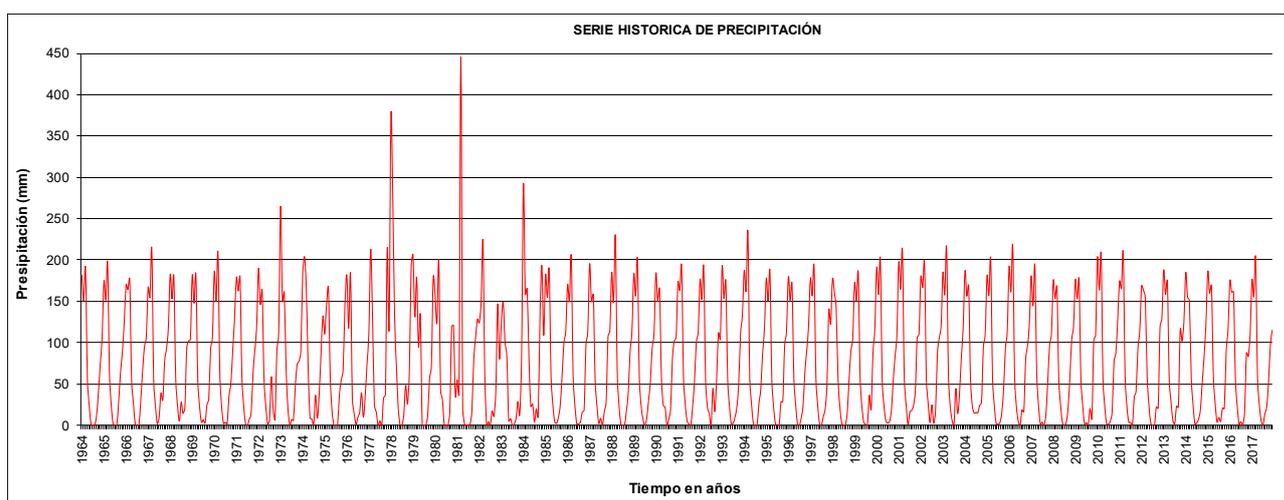
Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de Pomacanchi



Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Curvas de frecuencia de precipitación para la estación de La Raya



Fuente: Elaboración propia

A.2 Evaluación y cuantificación.

La evaluación y cuantificación de los errores detectados en la forma de saltos, se realizó mediante un análisis estadístico, utilizando para ello las pruebas T (Student) y F (Fisher), en la media y la variancia respectivamente, comprobando si sus valores están dentro de los niveles de significación ($\mu = 0.05$), según la hipótesis estadística.

A.2.1 Consistencia en la media – Estación Sicuani (T).

Mediante la prueba estadística “T” de Student se analizó si los valores promedio son estadísticamente iguales, probar que ambos bloques o periodos, provienen de la misma población de la forma que a continuación se describe.

Cuadro 21: Selección de periodos a comparar por la media.

		Nro. Datos	Media	Desv. est.	Varianza
Primer periodo	1964-1989	26	614.03	183.2103	33566.006
Segundo periodo	1990-2017	28	728.3568	105.7880	11191.110

Siguiendo los procedimientos de cálculo, detallados en **Anexo 2**, se ha obtenido los resultados por comparación de medias mostrados en el cuadro siguiente, demostrando que, entre los dos periodos analizados (1964-1989) y (1990-2017), existen diferencias estadísticas a través de la comparación de sus promedios, por lo tanto, amerita la corrección de datos del primer periodo analizado(1964-1989)..

Cuadro 22: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de “t”

Grados de libertad	Desviación estándar de los promedios	Desviación estándar ponderado	Valor de “t” calculado	Valor de “t” tabular	Significancia
GL	Sd	Sp	Tc	Tt	
52	40.35	148.15	2.83	1.67	SIGNIFICAT Ho

Fuente: Elaboración propia

A.2.2- Consistencia de la Desviación Estándar – Estación Sicuani (F).

Mediante la prueba estadística “F” o Fisher, se analizó si los valores entre los periodos (primero y segundo), a través de su desviación estándar, presenta diferencias estadísticas.

Cuadro 23: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”

Grados de libertad numerador	Grados de libertad denominador	Valor de “F” calculado	Valor de “F” tabular	Significancia
GLn	GLn	Fc	Ft	
25	27	0.33	1.922	NO SIGNIFICA Ho

Fuente: Elaboración propia

siguiendo los procedimientos de cálculo, detallados en **Anexo 2**, entre los dos periodos analizados (1964-1989) y (1990-2017), no existen diferencias estadísticas a través de la comparación de su desviación estándar, por lo tanto, no amerita la corrección de datos del primer periodo analizado.

A.2.3- Corrección del periodo analizado.

Para ello como lo indicado en el Anexos 2, la ecuación que le amerita para la corrección del primer periodo es:

$$X't = \left[\frac{x - \bar{X}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2$$

Donde:

X = Valor corregido de la información.

x = Valor a ser corregido.

$$Enero = X't * Xi / \sum_{i=1964}^n (\text{año}1964)$$

Obteniéndose los siguientes datos con periodos corregidos de 1964 a 1989, tal como se observa en el cuadro

Cuadro 24: Datos meteorológicos del primer periodo corregido.

Año	X_t	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	713.90	115.63	122.42	135.75	60.60	38.54	0.00	3.03	3.88	39.03	31.27	103.15	60.60	713.90
1965	761.31	49.01	101.76	135.00	58.65	2.38	0.00	2.72	4.20	59.56	74.99	69.20	203.86	761.31
1966	808.02	87.68	127.01	101.22	6.45	37.61	0.00	0.00	2.47	41.80	159.89	113.90	130.01	808.02
1967	775.05	70.71	130.72	173.88	36.81	9.15	1.56	23.87	32.01	45.06	54.65	52.20	144.44	775.05
1968	927.66	114.31	165.67	263.93	53.77	0.00	0.00	15.47	27.27	20.70	60.06	144.39	62.09	927.66
1969	798.84	143.79	137.82	152.37	72.71	3.91	3.04	8.68	1.74	19.53	84.87	82.69	87.69	798.84
1970	841.34	179.03	144.95	146.82	52.27	5.82	0.00	0.00	0.00	21.20	50.19	48.42	192.64	841.34
1971	700.56	234.59	200.55	81.83	82.82	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	88.64	700.56
1972	705.13	189.49	94.01	117.48	71.40	7.74	0.00	19.54	36.37	0.00	9.83	43.26	116.01	705.13
1973	790.12	154.19	149.26	184.11	90.41	3.40	0.00	2.19	12.93	6.47	29.59	52.16	105.42	790.12
1974	776.44	187.62	248.64	101.44	27.95	0.89	7.24	0.00	17.82	27.28	14.48	57.34	85.74	776.44
1975	799.76	170.21	112.64	146.25	42.71	22.01	0.76	0.00	9.11	34.80	26.45	67.65	167.17	799.76
1976	699.35	200.82	85.22	161.75	34.11	14.14	8.31	6.33	11.91	22.20	11.54	35.97	107.05	699.35
1977	718.18	84.90	216.63	104.76	40.82	8.67	0.00	0.96	0.00	13.25	36.97	105.13	106.09	718.18
1978	785.68	236.37	78.53	202.01	91.42	0.00	0.00	0.00	0.00	28.09	26.66	80.85	41.75	785.68
1979	554.77	118.25	89.39	114.71	56.29	7.79	0.00	1.59	35.05	48.86	1.42	25.31	56.11	554.77
1980	632.49	122.26	69.60	36.85	0.00	22.02	26.26	28.09	30.49	2.26	93.04	84.99	116.61	632.49
1981	621.29	188.59	160.76	149.02	1.16	0.00	10.00	0.00	27.83	0.00	8.70	12.47	62.77	621.29
1982	527.74	131.24	52.06	95.81	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	47.51	115.01	67.30	17.02	527.74
1983	461.40	125.31	0.00	96.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	3.04	0.00	191.92	461.40
1984	661.30	174.26	69.20	60.17	3.98	0.00	2.74	2.73	15.49	16.95	96.26	85.69	133.82	661.30
1985	779.67	139.63	133.36	120.81	52.80	18.05	9.35	1.95	3.36	35.31	58.44	87.57	119.03	779.67
1986	738.47	132.22	129.14	141.26	62.58	10.36	0.87	2.84	7.26	16.80	41.85	75.51	117.77	738.47
1987	801.90	161.17	117.78	111.40	53.86	3.14	1.41	12.11	0.54	2.70	26.93	142.88	167.97	801.90
1988	689.65	181.30	119.65	152.05	110.19	5.04	0.00	0.00	0.00	4.29	21.43	23.58	72.12	689.65
1989	867.26	186.12	109.80	171.00	77.63	16.34	10.35	0.00	12.18	51.05	52.47	47.59	132.74	867.26

A.3 Pruebas de comprobación al 95% de confianza.

Para determinar el nivel de confianza de la información corregida se efectúa un nuevo un análisis de saltos en la media y desviación estándar entre el periodo con la información corregida y el periodo confiable, aplicando las pruebas T y F, teniendo como resultado.

Cuadro 25: Comprobación de pruebas de bondad al 95 % de confianza

		Nro. Datos	Media	Desviación est.	Varianza
Primer periodo	1964-1989	26.00	728.36	105.79	11191.11
Segundo periodo	1990-2017	28.00	728.36	105.79	11191.11

Fuente: Elaboración propia

Se observa que ambos periodos analizados (primer periodo y segundo periodo) no presentan ninguna diferencia entre la media, desviación estándar y la variancia; el registro de la estación de Sicuani analizada, es consistente al 95 % de confianza y está libre de saltos, apto para el siguiente paso de análisis por tendencias.

A.3.1 Consistencia en la media y desviación estándar estación Sicuani (T).

Siguiendo el mismo procedimiento visto anteriormente, se observa que, para la comparación de medias, el T_c (prueba *studens* calculado) es mucho menor que T_t (prueba *studens* tabular) indicando que el registro final está correctamente corregido, y por lo tanto cumple con la hipótesis estadística.

Cuadro 26: Prueba de bondad al 95 % método de *Studens* o prueba de "t"

GL	Sd	Sp	Tc	Tt	Significancia
52.00	28.81	105.79	0.00	1.675	NO SIGNIF Ho

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, para la comparación a través de la desviación estándar, el F_c (prueba Fisher calculado) es mucho menor que el F_t (prueba Fisher

teorico), indicando que el registro final está correctamente corregido, y por lo tanto cumple con la hipótesis estadística.

Cuadro 27: Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “f”

GLN	GLD	Fc	Ft	Significancia
25	27	1.00	1.922	NO SIGNIF Ho

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28: Datos corregidos estación Sicuani

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	115.63	122.42	135.75	60.60	38.54	0.00	3.03	3.88	39.03	31.27	103.15	60.60	610.76
1965	49.01	101.76	135.00	58.65	2.38	0.00	2.72	4.20	59.56	74.99	69.20	203.86	761.31
1966	87.68	127.01	101.22	6.45	37.61	0.00	0.00	2.47	41.80	159.89	113.90	130.01	808.02
1967	70.71	130.72	173.88	36.81	9.15	1.56	23.87	32.01	45.06	54.65	52.20	144.44	775.05
1968	114.31	165.67	263.93	53.77	0.00	0.00	15.47	27.27	20.70	60.06	144.39	62.09	927.66
1969	143.79	137.82	152.37	72.71	3.91	3.04	8.68	1.74	19.53	84.87	82.69	87.69	798.84
1970	179.03	144.95	146.82	52.27	5.82	0.00	0.00	0.00	21.20	50.19	48.42	192.64	841.34
1971	234.59	200.55	81.83	82.82	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	88.64	700.56
1972	189.49	94.01	117.48	71.40	7.74	0.00	19.54	36.37	0.00	9.83	43.26	116.01	705.13
1973	154.19	149.26	184.11	90.41	3.40	0.00	2.19	12.93	6.47	29.59	52.16	105.42	790.12
1974	187.62	248.64	101.44	27.95	0.89	7.24	0.00	17.82	27.28	14.48	57.34	85.74	776.44
1975	170.21	112.64	146.25	42.71	22.01	0.76	0.00	9.11	34.80	26.45	67.65	167.17	799.76
1976	200.82	85.22	161.75	34.11	14.14	8.31	6.33	11.91	22.20	11.54	35.97	107.05	699.35
1977	84.90	216.63	104.76	40.82	8.67	0.00	0.96	0.00	13.25	36.97	105.13	106.09	718.18
1978	236.37	78.53	202.01	91.42	0.00	0.00	0.00	0.00	28.09	26.66	80.85	41.75	785.68
1979	118.25	89.39	114.71	56.29	7.79	0.00	1.59	35.05	48.86	1.42	25.31	56.11	554.77
1980	122.26	69.60	36.85	0.00	22.02	26.26	28.09	30.49	2.26	93.04	84.99	116.61	632.49
1981	188.59	160.76	149.02	1.16	0.00	10.00	0.00	27.83	0.00	8.70	12.47	62.77	621.29
1982	131.24	52.06	95.81	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	47.51	115.01	67.30	17.02	527.74
1983	125.31	0.00	96.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.01	3.04	0.00	191.92	461.40
1984	174.26	69.20	60.17	3.98	0.00	2.74	2.73	15.49	16.95	96.26	85.69	133.82	661.30
1985	139.63	133.36	120.81	52.80	18.05	9.35	1.95	3.36	35.31	58.44	87.57	119.03	779.67
1986	132.22	129.14	141.26	62.58	10.36	0.87	2.84	7.26	16.80	41.85	75.51	117.77	738.47
1987	161.17	117.78	111.40	53.86	3.14	1.41	12.11	0.54	2.70	26.93	142.88	167.97	801.90
1988	181.30	119.65	152.05	110.19	5.04	0.00	0.00	0.00	4.29	21.43	23.58	72.12	689.65
1989	186.12	109.80	171.00	77.63	16.34	10.35	0.00	12.18	51.05	52.47	47.59	132.74	867.26

1990		127.10	104.80	71.20	33.80	1.50	25.20	0.00	9.00	11.20	128.80	90.50	130.30	733.40
1991		93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	70.40	520.60
1992		99.20	61.40	115.80	44.25	3.97	13.60	1.09	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60	591.11
1993		163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10	779.90
1994		127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40	763.10
1995		107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00	677.30
1996		121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70	715.80
1997		226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60	905.70
1998		102.30	131.00	97.80	15.50	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	612.40
1999		133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	703.10
2000		110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	660.00
2001		213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	948.40
2002		154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	1037.80
2003		129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50	705.70
2004		162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40	784.30
2005		66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40	641.80
2006		151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00	765.10
2007		115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.70	663.10
2008		137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00	716.50
2009		89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10	659.10
2010		161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	46.60	125.10	668.40
2011		107.60	118.40	156.40	132.70	14.40	2.90	4.40	3.03	51.90	25.30	29.00	131.90	777.93
2012		155.20	184.80	103.00	49.00	0.50	3.20	0.80	0.00	14.20	36.40	38.70	149.80	735.60
2013		167.00	157.70	78.90	23.50	7.20	7.10	0.00	11.20	1.80	38.10	66.20	162.70	721.40
2014		146.90	134.30	55.40	36.70	9.50	0.00	0.20	6.30	24.50	49.20	31.20	156.40	650.60
2015		142.00	95.90	106.90	55.20	8.40	2.70	12.60	7.00	10.10	52.50	74.60	136.50	704.40
2016		131.40	260.00	53.80	82.80	3.20	0.00	0.30	6.90	19.90	79.00	51.84	77.00	766.14
2017		162.30	119.10	126.90	60.80	40.80	0.00	2.20	9.39	22.70	72.90	64.80	103.43	785.32

5.6.3.5.2. Análisis de tendencias.

Para ello se ha revisado el registro por completo de la estación de Sicuani, anteriormente tratado por Saltos, siguiendo los pasos siguientes:

B.1 Evaluación y Cuantificación.

B.1.1 Tendencia en la media.

Para ello puede ser expresada por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m * t$$

Dónde:

- T_m = Tendencia en la media.
- A_m, B_m = Coeficientes de los polinomios de la regresión lineal simple.
- t = Es el tiempo tomado como la variable independiente y su valor se determina por: $t = (p - 1) * w + \tau$

Cuadro 29: Variables para la corrección por tendencias.

Numero de meses de registro	n	648
Media de los datos	.y	60.70
Desviación estándar de los datos	Sy	59.496
Media del tiempo en orden cronológico	t	324.50
Desviación del tiempo en orden cronológico	St	187.206
Promedio del producto de los datos y el tiempo	.y * t	19549.07
Coeficiente de correlación	.r	0.013
Coeficientes adimensionales de los polinomios de regresión lineal simple	Am	62.057
	Bm	0.0042

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de "t"

Grados de libertad Gl	Valor de "t" calculado Tc	Valor de "t" tabular Tt	Significancia
646	0.34	1.645	se acepta la Ho

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se deduce que el registro de la estación Sicuani, no requiere su corrección por tendencias a través de su análisis por comparación de medias, debido a que el T_c es mucha menor que T_t .

B.1.2 Tendencia en la desviación estándar.

Una vez verificada la procedencia o no de la corrección de datos de la estación Sicuani por tendencia en la media; se procedió a revisar los datos del registro de la estación Sicuani, a través de su desviación estándar, tal como se describe a continuación:

Cuadro 31: Variables para la corrección por tendencias

Numero de meses de registro	n	54
Media de los datos	.y	60.54
Desviación estándar de los datos	Sy	1053
Media del tiempo en orden cronológico	.t	27.50
Desviación del tiempo en orden cronológico	St	15.73
Promedio del producto de los datos y el tiempo	.y * t	1640.31
Coefficiente de correlación	.r	0.14829

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32: Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de "t"

Grados de libertad Gf	Valor de "t" calculado T_c	Valor de "t" tabular T_t	Significancia
52	1.081	1.668	se acepta la H_0

Fuente: Elaboración propia

Si bien " T_c " es menor a " T_t ", estrictamente no necesita su corrección por tendencia a través de la desviación estándar, sin embargo, cuando los valores de " T_c " superan 1, se recomienda corregir los datos para mejor grado de precisión de los datos de la estación de Sicuani; por lo tanto, procedemos a su corrección, para lo cual, hemos utilizado la ecuación siguiente:

$$\text{Enero}_{1964} = X_i * T_{sp} / T_{s1}$$

Obteniendo finalmente el nuevo registro de datos de la estación Sicuani corregido por Tendencias.

Cuadro 33: Datos meteorológicos corregidos por tendencias, estación Sicuani.

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	110.82	117.32	130.10	58.08	36.94	0.00	2.90	3.72	37.40	29.97	98.85	58.08
1965	47.04	97.67	129.58	56.30	2.29	0.00	2.61	4.03	57.17	71.98	66.42	195.68
1966	84.29	122.10	97.31	6.20	36.16	0.00	0.00	2.38	40.18	153.71	109.50	124.99
1967	68.09	125.87	167.43	35.44	8.81	1.50	22.98	30.82	43.39	52.62	50.26	139.08
1968	110.25	159.77	254.54	51.86	0.00	0.00	14.92	26.30	19.96	57.92	139.25	59.88
1969	138.90	133.13	147.18	70.24	3.77	2.94	8.39	1.68	18.87	81.98	79.88	84.70
1970	173.21	140.24	142.05	50.57	5.63	0.00	0.00	0.00	20.51	48.56	46.85	186.38
1971	227.33	194.34	79.29	80.25	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.56	85.89
1972	183.91	91.24	114.02	69.30	7.51	0.00	18.96	35.30	0.00	9.54	41.98	112.59
1973	149.89	145.09	178.97	87.89	3.30	0.00	2.13	12.57	6.29	28.76	50.71	102.48
1974	182.68	242.09	98.77	27.21	0.87	7.05	0.00	17.35	26.56	14.09	55.83	83.48
1975	165.99	109.85	142.63	41.66	21.46	0.74	0.00	8.88	33.94	25.80	65.97	163.03
1976	196.16	83.24	158.00	33.32	13.81	8.12	6.18	11.63	21.69	11.27	35.14	104.56
1977	83.06	211.94	102.50	39.94	8.48	0.00	0.94	0.00	12.96	36.17	102.85	103.79
1978	231.63	76.96	197.95	89.59	0.00	0.00	0.00	0.00	27.52	26.12	79.22	40.91
1979	116.06	87.74	112.58	55.25	7.64	0.00	1.56	34.40	47.95	1.39	24.84	55.08
1980	120.19	68.42	36.22	0.00	21.65	25.82	27.62	29.98	2.22	91.46	83.55	114.64
1981	185.70	158.29	146.73	1.14	0.00	9.85	0.00	27.40	0.00	8.56	12.28	61.80
1982	129.44	51.35	94.49	0.00	0.00	0.00	1.76	0.00	46.86	113.43	66.38	16.79
1983	123.79	0.00	94.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.47	3.00	0.00	189.59
1984	172.42	68.47	59.53	3.94	0.00	2.72	2.71	15.33	16.77	95.25	84.79	132.41
1985	138.38	132.17	119.73	52.33	17.89	9.27	1.93	3.33	35.00	57.92	86.79	117.96
1986	131.26	128.19	140.23	62.12	10.29	0.86	2.82	7.21	16.68	41.55	74.96	116.91
1987	160.25	117.11	110.77	53.56	3.12	1.40	12.04	0.54	2.69	26.78	142.06	167.01
1988	180.56	119.16	151.43	109.74	5.02	0.00	0.00	0.00	4.27	21.35	23.48	71.82
1989	185.66	109.53	170.58	77.44	16.30	10.33	0.00	12.15	50.92	52.34	47.48	132.41
1990	127.00	104.71	71.14	33.77	1.50	25.18	0.00	8.99	11.19	128.69	90.43	130.19
1991	93.38	76.36	87.57	59.35	18.11	14.41	0.00	0.00	12.71	44.94	43.74	70.46
1992	99.44	61.55	116.08	44.36	3.98	13.64	1.09	19.55	19.15	62.95	97.04	53.73

1993	163.67	87.46	116.68	57.64	0.00	1.20	2.01	9.84	26.81	66.27	136.96	114.57
1994	128.24	144.63	129.14	75.33	18.91	0.30	0.00	1.21	9.35	50.79	81.47	128.14
1995	108.20	105.98	132.28	64.88	3.12	1.21	2.82	0.00	16.72	36.27	92.99	117.87
1996	122.40	113.02	156.91	43.09	16.45	0.00	0.00	12.11	24.72	54.69	62.16	116.75
1997	229.14	175.67	178.81	50.44	3.54	0.00	5.26	15.36	9.00	45.99	136.96	65.30
1998	103.57	132.63	99.02	15.69	0.00	0.00	0.00	5.67	1.72	93.35	74.52	93.85
1999	135.18	147.45	84.58	86.91	17.85	3.25	0.30	0.00	44.72	24.74	39.04	129.00
2000	112.15	182.85	123.83	15.85	7.31	6.09	4.47	1.73	18.89	77.61	25.60	94.06
2001	216.73	160.87	180.00	56.27	26.35	1.22	14.14	10.68	35.31	49.15	77.53	136.75
2002	157.67	209.14	148.50	128.83	33.53	0.00	26.60	4.79	38.12	77.36	88.98	144.22
2003	131.90	134.56	163.35	60.85	19.09	6.74	0.00	8.17	1.63	38.28	27.77	128.13
2004	166.28	195.32	82.22	48.06	7.77	8.39	4.30	12.27	52.77	29.55	94.49	100.63
2005	67.91	183.15	123.23	45.99	4.61	0.00	2.77	0.00	7.79	49.48	76.83	95.67
2006	155.14	123.95	95.22	101.58	3.39	5.85	0.00	10.57	23.91	46.58	114.20	104.66
2007	119.02	89.32	179.25	46.35	5.45	0.00	9.25	0.00	15.62	62.39	79.14	75.75
2008	141.36	137.44	121.38	22.24	7.21	0.72	0.62	0.62	2.68	86.58	63.42	153.40
2009	92.61	145.00	88.48	38.78	5.88	0.00	6.39	0.00	11.45	33.21	133.03	124.89
2010	166.32	98.96	121.90	50.00	2.69	0.00	0.00	5.89	2.48	64.87	48.14	129.23
2011	111.34	122.52	161.84	137.31	14.90	3.00	4.55	3.13	53.70	26.18	30.01	136.49
2012	160.87	191.55	106.76	50.79	0.52	3.32	0.83	0.00	14.72	37.73	40.11	155.27
2013	173.40	163.74	81.92	24.40	7.48	7.37	0.00	11.63	1.87	39.56	68.74	168.93
2014	152.79	139.68	57.62	38.17	9.88	0.00	0.21	6.55	25.48	51.17	32.45	162.67
2015	147.94	99.91	111.37	57.51	8.75	2.81	13.13	7.29	10.52	54.70	77.72	142.21
2016	137.13	271.34	56.15	86.41	3.34	0.00	0.31	7.20	20.77	82.45	54.10	80.36
2017	169.67	124.51	132.66	63.56	42.65	0.00	2.30	9.82	23.73	76.21	67.74	108.12

Finalmente, en el cuadro siguiente se presenta un nuevo registro de datos de la estación Sicuani, completado y extendido, libre de saltos y tendencias; listo para proceder con los cálculos hidrológicos siguientes de la zona de estudio.

Cuadro 34: Registro completado y extendido estación Sicuani.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion : SICUANI			Latitud : 14° 15' 13" S Longitud : 71° 14' 14" W Altitud : 3,574 msnm							Departamento : CUSCO Provincia : CANCHIS Distrito : SICUANI				
Tipo: CO-884														
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	110.8	117.3	130.0	58.0	36.9	0.0	2.9	3.7	37.4	30.0	0.0	58.0	585.0
2	1965	47.0	97.6	129.5	56.3	2.3	0.0	2.6	4.0	57.1	71.9	66.4	195.6	730.4
3	1966	84.2	122.0	97.3	6.2	36.1	0.0	0.0	2.4	40.2	153.6	109.4	124.9	776.4
4	1967	68.1	125.8	167.3	35.4	8.8	1.5	23.0	30.8	43.4	52.6	50.2	139.0	745.9
5	1968	110.2	159.7	254.4	51.8	0.0	0.0	14.9	26.3	20.0	57.9	139.2	59.9	894.2
6	1969	138.8	133.1	147.1	70.2	3.8	2.9	8.4	1.7	18.9	81.9	79.8	84.7	771.3
7	1970	173.1	140.2	142.0	50.5	5.6	0.0	0.0	0.0	20.5	48.5	46.8	186.3	813.6
8	1971	227.2	194.3	79.3	80.2	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	85.9	678.6
9	1972	183.8	91.2	114.0	69.3	7.5	0.0	19.0	35.3	0.0	9.5	42.0	112.5	684.1
10	1973	149.8	145.0	178.9	87.9	3.3	0.0	2.1	12.6	6.3	28.8	50.7	102.4	767.8
11	1974	182.6	242.0	98.7	27.2	0.9	7.0	0.0	17.3	26.6	14.1	55.8	83.5	755.7
12	1975	165.9	109.8	142.6	41.6	21.5	0.7	0.0	8.9	33.9	25.8	66.0	163.0	779.7
13	1976	196.1	83.2	157.9	33.3	13.8	8.1	6.2	11.6	21.7	11.3	35.1	104.5	682.9
14	1977	83.0	211.9	102.5	39.9	8.5	0.0	0.9	0.0	13.0	36.2	102.8	103.8	702.4
15	1978	231.6	76.9	197.9	89.6	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	26.1	79.2	40.9	769.7
16	1979	116.0	87.7	112.6	55.2	7.6	0.0	1.6	34.4	47.9	1.4	24.8	55.1	544.4
17	1980	120.2	68.4	36.2	0.0	21.6	25.8	27.6	30.0	2.2	91.4	83.5	114.6	621.6
18	1981	185.7	158.3	146.7	1.1	0.0	9.8	0.0	27.4	0.0	8.6	12.3	61.8	611.6
19	1982	129.4	51.3	94.5	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	46.8	113.4	66.4	16.8	520.4
20	1983	123.8	0.0	94.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.5	3.0	0.0	189.6	455.7
21	1984	172.4	68.5	59.5	3.9	0.0	2.7	2.7	15.3	16.8	95.2	84.8	132.4	654.2
22	1985	138.4	132.2	119.7	52.3	17.9	9.3	1.9	3.3	35.0	57.9	86.8	117.9	772.6
23	1986	131.2	128.2	140.2	62.1	10.3	0.9	2.8	7.2	16.7	41.5	75.0	116.9	733.0
24	1987	160.2	117.1	110.8	53.6	3.1	1.4	12.0	0.5	2.7	26.8	142.1	167.0	797.3
25	1988	180.6	119.2	151.4	109.7	5.0	0.0	0.0	0.0	4.3	21.3	23.5	71.8	686.8
26	1989	185.7	109.5	170.6	77.4	16.3	10.3	0.0	12.1	50.9	52.3	47.5	132.4	865.1
27	1990	127.0	104.7	71.1	33.8	1.5	25.2	0.0	9.0	11.2	128.7	90.4	130.2	732.8
28	1991	93.4	76.4	87.6	59.3	18.1	14.4	0.0	0.0	12.7	44.9	43.7	70.5	521.0
29	1992	99.4	61.6	116.1	44.4	4.0	13.6	1.1	19.5	19.1	63.0	97.0	53.7	592.6
30	1993	163.7	87.5	116.7	57.6	0.0	1.2	2.0	9.8	26.8	66.3	137.0	114.6	783.2
31	1994	128.2	144.6	129.2	75.3	18.9	0.3	0.0	1.2	9.4	50.8	81.5	128.1	767.6
32	1995	108.2	106.0	132.3	64.9	3.1	1.2	2.8	0.0	16.7	36.3	93.0	117.9	682.4
33	1996	122.4	113.0	156.9	43.1	16.5	0.0	0.0	12.1	24.7	54.7	62.2	116.8	722.4
34	1997	229.2	175.7	178.8	50.4	3.5	0.0	5.3	15.4	9.0	46.0	137.0	65.3	915.6
35	1998	103.6	132.7	99.0	15.7	0.0	0.0	0.0	5.7	1.7	93.4	74.5	93.9	620.1
36	1999	135.2	147.5	84.6	86.9	17.9	3.2	0.3	0.0	44.7	24.7	39.1	129.0	713.2
37	2000	112.2	182.9	123.9	15.9	7.3	6.1	4.5	1.7	18.9	77.6	25.6	94.1	670.6
38	2001	216.8	160.9	180.0	56.3	26.4	1.2	14.1	10.7	35.3	49.2	77.6	136.8	965.2
39	2002	157.7	209.2	148.5	128.9	33.5	0.0	26.6	4.8	38.1	77.4	89.0	144.3	1,058.0
40	2003	131.9	134.6	163.4	60.9	19.1	6.7	0.0	8.2	1.6	38.3	27.8	128.2	720.7
41	2004	166.3	195.4	82.2	48.1	7.8	8.4	4.3	12.3	52.8	29.6	94.5	100.7	802.3
42	2005	67.9	183.2	123.3	46.0	4.6	0.0	2.8	0.0	7.8	49.5	76.9	95.7	657.6
43	2006	155.2	124.0	95.3	101.6	3.4	5.9	0.0	10.6	23.9	46.6	114.2	104.7	785.3
44	2007	119.1	89.3	179.3	46.4	5.4	0.0	9.3	0.0	15.6	62.4	79.2	75.8	681.8
45	2008	141.4	137.5	121.4	22.2	7.2	0.7	0.6	0.6	2.7	86.6	63.4	153.5	738.0
46	2009	92.6	145.1	88.5	38.8	5.9	0.0	6.4	0.0	11.5	33.2	133.1	124.9	680.0
47	2010	166.4	99.0	122.0	50.0	2.7	0.0	0.0	5.9	2.5	64.9	48.2	129.3	690.8
48	2011	111.4	122.6	161.9	137.4	14.9	3.0	4.6	3.1	53.7	26.2	30.0	136.6	805.4
49	2012	160.9	191.6	106.8	50.8	0.5	3.3	0.8	0.0	14.7	37.7	40.1	155.3	762.9
50	2013	173.5	163.8	82.0	24.4	7.5	7.4	0.0	11.6	1.9	39.6	68.8	169.0	749.4
51	2014	152.9	139.8	57.7	38.2	9.9	0.0	0.2	6.6	25.5	51.2	32.5	162.8	677.0
52	2015	148.0	100.0	111.4	57.5	8.8	2.8	13.1	7.3	10.5	54.7	77.8	142.3	734.3
53	2016	137.2	271.5	56.2	86.5	3.3	0.0	0.3	7.2	20.8	82.5	54.1	80.4	800.0
54	2017	169.8	124.6	132.7	63.6	42.7	0.0	2.3	9.8	23.7	76.3	67.8	108.2	821.5
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		142.4	129.9	123.8	52.2	9.9	3.4	4.3	8.5	21.7	51.0	67.2	112.7	726.9
Desv. Estandar		41.30	48.84	40.48	30.47	10.37	5.78	6.86	9.58	16.39	31.63	35.51	38.97	114.88
Coef. Variacion		0.29	0.38	0.33	0.58	1.05	1.68	1.60	1.13	0.76	0.62	0.53	0.35	0.16
Prec. Max.		231.6	271.5	254.4	137.4	42.7	25.8	27.6	35.3	57.1	153.6	142.1	195.6	271.5
Prec. Min.		47.0	0.0	36.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	0.0

Del mismo modo todo el procedimiento anteriormente fundamentado, correspondiente al tratamiento de un registro meteorológico, se ha procedido con los demás registros de manera individual, cuyos registros se puede observar en el anexos 2. Para las otras estaciones

5.5.4 Regionalización

5.5.4.1 Regionalización de la precipitación

A falta de información meteorológica en las microcuencas Capillani y Ccancahua, así como de las zonas de intervención, se procedido a regionalizar la información meteorológica de precipitación, utilizando para ello la técnica determinística (regresión lineal, exponencial, logarítmico, polinómica etc.), entre dos variables: Precipitación - Altitud; el cual nos permitirá predecir los valores de $P=f(A)$ con un cierto grado de aproximación. Este modelo de regionalización, nos conlleva a generar precipitaciones a diversos puntos requeridos con una determinada altitud.

Para ello en primer lugar, planteamos la información básica (altitud y precipitación anual) de las estaciones meteorológicas en estudio, tal como se aprecia en el siguiente cuadro

Cuadro 35: Precipitación anual y media anual corregida

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA M	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA mm
KAYRA	3219	673.2	622.35
SICUANI	3574	726.9	692.29
YAURI	3927	818.1	769.63
POMACANCHI	3686	799.1	715.95
LA RAYA	4120	905.7	815.50
SUMA	18,526	3,923.1	3,615.72
n	5	5	5
PROMEDIO	3,705.20	784.6	723.14

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, realizamos el análisis de regresión, para observar la estación que mejor se ajusta a la zona de estudio a través de su altitud media,

Cuadro 36: Selección de ecuación de regresión por precipitación que se ajusta a la zona de estudio.

Variables	1	2	3	4	5
	LINEAL	EXPONENCIAL	LOGARÍTMICO	POLINÓMICA	POTENCIAL
	$y = a x - b$	$y = a e^{bx}$	$y = a \ln(x) - b$	$y = a x^2 - b x + c$	$y = a x^b$
A	0.2506	236.94	909.72	1.000000E-04	0.0523
B	-144.01	0.0003	-6687.8	-0.4602	1.1701
C				1150.6	
Parámetros de Regresión					
R	0.97	0.97	0.96	0.98	0.97
R²	0.9407	0.9494	0.9308	0.9527	0.9429

Fuente: Elaboración propia

ECUACIÓN SELECCIONADA:	$y = a e^{bx}$	2
------------------------	----------------	---

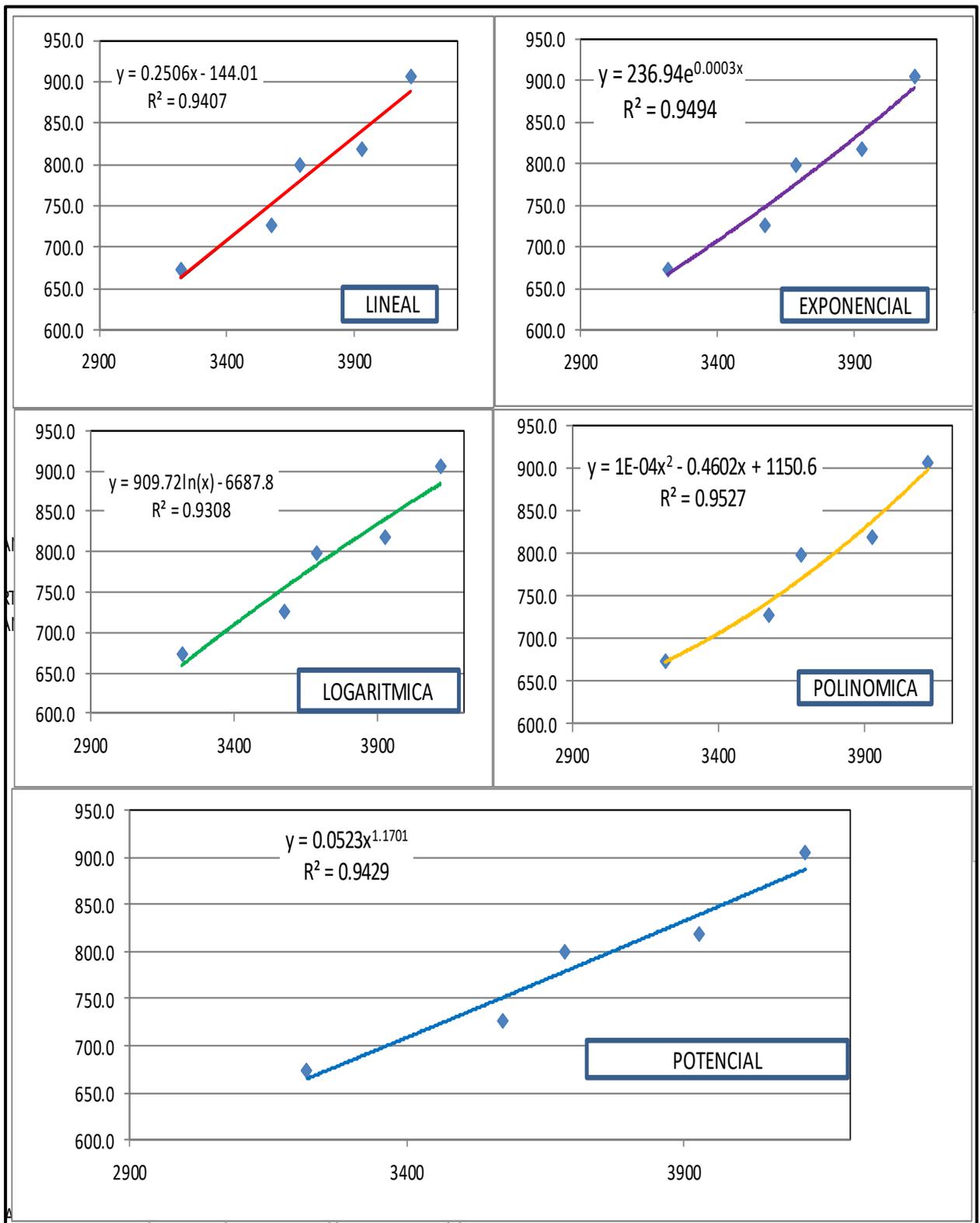
Evaluado los resultados de la tabla anterior, al regionalizar a la zona de intervención Chaquecocha y Capillani, la ecuación 2 de tipo exponencial, es la que mejor aproximación genera en resultado de precipitación anual, tal como se observa en el siguiente cuadro

Cuadro 37: Regionalización de la precipitación anual para la laguna Chaquecocha

PRECIP. MEDIA ANUAL		
	ALTURA (m)	PRECIPITACIÓN (mm)
MC CCANCAHUA	4481	908.78
MC CAPILLANI	4091	808.54

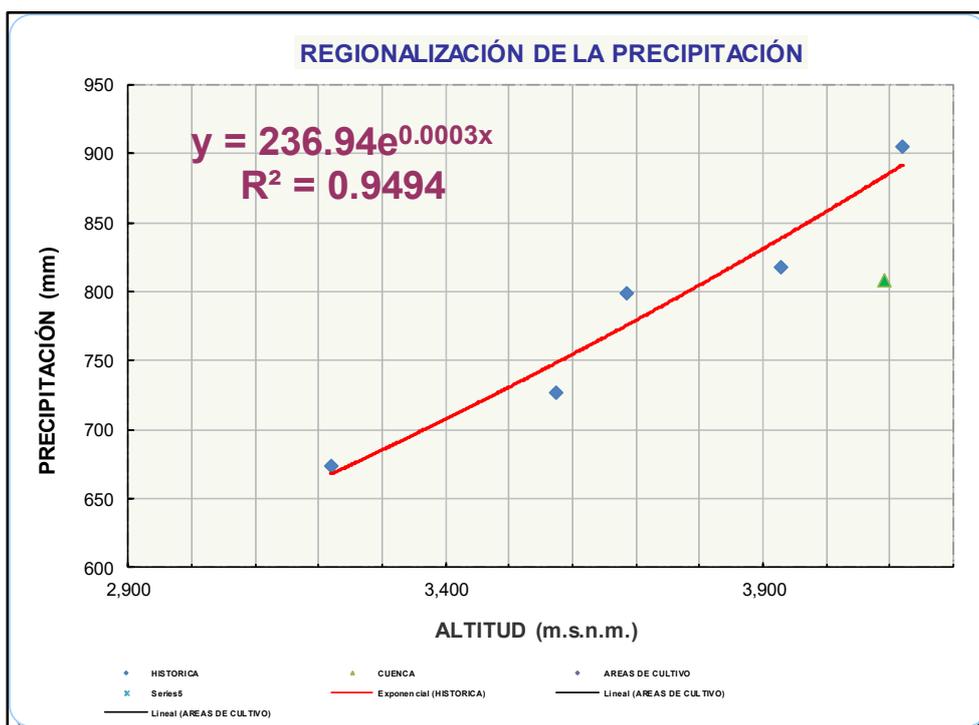
Fuente: Elaboración propia

Figuras 15: Líneas de tendencia regional precipitación anual



Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Comportamiento regional de la precipitación anual por regresión exponencial.



Fuente: Elaboración propia

Para la regionalización de la precipitación, se ha considerado:

- La ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas y el centroide de las zonas de intervención.
- La distancia entre las estaciones meteorológicas versus el centroide de las zonas de intervención.
- La altitud de las estaciones meteorológicas y las zonas de intervención.
- La precipitación anual de las estaciones meteorológicas y la precipitación en la altitud media de las zonas de intervención.

Este proceso, para la generación de los coeficientes de influencia por distancia y altitud final de interacción entre las estaciones meteorológicas y las zonas de intervención se detallan los siguientes cuadros:

Cuadro 38: Ecuacion de regresion lineal multiple para determinar los factores de influencia total del area de intervencion Capillani

ESTACION	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACION HISTORICA (mm/año)	PRECIPITACION CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA- ESTACION d (m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES h _(m)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION		FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE PRECIPITACION POR ALTITUD	FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ					FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL F _t = F _p *F _{dh}
								N° Ecuacion	2		Proporcion Inversa Distancia		Proporcion Inversa diferencia de alturas		FACTOR INFLUENCIA POR DIST. Y ALTITUD F _{dh} = (F _d + F _h)/2	
		X	Y	P _{hist.}	P _{correg.}	Forma Ecuacion	Y = a e ^{-b(x)}	F _p = $\frac{P_{correg.} \cdot Cuenca.}{P_{correg.} \cdot Estac.}$	f ₁ = $\sum (d_i)/d_i$	F _d = (f ₁ / $\sum f_1$)	f ₂ = $\sum (h_i)/h_i$	F _h = (f ₂ / $\sum f_2$)				
KAYRA	3.219.00	188.781.00	8.499.423.00	673.25	622.35	102.902.63	872.40	Constantes necesarias para extrapolar la precipitacion: a = 1.345.2 b = 0.00005 c =	F _p = $\frac{P_{correg.} \cdot Cuenca.}{P_{correg.} \cdot Estac.}$	1.201	1.93	0.0577	2.2462	0.0246	0.0411	0.049
SICUANI	3.574.00	221.803.10	8.447.636.34	726.89	692.29	41.706.27	517.40			1.112	4.76	0.1423	3.7874	0.0415	0.0919	0.102
YAURI	3.927.00	258.603.96	8.423.045.98	818.10	769.63	12.264.22	164.40			0.988	16.18	0.4840	11.9197	0.1305	0.3073	0.304
POMACANCHI	3.686.00	222.103.32	8.447.639.62	799.11	715.95	41.515.64	405.40			1.012	4.78	0.1430	4.8337	0.0529	0.0980	0.099
LA RAYA	4.120.00	279022.5	8399654.99	905.72	815.50	34.323.87	28.60			0.893	5.78	0.1730	68.5175	0.7504	0.4617	0.412
					Σ	198.388.77	1.959.60				33.42	1.00	91.30	1.0000	1.0000	0.967

Fuente:elaboracion propia

Cuadro 39: Ecuacion de regresion lineal multiple para determinar los factores de influencia total del area de intervencion Chaquecocha

ESTACION	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACION HISTORICA (mm/año)	PRECIPITACION CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA- ESTACION d (m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES h _(m)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION		FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE PRECIPITACION POR ALTITUD	FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ					FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL F _t = F _p *F _{dh}
								N° Ecuacion	2		Proporcion Inversa Distancia		Proporcion Inversa diferencia de alturas		FACTOR INFLUENCIA POR DIST. Y ALTITUD F _{dh} = (F _d + F _h)/2	
		X	Y	P _{hist.}	P _{correg.}	Forma Ecuacion	Y = a e ^{-b(x)}	F _p = $\frac{P_{correg.} \cdot Cuenca.}{P_{correg.} \cdot Estac.}$	f ₁ = $\sum (d_i)/d_i$	F _d = (f ₁ / $\sum f_1$)	f ₂ = $\sum (h_i)/h_i$	F _h = (f ₂ / $\sum f_2$)				
KAYRA	3.219.00	188.781.00	8.499.423.00	673.25	622.35	93.817.57	1.262.00	Constantes necesarias para extrapolar la precipitacion: a = 1.345.2 b = 0.00005 c =	F _p = $\frac{P_{correg.} \cdot Cuenca.}{P_{correg.} \cdot Estac.}$	1.350	1.88	0.0577	2.7876	0.1025	0.0801	0.108
SICUANI	3.574.00	221.803.10	8.447.636.34	726.89	692.29	36.317.81	907.00			1.250	4.87	0.1490	3.8787	0.1427	0.1458	0.182
YAURI	3.927.00	258.603.96	8.423.045.98	818.10	769.63	10.579.60	554.00			1.111	16.71	0.5115	6.3502	0.2336	0.3725	0.414
POMACANCHI	3.686.00	222.103.32	8.447.639.62	799.11	715.95	36.044.55	795.00			1.137	4.90	0.1501	4.4252	0.1628	0.1564	0.178
LA RAYA	4.120.00	279022.5	8399654.99	905.72	815.50	41.078.10	361.00			1.003	4.30	0.1317	9.7452	0.3585	0.2451	0.246
					Σ	176.759.53	3.518.00				32.67	1.00	27.19	1.0000	1.0000	1.128

Fuente:elaboracion propia

Con los datos de la ecuación de la línea recta obtenido en los cuadros (38,39) y aplicando la ecuación de regresión múltiple, se ha obtenido, los resultados de precipitación media mensual para las zonas de intervención Capillani y Chaquecocha como se detalla en los cuadros (40,41)

$$PP_{MENSUAL} = a_1 * E_1 * a_2 * E_2 * a_3 * E_3 * a_4 * E_4 * a_5 * E_5$$

donde :

a₁,a₂,a₃,a₄,a₅ =Factor de influencia total

E₁,E₂,E₃,E₄,E₅ = Estaciones meteorológicas

Ejemplo

Capillani.

$$PP_{\text{MENSUAL.}} = 0.049 \cdot E_1 \times 0.102 \cdot E_2 \times 0.304 \cdot E_3 \times 0.099 \cdot E_4 \times 0.412 \cdot E_5$$

Chaquecocha.

$$PP_{\text{MENSUAL.}} = 0.108 \cdot E_1 \times 0.182 \cdot E_2 \times 0.414 \cdot E_3 \times 0.178 \cdot E_4 \times 1.128 \cdot E_5$$

Como resultado se tiene la información de registros regionalizados para las zonas de intervención Chaquecocha y Capillani que corresponde a las microcuencas de Ccancahua y Capillani.

Cuadro 40: Registro de precipitación regionalizada de la microcuenca Ccancahua

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL - MC. CCANCAHUA (mm)														
MC CCANCAHUA			Latitud : 14° 09' 48.43" S			Departamento : CUSCO			Longitud : 71° 16' 9.76" W			Provincia : CANCHIS		
			Altitud : 4,481 msnm			Distrito : SAN PABLO								
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,964	188.9	168.5	160.0	62.5	15.4	0.3	0.5	1.2	16.1	36.0	43.8	112.5	805.8
2	1,965	127.5	140.8	157.0	65.6	8.7	0.3	1.0	1.6	35.3	56.7	67.4	202.4	864.2
3	1,966	132.7	200.1	120.7	29.5	30.2	0.3	0.0	1.5	29.3	116.6	87.3	135.0	883.3
4	1,967	114.0	142.3	195.2	49.4	13.4	0.9	15.3	28.9	39.7	88.6	63.9	140.5	892.3
5	1,968	210.5	145.2	161.6	42.7	8.4	4.6	27.3	17.7	19.3	84.9	130.5	103.1	955.9
6	1,969	210.1	163.8	135.1	60.1	8.0	2.4	8.1	4.9	17.4	36.3	79.5	123.5	849.3
7	1,970	213.3	161.0	130.4	75.2	8.0	0.8	2.1	4.3	55.9	41.5	58.4	174.2	925.2
8	1,971	201.9	242.7	135.8	64.4	8.1	1.4	0.0	3.8	6.2	36.8	45.5	134.4	881.1
9	1,972	209.9	158.9	145.5	53.0	8.9	0.3	13.9	32.3	19.9	34.9	75.6	149.5	902.7
10	1,973	272.2	228.8	189.9	117.9	15.9	0.0	6.7	9.5	42.0	50.7	79.5	111.3	1124.4
11	1,974	212.2	237.3	166.2	59.9	5.2	12.8	0.3	66.9	21.4	36.4	57.7	100.8	977.0
12	1,975	168.7	190.3	146.5	92.6	28.8	3.6	0.0	2.6	30.7	38.3	66.8	151.6	920.5
13	1,976	205.5	158.9	161.8	40.6	15.8	20.3	3.6	20.8	55.7	17.8	44.8	99.6	845.2
14	1,977	108.4	220.5	113.3	28.9	9.4	0.0	6.5	0.5	25.9	63.3	118.7	102.9	798.4
15	1,978	284.7	136.9	120.1	62.8	8.8	0.0	1.2	3.3	21.5	21.0	86.6	151.8	898.8
16	1,979	179.6	164.3	152.2	74.1	38.3	0.8	1.0	14.7	23.6	39.2	72.9	132.8	893.4
17	1,980	172.4	159.7	152.9	43.7	15.7	5.5	8.6	6.3	17.0	83.1	88.0	111.2	864.0
18	1,981	187.9	140.5	226.5	49.7	3.1	5.0	0.3	15.3	30.1	68.7	89.8	135.2	952.1
19	1,982	183.4	157.6	169.6	60.6	1.6	7.6	2.6	9.0	24.2	61.0	111.0	106.1	894.4
20	1,983	172.8	144.6	117.8	56.5	5.2	6.8	0.5	1.1	20.0	35.6	41.4	141.6	743.9
21	1,984	238.1	169.8	129.3	74.9	7.2	8.8	2.4	19.5	14.5	99.4	108.3	135.3	1007.4
22	1,985	167.5	169.3	138.9	68.8	31.0	11.0	1.5	3.8	39.1	56.5	108.1	137.8	933.4
23	1,986	164.8	168.8	164.1	72.5	12.4	1.3	1.9	5.5	23.0	33.4	58.4	145.2	851.2
24	1,987	249.0	99.6	84.2	41.4	6.3	6.6	19.4	0.1	13.8	42.1	113.6	153.6	829.7
25	1,988	248.8	162.0	187.5	99.3	11.2	1.1	2.8	0.0	12.5	29.3	43.2	110.2	907.8
26	1,989	198.9	166.3	162.9	57.9	14.5	10.1	0.3	10.2	26.7	54.9	73.7	131.2	907.6
27	1,990	190.2	160.4	127.2	61.4	12.6	30.7	0.3	9.2	19.3	82.3	92.2	124.9	910.6
28	1,991	165.4	175.7	151.1	54.3	19.9	24.7	0.7	0.5	38.7	54.2	82.4	123.0	890.6
29	1,992	170.0	145.7	150.2	50.9	7.8	14.9	0.2	38.4	9.5	71.8	105.1	70.2	834.5
30	1,993	248.1	132.4	146.2	80.4	7.9	0.9	2.6	13.3	18.3	83.8	150.8	173.8	1058.6
31	1,994	203.6	203.3	201.7	65.1	18.8	0.4	0.0	0.4	24.7	41.9	83.9	127.6	971.3
32	1,995	169.4	144.8	190.2	68.2	9.5	0.6	1.7	1.6	24.8	39.7	86.3	142.4	879.0
33	1,996	183.2	163.2	144.3	75.8	20.3	0.3	0.0	18.5	23.6	64.0	74.2	136.8	904.3
34	1,997	229.4	206.4	173.5	58.7	11.0	0.3	1.8	19.3	25.0	45.8	143.4	123.4	1038.2
35	1,998	190.9	166.9	117.3	29.3	5.7	1.9	0.0	2.7	4.8	68.7	79.2	89.5	757.0
36	1,999	166.7	195.0	152.6	104.0	12.1	1.8	0.7	0.3	45.2	39.7	59.1	149.2	926.3
37	2,000	177.5	201.4	173.0	40.4	10.3	7.9	2.7	10.0	15.5	81.9	47.0	147.8	915.5
38	2,001	262.3	209.9	234.7	77.3	28.1	1.4	13.3	11.8	19.0	49.5	73.7	119.9	1101.0
39	2,002	154.3	259.4	176.9	78.8	26.8	1.3	25.1	4.4	38.9	77.7	98.1	148.9	1090.6
40	2,003	187.3	202.6	205.0	58.0	14.4	5.0	0.0	18.1	21.6	35.1	67.1	138.5	952.8
41	2,004	226.5	185.3	112.4	53.3	11.1	9.7	12.3	17.0	39.6	34.5	81.4	124.8	908.0
42	2,005	135.9	184.0	163.3	53.5	7.7	1.4	0.9	3.9	8.3	60.3	78.8	143.8	841.7
43	2,006	248.5	165.7	176.5	78.2	6.9	6.7	0.0	12.9	17.7	73.5	94.6	140.2	1021.3
44	2,007	163.9	142.6	173.4	71.3	11.6	0.3	5.2	0.0	13.6	53.2	80.0	116.9	832.1
45	2,008	191.8	144.0	122.8	24.6	12.5	4.2	0.1	1.7	9.7	66.7	70.4	137.2	785.9
46	2,009	138.7	164.0	125.6	49.3	11.2	0.3	5.1	0.1	11.4	30.7	178.1	134.3	848.7
47	2,010	230.5	162.4	155.8	47.2	12.4	0.3	0.5	4.8	7.0	54.9	57.0	174.9	907.7
48	2,011	148.6	214.0	177.1	88.9	14.7	2.5	4.0	1.0	47.0	34.6	74.4	154.7	961.5
49	2,012	181.0	243.9	160.2	71.8	11.7	2.8	0.4	0.4	21.4	34.4	99.3	163.6	990.9
50	2,013	198.3	181.1	116.0	30.5	13.7	9.8	2.1	20.9	11.1	69.2	86.3	178.7	917.8
51	2,014	175.3	146.6	107.9	40.9	14.2	0.3	4.0	5.6	35.9	86.3	47.4	180.8	845.2
52	2,015	199.6	142.3	144.3	101.5	17.7	2.1	8.2	11.7	18.9	35.2	71.3	151.1	903.8
53	2,016	150.5	223.3	96.5	93.3	8.5	0.4	6.5	3.3	13.3	74.2	50.2	104.1	824.1
54	2,017	180.5	175.1	181.3	68.2	29.1	2.1	2.2	7.8	20.6	63.9	81.5	133.9	946.1
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		190.6	174.8	153.4	62.6	13.5	4.6	4.2	9.7	23.8	55.0	81.6	135.0	908.78
Desv. Estandar		38.84	32.97	31.14	20.38	7.76	6.36	6.21	11.89	12.17	21.51	27.98	24.84	81.10
Coef. Variacion		0.20	0.19	0.20	0.33	0.58	1.38	1.47	1.22	0.51	0.39	0.34	0.18	0.09
Prec. Max.		284.7	259.4	234.7	117.9	38.3	30.7	27.3	66.9	55.9	116.6	178.1	202.4	284.7
Prec. Min.		108.4	99.6	84.2	24.6	1.6	0.0	0.0	0.0	4.8	17.8	41.4	70.2	0.0
.75% persisten		164.37	152.56	132.35	48.83	8.24	0.30	0.04	1.70	15.58	40.49	62.74	118.20	745.41

Cuadro 41: Registro de precipitación regionalizada de la microcuenca Capillani

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL - MC. CAPILLANI (mm)																	
MC. CAPILLANI				Latitud :	14° 19' 6.72"	S	Departamento :	CUSCO	Longitud :	71° 19' 46.26"	W	Provincia :	CANCHIS	Altitud :	4,091 msnm	Distrito :	SICUANI
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL			
1	1,964	166.9	146.5	149.7	54.6	14.9	0.6	0.3	0.7	12.9	31.5	47.0	98.5	723.9			
2	1,965	123.0	126.3	147.8	55.5	11.0	0.5	0.7	0.9	28.4	49.7	63.2	160.7	767.8			
3	1,966	125.9	169.6	119.2	31.9	25.7	0.5	0.0	0.8	24.8	91.5	77.3	112.8	779.9			
4	1,967	112.0	126.2	176.9	45.4	14.3	0.9	11.8	27.6	32.3	76.2	61.4	116.5	801.5			
5	1,968	181.8	127.4	144.2	39.7	10.8	4.1	23.3	14.6	16.9	76.3	108.4	90.9	838.4			
6	1,969	181.5	142.5	129.5	52.6	10.6	2.2	6.6	3.9	16.1	28.6	72.4	105.9	752.3			
7	1,970	182.2	139.7	129.9	62.8	10.5	1.0	2.0	3.2	45.6	36.8	57.4	140.6	811.6			
8	1,971	172.5	198.7	131.4	54.9	10.5	1.4	0.0	4.0	7.1	37.1	49.6	114.3	781.4			
9	1,972	180.1	140.2	134.9	47.1	11.1	0.6	10.4	34.2	17.8	25.2	70.6	124.4	796.6			
10	1,973	241.9	188.4	162.9	95.0	15.1	0.0	5.6	7.0	39.8	48.5	68.2	90.9	963.4			
11	1,974	182.6	202.6	148.5	55.9	5.3	10.3	0.3	54.5	16.0	31.6	55.6	93.4	856.6			
12	1,975	135.3	161.3	136.2	76.1	22.6	2.6	0.0	1.8	27.0	36.6	58.4	130.3	788.1			
13	1,976	179.4	134.7	149.8	33.4	13.5	14.4	4.7	18.3	47.6	12.4	36.1	81.4	725.7			
14	1,977	93.9	194.9	103.6	22.3	9.6	0.0	5.6	0.3	24.1	49.7	127.7	92.3	724.0			
15	1,978	272.2	149.8	103.9	55.3	10.0	0.0	0.6	5.0	24.2	18.1	69.1	143.4	851.4			
16	1,979	165.9	137.9	140.6	70.3	56.7	0.6	0.6	9.2	17.3	39.0	62.9	128.5	829.4			
17	1,980	151.0	134.8	149.0	39.6	17.6	3.2	5.1	3.5	15.0	81.5	85.3	79.4	765.1			
18	1,981	132.1	99.5	255.8	37.7	2.3	3.1	0.2	9.9	23.0	62.3	82.6	117.8	826.2			
19	1,982	148.3	139.8	164.5	55.0	1.0	5.9	1.6	10.1	17.6	47.7	106.0	88.5	786.2			
20	1,983	142.7	133.0	101.4	58.0	4.6	6.4	0.3	1.0	14.5	30.1	29.5	110.0	631.6			
21	1,984	225.3	149.7	125.5	68.9	10.3	12.1	2.5	17.6	11.8	94.2	116.6	112.8	947.2			
22	1,985	155.1	148.5	137.1	58.3	24.8	7.9	1.5	4.6	30.0	50.3	91.6	115.8	825.7			
23	1,986	150.2	147.5	157.1	61.9	13.8	1.2	1.6	4.4	18.3	26.0	59.4	119.5	761.1			
24	1,987	210.5	96.6	92.1	40.1	9.7	5.2	14.8	0.1	13.5	34.1	97.4	126.4	740.5			
25	1,988	209.5	142.4	176.8	78.8	13.0	1.1	2.1	0.0	12.0	28.5	49.1	100.1	813.4			
26	1,989	172.8	147.1	154.5	52.0	15.0	8.2	0.2	8.5	22.6	47.4	69.8	110.8	809.1			
27	1,990	168.4	141.8	124.0	54.5	14.1	24.8	0.2	7.7	17.2	70.7	82.9	106.0	812.3			
28	1,991	151.1	154.5	145.8	48.5	19.0	18.4	0.8	0.3	32.0	47.4	77.1	106.9	801.6			
29	1,992	154.6	134.3	144.9	47.0	10.5	12.5	0.1	36.7	9.7	59.1	93.8	69.9	773.2			
30	1,993	208.9	122.8	138.6	68.7	10.9	0.9	2.2	11.2	16.6	67.0	126.1	143.0	917.0			
31	1,994	178.4	172.9	189.2	56.2	18.5	0.6	0.0	0.2	22.4	35.9	75.3	109.5	859.0			
32	1,995	154.4	131.8	171.9	59.4	11.6	0.7	1.1	1.1	22.2	33.5	76.9	119.0	783.5			
33	1,996	162.1	145.7	135.2	65.0	19.3	0.6	0.0	14.1	20.3	55.0	69.4	115.6	802.3			
34	1,997	194.1	172.6	157.4	53.2	12.8	0.6	1.0	15.5	21.8	39.5	123.2	110.2	901.8			
35	1,998	170.2	147.3	111.3	32.9	9.4	1.9	0.0	1.8	6.6	56.4	72.1	81.8	691.6			
36	1,999	150.2	166.5	147.0	83.1	13.2	2.0	0.6	0.2	38.3	31.3	59.9	125.8	818.1			
37	2,000	161.7	169.2	162.9	40.8	12.3	6.2	2.2	7.6	13.9	65.9	51.0	124.2	818.1			
38	2,001	218.3	178.0	207.2	66.2	24.8	1.2	11.9	11.8	17.2	41.1	71.3	101.7	950.7			
39	2,002	142.9	210.9	163.2	64.5	23.9	1.6	21.8	3.1	29.5	70.7	88.1	125.4	945.5			
40	2,003	166.9	172.6	187.1	51.2	14.7	4.3	0.0	22.6	18.5	30.4	65.3	118.3	851.8			
41	2,004	192.6	158.0	115.3	48.9	12.5	9.3	11.8	14.9	30.5	28.5	75.1	107.2	804.4			
42	2,005	133.3	158.2	155.1	48.8	10.7	1.4	0.8	3.3	8.9	49.2	72.4	122.8	764.9			
43	2,006	212.1	144.8	170.5	62.9	10.1	5.3	0.0	13.0	15.6	66.8	83.7	119.9	904.7			
44	2,007	150.1	129.3	157.7	60.9	13.3	0.6	4.1	0.0	12.2	46.6	74.2	103.9	752.9			
45	2,008	169.7	130.1	120.1	29.1	14.0	3.5	0.1	1.7	10.7	55.7	69.0	116.2	720.0			
46	2,009	133.1	145.6	126.2	46.4	13.1	0.6	3.8	0.0	12.0	22.6	140.2	114.7	758.2			
47	2,010	195.6	147.1	152.0	44.2	14.2	0.6	0.6	3.9	8.5	52.6	58.4	144.7	822.5			
48	2,011	140.3	182.7	166.3	71.5	15.3	2.3	3.3	0.6	38.0	31.7	72.7	127.7	852.4			
49	2,012	160.6	200.3	146.6	61.9	13.8	2.1	0.2	0.2	19.0	27.1	93.0	135.6	860.5			
50	2,013	174.3	156.5	119.0	33.1	15.5	7.9	1.9	19.5	12.1	72.2	79.8	144.9	836.8			
51	2,014	158.8	132.6	109.2	40.3	15.4	0.6	3.4	5.4	28.3	70.0	51.3	148.2	763.3			
52	2,015	175.8	131.3	136.2	83.1	18.2	2.3	7.2	9.0	17.8	27.4	66.5	126.4	801.2			
53	2,016	140.5	181.2	103.6	76.4	11.3	0.6	5.4	2.1	12.1	68.3	52.6	95.2	749.2			
54	2,017	161.9	153.5	169.8	59.4	24.8	2.5	1.5	8.1	18.3	54.4	76.1	114.9	845.2			
N° Datos	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54			
Media	168.1	151.8	145.5	54.8	14.5	3.9	3.5	8.5	20.5	47.6	75.4	114.6	808.54				
Desv. Estandar	32.31	24.47	28.77	14.94	7.86	5.01	5.21	10.66	9.52	19.20	22.83	18.92	66.58				
Coef. Variacion	0.19	0.16	0.20	0.27	0.54	1.29	1.49	1.25	0.46	0.40	0.30	0.17	0.08				
Prec. Max.	272.2	210.9	255.8	95.0	56.7	24.8	23.3	54.5	47.6	94.2	140.2	160.7	272.2				
Prec. Min.	93.9	96.6	92.1	22.3	1.0	0.0	0.0	0.0	6.6	12.4	29.5	69.9	0.0				
75% persistent	146.25	135.29	126.08	44.74	9.16	0.50	0.00	1.34	14.06	34.60	59.96	101.78	673.76				

Así mismo en los siguientes cuadros se tienen en resumen la regionalización anual y mensual de la precipitación en función a la altitud, para la elaboración del mapa de isoyetas correspondiente a cada zona de intervención

Cuadro 42: Regionalización de la precipitación anual según la altitud de Ccancahua

ALTITUD	ISOHIETAS
4430	894.98
4440	897.67
4450	900.37
4460	903.08
4470	905.79
4480	908.51
4481	908.78
4490	911.24
4500	913.98
4510	916.72
4520	919.48
4530	922.24
4540	925.01
4550	927.79
4560	930.58
4570	933.37
4580	936.18
4590	938.99

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 43: Resumen de precipitación mensual y efectiva al 75 % de persistencia zona de intervención Chaquecocha.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación Media	190.6	174.8	153.4	62.6	13.5	4.6	4.2	9.7	23.8	55.0	81.6	135.0	908.78
Desv. Estándar	38.84	32.97	31.14	20.38	7.76	6.36	6.21	11.89	12.17	21.51	27.98	24.84	81.10
Coef. Variación	0.20	0.19	0.20	0.33	0.58	1.38	1.47	1.22	0.51	0.39	0.34	0.18	0.09
Prec. Max.	284.7	259.4	234.7	117.9	38.3	30.7	27.3	66.9	55.9	116.6	178.1	202.4	284.7
Prec. Min.	108.4	99.6	84.2	24.6	1.6	0.0	0.0	0.0	4.8	17.8	41.4	70.2	0.0
PE. 75% persistencia	164.37	152.56	132.35	48.83	8.24	0.30	0.04	1.70	15.58	40.49	62.74	118.20	745.41

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se ha regionalizado para cada altitud de la zona de intervención Capillani en la microcuenca Capillani, tal como se observa en siguiente cuadro:

Cuadro 44: Regionalización de la precipitación anual según la altitud de Capillani

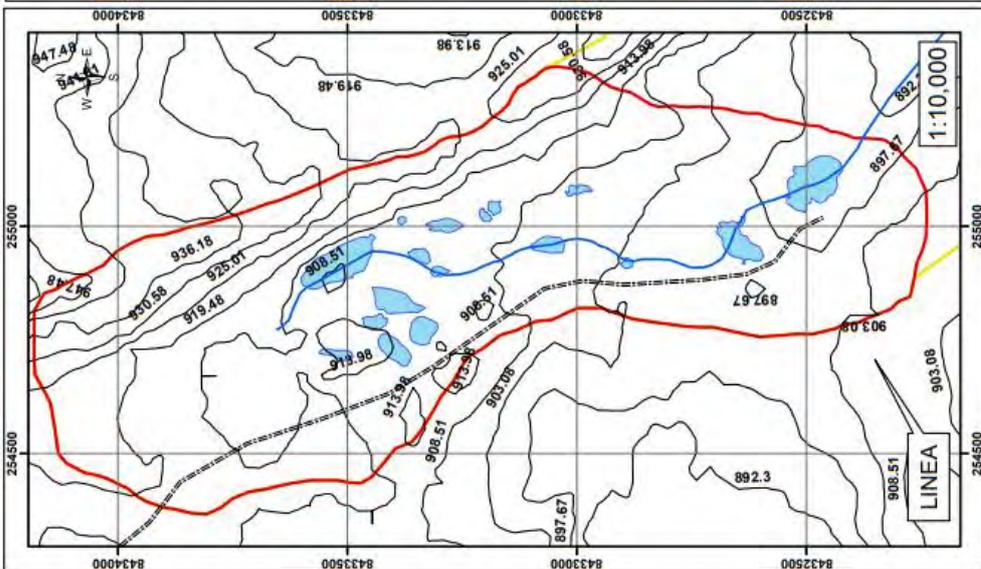
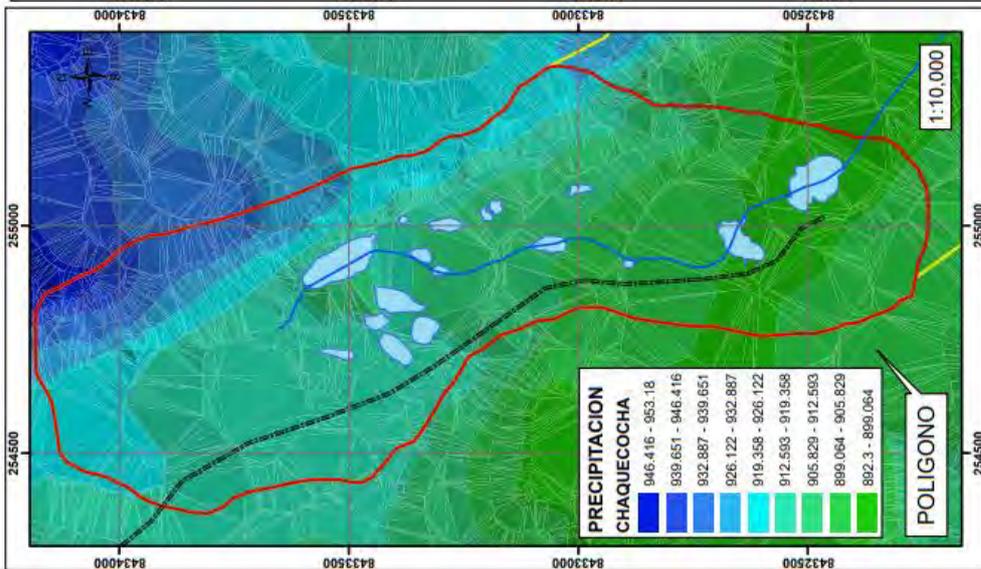
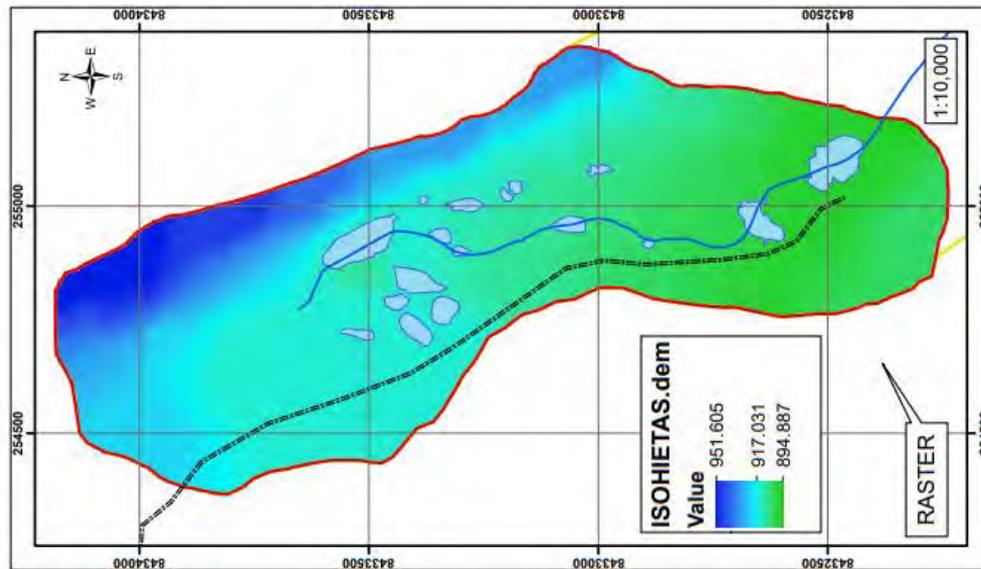
ALTITUD	ISOHIETAS
3980	781.96
4000	786.67
4025	792.59
4050	798.56
4075	804.57
4,091.40	808.54
4100	810.63
4125	816.73
4150	822.88
4175	829.07
4200	835.31
4225	841.60
4250	847.94
4275	854.32
4300	860.75
4325	867.23
4350	873.76

Cuadro 45: precipitación efectiva al 75 % de persistencia zona de intervención Capillani.

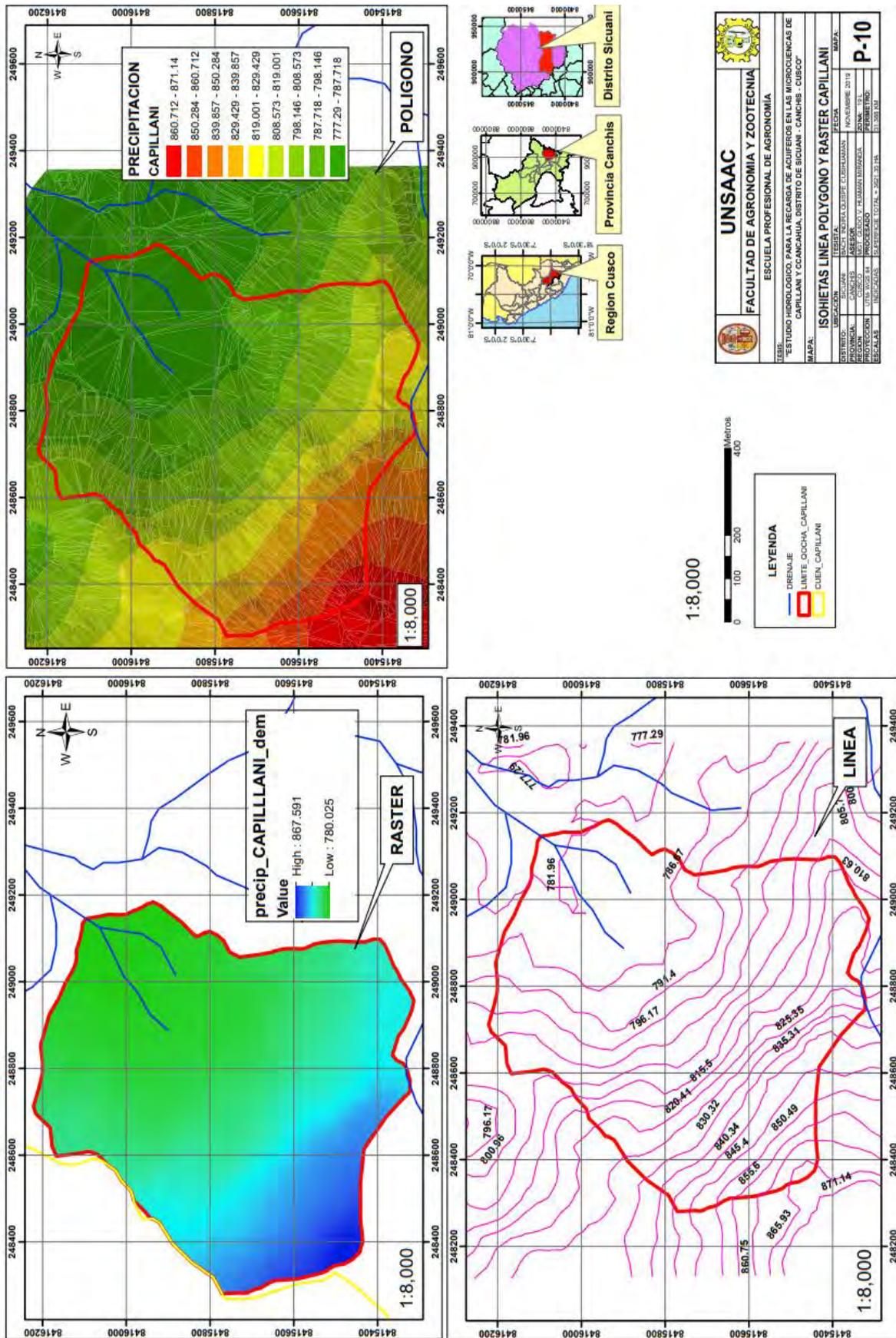
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación Media	168.1	151.8	145.5	54.8	14.5	3.9	3.5	8.5	20.5	47.6	75.4	114.6	808.54
Desv. Estándar	32.31	24.47	28.77	14.94	7.86	5.01	5.21	10.66	9.52	19.20	22.83	18.92	66.58
Coef. Variación	0.19	0.16	0.20	0.27	0.54	1.29	1.49	1.25	0.46	0.40	0.30	0.17	0.08
Prec. Max.	272.2	210.9	255.8	95.0	56.7	24.8	23.3	54.5	47.6	94.2	140.2	160.7	272.2
Prec. Min.	93.9	96.6	92.1	22.3	1.0	0.0	0.0	0.0	6.6	12.4	29.5	69.9	0.0
PE. 75% persistencia	146.25	135.29	126.08	44.74	9.16	0.50	0	1.34	14.06	34.60	59.96	101.78	673.74

Fuente: Elaboración propia

Mapa satelital 09: Isohietas del área de intervención Chaquecocha



Mapa satelital 10: Isohietas del área de intervención Capillani.



5.5.4.2 Regionalización de la Temperatura.

Los registros de temperatura utilizados en el presente estudio correspondiente a la información proporcionada del SENAMHI, respectivamente. El tiempo de registro de temperaturas es de 36 años.

Es necesario precisar, la temperatura constituye un factor limitativo para el desarrollo de las plantas y en consecuencia de la agricultura.

La temperatura de las estaciones meteorológicas consideradas en el presente estudio, como: Temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima. se aprecia en los siguientes cuadro.

Cuadro 46: Regionalización de la temperatura media mensual de las microcuencas Capillani y Ccancahua

ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATUA MEDIA												
		ENE C°	FEB C°	MAR C°	ABR C°	MAY C°	JUN C°	JUL C°	AGO C°	SET C°	OCT C°	NOV C°	DIC C°	MEDIA C°
KAYRA	3,219	13.42	13.47	13.17	12.22	10.71	9.60	9.30	10.62	12.17	13.35	13.81	13.52	12.11
SICUANI	3,574	11.82	11.81	11.67	10.93	9.21	7.89	7.67	9.15	10.96	11.89	12.13	11.94	10.59
YAURI	3,927	8.53	8.28	8.30	7.37	5.28	3.25	3.24	4.14	6.29	7.60	8.49	8.47	6.60
POMACANCHI	3,686	10.95	10.79	10.76	10.29	9.07	8.07	7.79	9.08	10.56	11.40	11.66	11.21	10.14
LA RAYA	4,120	7.54	7.71	7.73	6.76	5.42	3.98	3.84	4.75	6.19	7.15	7.66	7.62	6.36
Promedio	3705.2	10.45	10.41	10.33	9.52	7.94	6.56	6.37	7.55	9.23	10.28	10.75	10.55	9.16
Desv. Estándar	344.7	2.40	2.41	2.29	2.35	2.45	2.78	2.67	2.91	2.80	2.75	2.59	2.45	2.55
Coefic. a	35.9244	35.9244	35.9016	34.4623	33.9739	32.6517	33.6987	32.6022	35.9998	37.2631	38.5159	37.7908	36.4043	35.4324
Coefic. b	-0.0069	-0.0069	-0.0069	-0.0065	-0.0066	-0.0067	-0.0073	-0.0071	-0.0077	-0.0076	-0.0076	-0.0073	-0.0070	-0.0071
Coefic. r	-0.986	-0.983	-0.981	-0.967	-0.939	-0.910	-0.915	-0.911	-0.932	-0.954	-0.973	-0.980	-0.957	
MC CCANCAHUA	4,481	5.12	5.08	5.27	4.40	2.76	0.87	0.88	1.59	3.37	4.36	5.09	5.14	3.66
MC CAPILLANI	4,091	7.80	7.76	7.81	6.97	5.37	3.73	3.64	4.59	6.32	7.34	7.93	7.86	6.43

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 47: Regionalización de la temperatura máxima media mensual de las microcuencas Capillani y Ccancahua

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MAXIMA MEDIA												
		ENE C°	FEB C°	MAR C°	ABR C°	MAY C°	JUN C°	JUL C°	AGO C°	SET C°	OCT C°	NOV C°	DIC C°	MEDIA C°
KAYRA	3219.00	19.77	19.85	19.98	20.50	20.80	20.49	20.34	21.00	21.24	21.51	21.54	20.48	20.62
SICUANI	3574.00	19.04	18.95	19.14	19.41	19.32	18.99	18.69	19.61	20.61	20.82	20.68	19.57	19.57
YAURI	3927.00	16.45	15.93	16.17	16.26	16.27	16.01	15.84	16.41	17.52	18.05	18.51	17.44	16.74
POMACANCHI	3686.00	16.62	16.43	16.56	16.83	16.98	16.83	16.53	17.65	18.22	18.43	18.49	17.38	17.25
Promedio	3601.5	18.0	17.8	18.0	18.2	18.3	18.1	17.8	18.7	19.4	19.7	19.8	18.7	18.5
Desv. Estándar	294.5	1.7	1.9	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.0	1.8	1.7	1.5	1.6	1.9
Coefic. a	36.3502	36.3502	39.1108	38.8018	41.2100	42.6565	41.9848	41.9493	42.7522	39.4403	38.6683	36.6891	35.6890	39.6085
Coefic. b	-0.0051	-0.0051	-0.0059	-0.0058	-0.0064	-0.0068	-0.0066	-0.0067	-0.0067	-0.0056	-0.0053	-0.0047	-0.0047	-0.0058
Coefic. r	-0.892	-0.914	-0.905	-0.925	-0.950	-0.958	-0.958	-0.966	-0.908	-0.901	-0.893	-0.893	-0.928	
MC CCANCAHUA	4,481	13.48	12.58	12.88	12.64	12.40	12.24	11.96	12.79	14.51	15.07	15.68	14.57	13.40
MC CAPILLANI	4,091	15.47	14.89	15.13	15.13	15.04	14.83	14.57	15.39	16.68	17.12	17.51	16.41	15.68

Fuente: Elaboración propia

cuadro 48: Regionalización de la temperatura mínima media mensual de las microcuencas Capillani y Ccancahua

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MINIMA MEDIA												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
KAYRA	3219.00	7.27	7.26	6.65	4.29	1.01	-0.86	-1.46	0.50	3.48	5.41	6.14	6.69	3.9
SICUANI	3574.00	5.60	5.60	5.11	3.41	-0.14	-2.61	-2.91	-0.74	2.02	3.92	4.43	5.19	2.4
YAURI	3927.00	1.71	1.74	1.46	-0.95	-6.01	-9.77	-9.75	-8.27	-4.80	-2.44	-1.04	0.52	-3.1
POMACANCHI	3686.00	5.37	5.35	5.08	3.68	0.83	-1.04	-1.34	0.04	2.49	4.00	4.45	4.95	2.8
Promedio	3601.5	4.99	4.99	4.57	2.61	-1.08	-3.57	-3.87	-2.12	0.80	2.72	3.49	4.34	1.5
Desv. Estándar	294.5	2.34	2.33	2.20	2.40	3.33	4.21	3.99	4.13	3.78	3.51	3.13	2.66	3.1
Coefic.	a	31.628	31.483	29.204	26.564	30.344	36.116	32.824	37.436	38.680	39.171	37.184	33.609	33.687
Coefic.	b	-0.0074	-0.0074	-0.0068	-0.0067	-0.0087	-0.0110	-0.0102	-0.0110	-0.0105	-0.0101	-0.0094	-0.0081	-0.0089
Coefic.	r	-0.929	-0.931	-0.915	-0.817	-0.772	-0.771	-0.752	-0.783	-0.820	-0.849	-0.880	-0.900	-0.838
MC CCANCAHUA	4,481	-1.52	-1.48	-1.44	-3.24	-8.75	-13.26	-12.83	-11.78	-8.46	-6.18	-4.73	-2.81	-6.37
MC CAPILLANI	4,091	1.37	1.39	1.23	-0.65	-5.35	-8.96	-8.85	-7.49	-4.35	-2.23	-1.09	0.36	-2.89

Fuente: Elaboración propia

Se tiene los parámetros de temperatura regionalizados para ambas microcuencas

Cuadro 49: Temperatura Media – zona de microcuenca Ccancahua 4481 m.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Media	5.12	5.08	5.27	4.40	2.76	0.87	0.88	1.59	3.37	4.36	5.09	5.14
Máxima	13.48	12.58	12.88	12.64	12.40	12.24	11.96	12.79	14.51	15.07	15.68	14.57
Mínima	-1.52	-1.48	-1.44	-3.24	-8.75	-	-	-	-8.46	-6.18	-4.73	-2.81

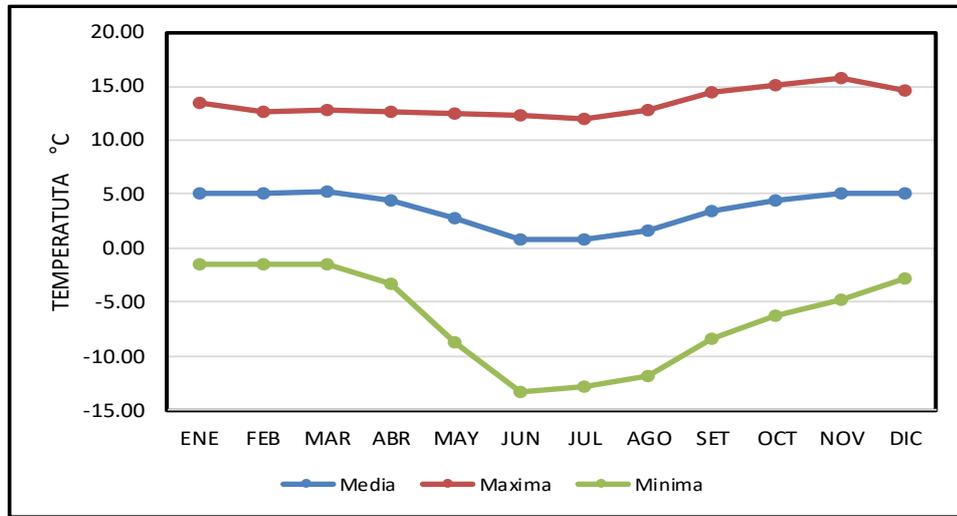
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 50: Temperatura Media – zona de microcuenca Capillani 4091 m.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Media	7.80	7.76	7.81	6.97	5.36	3.73	3.63	4.58	6.31	7.33	7.93	7.86
Máxima	15.47	14.89	15.13	15.13	15.03	14.83	14.57	15.39	16.67	17.12	17.51	16.41
Mínima	1.37	1.39	1.22	-0.65	-5.35	-8.97	-8.86	-7.50	-4.36	-2.24	-1.09	0.36

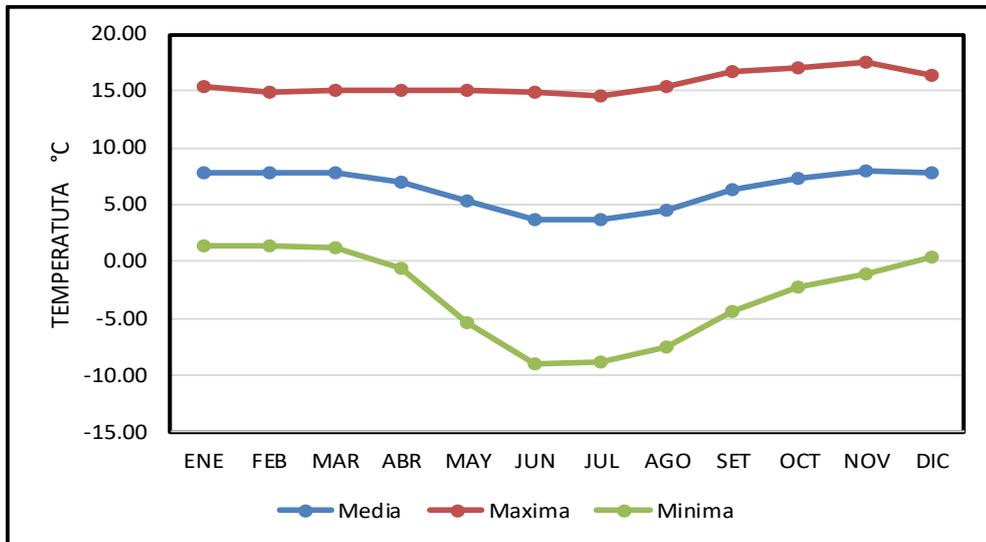
Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Variación mensual de la temperatura de la microcuenca Ccancahua.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Variación mensual de la temperatura media de la microcuenca Capillani.

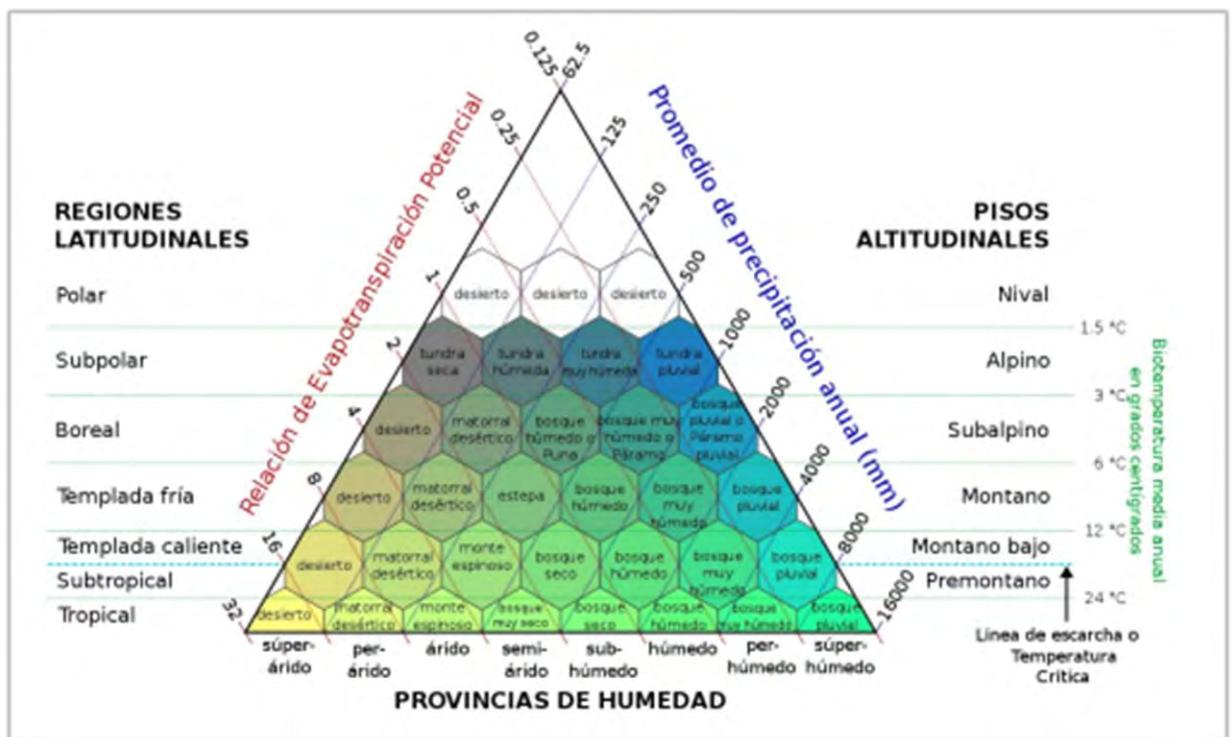


Fuente: Elaboración propia

5.5.5 Clasificación climática según Zonas de vida de Holdridge

El sistema de Holdridge fue publicado en 1941 y ampliado (Holdridge, 1967-1971) es estrictamente ecológico y de alcance mundial, su clasificación se distingue porque define en forma cuantitativa la relación que existe entre los factores principales del clima y la vegetación, La Biotemperatura, la Precipitación, la humedad ambiental y la evapotranspiración potencial que conforman los factores climáticos fundamentales.

Figura 19: Diagrama bioclimático de zonas de vida por Leslie R. Holdridge



Fuente: estimación de zonas de vida de Holdridge

Para el uso de esta metodología, en primer lugar, se tuvo que regionalizar los parámetros climáticos de precipitación y temperatura media mensual para cada curva de nivel, utilizando la ecuación exponencial para el caso de la precipitación - altitud y de regresión lineal para el caso de la temperatura – altitud; obteniendo el cuadro siguiente.

Cuadro 51: Clasificación climática modelo Holdridge para el área de intervención Capillani.

ALTITUD	COEF.	BIO	POTENCIAL	ISOHIETAS	RELACION	ZONA DE VIDA QOCHA CAPILLANI	CLAVE
	COREC.	ISOTERMAS	EVAPORACION	ANUAL	EVAPORACION		
3970	58.53	7.35	430.48	777.29	0.55	Bosque húmedo - Montano templado fria	Bh-MTf
3980	58.53	7.21	422.18	781.96	0.54		
4000	58.53	7.07	413.88	786.67	0.53		
4020	58.53	6.93	405.58	791.40	0.51		
4040	58.53	6.79	397.28	796.17	0.50		
4060	58.53	6.65	388.99	800.96	0.49		
4080	58.53	6.50	380.69	805.78	0.47		
4,091	58.53	6.42	375.95	808.54	0.46	Paramo - Subalpino Boreal	P-SAB
4100	58.53	6.36	372.39	810.63	0.46		
4120	58.53	6.22	364.09	815.50	0.45		
4140	58.53	6.08	355.79	820.41	0.43		
4160	58.53	5.94	347.49	825.35	0.42		
4180	58.53	5.80	339.19	830.32	0.41		
4200	58.53	5.65	330.89	835.31	0.40		
4220	58.53	5.51	322.59	840.34	0.38		
4240	58.53	5.37	314.29	845.40	0.37		
4260	58.53	5.23	305.99	850.49	0.36		
4280	58.53	5.09	297.69	855.60	0.35		
4300	58.53	4.94	289.39	860.75	0.34		
4320	58.53	4.80	281.09	865.93	0.32		
4330	58.53	4.66	272.79	871.14	0.31		

Cuadro 52: Clasificación climática modelo Holdridge área de intervención Chaquecocha

ALTITUD	COEF.	BIO	POTENCIAL	ISOHIETAS	RELACION	ZONA DE VIDA QOCHA CHAQUECOCHA	CLAVE
	COREC.	ISOTERMAS	EVAPORACION	ANUAL	EVAPORACION		
4430	58.53	4.02	235.44	894.98	0.26	Bosque muy húmedo - Sub Alpino Boreal	Bmh-SAB
4440	58.53	3.95	231.29	897.67	0.26		
4450	58.53	3.88	227.14	900.37	0.25		
4460	58.53	3.81	222.99	903.08	0.25		
4470	58.53	3.74	218.84	905.79	0.24		
4480	58.53	3.67	214.69	908.51	0.24		
4481	58.53	3.66	214.27	908.78	0.24		
4490	58.53	3.60	210.54	911.24	0.23		
4500	58.53	3.53	206.39	913.98	0.23		
4510	58.53	3.46	202.24	916.72	0.22		
4520	58.53	3.38	198.09	919.48	0.22		
4530	58.53	3.31	193.94	922.24	0.21	Tundra pluvial - Alpino Sub Polar	Tp-ASP
4540	58.53	3.24	189.79	925.01	0.21		
4550	58.53	3.17	185.64	927.79	0.20		
4560	58.53	3.10	181.49	930.58	0.20		
4570	58.53	3.03	177.34	933.37	0.19		
4580	58.53	2.96	173.19	936.18	0.18		
4590	58.53	2.89	169.04	938.99	0.18		

5.6 Oferta hídrica generada.

5.6.1 Generación de caudales medios mensuales.

Cuando se evaluó la disponibilidad hídrica, el problema que se tiene es la ausencia de registros de caudales. Si contamos con caudales de registros suficientes, los datos se pueden analizar estadísticamente mediante un análisis de frecuencia; pero cuando no se tiene estos registros se debe recurrir a la estimación por diferentes métodos, dependiendo siempre de la disponibilidad de información (meteorológica, suelos, cobertura vegetal, etc.) en la microcuenca.

No disponiéndose de registros hidrométricos en el área de estudio, se procedió a la generación de caudales medios mensuales mediante la utilización de modelos hidrológicos determinísticos, por ello es necesario conocer las descargas en las secciones de interés, para suplir la poca información y poca densidad de las estaciones hidrométricas. Por lo tanto, se ha seleccionado, el modelo Lutz Scholz, habiendo determinado los caudales medios mensuales y evaluado la disponibilidad en las secciones de interés.

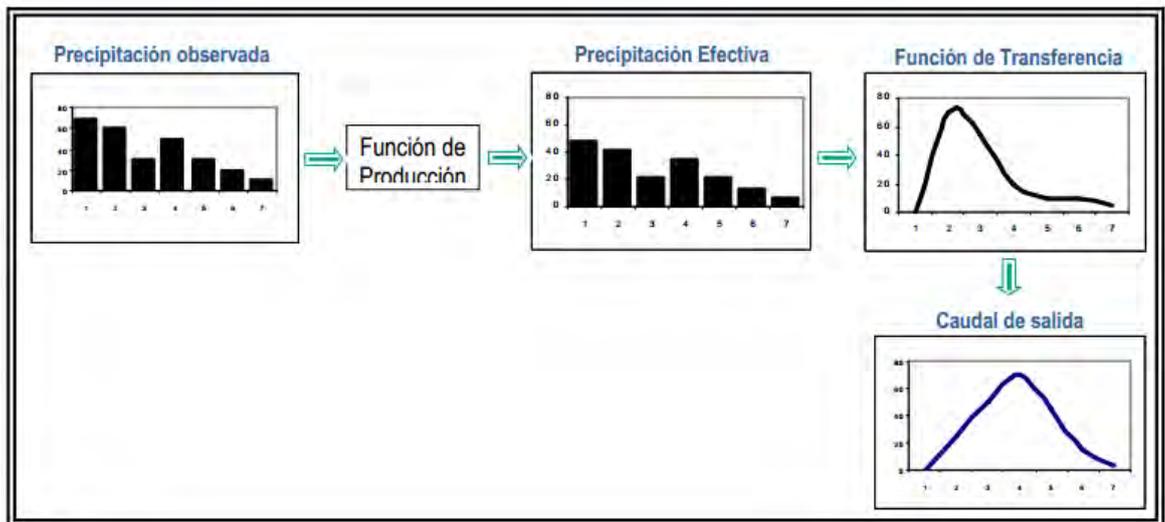
Modelo Lutz Scholz (Precipitación – Escorrentía)

Para conocer la disponibilidad hídrica en un punto de interés donde no existen caudales aforados, toma gran importancia en el planeamiento de un sistema hidráulico, específicamente en la construcción de dique y reservorios para la siembra y cosecha de agua. En las cuales es necesario una serie de descargas, para realizar el dimensionamiento de las estructuras.

A continuación se describe los procesos del modelo matemático Lutz Scholz y su validación con las estaciones hidrométricas de control, haciendo uso de su parte estocástica generar una serie de escorrentía superficial, basándose en las precipitaciones reales de cada uno de las subcuencas de interés.

De manera general este tipo de modelos son basados en la transformación de la Precipitación - Escorrentía por la aplicación de dos funciones: Una función de producción y una función de transferencia.

Figura 20: Esquema de transformación de precipitación a caudal.



Fuente : elaboración propia

Los conceptos en los que se fundamenta el modelo son:

Balance hídrico.

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Donde:

- CM_i : Caudal mensual (mm/mes).
- P_i : Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes).
- D_i : Déficit de escurrimiento (mm/mes).
- G_i : Gasto de retención de la cuenca (mm/mes).
- A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes).

Asumiendo que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir G_i - A_i, y para

un año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P - D) por (C*P), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/s) la ecuación anterior se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR$$

Que es la expresión básica del método racional.

Donde:

Q : Caudal (m³/s).

c' : Coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg).

C : Coeficiente de escurrimiento.

P : Precipitación total mensual (mm/me).

AR : Área de la cuenca (km²).

Coeficiente de escurrimiento (C).

Se denomina coeficiente de escurrimiento al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. El coeficiente de escorrentía varía a lo largo del tiempo y es función de las características del terreno (naturaleza, vegetación, permeabilidad, inclinación y humedad inicial del suelo) y de la zona (temperatura, intensidad y duración de la precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol y dimensiones de la cuenca). Los factores indicados se influyen mutuamente, siendo complicado el análisis aislado de cada uno de ellos.

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento (Ce).

Se tiene el método que ha sido presentado por L. Turc:

$$Ce = \frac{P - D}{P}$$

Donde:

Ce : Coeficiente de escurrimiento (mm/año);

P : Precipitación total anual (mm/año);

D : Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D (Déficit de escurrimiento), se usa la siguiente expresión:

$$D = P * \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{0.5}}$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$

Siendo:

L: Coeficiente de temperatura.

T: Temperatura media anual (°C).

Dado que no se ha podido obtener una ecuación general del coeficiente de escurrimiento para toda la sierra, se ha desarrollado la fórmula siguiente, que es válida para la región sur de acuerdo a lo establecido por Hargreaves

$$C = 3.16E12(P^{-0.3686})(EP^{-3.686}) \quad r = 0.96$$

$$D = -1380 + 0.72(P) + 1.032(EP) \quad r = 0.96$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento (mm/año).

D: Déficit de escurrimiento (mm/año).

P: Precipitación total anual (mm/año).

EP: Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año).

r: Coeficiente de correlación.

La expresión para la obtención de la Evapotranspiración potencial de referencia por el método de Hargreaves es la siguiente:

$$EP = 0.0075(RSM)(TF)(FA)$$

RSM y FA se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$RSM = 0.075(RA)\sqrt{\frac{n}{N}}$$

$$FA = 1 + 0.06(AL)$$

Donde:

RSM : Radiación solar media.

TF : Componente de temperatura.

FA : Coeficiente de corrección; por elevación.

TF : Temperatura media anual (°F).

RA : Radiación extraterrestre (mm H₂O / año).

(n/N): Relación entre insolación actual y posible (%).

AL : Elevación media de la cuenca (Km).

Para determinar la temperatura anual se toma en cuenta el valor de los registros de las estaciones y el gradiente de temperatura de -5.3 °C 1/ 1000 m, determinado para la sierra.

Precipitación Efectiva.

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía.

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva (mm/mes).

P: Precipitación total mensual (mm/mes).

ai: Coeficiente del polinomio.

El cuadro 52 , muestra los valores límite de la precipitación efectiva y el cuadro 53, muestra los tres juegos de coeficientes ai (coeficiente del polinomio), que permiten alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45.

Cuadro 53: Límite superior para la precipitación efectiva.

Curva I	PE= P -120.6 para P > 177.8 mm/mes
Curva II	PE= P -86.4 para P > 152.4 mm/mes
Curva III	PE= P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes

Fuente: PLAN MERIS II – Generación de caudales para la sierra del Perú – Lutz Scholz. 2015

Cuadro 54: Coeficiente para el cálculo de la precipitación efectiva.

ai	CURVA I	CURVA II	CURVA III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-1.20E-05	4.35E-08	5.53E-05
a4	1.44E-07	-8.90E-11	1.24E-07
a5	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente : PLAN MERIS II – Generación de caudales para la sierra del Perú – Lutz Scholz. 2015

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento.

Q: Caudal anual.

P: Precipitación total anual.

$\sum_{i=1}^{12} PE_i$: Suma de precipitación efectiva mensual.

Retención de la cuenca.

Suponiendo que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - P_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i: Caudal mensual (mm/mes).

PE_i: Precipitación efectiva mensual (mm/mes).

R_i: Retención de la cuenca (mm/mes).

G_i: Gasto de la retención (mm/mes).

A_i: Abastecimiento de la retención (mm/mes).

R_i: G_i para valores mayores que cero (mm/mes).

R_i: A_i para valores menores que cero (mm/mes).

Ambas ecuaciones son contribuciones hídricas al caudal, por tanto, sumando los valores de G_i o A_i respectivamente, se halla la retención total R de la cuenca para el año promedio, en la dimensión de (mm/año).

- Relación entre descargas y retención.

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Donde:

Q_t : Descarga en el tiempo t .

Q_0 : Descarga inicial.

A : Coeficiente de agotamiento.

t : Tiempo.

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real.

- Coeficiente de agotamiento.

Mediante la ecuación anterior se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente.

Con fines prácticos se puede desprestigiar la variación del coeficiente "a" durante la estación seca empleando un valor promedio.

El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca.

$$a = f(\ln Ar)$$

El análisis de las observaciones disponibles muestra, además cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.114}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429} \quad r = 0.86$$

Donde:

A : Coeficiente de agotamiento por día.

AR : Área de la cuenca (km²).

EP : Evapotranspiración potencial anual (mm/año).

T : Duración de la temporada seca (días).

R : Retención total de la cuenca (mm/año).

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo, cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para la determinación del coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas; tal como se muestra en el cuadro

Cuadro 55: Calculo de los coeficientes de agotamiento "a".

CARACTERISTICAS DE LA CUENCA	RELACIÓN
Agotamiento muy rápido , por temperaturas elevadas > 10°C y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80)	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.034$
Agotamiento rápido , con retención que varía entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.030$
Agotamiento mediano , con retención alrededor 80 mm/año y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.026$
Agotamiento reducido , por alta retención (>100 mm/año) y vegetación mezclada.	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.023$

Donde:

a: Es el coeficiente de agotamiento por día.

Ar :Es el área de la cuenca (km²).

- Almacenamiento hídrico.

Se tienen tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de las microcuencas:

- Acuíferos.
- Lagunas y pantanos.
- Nevados.

Todos los valores del almacenamiento hídrico producido por efecto de la retención en la microcuenca son recomendados por el modelo. En el cuadro 55, se muestra la lámina de agua almacenada en los tres tipos de almacenes hídricos.

Cuadro 56: Lámina acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.

TIPO	LAMINA ACUMULADA		
	Pendiente de la Cuenca		
Acuíferos	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas - Pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Generación de caudales mensuales en la sierra peruana Lutz Scholz Programa nacional de pequeñas y medianas irrigaciones PLAN MERIS II.2015

- Gasto de la retención.

La contribución mensual de la retención durante la estación seca se puede determinar experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio por siguiente expresión:

$$G_I = \left[b_i * / \sum_{i=1}^m b_i \right] R$$

Donde:

b_i : Es la relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente del gasto de la retención).

G_i : Gasto mensual de la retención (mm/mes).

R : Retención de la cuenca (mm/mes).

$\sum_{i=1}^m b_i$: Sumatoria de la relación entre el caudal del mes i y el caudal inicial.

- Restitución.

Se utiliza como referencia los valores del Tabla 58, para estimar la cuota del almacenamiento mensual en la zona de interés.

$$R_i = \left(\frac{r_i}{\sum r_i} \right) A$$

$$r_i = \frac{r}{100}$$

Donde:

R_i : Proporción del agua de lluvia que entra en el almacén hídrico para el mes (i).

A : Almacenamiento hídrico.

R : Almacenamiento hídrico (mm/año).

r_i : Almacenamiento hídrico. Durante la época de lluvias (r %).

Cuadro 57: Almacenamiento hídrico comparativo durante la época de lluvias (%).

REGION	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	TOTAL
CUSCO	5	35	40	20	0	100
HUANCAVELICA	0	35	30	20	5	100
JUNIN	0	25	30	30	5	100
CAJAMARACA	-5	0	20	25	35	100

Fuente: PLAN MERIS II – Parámetros de calibración para la sierra peruana - LUTZ SCHOLZ

Comparando cuencas vecinas respecto a la lámina de agua que entra en la retención de la cuenca se puede demostrar que el abastecimiento durante la estación lluviosa es casi uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática.

Se determina el abastecimiento de la retención experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio o por similitud con cuencas vecinas. La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de un déficit mensual de la precipitación efectiva mensual y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right)$$

Donde:

A_i : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes).

a_i : Coeficiente de abastecimiento (%).

R : Retención de la cuenca (mm/año).

En la región del Cusco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80 % del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20 % restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en los cuadros 56-57.

- Determinación del caudal mensual para el año promedio.

La lámina de agua que corresponde al caudal mensual se calcula a partir de la ecuación del balance hídrico, tomando en cuenta la precipitación total mensual y el déficit de escurrimiento.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i : Caudal del mes i (mm/mes).

PE_i : Precipitación efectiva del mes i (mm/mes).

G_i : Gasto de la retención del mes i (mm/mes).

A_i : Abastecimiento del mes i (mm/mes).

Generación de caudales mensuales para períodos extendidos.

A fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo que comprende la totalidad, que consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según las ecuaciones siguientes, con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva:

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

$$Q = g(PE_t)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)}$$

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

Dónde:

Q_t : Caudal del mes t.

Q_{t-1} : Caudal del mes anterior.

PE_t : Precipitación efectiva del mes.

B_1 : Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros B_1 , B_2 , B_3 , r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes.

El proceso de generación requiere de un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.

- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q_0 sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

Calibración y validación del modelo

Para calibrar el modelo hidrológico es necesario la información de precipitación e información de caudales, en este caso no se realizó la calibración por falta de datos de caudal en el punto de interés que están ubicadas en las partes altas de la microcuenca.

a) Caudal generado en el punto de interés de las Microcuenca Ccancahua.

Cuadro 58: Caudal generado para el área de escurrimiento Chaquecocha de la microcuenca Ccancahua

GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO

Mes	Días/mes	Pp Total (mm/mes)	Precipitación Efectiva			Gasto		Abastecimiento		Caudales Generados	
			PE II (mm/mes)	PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	(mm/mes)	(m3/s)
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Enero	30	190.59	55.26	153.61	87.82			0.40	20.00	67.82	0.02602
Febrero	28	174.81	50.07	148.47	82.66			0.20	10.00	72.66	0.02986
Marzo	31	153.37	41.02	128.62	70.03			0.00	0.00	70.03	0.02600
Abril	30	62.59	7.16	19.96	11.40	0.47	26.53			37.93	0.01455
Mayo	31	13.48	1.47	3.32	2.09	0.22	12.53			14.61	0.00542
Junio	30	4.59	0.52	1.13	0.72	0.11	5.92			6.63	0.00254
Julio	31	4.24	0.47	1.02	0.65	0.05	2.79			3.45	0.00128
Agosto	31	9.72	1.10	2.49	1.56	0.02	1.32			2.88	0.00107
Septiembre	30	23.79	2.38	5.31	3.35	0.01	0.62			3.97	0.00152
Octubre	31	55.01	5.84	15.45	9.02	0.01	0.29			9.31	0.00346
Noviembre	30	81.62	11.66	35.70	19.62			0.05	2.50	17.12	0.00657
Diciembre	31	134.97	32.52	104.68	56.42			0.35	17.50	38.92	0.01445
AÑO		908.78	209.48	619.76	345.34	0.89	50.00	1.00	50.00	345.34	0.01106
Coefficientes		0.38	0.67	0.33	1.00						

Fuente:Elaboracion propia utilizando el metodo Lutz Sholtz

Mediante la utilización del modelo hidrológico Lutz Scholtz se ha determinado que la oferta hídrica promedio anual de 0.01106 m³/s y un volumen promedio anual de 28615.15 m³, llegando a estimar los caudales medios mensuales a diferentes niveles de probabilidad, teniendo a un 75% de persistencia en el punto de interés (punto de represamiento).

b) Caudal generado en el punto de interés de la microcuenca Capillani.

Cuadro 59: Caudal generado en el área de escurrimiento Capillani de la microcuenca Capillani

GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO

Mes	Días/mes	Pp Total (mm/mes)	Precipitación Efectiva			Gasto		Abastecimiento		Caudales Generados	
			PE II (mm/mes)	PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	(mm/mes)	(m3/s)
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Enero	30	168.06	47.41	143.55	82.94			0.40	20.00	62.94	0.01361
Febrero	28	151.81	40.31	126.77	72.27			0.20	10.00	62.27	0.01443
Marzo	31	145.49	37.41	118.87	67.51			0.00	0.00	67.51	0.01413
Abril	30	54.83	5.81	15.36	9.34	0.46	27.34			36.67	0.00793
Mayo	31	14.47	1.57	3.53	2.29	0.21	12.45			14.74	0.00309
Junio	30	3.89	0.43	0.92	0.61	0.09	5.67			6.28	0.00136
Julio	31	3.49	0.38	0.79	0.53	0.04	2.58			3.11	0.00065
Agosto	31	8.54	0.97	2.21	1.43	0.02	1.18			2.61	0.00055
Septiembre	30	20.49	2.10	4.68	3.05	0.01	0.54			3.59	0.00078
Octubre	31	47.56	4.76	11.94	7.42	0.00	0.24			7.66	0.00160
Noviembre	30	75.37	9.99	29.83	17.32			0.05	2.50	14.82	0.00321
Diciembre	31	114.55	23.42	75.90	42.82			0.35	17.50	25.32	0.00530
AÑO		808.55	174.55	534.34	307.52	0.83	50.00	1.00	50.00	307.52	0.00555
Coefficientes		0.38	0.63	0.37	1.00						

Fuente: elaboración propia utilizando el método de Lutz Scholtz

Mediante la utilización del modelo hidrológico Lutz Scholtz se ha determinado que la oferta hídrica promedio anual es de 0.00555 m³/s y un volumen promedio anual de **14365.417** m³, llegando a estimar los caudales medios mensuales a diferentes niveles de probabilidad, teniendo a un 75% de persistencia en el punto de interés (punto de represamiento).

5.7 Análisis de máximas avenidas

5.7.1 Análisis de lluvias intensas

La ubicación particular de las zonas de intervención Capillani y Chaquecocha con respecto a las microcuencas Capillani y Ccancahua, ocasiona que una lluvia intensa o tormenta sea generada por una perturbación atmosférica pero que tiene características definidas, para lo cual la tormenta se analizará del registro obtenido de la estación Sicuani, en tal sentido nos interesa conocer la magnitud de la tormenta que sirva de base para el diseño de las acciones de recarga.

Por tanto, las lluvias intensas, constituyen, además la entrada en el sistema cuenca, donde la salida está representada por el caudal de diseño, que se determinó mediante la utilización de modelos lluvia - escorrentía.

Intensidad (I): Es la cantidad de agua caída (mm) durante un tiempo determinado (hora), y normalmente se expresa en mm/h e indica la magnitud de la tormenta..

Duración (D): Es el tiempo de duración de la tormenta. Es el tiempo que transcurre entre el inicio y el fin de la tormenta; normalmente se expresa en minutos u horas.

Frecuencia (F): Está dada por el número de veces que se presenta o se repite una tormenta de intensidad I y de duración D . Generalmente se expresa en años (tiempo de retorno) o probabilidad de ocurrencia (frecuencia).

Histograma: Es un gráfico de forma escalonada que expresa la variación de la intensidad de la tormenta (mm/h) en el transcurso de la misma (minutos u horas).

Intensidad máxima: Es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo, normalmente se expresa como mm/h.

Cuadro 60: Registro de precipitación máxima de 24 horas estación Sicuani

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	29	16.5	33	22	17	0	2.5	3.2	8.5	10.5	15.2	8.2
1965	7.3	20.3	20.5	15.2	1.1	0	1.5	2.8	15	23	12	24
1966	13	29.1	16.2	3	15.4	0	0	1.6	9.3	31.5	19	22
1967	14	28.3	22.2	10	3.2	1.4	9	10	11	11	9	29.8
1968	10.4	17	43.7	17	0	0	8	15.5	10	11.3	34	11.2
1969	20.1	14.4	17.8	13.8	3.6	1.8	8	1.6	10	18	14.2	17.9
1970	31	16.5	17.9	14.1	4.1	0	0	0	11.1	11.8	17.5	25
1971	25.2	29.9	24.8	31.8	4.5	0	0	0	0	0	1.5	9.8
1972	19.2	14.2	15.6	24.7	3.1	0	11	15.5	0	4.1	10.3	14.8
1973	26.8	22.2	19.9	18.4	3.1	0	1.6	7.3	4.1	10.9	9.3	18.6
1974	20.4	32.5	17.2	9.5	0.8	4.3	0	4.9	19.2	3.6	8.5	21.53
1975	22.8	16.4	20.8	7.5	6.2	0.4	0	5.2	12.3	5.3	15.2	25.4
1976	22.6	9.8	19.8	8.1	8.8	4.1	3.7	7.5	6.1	7.8	10.7	16.5
1977	22.2	24.8	19.2	10.4	3.2	0	0.8	0	10.1	10.2	12	19.8
1978	24.5	17.8	42.8	18.8	0	0	0	0	16.7	12	20.4	11.9
1979	20.6	28.7	10.8	18.2	2.6	0	0.9	10.2	15.4	0.8	4.9	18
1980	26.8	18.2	12.6	0	11	15.2	10.6	18.8	1.6	34.8	37.2	16
1981	28.6	35.5	31.6	0.8	0	6.9	0	18.4	0	6	8.6	11.2
1982	23.8	10.9	20.2	0	0	0	0.9	0	10.6	21.3	11.2	7.9
1983	29.9	0	9.8	0	0	0	0	0	6.9	1	0	46.2
1991	13.5	19.5	29.2	21.8	6.4	8	0	0	6.5	15	9.5	21.53
1993	27.7	17.5	29.5	12.7	0	1.2	1.5	4.8	11.5	20.2	30.4	21.5
1994	23.1	19.3	20	20	10	0.3	0	1.2	4.1	17.9	15.4	24.5
1995	18.8	16.6	14	17.5	3.1	1.2	1.6	0	6.5	8	23.4	27
1996	12.7	17.9	40.6	14.3	7.3	0	0	7.4	10.6	15	11.6	16.8
1997	20.6	40.5	28	16.1	2	0	5.2	6.5	5.8	7.7	17.5	14.5
1998	24.2	28.1	10.2	6.3	0	0	0	4.2	1.7	26.3	10	28.8
1999	16.4	18.2	10.8	18.8	13.9	3.2	0.3	0	16.5	6	10.6	24.8
2000	17.2	22.5	22.3	6.2	4	6	4.4	1.3	8.3	25.8	8.9	15.3
2001	35.4	18.6	31.6	16.5	10.2	1.2	5.7	4.4	14.8	17.1	14.5	36
2002	32.5	27.7	17.2	34.6	16	0	6	3.2	8.2	15.2	16.5	23.1
2003	26	12.3	24.8	15	6.6	6.6	0	6.1	1.2	9.7	9.5	30.4
2004	16.1	34.1	18.5	14.4	2.9	2.7	2.8	5.6	12	7.7	14	15.6
2005	12.8	44.4	23.5	9.1	4.5	0	1.6	0	6.2	11.1	18.1	15
2006	18.3	23.5	12.1	29.8	3.3	5.3	0	8	8.3	8.2	19	25.2
2007	24.5	12.5	28.8	8.4	1.9	0.0	6.8	0.0	12.5	12.6	20.2	18.6
2008	18.2	22.9	31.3	7.4	6.0	0.7	0.6	0.6	1.6	23.7	9.0	24.7
2009	13.6	15.5	11.9	10.1	5.2	0.0	3.7	0.0	4.8	12.3	18.4	20.0
2010	24.7	20.6	22.3	19.1	2.3	0.0	0.0	5.7	1.6	13.4	23.7	22.7
2011	12.7	11.4	22.8	32.5	12.4	2.9	2.9	4.9	11.0	14.6	6.8	34.1
2012	31.5	31.6	17.5	16.6	0.5	3.2	0.8	0.0	5.5	9.4	15.0	22.4
2013	15.8	25.8	11.2	5.8	6.3	3.5	0.0	7.4	0.9	7.0	13.2	20.7
2014	19.6	23.3	15.9	11.0	3.8	0.0	0.2	5.9	10.0	8.5	5.6	23.3
2015	28.5	20.2	17.9	12.4	3.8	2.4	9.4	5.5	5.5	14.1	19.7	21.0
2016	34.2	32.2	11.0	20.3	2.5	0.0	0.3	3.6	6.7	12.9	16.3	15.7
2017	22.2	27.4	18.0	20.8	14.9	0.0	2.2	4.9	11.3	40.1	16.3	21.5
PROMEDIO	22.05	22.21	20.81	14.49	5.25	1.70	2.53	4.67	8.09	13.79	14.40	20.84
DEVIAC. EST	6.71	8.54	8.48	8.38	4.76	2.99	3.26	4.91	4.91	8.61	7.39	7.38
VARIANZA	44.98	72.86	71.98	70.29	22.63	8.94	10.60	24.09	24.09	74.11	54.59	54.45

Para extrapolar estos datos a la zona de estudio, se ha procedido a multiplicar estos valores por un factor de corrección (fc) calculada para cada microcuenca en función a su precipitación media anual regionalizada y el módulo pluviométrico anual de la estación Sicuani, obteniéndose así por ejemplo un factor de corrección de $fc = 1.25$ para la microcuenca de Ccancahua y de $fc = 1.11$ para la microcuenca de Capillani.

Con estos resultados se han extrapolado datos de la estación Sicuani, obteniendo un nuevo registro de precipitación de 24 Horas para cada zona de estudio tal como se observa en las siguientes cuadros:

Cuadro 61: Registro de precipitación máxima de 24 horas microcuenca Ccancahua.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MÁX
1964	36	21	41	28	21	0	3	4	11	13	19	10	41.26
1966	16	36	20	4	19	0	0	2	12	39	24	28	39.38
1967	18	35	28	13	4	2	11	13	14	14	11	37	37.26
1968	13	21	55	21	0	0	10	19	13	14	43	14	54.64
1970	39	21	22	18	5	0	0	0	14	15	22	31	38.76
1971	32	37	31	40	6	0	0	0	0	0	2	12	39.76
1973	34	28	25	23	4	0	2	9	5	14	12	23	33.51
1974	26	41	22	12	1	5	0	6	24	5	11	27	40.63
1975	29	21	26	9	8	1	0	7	15	7	19	32	31.76
1978	31	22	54	24	0	0	0	0	21	15	26	15	53.51
1979	26	36	14	23	3	0	1	13	19	1	6	23	35.88
1980	34	23	16	0	14	19	13	24	2	44	47	20	46.51
1981	36	44	40	1	0	9	0	23	0	8	11	14	44.38
1983	37	0	12	0	0	0	0	0	9	1	0	58	57.76
1991	17	24	37	27	8	10	0	0	8	19	12	27	36.51
1993	35	22	37	16	0	2	2	6	14	25	38	27	38.01
1995	24	21	18	22	4	2	2	0	8	10	29	34	33.76
1996	16	22	51	18	9	0	0	9	13	19	15	21	50.76
1997	26	51	35	20	3	0	7	8	7	10	22	18	50.63
1998	30	35	13	8	0	0	0	5	2	33	13	36	36.01
2000	22	28	28	8	5	8	6	2	10	32	11	19	32.26
2001	44	23	40	21	13	2	7	6	19	21	18	45	45.01
2002	41	35	22	43	20	0	8	4	10	19	21	29	43.26
2003	33	15	31	19	8	8	0	8	2	12	12	38	38.01
2004	20	43	23	18	4	3	4	7	15	10	18	20	42.63
2005	16	56	29	11	6	0	2	0	8	14	23	19	55.51
2006	23	29	15	37	4	7	0	10	10	10	24	32	37.26
2007	31	16	36	11	2	0	9	0	16	16	25	23	36.01
2008	23	29	39	9	8	1	1	1	2	30	11	31	39.13
2011	16	14	29	41	16	4	4	6	14	18	9	43	42.63
2012	39	40	22	21	1	4	1	0	7	12	19	28	39.51
2013	20	32	14	7	8	4	0	9	1	9	17	26	32.26
2015	36	25	22	16	5	3	12	7	7	18	25	26	35.63
2016	43	40	14	25	3	0	0	5	8	16	20	20	42.76
2017	28	34	23	26	19	0	3	6	14	50	20	27	50.13
MEDIA	28.09	29.14	27.98	18.20	6.52	2.61	3.01	6.20	10.10	16.86	18.56	26.59	41.50
DESV STD	8.77	11.24	11.58	11.12	6.22	4.11	3.97	6.22	6.10	11.61	10.06	9.97	7.07
MAXIMA	44.26	55.51	54.64	43.26	21.25	19.00	13.25	23.50	24.00	50.13	46.51	57.76	57.76
MINIMA	13.00	0.00	12.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.25	31.76

Fuente: SENAMHI.

Cuadro 62: Registro de precipitación máxima de 24 horas microcuenca Capillani.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1964	32.26	18.35	36.71	24.47	18.91	0.00	2.78	3.56	9.45	11.68	16.91	9.12	36.71
1966	14.46	32.37	18.02	3.34	17.13	0.00	0.00	1.78	10.34	35.04	21.13	24.47	35.04
1967	15.57	31.48	24.69	11.12	3.56	1.56	10.01	11.12	12.24	12.24	10.01	33.15	33.15
1968	11.57	18.91	48.61	18.91	0.00	0.00	8.90	17.24	11.12	12.57	37.82	12.46	48.61
1970	34.48	18.35	19.91	15.68	4.56	0.00	0.00	0.00	12.35	13.13	19.47	27.81	34.48
1971	28.03	33.26	27.59	35.37	5.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	10.90	35.37
1973	29.81	24.69	22.14	20.47	3.45	0.00	1.78	8.12	4.56	12.12	10.34	20.69	29.81
1974	22.69	36.15	19.13	10.57	0.89	4.78	0.00	5.45	21.36	4.00	9.45	23.95	36.15
1975	25.36	18.24	23.14	8.34	6.90	0.44	0.00	5.78	13.68	5.90	16.91	28.25	28.25
1978	27.25	19.80	47.61	20.91	0.00	0.00	0.00	0.00	18.58	13.35	22.69	13.24	47.61
1979	22.91	31.92	12.01	20.24	2.89	0.00	1.00	11.35	17.13	0.89	5.45	20.02	31.92
1980	29.81	20.24	14.02	0.00	12.24	16.91	11.79	20.91	1.78	38.71	41.38	17.80	41.38
1981	31.81	39.49	35.15	0.89	0.00	7.68	0.00	20.47	0.00	6.67	9.57	12.46	39.49
1983	33.26	0.00	10.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.68	1.11	0.00	51.39	51.39
1991	15.02	21.69	32.48	24.25	7.12	8.90	0.00	0.00	7.23	16.68	10.57	23.95	32.48
1993	30.81	19.47	32.81	14.13	0.00	1.33	1.67	5.34	12.79	22.47	33.81	23.91	33.81
1995	20.91	18.46	15.57	19.47	3.45	1.33	1.78	0.00	7.23	8.90	26.03	30.03	30.03
1996	14.13	19.91	45.16	15.91	8.12	0.00	0.00	8.23	11.79	16.68	12.90	18.69	45.16
1997	22.91	45.05	31.15	17.91	2.22	0.00	5.78	7.23	6.45	8.56	19.47	16.13	45.05
1998	26.92	31.26	11.35	7.01	0.00	0.00	0.00	4.67	1.89	29.25	11.12	32.03	32.03
2000	19.13	25.03	24.80	6.90	4.45	6.67	4.89	1.45	9.23	28.70	9.90	17.02	28.70
2001	39.38	20.69	35.15	18.35	11.35	1.33	6.34	4.89	16.46	19.02	16.13	40.04	40.04
2002	36.15	30.81	19.13	38.49	17.80	0.00	6.67	3.56	9.12	16.91	18.35	25.69	38.49
2003	28.92	13.68	27.59	16.68	7.34	7.34	0.00	6.79	1.33	10.79	10.57	33.81	33.81
2004	17.91	37.93	20.58	16.02	3.23	3.00	3.11	6.23	13.35	8.56	15.57	17.35	37.93
2005	14.24	49.39	26.14	10.12	5.01	0.00	1.78	0.00	6.90	12.35	20.13	16.68	49.39
2006	20.36	26.14	13.46	33.15	3.67	5.90	0.00	8.90	9.23	9.12	21.13	28.03	33.15
2007	27.25	13.90	32.03	9.34	2.11	0.00	7.56	0.00	13.90	14.02	22.47	20.69	32.03
2008	20.24	25.47	34.82	8.23	6.67	0.78	0.67	0.67	1.78	26.36	10.01	27.47	34.82
2011	14.13	12.68	25.36	36.15	13.79	3.23	3.23	5.44	12.24	16.24	7.56	37.93	37.93
2012	35.04	35.15	19.47	18.46	0.56	3.56	0.89	0.00	6.12	10.46	16.68	24.92	35.15
2013	17.57	28.70	12.46	6.45	7.01	3.89	0.00	8.23	1.00	7.79	14.68	23.03	28.70
2015	31.70	22.47	19.91	13.79	4.23	2.67	10.46	6.12	6.12	15.68	21.91	23.36	31.70
2016	38.04	35.82	12.24	22.58	2.78	0.00	0.33	4.00	7.45	14.35	18.13	17.46	38.04
2017	24.69	30.48	20.02	23.14	16.57	0.00	2.45	5.44	12.57	44.60	18.13	23.95	44.60

Fuente: senami

5.8.3 Distribución de probabilidades pluviométricas

Para ello se ha utilizado el método de distribución probabilística de Gumbel por ser el más usado y por qué garantiza buenos resultados, para ello se han seguido los pasos siguientes:

5.8.3.1 Cálculo de la precipitación diaria máxima probable para distintas frecuencias.

a. Para el área de intervención Chaquecocha de la microcuenca Ccancahua.

Cálculo de la Precipitación diaria máxima probable para las distintas frecuencias				
Periodo retorno	Variable reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	40.3421	0.5000	45.5866
5	1.4999	46.5929	0.8000	52.6499
10	2.2504	50.7314	0.9000	57.3265
25	3.1985	55.9604	0.9600	63.2353
50	3.9019	59.8396	0.9800	67.6187
100	4.6001	63.6901	0.9900	71.9699
500	6.2136	72.5882	0.9980	82.0246

Cálculo variables probabilísticas	
	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 41.50 \quad \text{mm}$
$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 7.07 \quad \text{mm}$
	$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = 5.51 \quad \text{mm}$
	$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 38.32 \quad \text{mm}$

b.- para el área de intervención Capillani de la microcuenca Capillani

Cálculo de la precipitación diaria máxima probable para las distintas frecuencias				
Periodo retorno Años	Variable reducida YT	Precip. (mm) XT'(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	35.8922	0.5000	40.5582
5	1.4999	41.4535	0.8000	46.8424
10	2.2504	45.1355	0.9000	51.0031
25	3.1985	49.7877	0.9600	56.2601
50	3.9019	53.2390	0.9800	60.1601
100	4.6001	56.6648	0.9900	64.0313
500	6.2136	64.5814	0.9980	72.9770

Cálculo variables probabilísticas			
	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	36.93	mm
$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$	6.29	mm
	$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$	4.91	mm
	$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$	34.09	mm

5.8.3.2 precipitación máxima para diferentes periodos de retorna

A) Para la área de intervención Chaquecocha de la microcuenca Ccancahua

Cuadro 63: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias. Área de intervención Chaquecocha.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años	Prob. Ocu.
24 hr	X24	45.59	52.65	57.33	63.24	67.62	71.97	82.02	62.92
18 hr	X18 = 91%	41.48	47.91	52.17	50.59	61.53	65.49	74.64	56.26
12 hr	X12 = 80%	36.47	42.12	45.86	50.59	54.09	57.58	65.62	50.33
8 hr	X8 = 68%	31.00	35.80	38.98	43.00	45.98	48.94	55.78	42.78
6 hr	X6 = 61%	27.81	32.12	34.97	38.57	41.25	43.90	50.04	38.38
5 hr	X5 = 57%	25.98	30.01	32.68	36.04	38.54	41.02	46.75	35.86
4 hr	X4 = 52%	23.71	27.38	29.81	32.88	35.16	37.42	42.65	32.72
3 hr	X3 = 46%	20.97	24.22	26.37	29.09	31.10	33.11	37.73	28.94
2 hr	X2 = 39%	17.78	20.53	22.36	24.66	26.37	28.07	31.99	24.54
1 hr	X1 = 30%	13.68	15.79	17.20	18.97	20.29	21.59	24.61	18.87

Fuente: Elaboración propia.

B) Para el área de intervención Capillani.

cuadro 64: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias. Area de intervención Capillani.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	40.327	46.896	51.245	56.740	60.817	64.863	74.214
18 hr	X18 = 91%	36.698	42.675	46.633	45.392	55.343	59.026	67.535
12 hr	X12 = 80%	32.262	37.517	40.996	45.392	48.653	51.891	59.371
8 hr	X8 = 68%	27.423	31.889	34.847	38.583	41.355	44.107	50.466
6 hr	X6 = 61%	24.600	28.607	31.260	34.612	37.098	39.567	45.271
5 hr	X5 = 57%	22.987	26.731	29.210	32.342	34.666	36.972	42.302
4 hr	X4 = 52%	20.970	24.386	26.647	29.505	31.625	33.729	38.591
3 hr	X3 = 46%	18.551	21.572	23.573	26.101	27.976	29.837	34.138
2 hr	X2 = 39%	15.728	18.289	19.986	22.129	23.719	25.297	28.943
1 hr	X1 = 30%	12.098	14.069	15.374	17.022	18.245	19.459	22.264

Fuente: Elaboración propia.

5.8.3.3 Cálculo de la Intensidad de precipitación vs tiempo de duración

a) Para el área de intervención Chaquecocha de la microcuenca Ccancahua

Para ello en base a la ecuación de intensidad de precipitación (I) (mm/hr), válida para la microcuenca Ccancahua, se han obtenido los datos de intensidad de precipitación para distintos periodos de duración tal como se observa en el cuadro.

Ecuación válida para la zona de intervención Chaquecocha, resulta:

$I = \frac{169.076 * T^{0.105}}{0.619 t}$	<p>Donde:</p> <p>I = intensidad de precipitación (mm/hr)</p> <p>T = Periodo de Retorno (años)</p> <p>t = Tiempo de duración de precipitación (min)</p>
---	---

Cuadro 65: Tabla de Intensidades – Tiempo de duración área de intervención Chaquecocha.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	67.15	43.73	34.02	28.47	24.80	22.15	20.14	18.54	17.24	16.15	15.23	14.43
5	73.90	48.12	37.44	31.34	27.30	24.38	22.17	20.41	18.97	17.78	16.76	15.88
10	79.46	51.74	40.26	33.70	29.35	26.22	23.83	21.94	20.40	19.11	18.02	17.07
25	87.46	56.95	44.31	37.09	32.30	28.86	26.23	24.15	22.45	21.04	19.83	18.79
50	94.03	61.23	47.65	39.88	34.73	31.03	28.20	25.97	24.14	22.62	21.32	20.20
100	101.11	65.84	51.23	42.87	37.34	33.36	30.32	27.92	25.96	24.32	22.93	21.72
500	119.65	77.92	60.63	50.74	44.19	39.48	35.89	33.04	30.72	28.78	27.13	25.71

Fuente: elaboración propia

b) Para la zona de intervención Capillani de la microcuenca Capillani.

También en base a la ecuación de intensidad de precipitación (I) (mm/hr), válida para la microcuenca Capillani, se han obtenido los datos de intensidad de precipitación para distintos periodos de duración tal como se observa en el cuadro

Ecuación de intensidad válida para la zona de intervención Capillani, resulta:

$I = \frac{0.105 * T}{0.619 t}$	<p>Donde: I = intensidad de precipitación (mm/hr) T = Periodo de Retorno (años) t = Tiempo de duración de precipitación (min)</p>
---------------------------------	---

Cuadro 66: Tabla de Intensidades – Tiempo de duración área de intervención Capillani.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	59.74	38.90	30.27	25.33	22.07	19.71	17.92	16.50	15.34	14.37	13.55	12.84
5	65.75	42.82	33.31	27.88	24.29	21.69	19.72	18.16	16.88	15.81	14.91	14.13
10	70.70	46.04	35.82	29.98	26.11	23.33	21.20	19.52	18.15	17.00	16.03	15.19
25	77.81	50.67	39.42	33.00	28.74	25.67	23.34	21.49	19.98	18.71	17.64	16.72
50	83.66	54.48	42.39	35.48	30.90	27.60	25.09	23.10	21.48	20.12	18.97	17.98
100	89.96	58.58	45.58	38.15	33.23	29.68	26.98	24.84	23.09	21.64	20.40	19.33
500	106.45	69.32	53.94	45.14	39.32	35.12	31.93	29.40	27.33	25.60	24.14	22.87

5.7.1 Curvas intensidad duración frecuencia (IDF) MC.

Para considerar la variación de la intensidad con la frecuencia, se ha fijado, una duración determinada. Analizando los datos de la estación pluviométrica de Sicuani, se puede escoger el máximo de cada año, para cada duración t, organizando una tabla de una serie anual, constituida por n valores máximos susceptible de ser tratada estadísticamente para determinar las frecuencias de ocurrencia. Diversos métodos pueden ser usados, siendo el más común el de Chow-Gumbel que permite calcular el valor de la lluvia para un período de retorno dado, según la siguiente ecuación:

$I = \frac{0.105 * T}{0.619 t}$	<p>Donde: I = intensidad de precipitación (mm/hr) T = Periodo de Retorno (años) t = Tiempo de duración de precipitación (min)</p>
---------------------------------	---

$I = \frac{0.105 * T}{0.619 t}$	<p>Donde: I = intensidad de precipitación (mm/hr) T = Periodo de Retorno (años) t = Tiempo de duración de precipitación (min)</p>
---------------------------------	---

Figura 21 Curva Intensidad Duración y Frecuencia del área de intervención Capillani.

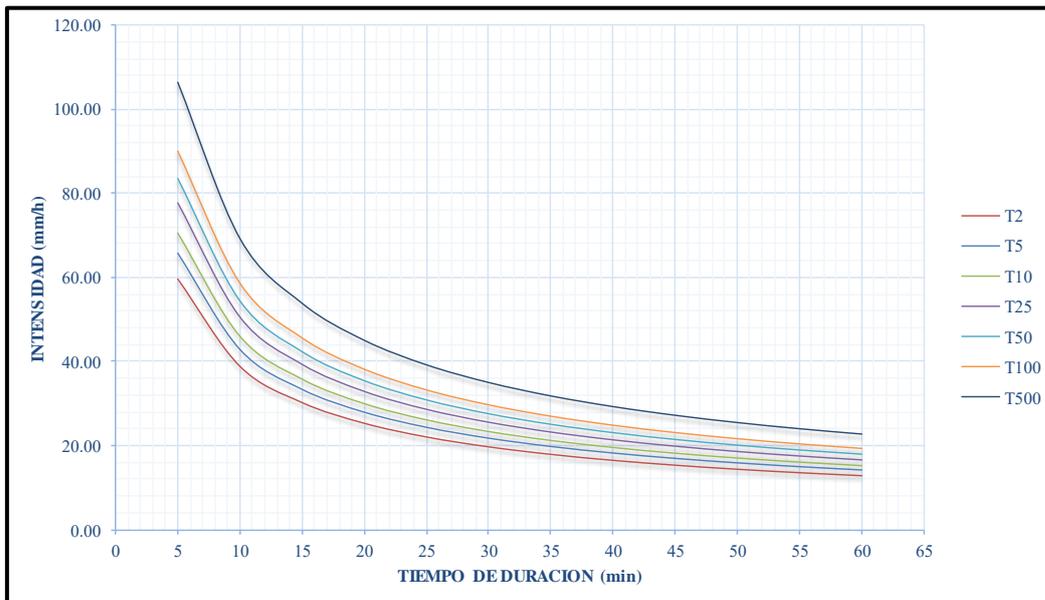
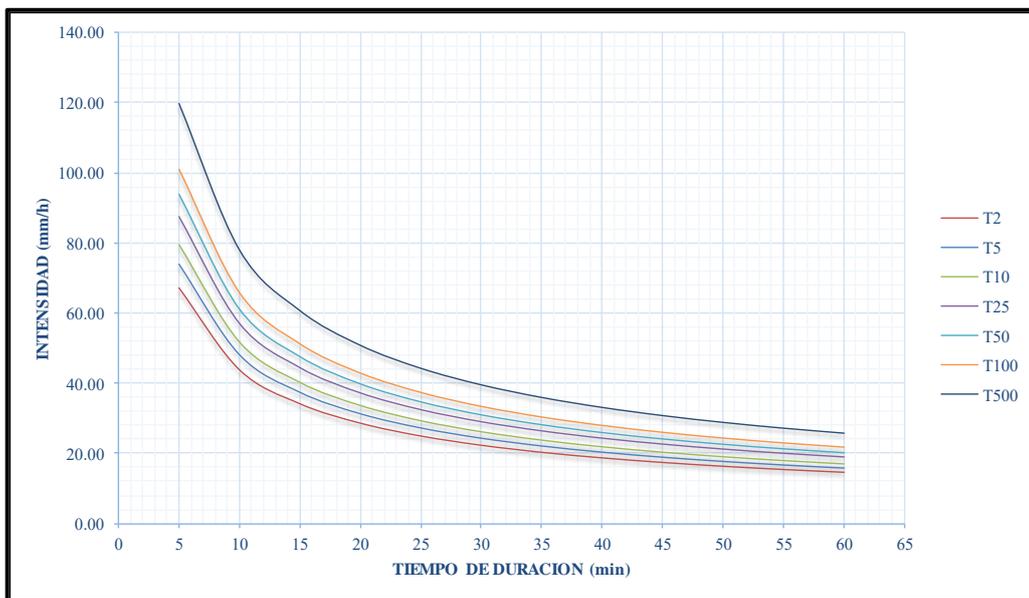


Figura 22: Curva Intensidad Duración y Frecuencia del área de intervención Chaquecocha.



Fuente: Elaboración propia

5.7.2 Generación del caudal máximo de diseño.

5.7.2.1 Tiempo de concentración microcuenca Ccancahua:

Según el tiempo de contracción que demore una corriente de agua en llegar desde el punto más extremo de la cuenca al punto de salida; Para lo cual se tiene la siguiente información:

A) Características morfométricas de las microcuencas Ccancahua y Capillani

Cuadro 67: Característica morfométricas microcuencas Ccancahua y Capillani

N°	microcuenca	Área (ha)	Área (Km2)	Longitud del Cauce Principal (m)	Longitud del Cauce Principal (km)	Cota (msnm)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)
						Máxima	Mínima		
1	Ccancahua	99.434	0.994	1522.02	1.522	4502	4435	67	0.044
2	Capillani	56.056	0.561	950.03	0.950	4243	3979	264	0.278

Fuente: Elaboración propia

B) Tiempo de concentración (horas) comparativo de la microcuenca Ccancahua y Capillani

Cuadro 68: Tiempo de concentración microcuencas Ccancahua y Capillani

Microcuenca	Kirpich	Giandotti	Temes	Promedio (hr)
Ccancahua	0.305	0.958	0.756	0.673
Capillani	0.104	0.340	0.369	0.271

Fuente: Elaboración propia

5.8.2.2 Periodo de retorno:

Para ambas microcuencas se ha considerado 100 años para el periodo de retorno de la no excedencia de la intensidad máxima.

$$T = 100 \text{ AÑOS}$$

5.8.2.3 Intensidad de precipitación

En base a las ecuaciones anteriormente calculadas se han obtenido las intensidades máximas para cada microcuenca tal como se observa a continuación.

a) Para la microcuenca Ccancahua

$I = \frac{0.105 * T}{0.619 t}$	Donde: I = intensidad de precipitación (mm/hr) T = Periodo de Retorno (años) t = Tiempo de duración de precipitación (min)
---------------------------------	--

I = 27.76 mm/hr

b) Para la microcuenca Capillani

$I = \frac{0.105 * T}{0.619 t}$	Donde: I = intensidad de precipitación (mm/hr) T = Periodo de Retorno (años) t = Tiempo de duración de precipitación (min)
---------------------------------	--

I = 46.36 mm/hr

5.8.2.4 Caudales máximos de diseño por el Método Racional

Dentro de los métodos empíricos más difundidos, pues según Villon (2011), de él derivan todos los demás métodos, y es apropiado para pequeñas cuencas de drenaje, que no excedan las 1300 ha o 13 km².

Para ello, el método racional supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de esta es igual al tiempo de concentración (tc). Cuando si ocurre, todas las áreas de intervención Chaquecocha y Capillani contribuirán con el caudal en el punto de salida de su área delimitada. Si la duración es mayor que el tiempo de concentración (tc), contribuye así mismo toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de lluvia es menor, por ser mayor su duración, y también por ser menor el caudal.

Aceptando este planteamiento, el caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, que representa la formula racional:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

- Donde:
- Q: Caudal máximo m³/s
 - C: Coeficiente de escorrentía, que dependen de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensiones.
 - I: Intensidad máxima de lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un periodo de retorno dado en mm/hr.
 - A: Área de la cuenca, en has.

Según las características de uso de suelo, tipo de suelos y pendiente, el coeficiente de escorrentía (Ce), se ha utilizado el promedio de los métodos: ONERN(Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales), Benites, Velasco, Razuri y Chow; para ambas microcuencas por estar en el mismo piso altitudinal y en las mismas condiciones físico geográficas se tiene un Ce = 0.38

Cuadro 69: Calculo de Coeficiente de escorrentía de las microcuencas Capillani y Ccancahua

Tipo de Suelo	Coeficiente de Escorrentía Según:					
	ONERN	Benites (1980)	Velasco (1991)	Razuri (1984)	Chow (1994)	Promedio
Vegetación Densa	0.32	0.35	0.36	0.35	0.53	0.38

Fuente: Elaboración propia

Finalmente remplazando en la formula Racional de los valores estimados, se tiene los caudales máximos de diseño para las áreas de intervención Chaquecocha y Capillani.

Siendo el caudal máximo que se espera que generen las zonas de intervención Chaquecocha y Capillani de:

A) Caudal máximo área de intervención Chaquecocha

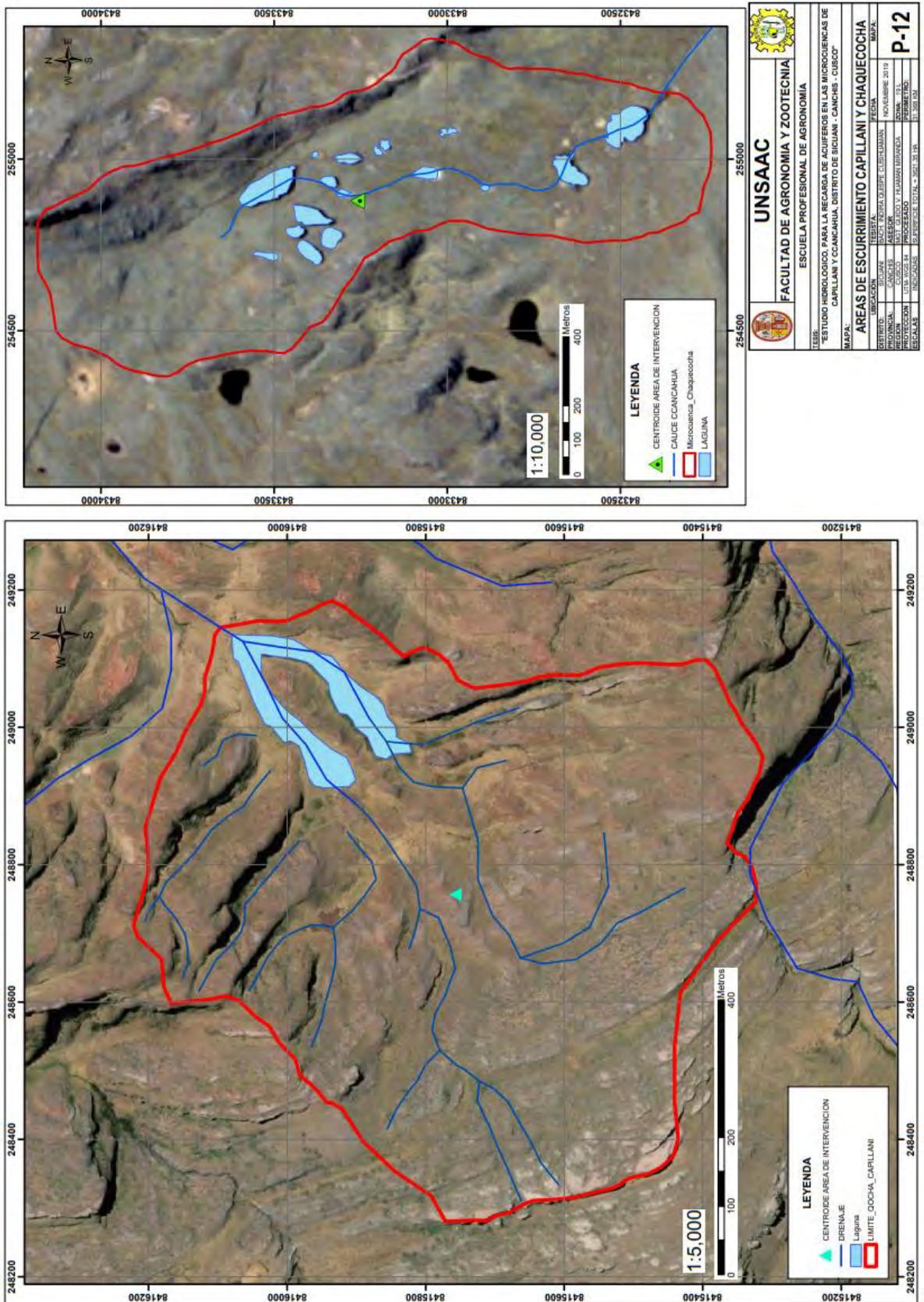
$$Q_{max} = 2.926 \text{ m}^3/\text{s}$$

B) Caudal máximo microcuenca Capillani

$$Q_{m\acute{a}x} = 2.577 \text{ m}^3/\text{s}$$

Estos datos servirán para el dimensionamiento de los aliviaderos de descarga en sus máximas avenidas de los diques de las presas.

Mapa satelital 12: áreas de escurrimiento de las áreas de intervención



5.7.3 Naturaleza geológica de la zona de intervención.

a) Geología de la microcuenca Ccancahua

Según información el INGEMMET (Instituto Minero Metalúrgico del Perú), La microcuenca de Ccancahua, presenta una evolución geológica con presencia de rocas que vienen del Pérmico superior (260 Ma) al Cretácico superior (80 Ma), así como material morrénico reciente o cuaternario que cubre las zonas depresionadas de esta cuenca. En resumen, su geología está conformada por:

Formación Pisac; constituye parte del grupo Mitu, su edad de formación va del Pérmico superior al Triásico inferior (PsTi-mi/pi), es de origen volcánico sedimentario, constituido por conglomerados está conformada.



Fotografía 4: Afloramientos de la formación Pisac.

Formación Murco; Roca de origen sedimentario, formada en el Jurásico superior al Cretácico inferior (JsKi-mu), está constituida por areniscas rojas o rosadas duras intercaladas con capas de lutitas rojas.

Formación Huancané; es una roca de origen sedimentario, originado en el Cretácico inferior (Ki-mu), litológicamente está conformada por areniscas cuarzosas, de color blanco y rosadas, altamente alterada y fracturada.

Formación Ayabaca; es una roca sedimentaria, pero de origen marino, formada en el Cretácico inferior al Cretácico superior (Kis-ay), su litología está conformada

por cuerpos de roca caliza, de color gris claro, con alto proceso de disolución Kárstica (cavernas).

Formación Vilquechico; es una roca sedimentaria formada en el Cretácico superior (Ks-vi), de litología conformada por lutitas rojas compactas.

Depósitos morrénico; Son depósitos de suelos transportados, que recubren las cimas depresionadas de estas montañas, tal como se observa en la fotografía, sobre ella se ubica la laguna Chaquecocha; el origen de estos suelos proviene de la deglaciación, ocurrido en los últimos 10 000 años (Ingemmet). Su litología está conformada por fragmentos de roca de diverso tamaños envueltos en una matriz arcillo limo arenoso, de espesor variable.



Fotografía 5: Paisaje de modelado flúvio glaciar alrededor de la laguna Chaquecocha.

b) Geología de la microcuenca Capillani

La evolución geológica de la microcuenca Capillani, por la antigüedad de las rocas que afloran en la microcuenca hace suponer que viene desde el periodo Silúrico (448 Ma), hasta los depósitos más recientes de suelo, denominados del cuaternario, su geología está conformada por:

Formación Ananea; Está conformado por rocas de origen metamórfico, que se originaron desde el periodo Silúrico al Devónico (SD-a); su litología está conformada por lutitas pizarrosas y se ubican al sur de la microcuenca.

Grupo Ambo; Está conformado por rocas de origen metamórfico, originada en el periodo Carbonífero inferior (Ci-a), su litología está constituida por esquistos intercalados con areniscas.

Formación Ausangate; Está conformado por rocas de origen Sedimentario, formada en el Paleógeno Paleoceno (Pp-au), su litología está conformada por lutitas y areniscas compactas. Aflora ampliamente desde la parte media a inferior de la cuenca.

Formación Muñani; Está conformada por rocas de origen sedimentario, originadas en el periodo Paleógeno paleoceno-eoceno (Ppe-mu), su litología está conformada por areniscas altamente fracturadas. Aflora ampliamente desde la parte media hasta la cabecera de la cuenca donde se ubica la laguna Capillani.



Fotografía 6: Formación Muñani, conformada por arenisca intercalada de lutitas

Depósito morrénico; Está conformada por depósitos originados por la deglaciación (10000 ac), que recubren las depresiones y laderas de la parte alta de la microcuenca; sobre ella se ubica la laguna Capillani. Su composición litológica

está conformada por fragmentos de roca de diversos tamaños envueltos en una matriz arcillo limo arenoso, de espesor variable.

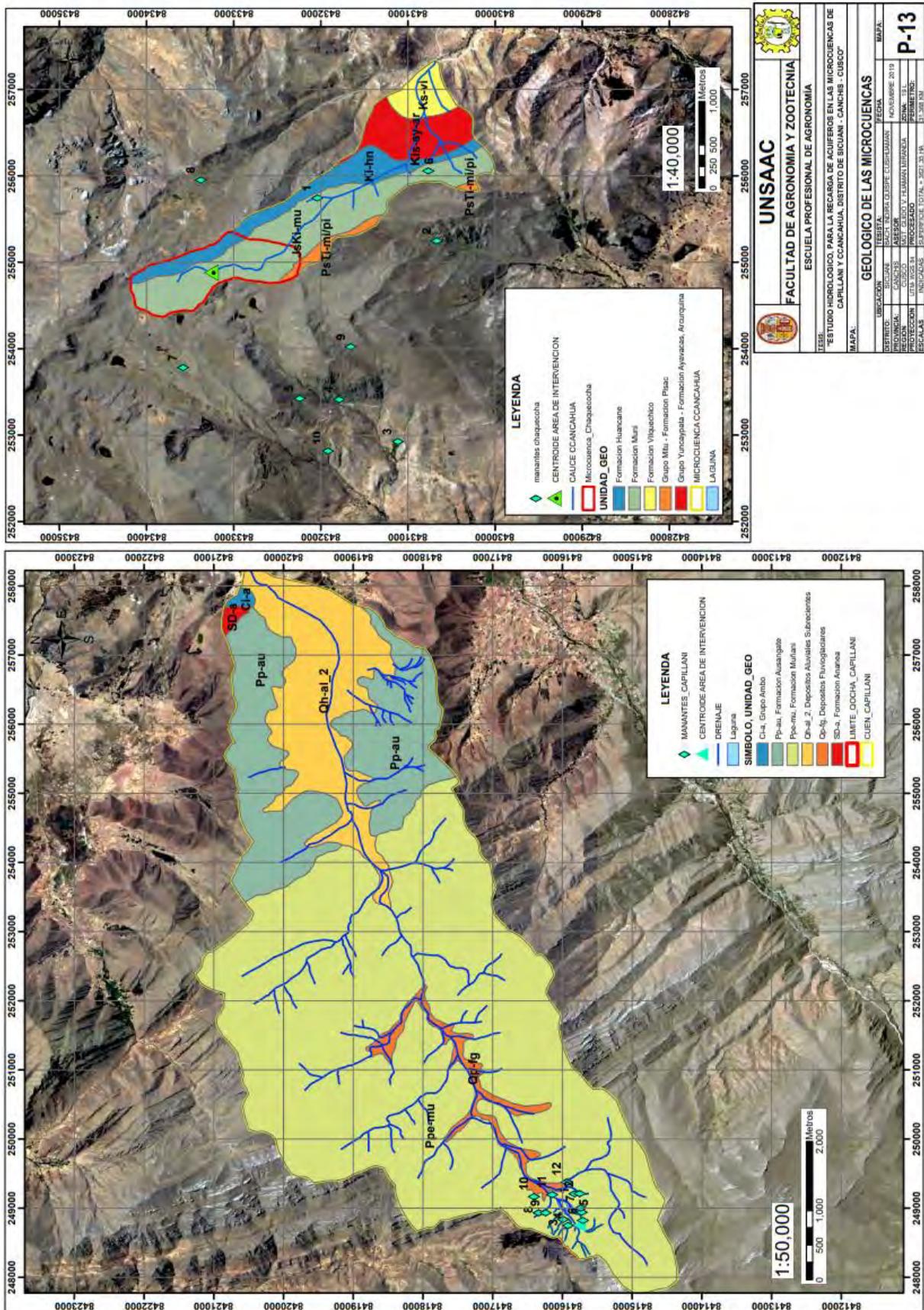


Fotografía 7: Corte de talud donde se muestra la forma de presentación de depósito de suelo morrénico.



Fotografía 8 : Acumulación de depósitos morrénico en el área de intervención Capillani.

Mapa satelital 13: Geología de las microcuencas Capillani y Ccancahua



5.7.4 Inventario de manantes.

Esta fase se realiza con la participación de los pobladores de las comunidades campesinas de Capillani y la comunidad campesina de Sunchuchumo, poblado principal en la microcuenca de Ccancahua. El método para medir caudal es el método volumétrico, para el cual se va disponer con un balde de 4l. de capacidad, cronometro, y un tubo pequeño de PVC de 2" de diámetro, para conducir el agua de los drenajes a un punto común.



Fotografía 9: Medición del caudal de manantes en la Comunidad Sunchuchumo y Capillani respectivamente

En el proceso de toma de información. Se ha elaborado una planilla, en la cual recoge la información más relevante referido al nombre del manante, la ubicación política y geo referencial, el régimen, el uso y su calidad a través de la conductividad eléctrica y salinidad (conductímetro eléctrico portátil). A continuación, se presenta un modelo de registro de información para el inventario de manantes de las microcuencas de Ccancahua y Capillani.

Cuadro 70: Modelo de planilla para obtener datos de inventario de manantes de la microcuenca Ccancahua

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION				COORDENADAS
NOMBRE	QUINSAPUGIO	NORTE		8433378
Microcuenca	CCANCAHUA	ESTE		255951.8
CONDUCTIVIDAD (μSm/cm)	124.4	ALTITUD		4035m
SALINIDAD (ppm)	0.08	UBICACION		
CAUDAL (l/s)	1.54	MICROCUENCA		Ccancahua
REGIMEN	PERMANENTE	DIST.		Sicuani
USO	LIBRE	PROV.		Canchis

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 71: Modelo de planilla para obtener datos de inventario de manantes de la microcuenca Capillani.

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION				COORDENADAS
NOMBRE	CHICHINA	NORTE		8416147.6
LUGAR	CAPILLANI	ESTE		249196.5
CONDUCTIVIDAD (μSm/cm)	79.5	ALTITUD		4051m
SALINIDAD (ppm)	0.02	UBICACION		
CAUDAL (l/s)	1.14	MICROCUENCA		CAPILLANI
REGIMEN	PERMANENTE	DIST.		Sicuani
USO	LIBRE	PROV.		Canchis

Fuente: Elaboración propia

cuadro 72: Inventario de manantes de la microcuenca Ccancahua

REGISTRO N°	ESTE	NORTE	ALTITUD	ZONA	NOMBRE	REGIMEN	CAUDAL (L/Sg)	T° (°C)	SALINIDAD PPM	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{m/cm}$	AMBIENTE GEOLOGICO DE SURGENCIA	UNIDAD GEOLOGICA	METODO DE AFORO	USO
1	255743.763	8432042.27	3918	19	PINCHAPUCGGIO	PERMANENTE	0.11		0.02	93.4	Rocas areniscas y luticas grano fino	Form Muni	VOLUMETRICO	LIBRE
2	255248.991	8430671.72	3924	19	ACCOGASA	PERMANENTE	0.19	12.3	0.02	66.3	Volcanico sedimentario	Form. Pisac	VOLUMETRICO	LIBRE
3	252925.945	8431136.23	3926	19	RIACHUELO HUAYROCANCHA	PERMANENTE BAJO A LA MITAD	3.15	8.9	0.09	218	Filitas y pizarras	Form. Ananea	VOLUMETRICO	LIBRE ABAJO CAPTAN PARA RIEGO
4	253412.779	8431790.91	3982	19	CHUÑUMASANA	PERMANENTE	3.87	7.5	0.06	144	Volcanico sedimentario	Form. Pisac	VOLUMETRICO	LIBRE
5	253423.362	8432243.35	4347	19	MINERO	PERMANENTE	4.21	8.8	0.05	119.3	Volcanico sedimentario	Form. Pisac	VOLUMETRICO	LIBRE CAPTADO PARA RIEGO
6	256056.357	8430768.63	4076	19	BOFEDAL MINERO PATA	PERMANENTE	2.86	13.2	0.06	145	Rocas areniscas y luticas grano fino	Form Muni	VOLUMETRICO	LIBRE
7	253780.936	8433581.15	4053	19	CARACHAYHUACAYOC	PERMANENTE	0.58	8	0.06	136.3	Volcanico sedimentario	Form. Pisac	VOLUMETRICO	LIBRE
8	255951.847	8433378.75	4062	19	QUIN SAPUGIO	PERMANENTE	1.54	9.4	0.08	124.4	Areniscas cuarzosas	Form Huancane	VOLUMETRICO	LIBRE
9	254021.708	8431657.15	4069	19	CHINCHACCOCHA2	INTERMITENTE	0.42	10.4	0.07	111.7	Volcanico sedimentario	Form. Pisac	VOLUMETRICO	PECUARIO
10	252815.205	8431939.08	4070	19	CHINCHACCOCHA	PERMANENTE	0.88	11.2	0.06	139	Volcanico sedimentario	Form. Pisac	VOLUMETRICO	AGUAS ABAJO CAPTADO PARA RIEGO

Fuente : elaboración propia

En Ccancahua, se inventario 10 manantes existentes , este inventario se ha realizado en la comunidad de Sunchuchumo, de los cuales según la clasificación de Meinzer el 60 % son de productividad media, con caudal que va de 0.88 a 4.21 l/s y el 40% son de productividad Baja con caudal que va de (0.11 a 0.58 l/s)

cuadro 73: Inventario de manantes de la microcuenca Capillani

REGISTRO N°	ESTE	NORTE	ALTITUD	ZONA	NOMBRE	REGIMEN	CAUDAL (L/Sg)	T° (°C)	SALINIDAD PPM	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{Sm/cm}$	AMBIENTE GEOLOGICO DE SURGENCIA	UNIDAD GEOLOGICA	METODO DE AFORO	USO
1	249208.4	8415827.7	4178	19	SORAPUCCGIO	PERMANENTE	2.56	7.9	0.02	74	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE
2	249211.6	8415753.1	4179	19	CCALPA	PERMANENTE	1.95	8	0.04	112.3	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE DESCARGA AL BOFEDAL
3	248838.5	8415989.6		19	PUCGIOCANCHA	PERMANENTE	3.31	10.4	0.05	122.4	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE AGRICULTURA PECUARIO
4	248749.6	8415919.8	4157	19	BOFEDAL CAPILLANI	PERMANENTE	2.14	11.9	0.05	130	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE
5	248941.1	8415725.6	3733	19	CHINCAC	TEMPORAL	SECO				Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani		LIBRE
6	248821.9	8415707.9	3830	19	ROSAWAURA	PERMANENTE	0.019	7.1	0.04	99.8	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE
7	249001.3	8415740.7	3893	19	MAMAPUGIO	PERMANENTE	2.89	8.6	0.08	120.4	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE, RIEGO AGUAS ABAJO
8	248933.8	8416342.9	3911	19	MUTUYCANCHA	TEMPORAL	SECO				Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani		
9	248933.8	8416242.8	4041	19	SUNCHUCHUMO	TEMPORAL	SECO				Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani		LIBRE SIN USO
10	249165.6	8416409.5	4043	19	PALMIRA	PERMANENTE	0.11	8.2	0.03	116.8	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE
11	249196.5	8416147.6	4051	19	CHICHINA	PERMANENTE	1.14	9.5	0.02	79.5	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE SIN USO
12	249376.7	8415938.8	4036	19	PUNCHAYPUCYO	PERMANENTE	0.12	12.5	0.02	61.6	Areniscas intercalado co lutitas	Form. Muñani	VOLUMETRICO	LIBRE SIN USO

Fuente : elaboración propia

En Capillani, se tiene inventariado un total de 12 manantes existentes de los cuales según la clasificación de Meinzer, indica que el 50% son de productividad media, con caudal que va de 1.14 a 3.31 l/s, el 16.7% son de productividad Baja con caudal que va de (0.11 a 0.12 l/s) el 8.3% son de productividad muy baja, con caudal de solo 0.019 l/s y el 25% están secos.

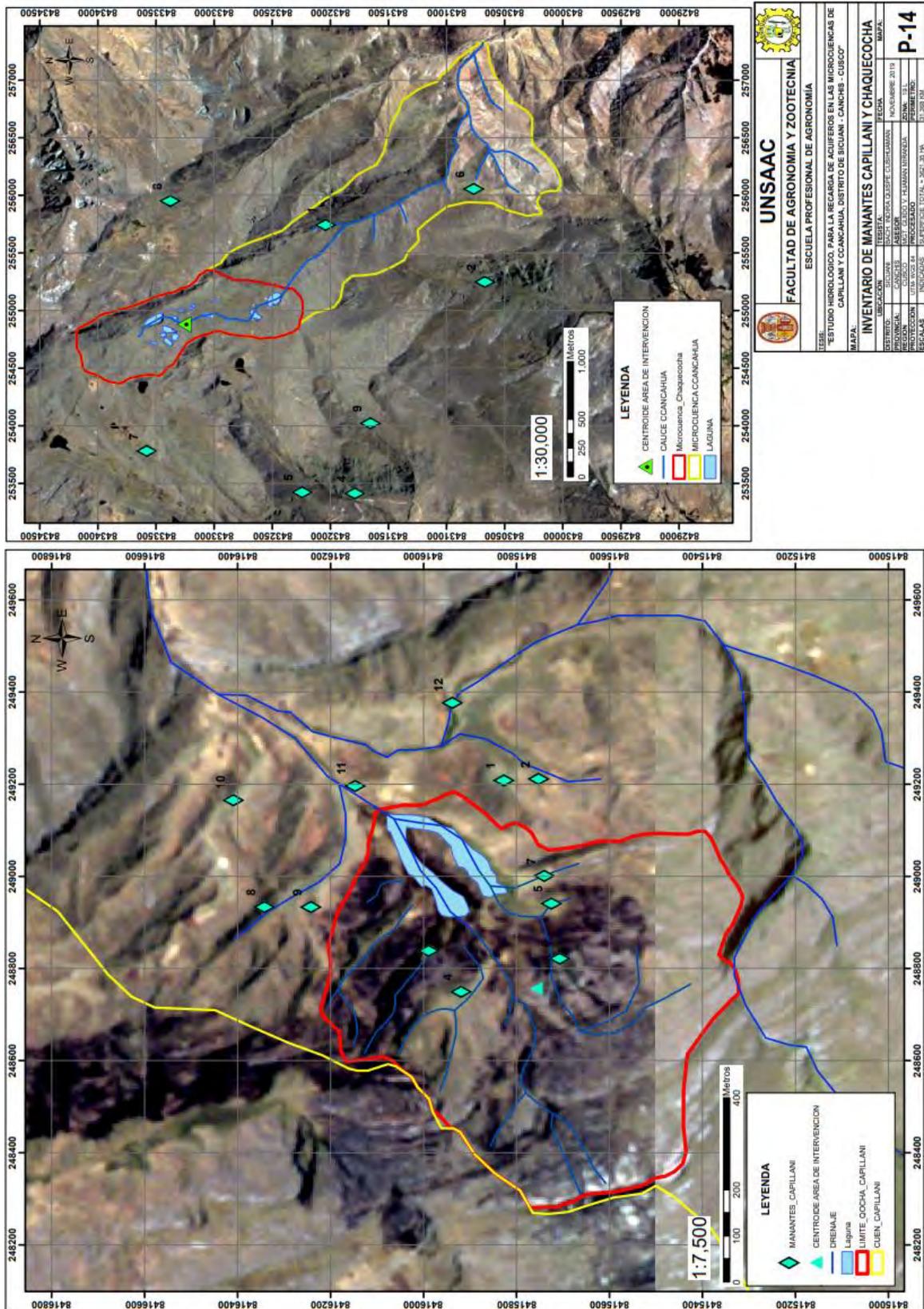
Cuadro 74: Según Meinzer, productividad de caudales (l/s)

Productividad	Categoría	Q l/s
Extremadamente bajo	3	$Q \leq 0.008$
Muy bajo	4	$0.008 < Q \leq 0.07$
Bajo	5	$0.07 < Q \leq 0.67$
Medio	6	$0.67 < Q \leq 6.67$
Regular	7	$6.67 < Q \leq 28$
Alta	8	$28 < Q \leq 280$
SD	----	SIN DATOS
Total		



Fotografía 10: Medicion de caudal de manantes de forma volumétrica

Mapa satelital 14: Inventario de manantes Capillani y Chaquecocha



UNSAAC
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

LEGE: ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA REGARDA DE ACUIFEROS EN LAS MICROCUENCAS DE CAPILLANI Y CACHACAMBA, DISTRITO DE SIOGANT, CANTÓN - CUSCO

MAPA: INVENTARIO DE MANANTES CAPILLANI Y CHAQUECOCHA

DEPARTAMENTO:	CUCHIS	INSTITUCIÓN:	UNSAAC
PROVINCIA:	ASBESOR	PROFESOR:	RODRIGUEZ, P. H.
MUNICIPIO:	UNSAAC	ESTADÍSTICO:	131
PROTECCIÓN:	UNSAAC	PROYECTO:	UNSAAC
ESCALAS:	INDICADAS	FECHA:	11/09/04

P-14

Volúmenes de descarga por microcuencas

En las unidades geológicas ubicadas hacia la parte baja de la **microcuenca de Ccancahua** se han identificado 10 manantes, con un volumen de descarga global de 17.81 l/s. haciendo una proyección mensual, el volumen total llega a 46 163.52 m³/mes, haciendo un volumen anual de descarga de 553, 962.24 m³/año. De los cuales el más representativo es el manante Minero con un caudal de descarga de 4.21 l/s (mes de agosto) y el más bajo está representado por el manante Pinchapucgio, con un volumen de descarga de 0.11 l/s.

En las unidades geológicas ubicadas hacia la parte baja de la **microcuenca de Capillani** se han identificado 12 manantes, con un volumen de descarga global de 14.24 l/s (agosto) haciendo una proyección mensual de 36 910.08 m³/mes, haciendo un volumen anual de descarga de 442 920.96 m³/año. de los cuales el más representativo es el manante Pucgiocancha con un caudal de descarga de 3.31 l/s (mes de 03 agosto) y el más bajo está representado por el manante Rosawaura, con un volumen de descarga de 0.019 l/s.



Fotografía 11: Inventario de manantes, microcuencas Ccancahua y Capillani

5.7.5 Pruebas de permeabilidad.

Uno de los indicadores que permite saber si la unidad parental es un buen almacenador y conductor de agua desde la superficie al interior de la misma es a través de las pruebas de permeabilidad; para ello se ha utilizado para el caso de roca los equipos y herramientas siguientes:

- Cincel acerado y comba de 10 libras.
- Un tubo de PVC de 0.50 cm de largo por 2 pulgadas de diámetro.
- Balde de 4 lt.
- Cronómetro y cinta métrica.
- GPS
- Material arcilloso para sellado de hoyo.



Fotografía 12: Pruebas de permeabilidad

La metodología usada para el presente tema es el denominado carga variable, en la que consiste en llenar el tubo con agua y medir periódicamente a tiempos constantes la altura de avance de caída de nivel de agua.

Los resultados de las pruebas se muestran en la tabla siguiente:

cuadro 75: Planilla de permeabilidad microcuenca Ccancahua

<i>Cod. pozo</i>	<i>Tipo de Material</i>	<i>Nro. Pruebas</i>	<i>Interv. Tiempo min.</i>	<i>Descenso cm.</i>	<i>V=AxDesc cm³</i>	<i>Q (infil) cm³/seg</i>	<i>Q (infil) lt/seg</i>	<i>K = cm/seg</i>	<i>K = m/día</i>
1	Formación Muni arenisca conglomeradita fracturada.	8	2	1.3	32.02	0.2668	0.0003	0.0108	9.36
2	Formación Huancané, arenisca cuarzosa fracturada, con matriz silicificada.	8	2	0.5	12.56	0.1047	0.0001	0.0043	3.67
3	Formación Ayabaca, Calizas compactas.	8	2	0.5	12.81	0.1067	0.0001	0.0043	3.74
4	Formación Vilquechico, Lutitas	8	2	0.2	4.93	0.0411	0.0000	0.0017	1.44

cuadro 76: Planilla de permeabilidad microcuenca Capillani

<i>Cod. pozo</i>	<i>Tipo de Material</i>	<i>Nro. Pruebas</i>	<i>Interv. Tiempo min.</i>	<i>Descenso cm.</i>	<i>V=AxDesc cm³</i>	<i>Q (infil) cm³/seg</i>	<i>Q (infil) lt/seg</i>	<i>K = cm/seg</i>	<i>K = m/día</i>
1	Formación Muñani. Areniscas fracturadas	4	2	2.0	48.77	0.4064	0.0004	0.0165	14.26
2	Formación Auzangate. Lutitas y areniscas	8	2	0.8	19.70	0.1642	0.0002	0.0067	5.76
3	Formación Muñani. Areniscas fracturadas	8	2	1.2	29.56	0.2463	0.0002	0.0100	8.64
4	Prueba de permeabilidad sobre material de cobertura.	8	2	0.1	1.23	0.0103	0.0000	0.0004	0.36

5.8 Clasificación de acuíferos

Finalmente, integrando la información de los indicadores para identificar un acuífero utilizando el cuadro de Emilio Custodio y Manual Llamas, se ha elaborado el mapa de acuíferos para las zonas de intervención (las lagunas Capillani y Chaquecocha).

Cuadro 77: Clasificación de materiales sedimentarios según su permeabilidad

Permeabilidad en (m/día)						
	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
Clasificación Geológica	Gravas Limpias	Gravas y arenas, o arenas gruesas	Arenas Finas o con mezcla de limos	Limos o arcillas arenosas	Arcillas compactas	
Clasificación Hidrogeológica	Buen acuífero		Acuífero pobre	Acuitardo	Prácticamente impermeable	

FUENTE: Custodio y Llamas (2001)

Cuadro 78: Distribución del área de unidades hidrogeológicas área de intervención Ccancahua

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	SIM	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Laguna	LG	4.47	4.38
Acuífero Sedimentario Fisurado	ASF	64.03	62.68
Acuífero Sedimentario Poroso No Consolidado	ASPNC	28.70	28.10
Acuitardo Volcánico Sedimentario	ATVS	4.95	4.85
total		102.16	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79: Distribución del área de unidades hidrogeológicas área de intervención Capillani

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	SIM	AREA (Ha)	AREA (%)
Acuífero Sedimentario Fisurado	ASF-mu	34.39	65.89
Acuífero Sedimentario Poroso no Consolidado	APNC-fg	17.80	34.11
Total		52.19	100.00

Fuente: Elaboración propia

5.9 Acciones de recarga.

Dentro de las acciones de recarga, una de las actividades identificadas es la construcción de represas en las lagunas de Chaquecocha y Capillani, para lo cual se realizaron trabajos desde el orden topográfico e hidrológico, con la finalidad de determinar los niveles de embalse hidrológicamente adecuados. Así mismo otra de las acciones de recarga identificadas, para la zona de estudio es la construcción de zanjas de infiltración. Todas estas acciones buscan aumentar la retención hídrica y por ende aumentar el volumen de almacenamiento de los acuíferos identificados en la zona de estudio.

Para lo cual se ha procedido en primer lugar a el levantamiento topográfico de las dos propuestas de represamiento con los resultados siguientes:

5.9.1 Represamiento de las lagunas de Chaquecocha y Capillani.

5.9.1.1 Levantamiento topográfico.

Se ha realizado este trabajo de levantamiento topográfico de las áreas de intervención Chaquecocha y Capillani, cuyo equipo utilizado es de estación total y por método de poligonación.



Fotografía 13: Levantamiento topográfico de las áreas de intervención Capillani y Chaquecocha

5.10.1.2 Características topográficas del área de embalse.

A) Laguna Chaquecocha

- Área = Área incrementada del espejo de agua = 13760.74 m².
- Perímetro = Perímetro incrementado del espejo de agua = 456.19 m²
- Volumen = Volumen incrementado de espejo de agua = 46656.2 m³
- Nivel = Nivel de cota de espejo de agua existente = 4480 m
- Nivel = Nivel de cota de espejo de agua proyectado = 4484 m

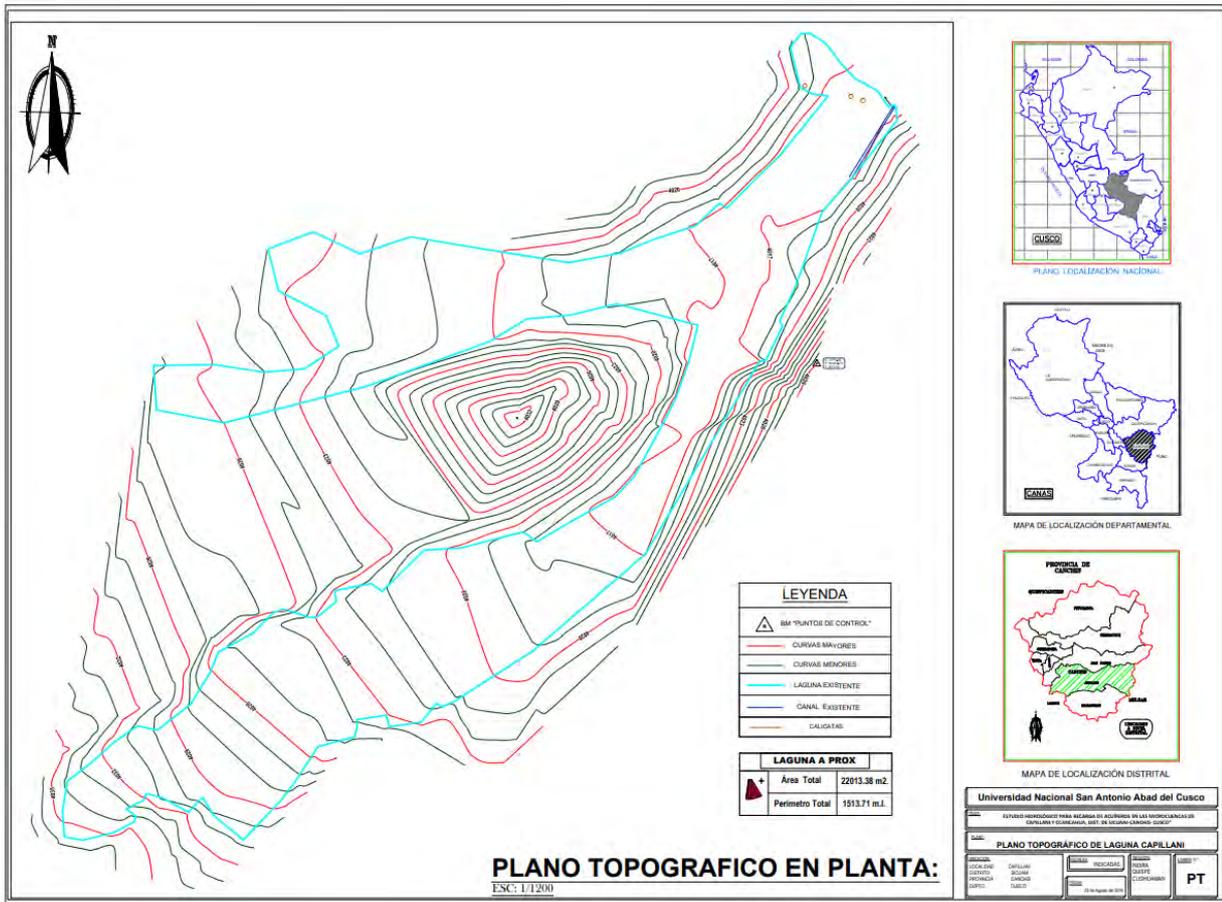


Fotografía14: Vista de laguna Chaquecocha zona de represamiento

B) humedal Capillani

- Área = Area incrementada del espejo de agua = 22 013.38 m².
- Perímetro = Perímetro incrementado del espejo de agua = 1513.71 m
- Volumen = Volumen incrementado de espejo de agua = 38844 m³
- Nivel = Nivel de cota de espejo de agua existente = 3983 m
- Nivel = Nivel de cota de espejo de agua proyectado = 3981 m

Plano 02: Altimétrico del espejo de agua de laguna Capillani



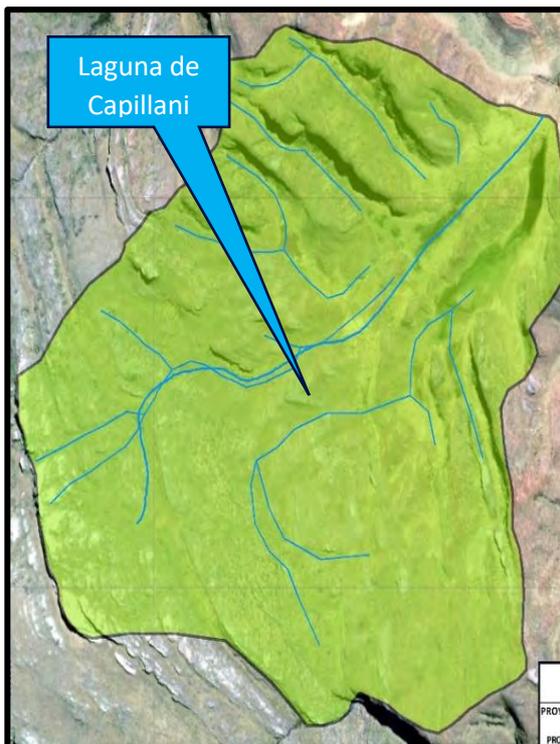
5.10.1.3 Cálculo del volumen de aporte hidrológico del área de escurrimiento.

A) Para la laguna Capillani (microcuenca Capillani).

Hidrológicamente el área de escurrimiento que alimenta a la laguna Capillani presenta un área de 99.434 ha, teniendo en cuenta que el coeficiente de escurrimiento es de 0.38 de acuerdo a las condiciones de pendiente, cobertura vegetal y textura de suelo, la precipitación media anual al 75% de persistencia para los meses de noviembre a abril, para ello se ha utilizado la fórmula de Continuidad expresado por la siguiente relación:

Área de escurrimiento laguna Capillani

$$V = 1000 * A_c * C_e * P_P$$



Donde:

V: Volumen de agua generado por la cuenca de escurrimiento (m^3)

A_c : Área de cuenca de escurrimiento (Km^2).

$$A_c = 0.99434 \text{ km}^2$$

C_e : Coeficiente de escorrentía = 0.38

P_P : Precipitación total anual periodo húmedo (mm)

$$P_P = 679.06 \text{ mm/año}$$

1000 : Constante conversión a (m^3)

Tabla 80: Precipitación media anual y al 75 % de persistencia para cálculo de Volumen de oferta hídrica Chaquecocha

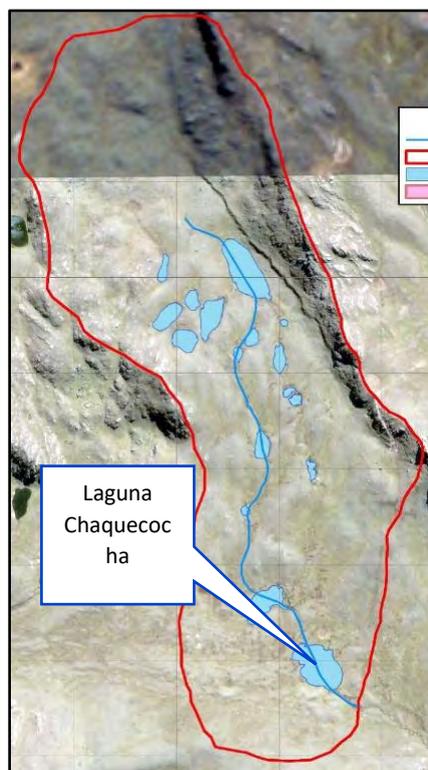
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	190.6	174.8	153.4	62.6	13.5	4.6	4.2	9.7	23.8	55.0	81.6	135.0	908.78
PE. 75% persistencia	164.37	152.56	132.35	48.83	8.24	0.30	0.04	1.70	15.58	40.49	62.74	118.20	745.41

$$V = 1000 * 0.99434 * 0.38 * 679.05$$

$$V = 256\,593.98 \text{ m}^3$$

B) Para la laguna Chaquecocha (microcuenca Ccancahua)

Hidrológicamente el área de escurrimiento que alimenta a la laguna Chaquecocha presenta un área de 56.056 ha, teniendo en cuenta que el coeficiente de escurrimiento es de 0.38 de acuerdo a las condiciones de pendiente, cobertura vegetal y textura de suelo, la precipitación media anual al 75% de persistencia para los meses de Noviembre a Abril, para ello se ha utilizado la fórmula de Continuidad expresado por la siguiente relación



Área de escurrimiento laguna Chaquecocha

$$V = 1000 * Ac * Ce * PP$$

Donde:

V: Volumen de agua generado por la cuenca de escurrimiento (m³)

Ac: Área de cuenca de escurrimiento (Km²).

$$Ac = 0.56056 \text{ km}^2$$

Ce : Coeficiente de escorrentía = 0.38

PP : Precipitación total anual periodo húmedo (mm)

$$PP = 679.06 \text{ mm/año} \quad 1000$$

: constante conversión a (m³)

Cuadro 81: Precipitación media anual y al 75 % de persistencia para cálculo de Volumen de oferta hídrica microcuenca Capillani

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	168.1	151.8	145.5	54.8	14.5	3.9	3.5	8.5	20.5	47.6	75.4	114.6	808.54
PE. 75% persistencia	146.25	135.29	126.08	44.74	9.16	0.50	0.00	1.34	14.06	34.60	59.96	101.78	673.76

Fuente: Elaboración propia

$$V = 1000 * 0.56056 * 0.38 * 614.10$$

$$V = 130\ 811.16\ m^3$$

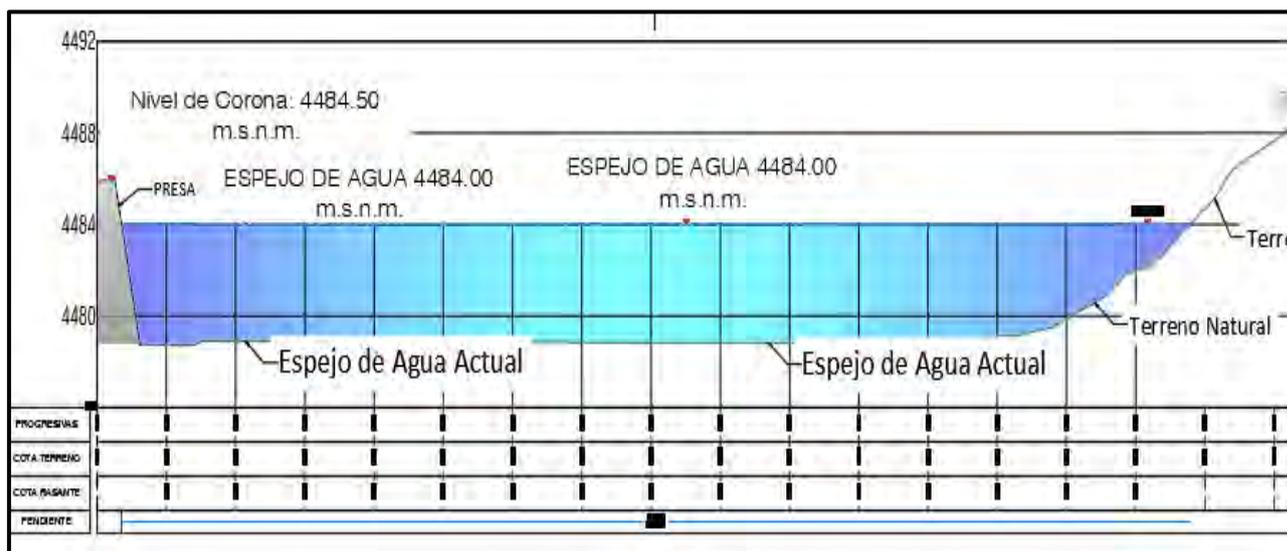
5.10.1.5 Capacidad de almacenamiento .

a) Para el área de intervención, laguna Chaquecocha

De acuerdo a las condiciones topográficas del relieve del vaso de almacenamiento, esta puede llegar a un nivel d embalse de 4 m, obteniendo un volumen de almacenamiento de 46 656.2 m³, , con una altura de corona de 0.50 m por encima del nivel de embalse

Comparando con el volumen hidrológico generado por su área de escurrimiento de 256 593.98 m³, garantiza el llenado de la represa Chaquecocha, el restante de agua de escurrimiento deberá regularse también con otras acciones de retención entre zanjas de infiltración, que permita también recargar el acuífero mayor conformado por la unidad geológica del grupo Mitu.

Figura 24: Sección de represamiento de laguna Chaquecocha.



cuadro 82: Puntos de control

Tabla de puntos de control			
Punto	Norte m ³	Este m ³	Elevación
A - 01	8432403.73	255086.10	4488.12
A - 02	8432380.40	255129.32	4485.39
A - 03	843246.49	255170.24	4482.52
BM-01	843215.94	255151.04	4479.46

Fuente: Elaboración propia

a) Para el área de intervención, humedal Capillani

De acuerdo las condiciones topográficas del área del vaso de almacenamiento, permite levantar su nivel hasta 4 m: Obteniendo un volumen nuevo de almacenamiento de 38,844 m³.

Comparando con el volumen hidrológico generado por su área de escurrimiento de 130,811.16 m³, garantiza el llenado de la represa Capillani, el restante de agua de escurrimiento deberá regularse también con otras acciones de retención, que permita también recargar el acuífero mayor conformado por la unidad geológica del grupo Muñani.

cuadro 83: Calculo de los volúmenes de almacenamiento en función al levantamiento topográfico área de intervención Capillani.

	Área embalse	Und.	Altura de embalse		Und.	Volumen entre cotas		Und.	Altura embalse	Volumen acumulado
A6	22632.69	m ²	H	1	m	V5 =	19988.610	m ³	5	58832.735
A5	17344.53	m ²	H	1	m	V4 =	15034.825	m ³	4	38844.125
A4	12725.12	m ²	H	1	m	V3 =	11145.140	m ³	3	23809.300
A3	9565.16	m ²	H	1	m	V2 =	7923.370	m ³	2	12664.160
A2	6281.58	m ²	H	1	m	V1 =	4740.790	m ³	1	4740.790
A1	3200	m ²		0					0	0

Fuente: Elaboración propia

Volumen de almacenamiento:

$$VT = 38\ 844.125\ m^3$$

para 4 m de altura de almacenamiento.

5.9.2 Zanjas de infiltración.

A lo largo de todas las áreas cubiertas de depósitos morrénicos, en las zonas de intervención, existen baja cobertura vegetal con poco desarrollo de pastos naturales, sin embargo la mayor parte del área en cabecera de cuenca es de aptitud forestal y áreas de protección ubicadas alrededor de las lagunas Chaquecocha y Capillani, que en conjunto suman más de 70.77 ha y que se encuentran ubicadas en las partes altas de las cuencas de Ccanchhua y Capillani, específicamente en las zonas de intervención seleccionadas.

En esta zona el promedio de precipitación bordea entre los 804.54mm/año para Capillani y 908.78 mm/año para Chaquecocha; por lo que garantiza la construcción de acequias, llamadas también zanjas de infiltración a fin de interceptar y captar el agua de escurrimiento superficial proveniente de las lluvias, para facilitar su infiltración, controlar la erosión de los suelos y humedecerlos más para favorecer la regeneración de la cubierta vegetal. El efecto de esta práctica es sumamente

positivo desde el punto de vista económico, social y ambiental tanto para la zona donde se construyan como para la cuenca en su conjunto, pues con esta medida se logrará disponer de más agua en el estiaje recargando los sistemas de acuífero, controlar la erosión y prevenir la ocurrencia de aluviones, además de ayudar a la regeneración de la cubierta vegetal, mejorando el paisaje escénico y la biodiversidad, así como también mejorando la producción de alimentos en las comunidades ubicadas en las partes bajas de la cuenca etc.

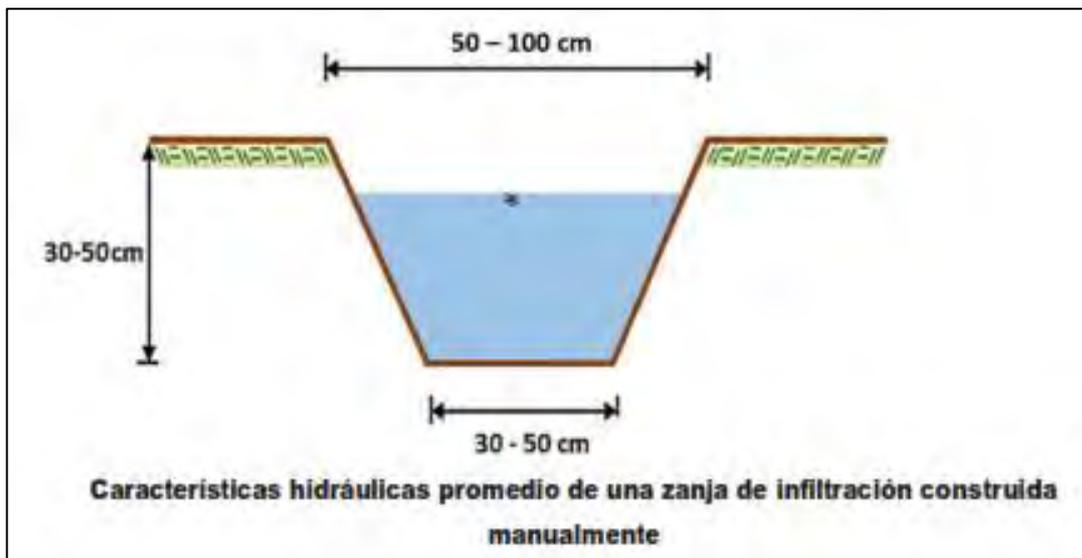
Las zanjas de infiltración deben construirse en sentido transversal a la pendiente máxima del terreno. Por la ubicación de la zona de estudio se es sugerible la construcción forma manual.

Según los manuales del PRONAMACHCS, Las características hidráulicas promedio de las zanjas construidas manualmente y determinadas para la sierra peruana son:

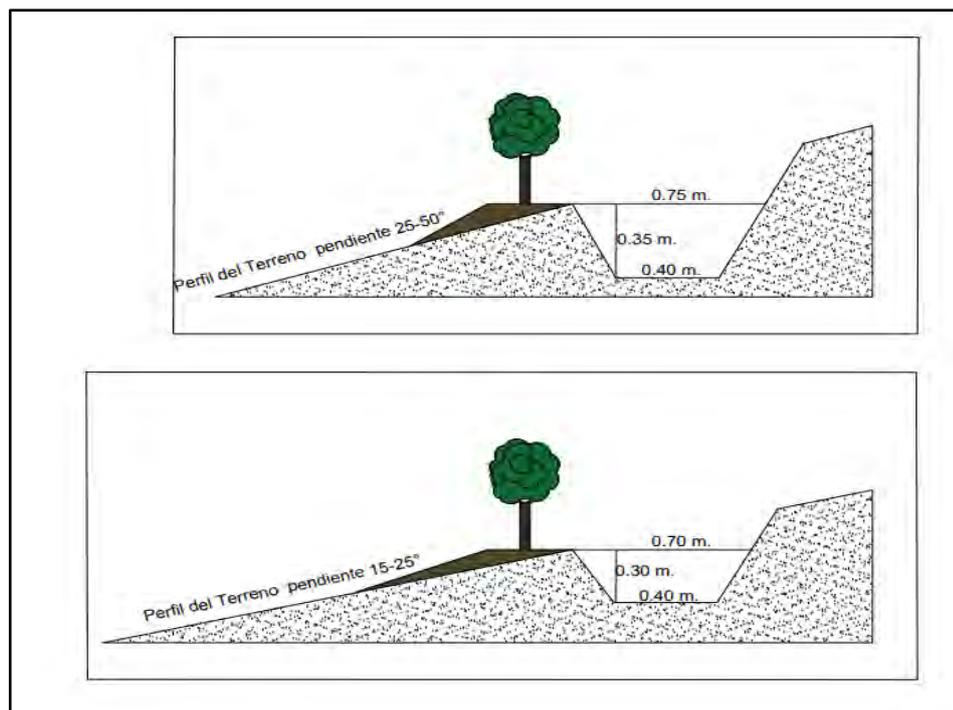
- Pendiente longitudinal cero,
- Ancho de la base inferior entre 30 – 50 cm,
- Ancho del borde superior entre 50 – 100 cm,
- Profundidad efectiva de zanja entre 30 –50 cm,
- Pequeños tabiques de unos 5 a 10 cm de espesor y espaciados cada 10 a 20 m a lo largo de la zanja de infiltración
- Espaciamiento superficial entre zanjas entre 10 a 15 m.

Con esta información básica utilizada para los cálculos de las características hidráulicas de las zanjas; se ha planteado para la zona de estudio en resumen el diseño siguiente:

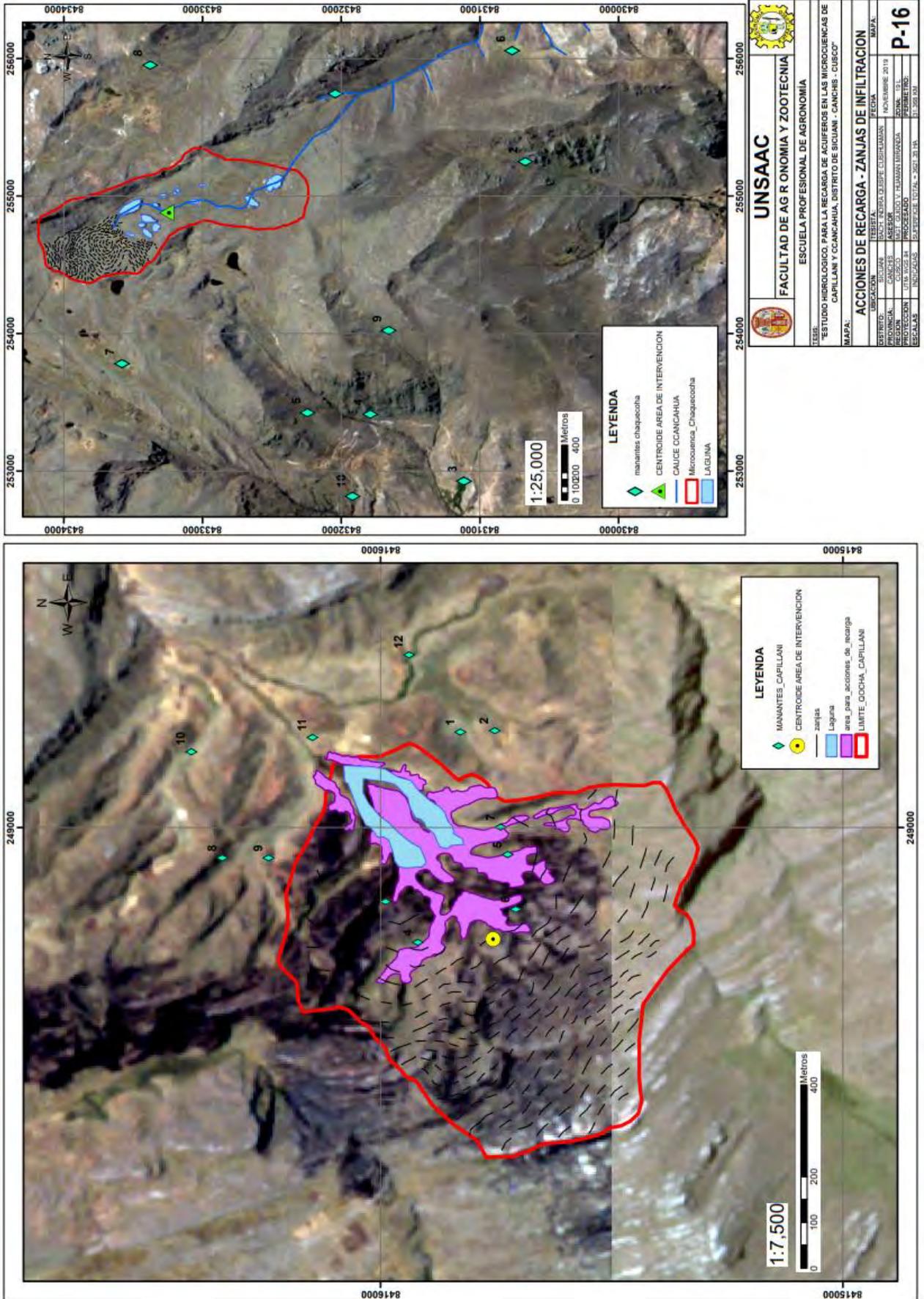
Figura 25: Acciones de recarga con zanjas de infiltración.



En las siguientes imágenes se plantea un diseño de tipo de zanjas de infiltración en función a la pendiente, la intensidad de precipitación máxima , procesado en el programa



Mapa satelital 16: Acciones de recarga – Zanjas de infiltración



UNSAAC
 ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
 FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

TEMA: ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA RECARGA DE ACUIFEROS EN LAS MICROCUENCAS DE CAPILLANI Y CCANCAHUA, DISTRITO DE SICUANI - CANCRES - CUSCO*

MAPA: ACCIONES DE RECARGA - ZANJAS DE INFILTRACION

DEPARTAMENTO:	SICUANI	FECHA:	FECHA
DISTRITO:	SICUANI	FECHA:	FECHA
PROVINCIA:	CANCRES	ASesor:	POLOMARIS 2019
PROYECTO:	ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA LA RECARGA DE ACUIFEROS EN LAS MICROCUENCAS DE CAPILLANI Y CCANCAHUA, DISTRITO DE SICUANI - CANCRES - CUSCO*	PROYECTO:	PROYECTO
ESCALAS:	INDICADAS	ESCALA:	1:25000

P-16

5.10 Plan de acciones para recarga de acuíferos.

Las microcuencas de Capillani y Ccancahua son unidades ecológicas importantes por beneficiar de agua, suelo, cobertura de pastizales entre otras a las comunidades campesinas Sunchuchumo y Capillani.

El presente plan pretende revertir condiciones de deterioro ambiental de las microcuencas, a través de acciones de acondicionamiento y manejo de los recursos naturales agua, suelo y cobertura vegetal; con lo cual se permitirá su conservación y un incremento de la disponibilidad hídrica y capacidad productiva.

El objetivo del plan es promover una gestión ambiental adecuada en las microcuencas, dentro de una perspectiva de manejo sostenido y sustentable de los recursos naturales.

5.10.1 Componentes y actividades del plan

Con la finalidad de contribuir a la recarga de los acuíferos en las microcuencas de Ccancahua y Capillani se ha establecido un conjunto de componentes, actividades y metas , como se muestra en el siguientes cuadro:

cuadro 84: Plan de actividades

COMPONENTE	ACTIVIDADES	METAS
<ul style="list-style-type: none">Acciones para la recarga de acuíferos	<ul style="list-style-type: none">Almacenamiento de aguaRecuperación de cobertura vegetalConstrucción de zanjas de infiltración	<ul style="list-style-type: none">Construcción de 2 represas en las lagunas de chaquecocha y CapillaniManejo de pastizalesÁrea reforestadaZanjas de infiltración
<ul style="list-style-type: none">Fortalecimiento de capacidades en manejo de cuencas	<ul style="list-style-type: none">Capacitación en manejo y conservación de cabecera d cuencas para recuperación de acuíferos	<ul style="list-style-type: none">Capacitación en manejo de forestación y reforestación con especies nativas de la zonaCapacitación en construcción y manejo de zanjas de infiltraciónManejo de pastoreo en áreas de intervención

Fuente: Elaboración propia en base a las propuesta de los talleres participativos

1.- Acciones para la recarga de acuíferos

Se ha previsto un conjunto de actividades, que en una primera instancia estará orientada al almacenamiento de las lagunas de Ccancahua y Capillani mediante la construcción de las estructuras de represamiento de las agua de esorrentía; seguida de la preservación y recuperación de la cubierta vegetal, complementada con la construcción de zanjas de infiltración que contribuirá a controlar la esorrentía superficial, permitiendo el incremento de la infiltración del agua; se ha previsto también la instalación de plantaciones forestales con especies nativas, permitiendo de esta manera una recuperación de la zona en el corto y mediano plazo; para lo cual será importante la participación de la población beneficiaria en las diferentes etapas que comprende la implementación de las actividades, así como en el uso racional y sostenible de los recursos naturales.

2.- Recuperación de la cobertura vegetal

➤ Manejo del pastizal

En la actualidad las microcuencas, tienen un potencial de tierras con aptitud para pastos, calificándose su calidad como baja.

Frente a esta problemática, se ha previsto un conjunto de actividades que van ha permitir revertirla en el corto y mediano plazo, mediante el manejo de la pradera natural que permita un aprovechamiento racional y sostenido del mismo.

- Pastoreo rotativo en las áreas de pastizal no muy degradadas
- Zanjas de infiltración

El pastoreo rotativo, consiste en la zonificación de áreas de pastoreo temporal por un determinado periodo, en función al número de cabezas de ganado o unidades ovino, efectuándose el pastoreo temporal por canchas, la rotación de la pradera se hará a lo largo del año.

Con el fin de garantizar una buena recuperación del pastizal, se construirán zanjas de infiltración en la toda la zona de pastizales, permitiendo de esta manera reducir y controlar la escorrentía superficial y favorecer la infiltración del agua de lluvia.

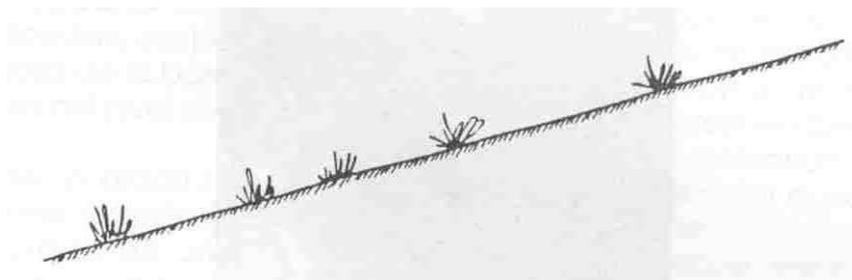
➤ **Reforestación con especies nativas.**

Forestación masiva

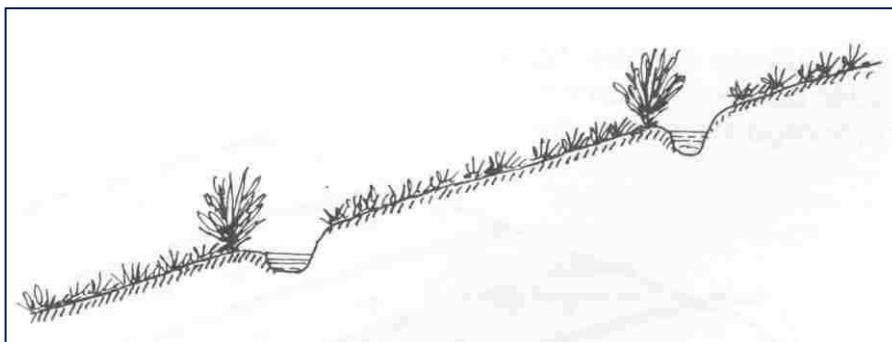
Se instalarán plantaciones forestales masivas en base a especies arbóreas como el chachacomo, keuña, kiswar entre otros para lo cual se tendrá en cuenta los requerimientos de suelo por cada especie, no efectuando las plantaciones en las zonas de humedales y por encima de los manantes, por generar competencia por el agua.

La forestación es con fines de protección se harán en las áreas de suelos forestales degradados, utilizándose para ello preferentemente especies forestales nativas como el Kolle (Buddleja coriacea) Kiswar (Buddleja longifolia), Chachacomo (Escallonia resinosa) ichu.

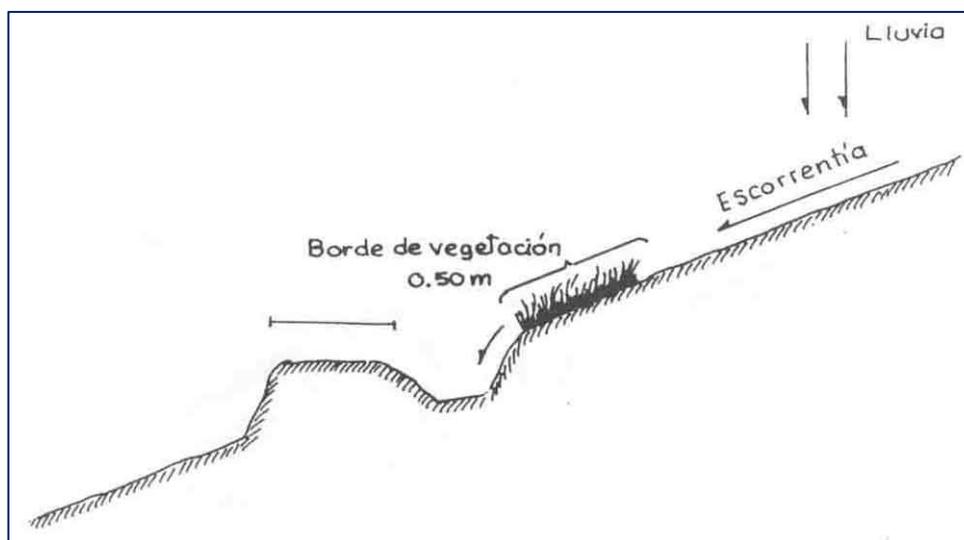
El sistema de plantación se hará en tres bolillos, con un distanciamiento de 3x3 metros entre plantas y entre líneas, con un promedio de 1200 plantas por hectárea, complementadas con la construcción de zanjas de infiltración, con el fin de reducir la degradación de los suelos por la erosión y favorecer el desarrollo de las plantaciones al incrementar la humedad del suelo, las zanjas estarán distanciadas en función de la pendiente del terreno.



Laderas originales, con pastizales ralo



Ladera con zanjas de infiltración. El pastizal es más denso por efecto de la mayor humedad del suelo



Protección del borde superior de la zanja de infiltración con pastos, para favorecer la retención del suelo arrastrado por el agua

3.- Organización, capacitación y educación ambiental

➤ Organización

Uno de los aspectos relevantes dentro de la Gestión Ambiental, lo constituye la organización y esta debe de estar muy bien fortalecida, permitiendo la participación de cada una de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales existentes en la zona para lo cual se plantea la conformación de una junta directiva reconocida jurídicamente que presida y tenga las siguientes funciones:

- Constituir un órgano de asesoramiento y consultivo en el aspecto ambiental
- Constituirse en un organismo concertador y coordinador, para lograr la participación de toda la población en su conjunto en la implementación y ejecución de la capacitación y educación ambiental.
- Constituir un organismo de gestión con la municipalidad para la ejecución de las diferentes actividades.

Dentro de las actividades prioritarias que deberá de tener el Comité de Gestión en coordinación con la Municipalidad Distrital y Provincial

➤ **Educación ambiental**

Esta actividad es importante dentro de la gestión ambiental que involucra a todas las instituciones públicas y privadas, organizaciones de base, grupos organizados. Consiste en la implementación de un programa de promoción y difusión sobre los aspectos técnicos, legales y otros, que nos permitan lograr la participación de las comunidades.

En la actualidad no existe un programa de educación ambiental en la zona, donde la población en su conjunto desconoce sobre las normas y demás dispositivos legales existentes sobre la protección y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Por lo que es importante la ejecución de las siguientes actividades

- Programas de difusión y Promoción a través de los diferentes medios de comunicación social y otros materiales de difusión y capacitación. En forma semanal, mensual, etc.
- Charlas de motivación sensibilización en los Centros Educativos, instituciones y organizaciones de base. Se provee unas 10 charlas por año
- Señalización y Carteles alusivos a la protección y conservación del medio ambiente.

- Labores y Jornadas de limpieza de las microcuencas.

➤ **Capacitación**

En la actualidad los pobladores del ámbito de las microcuencas, no cuentan con la asistencia técnica en los diferentes aspectos y actividades que se desarrollan en la zona; lo que ha generado que se haga un uso y explotación irracional de los recursos naturales, sin tener en cuenta los riesgos que generan el mal uso de los mismos. Así como el desconocimiento de los dispositivos legales que norman el uso de los mismos.

Para lo cual la organización tendrá que exigir el apoyo de las municipalidades.

5.11 Demanda hídrica de las microcuencas Capillani y Ccancahua

A) Demanda de agua poblacional.

Dentro del ámbito en estudio, el uso del agua para fines poblacionales tanto urbano como rural, proviene principalmente de fuentes hídricas superficiales como manantiales, ríos y riachuelos (quebradas) ubicadas en la zona altas de los cauces; por lo que, para determinar la demanda de los recursos hídricos presentes en el ámbito de estudio, se hace necesario conocer la población directamente beneficiaria con sus respectivas necesidades;

Para centros poblados en la zona rural, se tiene que el consumo per cápita de agua es de 100 l/día/hab. (Según Ministerio de Salud, en sus normas generales para proyectos de abastecimiento de agua potable). Mientras que en zonas urbanas el consumo per cápita de agua es de 150 l/día/hab. (Según Dirección Técnica de SEDA – CUSCO, Entidad Municipal Prestadora de Servicios de Saneamiento del Cusco S.A).

cuadro 85: Demanda hídrica actual para consumo humano por comunidad

COMUNIDADES	CONSUMO PROMEDIO (l/día)	Nº DE HABITANTES	CONSUMO HUMANO(l/día)
Sunchuchumo	100	640	64000
Capillani	100	120	12000
total		760	76000

Elaborado con datos del MINSA(Ministerio de Salud) – INEI

Por consiguiente, la demanda de agua con fines poblacionales para la microcuenca Ccancahua es de 64,000 l/día y para la microcuenca de Capillani es de 12,000 l/día;

B) Demanda de agua pecuaria

Los datos promedios obtenidos del padrón comunal en las áreas de intervención. Se determinó la cantidad de animales por familia, En el cuadro se muestra un estimado de la demanda de agua de las principales especies pecuarias y/o domésticas sobre la base de datos de población adecuada del INEI-1998 en cuencas y distritos y requerimientos de agua para cada especie. Para fines de cálculo se asume ciertas condiciones homogéneas en especial respecto a la edad animal para los que se asume pesos corporales cercanos a la madurez plena por lo tanto la materia seca , cantidad de agua calculada resulta mayor a lo que se obtendría considerando todas las particularidades heterogéneas .

cuadro 86: Demanda potencial de agua para la población pecuaria de la microcuenca Capillani

ESPECIES ANIMALES	PESO VIVO PROMEDIO UNIDAD ANIMAL (Kg/ peso vivo)	CONSUMO DE MATERIA SECA POR UNIDAD PESO VIVO (Kg/ (mat seca) (Kg/(peso vivo)	MATERIA SECA CONSUMIDA POR UNIDAD ANIMAL POR DIA (Kg m.s /dia)	CONSUMO DE AGUA POR UNIDAD PESO MATERIA SECA CONSUMIDA (l/dia) (Kg m.s.)	CONSUMO DE AGUA POR DIA POR UNIDAD ANIMAL (l/dia)	POBLACION PECUARIA TOTAL	CONSUMO TOTAL DE AGUA (l/dia)	CONSUMO TOTAL DE AGUA (l/s)
VACUNOS	300.0	0.030	9.000	3.5	31.500	120	3780.0	0.04
OVINOS	30.0	0.030	0.900	2.0	1.800	1100	1980.0	0.02
CAMELIDOS	40.0	0.030	1.200	2.0	2.400	50	120.0	0.00
PORCINOS	48.0	0.030	2.400	2.5	6.000	150	900.0	0.01
AVES	2.5	0.033	0.081	2.0	0.163	230	37.4	0.00
CUYES	0.5	0.033	0.016	2.0	0.033	300	9.8	0.00
CONSUMO DE AGUA							6827.1	0.08

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos y el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática)

La demanda real pecuaria para la microcuenca de Capillani es de **0.08 l/s**. a ello se incrementa un 50 % más por mantenimiento de instalaciones pecuarias dando un caudal pecuario total de **0.12 l/s**

cuadro 87: Demanda potencial de agua para la población pecuaria de la microcuenca Ccanchahua

ESPECIES ANIMALES	PESO VIVO PROMEDIO UNIDAD ANIMAL (Kg/ peso vivo)	CONSUMO DE MATERIA SECA POR UNIDAD PESO VIVO (Kg/ (mat seca) (Kg/(peso vivo)	MATERIA SECA CONSUMIDA POR UNIDAD ANIMAL POR DIA (Kg m.s /dia)	CONSUMO DE AGUA POR UNIDAD PESO MATERIA SECA CONSUMIDA (l/dia) (Kg m.s.)	CONSUMO DE AGUA POR DIA POR UNIDAD ANIMAL (l/dia)	POBLACION PECUARIA TOTAL	CONSUMO TOTAL DE AGUA (l/dia)	CONSUMO TOTAL DE AGUA (l/s)
VACUNOS	300.0	0.030	9.000	3.5	31.500	410	12915.0	0.15
OVINOS	30.0	0.030	0.900	2.0	1.800	1400	2520.0	0.03
CAMELIDOS	40.0	0.030	1.200	2.0	2.400	60	144.0	0.00
EQUINOS	400.0	0.030	12.000	4.0	48.000	15	720.0	0.01
PORCINOS	48.0	0.030	2.400	2.5	6.000	300	1800.0	0.02
AVES	2.5	0.033	0.081	2.0	0.163	780	126.8	0.00
CUYES	0.5	0.033	0.016	2.0	0.033	1680	54.6	0.00
CONSUMO DE AGUA							18280.4	0.21

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos y el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática)

La demanda real pecuaria para la microcuenca de Capillani es de **0.21 l/s**. a ello se incrementa un 50 % más por mantenimiento de instalaciones pecuarias dando un caudal pecuario total de **0.315 l/s**

C) Demanda de agua agrícola

Los cultivos bajo riego constituyen otra fuente de demanda de agua, en las microcuencas Ccancahua y Capillani no se cuenta con infraestructuras de riego, lo que hace necesario el cálculo de este recurso para estos fines considerando además que la zona tiene un potencial productivo alto tanto en pastizales mejorados como en cultivos anuales y perennes, en donde la producción de papa, cereales, y hortalizas son las actividades que definen el ámbito. el espacio a utilizar dentro de las zonas de estudio

El recurso grande de agua como el rio puede además ser utilizado para otros fines, por el potencial en caudal que tiene, pero en la actualidad está siendo muy poco aprovechado. Podemos indicar que la zona media y baja pueden ser implementadas con infraestructuras de riego por aspersion para uso agrícola y pecuario con el mejoramiento de pastos.

Demanda hídrica actual

En las microcuencas Capillani y Ccancahua , no se identificó el uso de agua en riego tecnificado, los agricultores utilizan el agua empleando el método de riego por gravedad , para ello se empleó el módulo de riego o caudal ficticio continuo de 1.00 l/s

cuadro 88: Demanda hídrica agrícola en la microcuenca Capillani

POBLACIONES	SUPERFICIES DE RIEGO (ha)	MÓDULO DE RIEGO(l/s/ha/año)	DEMANDA ACTUAL(l/s)
C.C Capillani	32073	1.00	32073
total	32073	1.00	32073

cuadro 89: Demanda hídrica agrícola en la microcuenca Ccancahua

POBLACIONES	SUPERFICIES DE RIEGO (ha)	MÓDULO DE RIEGO(l/s/ha/año)	DEMANDA ACTUAL(l/s)
C.C Sunchuchumo	29980	1.00	29980
total	29980	1.00	29980

Estrategias

La implementación y ejecución del Plan de Gestión Ambiental requiere de la implementación de diferentes estrategias, para lo que se hace la propuesta de las siguientes estrategias:

- Se realizará sus acciones básicamente en el ámbito de las microcuencas Capillani y Ccancahua y la población que se encuentra dentro de ellas, son las responsables de realizar las actividades antes mencionadas en forma de faenas Comunales.
- La creación del Comité de Gestión Ambiental de las Microcuencas.
- La firma de Convenios inter institucionales con la finalidad de ejecutar las diferentes actividades propuestas como la construcción de la represas y las infraestructuras de manejo y conservación de suelos.
- La participación de la población organizada en las diferentes etapas del desarrollo.
- El presupuesto está elaborado principalmente con la participación de los comuneros de ambas microcuencas, para la producción de plantones forestales de la zona, manejados por las comunidades
- La recuperación de la cobertura vegetal de las microcuencas de Capillani y Ccancahua será de 77 ha de pastizales con especies de ichu (y ccoya y la

reforestación y forestación con plantas nativas de la zona (chachacomo, Qeuña, Qolle y kiswar) será de 1031 has. Se elaborarán 600 km lineales de zanjas de infiltración. Se considera 5 capacitaciones cada campaña de forestación, reforestación, manejo de zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta y manejo de pastizales altoandinos.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Sobre las características fisiográficas y geomorfológicas del área de estudio.

Se ha identificado como área de estudio, la microcuenca Ccancahua y la microcuenca Capillani, en cabecera de cuenca de la comunidad de Sunchuchumo, y Capillani respectivamente del distrito Sicuani.

a) Área de intervención de Capillani; El área de aporte hídrico es de 99.434 Ha, con un perímetro de 3.078 km, con una longitud de lado menor 0.52 km y una longitud de lado mayor de 1.91 km generándonos un factor forma de 0.28 el cual nos indica que tiene una forma alargada; La pendiente es de 11.95 %, con una densidad de drenaje de 3.95 km/km². Con estas características el comportamiento hidrológico ante los eventos extremos de precipitación es de respuesta es de bajo riesgo

b) Área de intervención Chaquecocha: El área de aporte hídrico es de 56.056 Ha, con un perímetro de 4.85 km, con una longitud de lado menor de 0.59 km y una longitud de lado mayor de 0.95 km generándonos un factor forma de 0.53 el cual nos indica que tiene una forma ligeramente ensanchada; La pendiente es de 5.4 %, con una densidad de drenaje de 6.49 km/km². Con estas características el comportamiento hidrológico ante los eventos extremos de precipitación es de respuesta es de bajo riesgo

2. Sobre la oferta hídrica en el ámbito del área de estudio.

a) Área de intervención Capillani. - Se da una precipitación anual de 808.54 mm, con una temperatura media mensual de 6.43 °C, una humedad relativa de 66.65% (para una altitud de 4091 m).

La oferta hídrica actual de la microcuenca Capillani, está distribuida por la descarga de manantes y lagunas pequeñas.

En la microcuenca Capillani a nivel de manantes, se tiene inventariado un total de 12 puntos de surgencia, (manantes), de los cuales según la clasificación de Meinzer, indica que el 50% son de productividad media, con caudal que va de 1.14 a 3.31 l/s, el 16.7% son de productividad Baja con caudal que va de (0.11 a 0.12 l/s) el 8.3% son de productividad muy baja, con caudal de solo 0.019 l/s y el 25% están secos, con un aporte total de 14.24 l/s con un volumen de descarga anual del acuífero de 449,041 m³/año.

Así mismo en el área de intervención Capillani, se tiene la presencia de un bofedal de 7337.67 m², con un espejo pequeño de agua.

b) Área de intervención Chaquecocha. - se da una precipitación media anual de 908.78 mm, con una temperatura media mensual de 3.66°C, una humedad relativa de 66.63% y una tasa de evaporación de 3.9 mm/día (para una altitud de 4481 m).

La oferta hídrica actual de la microcuenca Ccancahua, está distribuida por la descarga de manantes y lagunas pequeñas.

Para la microcuenca Ccancahua el inventario de manantes se ha realizado en la comunidad de Sunchuchumo, inventariando 10 manantes, de los cuales el 60 % son de productividad media, con caudal que va de 0.88 a 4.21 l/s y el 40% son de productividad Baja con caudal que va de (0.11 a 0.58 l/s), con un aporte total de 17.81 l/s con un volumen de descarga anual del acuífero de 561,656.16 m³/año.

En la microcuenca Ccancahua se tiene inventariado la laguna de Chaquecocha con un espejo de agua de 3200 m² y un volumen aproximado de 2,560 m³.

3. Sobre el Plan de Acciones

a) **Área de intervención Capillani** : Para la implementación de acciones de recarga se tiene identificado en la microcuenca Capillani dos unidades hidrogeológicas conformado por la población Muñani (areniscas fracturadas), con capacidad de infiltración de 8.64 y 14.26 m /día, así mismo se ha identificado la presencia de la unidad hidrogeológica Ausangate (lutitas y areniscas fracturadas), con capacidad de infiltración de 5.76m/día, haciendo de estas dos unidades hidrogeológicas acuíferos de mediana productividad.

Con las acciones de represamiento, el área de intervención, laguna Capillani puede represar un volumen de 46656.2 m³, para una altura de represamiento de 4.50m el cual es inferior al volumen hidrológico generado que llega a 130,811.16m³ con un coeficiente de escurrimiento de 0.38

b) **Área de intervención Ccancahua**: En la microcuenca Ccancahua se tienen identificadas 4 unidades hidrogeológicas, conformadas por la formación Mitu(areniscas conglomerada fracturada),con capacidad de infiltración de 9.36m/día, seguido por la formación Huancané conformado por areniscas cuarzosas fracturadas , con capa de infiltración de 3.67 mm/día y le sigue la formación Ayabaca conformada por calizas de corta extensión en la zona de estudio con capacidad de infiltración de 3.74m/día, estas unidades constituyen acuíferos de media productividad.

Así mismo el área de intervención, laguna chaquecocha tiene la capacidad de embalse de 38,844m³ para altura de dique de 4 m, siendo también inferior al volumen hidrológico que genera un aporte de 256,593.98m³/año

se ha formulado el plan de actividades con su respectivos componentes, actividades y metas para las áreas de intervención.

- **Acciones para la recarga de acuíferos**

- Almacenamiento de agua

- Construcción de represa en cada área de intervención, chaquecocha y Capillani

- Recuperación de cobertura vegetal

- Manejo de pastizales
- Área reforestada

- Construcción de zanjas de infiltración

- Zanjas de infiltración

- **Fortalecimiento de capacidades en manejo de cuencas**

- Capacitación en manejo y conservación de cabecera de cuencas para recuperación de acuíferos

- Capacitación en manejo de forestación y reforestación con especies nativas de la zona
- Capacitación en construcción y manejo de zanjas de infiltración
- Manejo de pastoreo en áreas de intervención Capillani y Chaquecocha

RECOMENDACIONES.

- a) Para un mejor análisis detallado del presente estudio hidrológico, cuando se realice su actualización en futuros estudios realizado por instituciones interesadas, se recomienda realizar campañas de aforo en épocas de estiaje en los puntos de interés, con fines de validar los modelos hidrológicos.
- b) Es necesario de la obtención de fotos satelitales de varias bandas con el fin de calibrar parámetros para algunos métodos de generación de caudales que requieran para Ce. Coeficiente de escurrimiento, en futuros trabajos de estudio realizados por estudiantes de la carrera profesional de Agronomía
- d) Desde el desarrollo sostenible, para los fines que busca el proyecto **almacenar agua con fines de recarga**, se debe complementar con actividades de zanjas de infiltración, forestación con plantas nativas y manejo de praderas, con la intervención de los comuneros y la municipalidad provincial de Canchis

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Aliaga, S. (1983). Tratamiento de datos hidrometeorológicos, Lima, Perú.
- 2 Aliaga, S. (1985). Hidrología estadística. Lima, Perú.
- 3 Aparicio, F. (1997). Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. México.
- 4 Chereque, W. (1989). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- 5 Chow, V; Maidment, D; Mays, L. (1994). Hidrología Aplicada. Editorial McGraw-Hill. Santafé de Bogotá, Colombia.
- 6 Custodio Gimena, Emilio y Llamas, Román. (1999) Hidrología Subterránea. Editorial OMEGA. TII 2º edición
- 7 Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), (2001). Cuadrángulo de Sicuani hoja 30t,
- 8 Mejía, A. (1991). Métodos estadísticos en hidrología. UNALM. Lima, Perú.
- 9 Mejía, A. (2001). Hidrología Aplicada. Tomo I, UNA La Molina, CIP-FIA, Lima, Perú.
- 10 Villón, M. (2002). Hidrología estadística. Escuela de Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Segunda Edición. Editorial Villón. Lima, Perú.
- 11 Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2002). Deforestación y reforestación-Lecturas de apoyo
- 12 Vasques Villanueva A. (1997). Manejo de cuencas alto andinas. UNALM, LIMA, PERU.
- 13 MINAM, Clasificación de suelos y pendientes (2018)
- 14 INEI, "Censo poblacional Nacional (2007): XI de Población y VI de Vivienda."
- 15 Linsley, Kohler Y Paulhus, (1977). Hidrología aplicada.

- 16 Comisión Europea, (2021) Demanda de agua
- 17 Sukia Irastorza, (2014) Manejo de recarga de acuíferos pag.52
- 18 Axel Duorgeani, (2002) Gestión del agua a nivel de cuenca
- 19 FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, (2006). Riego y drenaje

ANEXO 1
Registro de precipitaciones

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL HISTORICA Estación Meteorológica: Kayra

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1964	144.96	92.50	101.60	26.00	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	36.50	0.00	65.60	473.66
1965	101.80	100.50	112.40	88.00	5.80	0.00	0.40	1.00	29.60	58.30	42.50	153.00	693.30
1966	78.30	171.20	79.90	18.30	19.80	0.00	0.00	1.70	31.90	59.70	65.20	71.40	597.40
1967	59.10	118.40	140.30	19.00	1.80	0.60	11.00	19.00	32.80	70.90	57.20	125.60	655.70
1968	149.40	106.60	84.50	34.60	6.30	5.30	30.90	8.60	16.30	84.60	86.70	54.40	668.20
1969	144.40	77.80	88.10	16.80	2.90	3.30	7.20	3.90	22.80	29.80	54.70	72.90	524.60
1970	170.60	92.60	132.50	86.10	2.30	1.00	3.70	3.40	42.10	46.10	48.20	177.40	806.00
1971	128.90	161.60	83.60	40.00	1.50	0.10	0.00	5.70	3.50	55.70	51.00	127.50	659.10
1972	192.10	66.80	57.20	29.70	3.40	0.00	6.50	27.30	12.20	7.90	50.20	100.20	553.50
1973	221.30	120.90	99.60	75.20	14.00	0.00	9.10	11.80	14.50	65.10	88.80	96.50	816.80
1974	102.50	157.70	121.50	34.50	3.60	8.20	1.00	34.60	5.90	43.30	60.90	108.00	681.70
1975	124.70	131.00	55.30	66.80	22.50	0.70	0.30	0.60	51.10	47.50	51.00	170.10	721.60
1976	119.60	83.10	123.10	42.90	13.00	8.70	0.70	2.50	26.80	25.30	47.80	66.80	560.30
1977	116.70	122.80	69.30	47.60	7.90	0.00	4.40	0.00	29.90	65.00	71.50	78.00	613.10
1978	175.40	106.10	88.50	48.70	11.40	0.00	3.40	0.00	13.70	12.30	86.70	117.90	664.10
1979	101.10	131.60	108.80	46.80	6.20	0.00	0.90	8.10	11.50	18.40	85.60	81.80	600.80
1980	106.20	126.40	135.00	23.20	3.70	0.00	5.30	1.00	12.60	62.90	60.20	83.10	619.60
1981	225.40	80.80	124.40	56.90	1.80	3.90	0.00	9.80	45.90	108.90	120.80	144.30	922.90
1982	178.90	115.50	143.10	58.80	0.00	9.20	3.40	4.90	14.00	37.90	122.50	98.60	786.80
1983	128.40	84.00	54.50	29.80	3.40	6.20	0.50	0.90	5.50	26.00	44.30	100.20	483.70
1984	198.60	142.40	71.00	82.80	0.00	2.00	1.30	11.40	4.20	114.60	69.40	102.80	800.50
1985	129.10	119.40	74.20	33.20	15.60	11.60	0.90	0.00	43.30	62.10	116.50	122.40	728.30
1986	76.40	92.20	125.70	65.50	6.20	0.00	1.80	4.20	7.50	17.30	69.60	102.70	569.10
1987	224.30	87.90	48.60	13.10	2.10	1.30	9.20	0.00	8.20	26.50	101.80	107.60	630.60
1988	163.80	84.30	166.50	108.90	4.60	0.00	0.00	0.00	9.90	36.20	47.60	103.70	725.50
1989	151.40	126.80	119.30	38.60	6.40	9.10	0.00	6.10	30.70	48.14	60.70	88.50	685.74
1990	157.60	90.40	60.20	47.40	7.50	31.80	0.00	5.80	13.30	73.70	86.90	66.50	641.10
1991	97.60	163.60	105.20	45.10	11.00	5.10	1.50	0.00	21.40	49.30	83.60	99.00	682.40
1992	114.10	102.40	104.00	14.90	0.00	19.40	0.00	21.40	8.00	50.70	117.40	57.00	609.30
1993	206.70	110.50	75.80	18.80	0.90	0.00	2.70	6.90	18.00	46.20	111.90	201.50	799.90
1994	177.00	163.90	173.90	45.50	11.80	0.00	0.00	0.00	25.70	40.20	40.50	119.90	798.40
1995	122.00	94.80	95.30	17.80	0.00	0.00	0.60	1.20	28.80	26.70	70.20	102.60	560.00
1996	131.90	98.00	70.50	32.30	11.00	0.00	0.00	6.30	19.60	58.40	49.00	133.20	610.20
1997	123.30	127.70	104.80	31.00	4.80	0.00	0.00	7.10	12.30	44.40	201.50	148.40	805.30
1998	116.30	156.20	22.60	31.00	1.60	1.90	0.00	1.60	4.30	49.80	49.70	58.90	493.90
1999	89.30	92.20	92.00	42.80	1.30	3.40	1.00	0.00	43.10	18.80	39.70	119.50	543.10
2000	197.40	137.30	119.50	10.90	2.60	5.80	2.70	4.50	10.70	49.30	29.30	82.00	652.00
2001	233.00	173.10	137.40	36.40	11.50	0.00	17.40	10.20	20.60	38.30	96.80	89.40	864.10
2002	134.50	184.60	112.70	21.60	16.20	2.50	27.10	3.70	10.30	78.70	97.80	132.40	822.10
2003	163.90	135.50	142.90	56.50	2.00	6.40	0.00	21.30	3.70	34.60	23.10	123.80	713.70
2004	173.70	125.80	66.50	21.00	2.40	20.50	17.00	9.00	21.70	25.60	60.90	87.90	632.00
2005	140.80	130.60	120.20	33.10	3.20	0.40	1.20	4.00	4.50	39.10	59.30	102.50	638.90
2006	203.40	155.50	145.90	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	67.80	147.20	856.30
2007	140.80	58.70	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	48.14	70.31	88.40	618.05
2008	108.80	109.20	64.40	7.60	8.70	2.10	0.00	3.90	13.90	51.70	90.20	131.90	592.40
2009	112.50	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	8.30	88.70	82.90	525.50
2010	268.50	168.50	129.20	16.60	1.30	0.00	1.40	4.70	8.20	70.00	40.00	172.70	881.10
2011	103.40	179.30	131.90	67.60	3.90	3.20	3.70	0.00	38.90	38.20	60.20	110.20	740.50
2012	70.50	167.70	41.70	48.10	4.50	1.20	0.00	0.10	18.40	19.50	138.20	179.50	689.40
2013	180.50	137.20	75.50	13.00	25.30	6.10	2.00	12.40	17.69	105.00	86.00	159.40	820.09
2014	161.90	116.50	36.50	35.00	10.10	0.00	3.20	5.80	12.60	48.14	29.60	152.10	611.44
2015	169.80	146.50	66.70	69.80	18.60	3.90	10.30	4.60	16.10	19.10	48.60	113.00	687.00
2016	104.00	153.10	54.30	24.40	3.00	0.00	4.50	0.50	7.00	79.50	28.00	89.80	548.10
2017	111.20	122.42	122.80	47.50	11.20	5.90	0.00	8.40	17.69	48.14	70.31	110.80	676.36
N° Datos	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media	144.96	122.42	97.54	41.17	6.64	3.62	3.81	5.95	17.90	48.13	70.31	110.80	673.25
Desv. Estandar	45.87	31.34	34.29	23.28	6.04	5.98	6.41	7.27	12.51	24.12	33.57	34.29	109.20
Coef. Variacion	31.64	25.60	35.16	56.54	91.05	164.92	168.41	122.21	69.89	50.11	47.74	30.95	16.22
Prec. Max.	268.50	184.60	173.90	108.90	25.30	31.80	30.90	34.60	51.10	114.60	201.50	201.50	922.90
Prec. Min.	59.10	58.70	22.60	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	54.40	473.66

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTÓRICA

Estación Meteorológica: Sicuani

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1964	95.4	101	112	50	31.8	0	2.5	3.2	32.2	25.8	85.1	50	589.00
1965	43.2	89.7	119	51.7	2.1	0	2.4	3.7	52.5	66.1	61	179.7	671.10
1966	81.6	118.2	94.2	6	35	0	0	2.3	38.9	148.8	106	121	752.00
1967	63.4	117.2	155.9	33	8.2	1.4	21.4	28.7	40.4	49	46.8	129.5	694.90
1968	118.2	171.3	272.9	55.6	0	0	16	28.2	21.4	62.1	149.3	64.2	959.20
1969	132.5	127	140.4	67	3.6	2.8	8	1.6	18	78.2	76.2	80.8	736.10
1970	172.3	139.5	141.3	50.3	5.6	0	0	0	20.4	48.3	46.6	185.4	809.70
1971	189.5	162	66.1	66.9	6	0	0	0	0	0	3.8	71.6	565.90
1972	154.2	76.5	95.6	58.1	6.3	0	15.9	29.6	0	8	35.2	94.4	573.80
1973	140.7	136.2	168	82.5	3.1	0	2	11.8	5.9	27	47.6	96.2	721.00
1974	168.5	223.3	91.1	25.1	0.8	6.5	0	16	24.5	13	51.5	77	697.30
1975	157	103.9	134.9	39.4	20.3	0.7	0	8.4	32.1	24.4	62.4	154.2	737.70
1976	161.9	68.7	130.4	27.5	11.4	6.7	5.1	9.6	17.9	9.3	29	86.3	563.80
1977	70.5	179.9	87	33.9	7.2	0	0.8	0	11	30.7	87.3	88.1	596.40
1978	214.6	71.3	183.4	83	0	0	0	0	25.5	24.2	73.4	37.9	713.30
1979	66.8	50.5	64.8	31.8	4.4	0	0.9	19.8	27.6	0.8	14.3	31.7	313.40
1980	86.6	49.3	26.1	0	15.6	18.6	19.9	21.6	1.6	65.9	60.2	82.6	448.00
1981	130.1	110.9	102.8	0.8	0	6.9	0	19.2	0	6	8.6	43.3	428.60
1982	66.3	26.3	48.4	0	0	0	0.9	0	24	58.1	34	8.6	266.60
1983	41.2	0	31.6	0	0	0	0	0	14.8	1	0	63.1	151.70
1984	131.2	52.1	45.3	3	0								231.60
1985													
1986													
1987				49.8	2.9	1.3	11.2	0.5	2.5	24.9	132.1	155.3	380.50
1988	143.8	94.9	120.6	87.4	4	0	0	0	3.4	17	18.7	57.2	547.00
1989	183.4	108.2	168.5	76.5	16.1	10.2	0	12	50.3	51.7	46.9	130.8	854.60
1990	127.1	104.8	71.2	33.8	1.5	25.2	0	9	11.2	128.8	90.5	130.3	733.40
1991	93.3	76.3	87.5	59.3	18.1	14.4	0	0	12.7	44.9	43.7	70.4	520.60
1992	99.2	61.4						19.5	19.1	62.8	96.8	53.6	412.40
1993	163	87.1	116.2	57.4	0	1.2	2	9.8	26.7	66	136.4	114.1	779.90
1994	127.5	143.8	128.4	74.9	18.8	0.3	0	1.2	9.3	50.5	81	127.4	763.10
1995	107.4	105.2	131.3	64.4	3.1	1.2	2.8	0	16.6	36	92.3	117	677.30
1996	121.3	112	155.5	42.7	16.3	0	0	12	24.5	54.2	61.6	115.7	715.80
1997	226.7	173.8	176.9	49.9	3.5	0	5.2	15.2	8.9	45.5	135.5	64.6	905.70
1998	102.3	131	97.8	15.5	0	0	0	5.6	1.7	92.2	73.6	92.7	612.40
1999	133.3	145.4	83.4	85.7	17.6	3.2	0.3	0	44.1	24.4	38.5	127.2	703.10
2000	110.4	180	121.9	15.6	7.2	6	4.4	1.7	18.6	76.4	25.2	92.6	660.00
2001	213	158.1	176.9	55.3	25.9	1.2	13.9	10.5	34.7	48.3	76.2	134.4	948.40
2002	154.7	205.2	145.7	126.4	32.9	0	26.1	4.7	37.4	75.9	87.3	141.5	1037.80
2003	129.2	131.8	160	59.6	18.7	6.6	0	8	1.6	37.5	27.2	125.5	705.70
2004	162.6	191	80.4	47	7.6	8.2	4.2	12	51.6	28.9	92.4	98.4	784.30
2005	66.3	178.8	120.3	44.9	4.5	0	2.7	0	7.6	48.3	75	93.4	641.80
2006	151.2	120.8	92.8	99	3.3	5.7	0	10.3	23.3	45.4	111.3	102	765.10
2007	115.8	86.9	174.4	45.1	5.3	0	9	0	15.2	60.7	77	73.7	663.10
2008	137.3	133.5	117.9	21.6	7.0	0.7	0.6	0.6	2.6	84.1	61.6	149.0	716.50
2009	89.8	140.6	85.8	37.6	5.7	0.0	6.2	0.0	11.1	32.2	129.0	121.1	659.10
2010	161.0	95.8	118.0	48.4	2.6	0.0	0.0	5.7	2.4	62.8	46.6	125.1	668.40
2011	107.6	118.4	156.4	132.7	14.4	2.9	4.4		51.9	25.3	29.0	131.9	774.90
2012	155.2	184.8	103.0	49.0	0.5	3.2	0.8	0.0	14.2	36.4	38.7	149.8	735.60
2013	167.0	157.7	78.9	23.5	7.2	7.1	0.0	11.2	1.8	38.1	66.2	162.7	721.40
2014	146.9	134.3	55.4	36.7	9.5	0.0	0.2	6.3	24.5	49.2	31.2	156.4	650.60
2015	142.0	95.9	106.9	55.2	8.4	2.7	12.6	7.0	10.1	52.5	74.6	136.5	704.40
2016	131.4	260.0	53.8	82.8	3.2	0.0	0.3	6.9	19.9	79.0		77.0	714.30
2017	162.3	119.1	126.9	60.8	40.8	0.0	2.2		22.7	72.9			607.70
N° Datos	51	51	50	51	51	50	50	49	51	51	49	50	52
Media	182.22	154.70	187.68	59.21	23.97	3.84	2.14	9.13	23.83	59.35	99.62	113.77	653.58
Desv. Estandar	42.63	50.30	46.04	29.77	10.02	5.13	6.42	8.32	14.96	29.94	36.33	40.03	176.32
Coef. Variacion	23.39	32.52	24.53	50.28	41.81	133.56	299.65	91.06	62.78	50.44	36.47	35.19	26.98
Prec. Max.	226.70	260.00	272.90	132.70	40.80	25.20	26.10	29.60	52.50	148.80	149.30	185.40	1,037.80
Prec. Min.	41.20	0.00	26.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	151.70

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTÓRICA

Estación Meteorológica: Yauri

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964			130.0	59.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	14.0	33.4	102.2	348.60
1965	81.9	103.1	111.8	37.8	0.0	0.0		0.0	17.9	21.3	33.1	203.9	610.80
1966	93.9	208.2	69.9	8.9	24.0	0.0	0.0	0.0	10.3	125.3	49.4	125.5	715.40
1967	65.4	92.6	169.1	41.4	11.2	0.0	9.9	18.3	31.4	89.5	25.2	107.2	661.20
1968	240.7	95.9	99.9	14.0	0.0	4.5	13.0	15.7	10.5	70.4	128.7	90.1	783.40
1969	210.7	149.9	73.0	51.0	0.0	0.0	5.0		0.0	0.0			489.60
1970			39.6	65.0	0.0	0.0	0.0	5.5	69.5	10.0	19.5	144.2	353.30
1971	174.3	284.4	111.7	49.6	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	10.1	6.0	119.3	757.90
1972	193.7	180.3	144.7	34.0	0.0	0.0	16.2	8.6	25.4	53.2	64.4	163.7	884.20
1973	360.3	360.1	248.4	186.6	15.6	0.0	3.3	5.9	69.2	24.8	71.1	104.7	1450.00
1974	248.9	253.4	187.9	63.8	2.6	18.6	0.0	115.4	28.2	23.3	12.2	45.0	999.30
1975	166.5	221.0	128.2	124.6	32.6	7.8	0.0	0.0	0.0	9.0	43.4	99.4	832.50
1976	192.8	182.4	119.1	26.4	11.8	37.4	0.0	31.8	77.0	1.6	23.6	71.6	775.50
1977	43.8	154.6	60.8	0.0	1.4	0.0	6.2	0.0	10.2	49.2	42.0	40.2	408.40
1978	204.2	39.0	44.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			314.60
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986											14.5	108.5	123.00
1987	230.0	11.1	25.7	21.0	0.0	11.0	20.4						319.20
1988	295.9						6.8	0.0	6.3	24.3	13.7		347.00
1989									1.3				1.30
1990													
1991													
1992				34.1	15.8	47.0	0.0	0.0	55.9				152.80
1993	269.3	107.2	133.6	116.5	5.5	0.0	0.8	15.0	7.7	93.7	173.7	157.1	1080.10
1994	205.6	221.6	191.1	56.6	16.7	0.0	0.0	0.0	22.2	13.1	66.4	100.6	893.90
1995	165.8	141.2	209.4	81.7	2.7	0.0	0.0	2.8	13.0	51.6	37.6	128.2	834.00
1996	160.4	187.8	109.2	96.9	16.9	0.0	0.0	20.3	13.6	31.0	51.1	105.0	792.20
1997	246.5	209.7	116.4	66.7	3.2	0.0	0.0	26.2	38.4	14.6	91.7	122.6	936.00
1998	217.1	150.4	89.8	13.8	0.0	2.5	0.0	3.6	0.8	48.3	47.0	48.0	621.30
1999	141.6	229.3	159.1	125.5	3.6	0.0	0.0	0.8	47.8	52.9	45.3	155.3	961.20
2000	160.7	194.6	161.8	41.1	4.2	5.6	0.0	12.7	6.2	78.5	26.8	167.8	860.00
2001	265.9	230.5	254.9	99.5	32.0	0.9	4.3	4.8	4.2	32.2	25.8	67.5	1022.50
2002	111.4	294.3	148.0	67.6	24.7	0.5	16.7	0.0	40.5	56.0		142.8	902.50
2003	171.1	230.0	193.3	36.9	5.7	0.8	0.0	5.5	34.8	11.1	73.4	129.2	891.80
2004	215.7	166.5	84.5	48.4	0.0	1.8	10.7	17.7	25.6	25.7	56.7	105.4	758.70
2005	114.3	176.5	123.2	43.1	1.1		0.0	4.8	5.6	55.9	41.9	162.2	728.60
2006	295.0	119.9	175.6	45.8	1.4	5.4	0.0	9.7	18.6	59.1	64.1	122.6	917.20
2007	129.7	133.6	108.1	58.6	4.6	0.0	3.4	0.0	16.3	36.3	43.5	117.7	651.80
2008	197.9	107.5	72.5	1.2	4.9	5.8	0.0	0.0	0.2	43.4	24.8	103.3	561.50
2009	102.0	164.6	102.2	44.5	5.5	0.0	1.4	0.0	2.0	43.8	172.6	133.9	772.50
2010	172.6	165.7	114.9	32.0	13.6	0.0	0.0	0.0	1.7	16.2	36.0	176.7	729.40
2011	127.0	248.2	138.8	73.7	10.0	0.0	1.9		36.1	16.9	74.9	137.6	865.10
2012	171.5	266.1	191.4	76.4	11.4	0.0	0.1	0.0	13.7	31.3	76.2		838.10
2013	169.0	165.1	81.6	8.6	2.7	14.4	3.4	20.1	0.0	28.6	53.0	156.1	702.60
2014	142.8	113.1	92.3	21.2	9.1	0.0	5.5	3.5	41.4	99.7	22.2	189.2	740.00
2015	184.2	112.7	117.3	131.4	13.7	0.5	1.5	17.3	20.6	30.1	26.4	142.6	798.30
2016	112.1	168.2	64.6	112.0	1.7	0.1	9.2	3.2	4.7	40.9	20.5	91.6	628.80
2017	168.0		168.1	68.4	22.6	0.1	3.2	0.0	12.1	57.7			500.20
N° Datos	40	38	41	42	42	42	43	41	44	42	39	38	46
Media	180.51	174.74	125.99	57.45	7.92	4.17	3.32	10.11	19.34	39.39	51.47	119.11	685.71
Desv. Estandar	66.73	70.70	53.57	40.12	9.06	9.64	5.26	19.76	20.52	28.79	38.10	40.38	282.19
Coef. Variacion	36.97	40.46	42.52	69.83	114.47	231.04	158.13	195.50	106.10	73.08	74.03	33.90	41.15

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTÓRICA

Estación Meteorológica: Pomacanchi

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985	49.0	115.0	68.0	98.0	76.0	13.0	0.0	5.5	55.0	36.0	141.0	130.0	786.5
1986	108.0	135.0	76.0	43.0	5.0	0.0	0.0	1.5	46.5	26.0	39.0	202.0	682
1987			39.0	33.5	0.0	0.5	21.5	0.0	3.0				97.5
1988								0.0	20.9	9.5	34.0	51.2	115.6
1989		124.2	79.4	8.9									212.5
1990													
1991												133.5	133.5
1992	142.0	90.5	96.0					15.5	6.5	92.3	89.0	73.0	604.8
1993	206.8	125.0	102.5	31.5	0.0	2.0	6.0	12.0	16.5	87.0	81.0	186.7	857
1994	166.0	151.5	125.0	47.5	5.5	0.0	0.0	1.0	25.5	68.5	88.0	116.5	795
1995	133.0	108.5	127.0	37.0	13.5	0.0	5.5	1.5	36.0	9.0	126.0	161.0	758
1996	200.5	91.5	114.6	55.5	17.0	0.0	0.0	28.8	32.3	108.0	79.5	158.0	885.7
1997		194.0	190.5	23.0	16.0	0.0	5.0	12.5	7.5	83.0	135.8	79.0	746.3
1998	141.0	130.3	136.8	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	72.0	104.5	115.0	718.1
1999	173.5	140.6	84.2	93.3	9.2	0.0	1.6	0.0	19.1	34.4	40.7	106.3	702.9
2000	119.2	184.2	112.0	30.6	7.5	14.8	6.0	16.1	22.5	92.3	41.3	138.1	784.6
2001	246.0	159.6	180.9	45.2	15.7	3.3	21.3	15.8	18.9	84.0	81.3	198.3	1070.3
2002	128.0	236.1	174.2	69.0	13.7	0.6	27.8	17.3	62.3	65.5	108.4	121.9	1024.8
2003	167.2	164.4	150.6	63.5	16.4	8.7	0.0	6.0	17.1	64.4	50.2	110.0	818.5
2004	260.9	175.4	81.5	51.2	25.4	10.2	8.9	16.9	71.5	57.2	67.2	164.0	990.3
2005	85.8	130.3	148.0	52.0	2.1	0.0	0.2	4.3	2.6	74.2	101.5	105.7	706.7
2006	163.7	232.3	95.6	140.6	1.1	11.1	0.0	7.3	4.3	80.2	101.3	149.3	986.8
2007	172.6	175.6	226.5	77.6	14.1	0.0	4.8	0.0	4.0	52.5	99.7	102.7	930.1
2008	158.6	140.8	128.3	33.7	12.9	4.4	0.0	3.1	17.0	77.9	78.3	129.5	784.5
2009	136.7	105.6	80.5	41.8	8.6	0	14.1	0	11	18.2	277.6	111.1	805.2
2010	292.1	88.4	116.6	53.8	2.4	0.0	0.0	12.8	5.3	58.9	42.1	156.7	829.1
2011	119.1	151.8	135.7	60.2	9.3	4.7	7.1		57.1	50.9	42.8	189.7	828.4
2012	184.7	232.7	100.4	63.9	2.6	10.2	1.1	2.9	34.9	45.0	95.5	172.6	946.5
2013	178.0	167.1	91.8	46.2	8.9	1.3	0.0	19.9	22.3	60.5	105.1	210.3	911.4
2014	131.0	124.7	94.0	39.0	7.5	0.0	3.2	2.5	43.4	92.8	46.6	130.9	715.6
2015	177.8	123.3	151.0	71.4	9.7	0.0	11.2	7.9	6.6	32.4	115.3	142.3	848.9
2016	135.1	273.5	73.3	74.9	7.1	0.0		3.2	17.2	67.4	46.9	75.5	774.1
2017	124.7			42.6	25.0	0.6	2.2		22.4	40.3			257.8
N° Datos	27	28	29	29	28	28	27	28	30	29	28	29	32
Media	159.30	152.57	116.55	53.31	11.86	3.05	5.46	7.65	23.67	60.01	87.84	135.20	722.16
Desv. Estandar	51.92	47.37	41.73	26.75	14.34	4.69	7.61	7.76	19.37	26.30	48.75	40.74	266.51
Coef. Variacion	32.60	31.05	35.80	50.18	120.90	153.73	139.32	101.33	81.80	43.82	55.50	30.14	36.90

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTÓRICA

Estación Meteorológica: La Raya

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973	265.3	150.8	161.2	69.9	20.4	0.0	6.8	5.6	46.4	73.4	77.2	88.5	965.50
1974	181.1	204.2	165.7	69.4	8.5	7.6	0.6	36.2	8.4	38.0	87.0	132.0	938.70
1975	110.3	146.7	166.0	58.2	15.9	0.0	0.0	1.2	37.8	54.7	67.1	146.2	804.10
1976	181.8	117.4	183.3	32.7	13.8	1.1	9.5	15.4	39.1	9.5	34.6	74.7	712.90
1977	112.4	213.1	129.8	24.7	16.0	0.0	5.0	0.0	33.1	37.5	215.2	117.5	904.30
1978	375.9	276.9	131.6	71.0	20.1	0.0	0.0	12.2	48.0	25.5	63.5	191.0	1215.70
1979	206.7	131.1	179.4	94.8	133.0	0.0	0.0	0.0	11.5	56.5	71.6	178.7	1063.30
1980	157.5	123.7	199.5	42.6	31.1	0.0	0.0	0.0	16.0	119.0	120.8	35.5	845.70
1981	54.8	37.5	446.1	21.2	1.2	0.0	0.0	1.0	16.8	78.8	105.5	128.4	891.30
1982	124.0	148.3	223.2	61.8	0.0	4.0	0.0	17.0	10.7	146.7	80.0	815.70	
1983	124.2	148.3	100.6	83.0	5.0	7.8	0.0	1.5	8.3	28.4	12.7	83.8	603.60
1984	292.6	158.4	165.8	81.2	22.6	25.6	3.8	19.5	9.9	131.5	193.5	108.9	1213.30
1985	182.2	154.7	187.7	59.2	24.0	3.8	2.1	9.1	23.8	59.3	99.6	113.8	919.45
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007													
2008													
2009													
2010													
2011													
2012													
2013													
2014													
2015													
2016													
2017													
N° Datos	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13	13
Media	182.22	154.70	187.68	59.21	23.97	3.84	2.14	9.13	23.83	59.35	99.62	113.77	914.89
Desv. Estandar	87.01	55.99	83.91	22.90	34.02	7.15	3.18	10.80	15.05	36.79	58.07	42.96	175.59
Coef. Variacion	47.75	36.19	44.71	38.68	141.97	186.21	148.42	118.29	63.13	62.00	58.29	37.76	19.19
Prec. Max.	375.90	276.90	446.10	94.80	133.00	25.60	9.50	36.20	48.00	131.50	215.20	191.00	1,215.70
Prec. Min.	54.80	37.50	100.60	21.20	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	9.50	12.70	35.50	603.60

ANEXO 2

CALCULO DE ANALISI DE CONSISTENCIA

CALCULOS ANALISIS DE CONSISTENCIA

A.2 Evaluación Y Cuantificación.

La evaluación y cuantificación de los errores, se detectan en la forma de saltos, a través de un análisis estadístico, utilizando para ello las pruebas T (Student) y F (Fisher), en la media y la variancia respectivamente, comprobando si, sus valores están dentro de los niveles de significación ($\mu = 0.05$), según la hipótesis planteada.

A.2.1 Consistencia en la Media – Estación Sicuani (T).

Mediante la prueba estadística “T” de Student se analiza si los valores promedio son estadísticamente iguales, vale decir, probar que ambos bloques provienen de la misma población de la forma que a continuación se describe.

$$\begin{aligned}\bar{X}_1 &= \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n (x_i) \\ \bar{X}_2 &= \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^n (x_i) \\ S_1 &= \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{0.5} \\ S_2 &= \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_2)^2 \right]^{0.5}\end{aligned}$$

Dónde:

x_i = información en análisis.

X_1, X_2 = medias del periodo 1 y 2.

S_1, S_2 = desviación estándar del periodo 1 y 2.

n_1, n_2 = tamaño del periodo 1 y 2 ($n_1 + n_2 = n$).

1- Pasos para la comparación de medias:

Para su determinación se procede de la siguiente forma:

a) establecer la hipótesis y las alternativas posibles así como el nivel de significación:

$H_p: u_1 = u_2$ (media poblacional).

$H_a: u_1 \neq u_2$.

$\alpha = 0.05$.

- b) cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios según:
Caso de variaciones iguales.

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{0.5}$$
$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{0.5}$$

Dónde:

S_d : desviación estándar de los promedios.

S_p : desviación estándar ponderada.

- c) Selección de la prueba. -

Para probar si las dos medias muestrales provienen de la misma población, se realiza la prueba de hipótesis de 2 medias, presentándose dos casos:

- Cuando se tiene homogeneidad de variancias, entonces se aplica la prueba estadística T.
- Cuando se tiene variancias heterogéneas (desiguales) entonces se utiliza la prueba T' que es la media ponderada de los valores críticos de T.

Del análisis realizado en el presente estudio la información presenta variancias homogéneas por lo que las expresiones anteriormente señaladas han sido utilizadas.

- d) cálculo del valor estadístico T según:

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Dónde:

$u_1 = u_2 = \alpha$ (por hipótesis).

T_c = es el valor del "T" calculado. Luego se calcula el valor de T_t de tablas con:

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

G.L = $(n_1 + n_2 - 2)$

Donde:

G.L = grados de libertad.

T_t = T tabulado.

Criterios de decisión:

$$\begin{aligned} |T_c| \leq T_t(95\%) &\Rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2 (\text{estadísticamente}) \\ \text{Si } |T_c| > T_t(95\%) &\Rightarrow \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 (\text{estadísticamente}) \end{aligned}$$

A.2.2- Consistencia en la Desviación Estándar – Estación Sicuani (F).

El análisis de consistencia en la desviación estándar se realiza mediante la prueba F según:

a.- Cálculo de las variancias de ambos periodos que serán:

$$\begin{aligned} S_1^2 &= \left[\frac{1}{n_1 - 1} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_1)^2 \\ S_2^2 &= \left[\frac{1}{n_2 - 1} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_2)^2 \end{aligned}$$

b.- cálculo del estadístico F:

1.- Establecer la hipótesis y las alternativas posibles, así como el nivel de significación:

$H_p: (\sigma_1)^2 = (\sigma_2)^2$ (variancias poblacionales).

$H_a: (\sigma_1)^2 \neq (\sigma_2)^2$

$\alpha = 0.05$.

2.- Cálculo de F_c .

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \text{ si } \dots S_1^2 > S_2^2 \qquad F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \text{ si } \dots S_2^2 > S_1^2$$

3.- Hallar el valor de F_t con:

$\alpha = 0.05$.

G.L.N = $n_1 - 1$.

G.L.D = $n_2 - 1$.

Donde:

Fc = valor del estadístico F calculado.

Ft = valor de F tabular o teórico (tabla F).

G.L.N = Grados de libertad del numerador.

G.L.D = Grados de libertad del denominador.

a = nivel de significación.

4.- criterios de decisión:

$$\begin{aligned} \text{Si } |F_c| \leq F_t(95\%) &\Rightarrow S_1 = S_2 \text{ (estadísticamente)} \\ |F_c| > F_t(95\%) &\Rightarrow S_1 \neq S_2 \text{ (estadísticamente)} \end{aligned}$$

Como los parámetros en la media y desviación estándar resultan estadísticamente diferentes (Significativos), la información se corregirá por no ser consistente al 95% de probabilidad, aun cuando en el gráfico de doble masa no se aprecian pequeños quiebres.

Utilizando para las correcciones las siguientes relaciones matemáticas:

Cuando el periodo a corregir corresponda al **primero** se utilizará la ecuación:

$$X't = \left[\frac{x - \bar{X}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2$$

Donde:

X = valor corregido de la información.

x = valor a ser corregido

Cuando el periodo a corregir corresponda al **segundo** se utilizará la ecuación:

$$X't = \left[\frac{x - \bar{X}_2}{S_2} \right] * S_1 - \bar{X}_1$$

Siendo la primera ecuación a ser utilizada, con la que se deriva la ecuación de corrección siguiente:

A.3 Pruebas de comprobación Al 95% de confianza.

Para determinar la bondad de la información corregida se efectúa nuevamente un análisis de saltos en la media y desviación estándar entre el periodo confiable y el periodo con la información corregida aplicando las pruebas T y F.

A.3.1 Consistencia en la Media - Estación Sicuani (T).

Siguiendo el mismo procedimiento anterior observamos que los dos periodos analizados son estadísticamente iguales al 95% de consistencia por lo que se acepta la hipótesis planteada para la media.

A.3.2 Consistencia en la Desviación Estándar -Estación Anta (F).

Siguiendo el mismo procedimiento anterior para la desviación estándar, observamos que los dos periodos analizados son estadísticamente iguales al 95% de consistencia por lo que se acepta la hipótesis planteada.

Análisis De Tendencias.

Se define como tendencia al cambio sistemático y continuo sobre una muestra.

El procedimiento de análisis se realiza tanto para la media y la desviación estándar si la información es mensual tal como la que se analizó en el presente estudio.

- I. Previamente se ha analizado y corregido los saltos existentes para luego analizar las tendencias.
- II. se analiza en los dos primeros parámetros de una serie en la media y la desviación estándar.

B.1 Evaluación y Cuantificación.

B.1.1 Tendencia en la media.

1. - puede ser expresada por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m * t$$

Dónde:

- T_m = Tendencia en la media.
- A_m, B_m = Coeficientes de los polinomios de la R.L.S.
- t = Es el tiempo tomado como la variable independiente y su valor se determina por: $t = (p-1) * w + \tau$
- p = 1,2,3,...,n; número de años del registro.
- μ = 1,2,3....., μ es igual a la variación de los periodos de análisis con w igual al periodo básico ($w = 12$) por ser mensual.

Valores de t , y ; para la ecuación de regresión lineal en la media y desviación estándar.

	T	y	$y*t$	$T_m=A_m+B_m*t$
Media	324.50	60.70	19549.07	60.70
Desv. St	187.21	59.50		
Para 648 Meses de Análisis				

Variables para la corrección por tendencias.

Numero de meses de registro	n	648
Media de los datos	.y	60.70
Desviación estándar de los datos	Sy	59.496
Media del tiempo en orden cronológico	.t	324.50
Desviación del tiempo en orden cronológico	St	187.206
Promedio del producto de los datos y el tiempo	.y * t	19549.07
Coeficiente de correlación	.r	0.013

2. - Estimación de los parámetros de la ecuación:

$$A_m = \overline{T_m} - B_m * \bar{t}$$

$$B_m = \frac{(R * S_{T_m})}{S_t}$$

$$R = \frac{\overline{t * T_m} - \bar{t} * \overline{T_m}}{S_t * S_{T_m}}$$

Donde:

- T_m = media de la tendencia.
- t = media del tiempo cronológico t .
- S_{Tm} = desviación estándar de la tendencia en la media.
- S_t = desviación estándar del tiempo t .
- R = coeficiente de correlación lineal simple entre la tendencia en la media y el tiempo en consideración.
- $t.T_m$ = promedio del producto de la tendencia por el tiempo, su valor será:

$$\overline{t.T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_m)_i * t_i$$

3. - para realizar la evaluación de los datos se utiliza el estadístico T de Student desarrollando los siguientes pasos:

a.- hipótesis:

$H_p : \mu = 0$ (coeficiente de correlación poblacional)

$H_a : \mu \neq 0$

$\mu = 0.05$

b.- cálculo del estadístico T_c según:

$$T_c = \frac{R * (n - 2)^{0.5}}{(1 - R^2)^{0.5}}$$

Dónde:

T_c = estadístico T calculado.

n = número total de información.

R = coeficiente de correlación muestral.

c.- se determinan los valores teóricos T según tablas (ya descrita):

$\mu = 0.05$

G.L = $n - 2$ (grados de libertad).

d.- criterios de decisión. Se sintetizan en la forma siguiente:

$$\text{Si } |T_c| \leq T_t(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2 (\text{estadísticamente})$$

$$|T_c| > T_t(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 (\text{estadísticamente})$$

Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de "t"

Gl	Tc	Tt	Significancia
646	0.34	1.645	se acepta la Ho

Si se cumple la primera condición entonces la información no se corrige, caso contrario será necesario realizar la corrección de la tendencia según la ecuación:

$$Y_t = X_t - (A_m + B_m * t) + \bar{X}$$

Dónde:

X_t = serie hidro-meteorológica analizada.

Y_t = es la serie corregida (sin tendencia en la media).

$t = 1, 2, \dots, n$ con n igual al tamaño muestral.

Coefficientes dimensionales de regresión lineal.

Tm =	Am	+	Bm	*t
Tm =	62.057	-	0.0042	*t

B.1.2 Tendencia en la desviación estándar.

Una vez corregida la tendencia en la media, se realiza el análisis en la desviación estándar tal como se describe a continuación:

1. - puede ser aproximada con la ecuación.

$$T_s = A_s + B_s * t$$

Esta ecuación es similar a la utilizada en el análisis de la tendencia en la media.

VARIABLES PARA LA CORRECCIÓN POR TENDENCIAS

Numero de mese de registro	n	54
Media de los datos	.y	60.54
Desviación estándar de los datos	Sy	1053
Media del tiempo en orden cronológico	.t	27.50
Desviación del tiempo en orden cronológico	St	15.73
Promedio del producto de los datos y el tiempo	.y * t	1640.31
Coefficiente de correlación	.r	0.14829

Prueba de bondad al 95 % método de Studens o prueba de "t"

GI	Tc	Tt	Significancia
52	1.081	1.668	se acepta la Ho

Si bien Tc es menor a Tt, pero aun Tc es relativamente alto por lo que procederemos a corregir por la desviación estándar.

Ts = As + Bs * t			
Ts = 63.27 - 0.099 * t			
T	D	t*d	Ts = As + Bs * T
1	48.91	48.91	63.17
2	61.55	123.09	63.07
3	59.01	177.03	62.97
4	55.52	222.07	62.87
5	80.38	401.90	62.77
6	58.16	348.97	62.67
7	74.36	520.51	62.58
8	83.04	664.29	62.48
9	59.85	538.64	62.38
10	68.11	681.12	62.28
11	79.67	876.38	62.18
12	65.07	780.82	62.08
13	66.05	858.68	61.98
14	65.87	922.13	61.88
15	79.51	1192.68	61.78
16	42.77	684.33	61.68
17	42.84	728.33	61.58
18	71.67	1289.97	61.48
19	48.82	927.50	61.38

20	64.72	1294.30	61.29
21	58.31	1224.60	61.19
22	53.03	1166.67	61.09
23	55.89	1285.46	60.99
24	68.15	1635.67	60.89
25	66.79	1669.80	60.79
26	64.00	1663.89	60.69
27	53.20	1436.29	60.59
28	33.97	951.10	60.49
29	39.31	1139.85	60.39
30	58.04	1741.31	60.29
31	57.44	1780.52	60.19
32	51.84	1658.84	60.09
33	53.68	1771.31	59.99
34	80.89	2750.32	59.90
35	51.10	1788.52	59.80
36	54.39	1957.91	59.70
37	59.46	2200.12	59.60
38	72.70	2762.73	59.50
39	67.47	2631.51	59.40
40	60.36	2414.24	59.30
41	62.04	2543.60	59.20
42	56.64	2379.06	59.10
43	54.46	2341.99	59.00
44	54.07	2378.89	58.90
45	61.34	2760.18	58.80
46	54.73	2517.38	58.70
47	57.16	2686.74	58.61
48	59.58	2860.01	58.51
49	68.51	3357.04	58.41
50	66.54	3327.02	58.31
51	58.27	2971.56	58.21
52	52.07	2707.84	58.11
53	74.48	3947.23	58.01
54	53.44	2885.86	57.91

La ecuación de Corrección es:

$$\text{Enero}_{1964} = X_i * T_{sp} / T_{s1}$$

Datos Meteorológicos Corregidos por Tendencias estación Sicuani.

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	110.82	117.32	130.10	58.08	36.94	0.00	2.90	3.72	37.40	29.97	98.85	58.08
1965	47.04	97.67	129.58	56.30	2.29	0.00	2.61	4.03	57.17	71.98	66.42	195.68
1966	84.29	122.10	97.31	6.20	36.16	0.00	0.00	2.38	40.18	153.71	109.50	124.99
1967	68.09	125.87	167.43	35.44	8.81	1.50	22.98	30.82	43.39	52.62	50.26	139.08
1968	110.25	159.77	254.54	51.86	0.00	0.00	14.92	26.30	19.96	57.92	139.25	59.88
1969	138.90	133.13	147.18	70.24	3.77	2.94	8.39	1.68	18.87	81.98	79.88	84.70
1970	173.21	140.24	142.05	50.57	5.63	0.00	0.00	0.00	20.51	48.56	46.85	186.38
1971	227.33	194.34	79.29	80.25	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.56	85.89
1972	183.91	91.24	114.02	69.30	7.51	0.00	18.96	35.30	0.00	9.54	41.98	112.59
1973	149.89	145.09	178.97	87.89	3.30	0.00	2.13	12.57	6.29	28.76	50.71	102.48
1974	182.68	242.09	98.77	27.21	0.87	7.05	0.00	17.35	26.56	14.09	55.83	83.48
1975	165.99	109.85	142.63	41.66	21.46	0.74	0.00	8.88	33.94	25.80	65.97	163.03
1976	196.16	83.24	158.00	33.32	13.81	8.12	6.18	11.63	21.69	11.27	35.14	104.56
1977	83.06	211.94	102.50	39.94	8.48	0.00	0.94	0.00	12.96	36.17	102.85	103.79
1978	231.63	76.96	197.95	89.59	0.00	0.00	0.00	0.00	27.52	26.12	79.22	40.91
1979	116.06	87.74	112.58	55.25	7.64	0.00	1.56	34.40	47.95	1.39	24.84	55.08
1980	120.19	68.42	36.22	0.00	21.65	25.82	27.62	29.98	2.22	91.46	83.55	114.64
1981	185.70	158.29	146.73	1.14	0.00	9.85	0.00	27.40	0.00	8.56	12.28	61.80
1982	129.44	51.35	94.49	0.00	0.00	0.00	1.76	0.00	46.86	113.43	66.38	16.79
1983	123.79	0.00	94.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.47	3.00	0.00	189.59
1984	172.42	68.47	59.53	3.94	0.00	2.72	2.71	15.33	16.77	95.25	84.79	132.41
1985	138.38	132.17	119.73	52.33	17.89	9.27	1.93	3.33	35.00	57.92	86.79	117.96
1986	131.26	128.19	140.23	62.12	10.29	0.86	2.82	7.21	16.68	41.55	74.96	116.91
1987	160.25	117.11	110.77	53.56	3.12	1.40	12.04	0.54	2.69	26.78	142.06	167.01
1988	180.56	119.16	151.43	109.74	5.02	0.00	0.00	0.00	4.27	21.35	23.48	71.82
1989	185.66	109.53	170.58	77.44	16.30	10.33	0.00	12.15	50.92	52.34	47.48	132.41
1990	127.00	104.71	71.14	33.77	1.50	25.18	0.00	8.99	11.19	128.69	90.43	130.19
1991	93.38	76.36	87.57	59.35	18.11	14.41	0.00	0.00	12.71	44.94	43.74	70.46
1992	99.44	61.55	116.08	44.36	3.98	13.64	1.09	19.55	19.15	62.95	97.04	53.73
1993	163.67	87.46	116.68	57.64	0.00	1.20	2.01	9.84	26.81	66.27	136.96	114.57
1994	128.24	144.63	129.14	75.33	18.91	0.30	0.00	1.21	9.35	50.79	81.47	128.14

1995	108.20	105.98	132.28	64.88	3.12	1.21	2.82	0.00	16.72	36.27	92.99	117.87
1996	122.40	113.02	156.91	43.09	16.45	0.00	0.00	12.11	24.72	54.69	62.16	116.75
1997	229.14	175.67	178.81	50.44	3.54	0.00	5.26	15.36	9.00	45.99	136.96	65.30
1998	103.57	132.63	99.02	15.69	0.00	0.00	0.00	5.67	1.72	93.35	74.52	93.85
1999	135.18	147.45	84.58	86.91	17.85	3.25	0.30	0.00	44.72	24.74	39.04	129.00
2000	112.15	182.85	123.83	15.85	7.31	6.09	4.47	1.73	18.89	77.61	25.60	94.06
2001	216.73	160.87	180.00	56.27	26.35	1.22	14.14	10.68	35.31	49.15	77.53	136.75
2002	157.67	209.14	148.50	128.83	33.53	0.00	26.60	4.79	38.12	77.36	88.98	144.22
2003	131.90	134.56	163.35	60.85	19.09	6.74	0.00	8.17	1.63	38.28	27.77	128.13
2004	166.28	195.32	82.22	48.06	7.77	8.39	4.30	12.27	52.77	29.55	94.49	100.63
2005	67.91	183.15	123.23	45.99	4.61	0.00	2.77	0.00	7.79	49.48	76.83	95.67
2006	155.14	123.95	95.22	101.58	3.39	5.85	0.00	10.57	23.91	46.58	114.20	104.66
2007	119.02	89.32	179.25	46.35	5.45	0.00	9.25	0.00	15.62	62.39	79.14	75.75
2008	141.36	137.44	121.38	22.24	7.21	0.72	0.62	0.62	2.68	86.58	63.42	153.40
2009	92.61	145.00	88.48	38.78	5.88	0.00	6.39	0.00	11.45	33.21	133.03	124.89
2010	166.32	98.96	121.90	50.00	2.69	0.00	0.00	5.89	2.48	64.87	48.14	129.23
2011	111.34	122.52	161.84	137.31	14.90	3.00	4.55	3.13	53.70	26.18	30.01	136.49
2012	160.87	191.55	106.76	50.79	0.52	3.32	0.83	0.00	14.72	37.73	40.11	155.27
2013	173.40	163.74	81.92	24.40	7.48	7.37	0.00	11.63	1.87	39.56	68.74	168.93
2014	152.79	139.68	57.62	38.17	9.88	0.00	0.21	6.55	25.48	51.17	32.45	162.67
2015	147.94	99.91	111.37	57.51	8.75	2.81	13.13	7.29	10.52	54.70	77.72	142.21
2016	137.13	271.34	56.15	86.41	3.34	0.00	0.31	7.20	20.77	82.45	54.10	80.36
2017	169.67	124.51	132.66	63.56	42.65	0.00	2.30	9.82	23.73	76.21	67.74	108.12

Registro completado y extendido estación Sicuani.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion : SICUANI				Latitud : 14° 15' 13" S			Departamento : CUSCO							
Tipo: CO-884				Longitud : 71° 14' 14" W			Provincia : CANCHIS							
				Altitud : 3,574 msnm			Distrito : SICUANI							
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	110.8	117.3	130.0	58.0	36.9	0.0	2.9	3.7	37.4	30.0	0.0	58.0	585.0
2	1965	47.0	97.6	129.5	56.3	2.3	0.0	2.6	4.0	57.1	71.9	66.4	195.6	730.4
3	1966	84.2	122.0	97.3	6.2	36.1	0.0	0.0	2.4	40.2	153.6	109.4	124.9	776.4
4	1967	68.1	125.8	167.3	35.4	8.8	1.5	23.0	30.8	43.4	52.6	50.2	139.0	745.9
5	1968	110.2	159.7	254.4	51.8	0.0	0.0	14.9	26.3	20.0	57.9	139.2	59.9	894.2
6	1969	138.8	133.1	147.1	70.2	3.8	2.9	8.4	1.7	18.9	81.9	79.8	84.7	771.3
7	1970	173.1	140.2	142.0	50.5	5.6	0.0	0.0	0.0	20.5	48.5	46.8	186.3	813.6
8	1971	227.2	194.3	79.3	80.2	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	85.9	678.6
9	1972	183.8	91.2	114.0	69.3	7.5	0.0	19.0	35.3	0.0	9.5	42.0	112.5	684.1
10	1973	149.8	145.0	178.9	87.9	3.3	0.0	2.1	12.6	6.3	28.8	50.7	102.4	767.8
11	1974	182.6	242.0	98.7	27.2	0.9	7.0	0.0	17.3	26.6	14.1	55.8	83.5	755.7
12	1975	165.9	109.8	142.6	41.6	21.5	0.7	0.0	8.9	33.9	25.8	66.0	163.0	779.7
13	1976	196.1	83.2	157.9	33.3	13.8	8.1	6.2	11.6	21.7	11.3	35.1	104.5	682.9
14	1977	83.0	211.9	102.5	39.9	8.5	0.0	0.9	0.0	13.0	36.2	102.8	103.8	702.4
15	1978	231.6	76.9	197.9	89.6	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	26.1	79.2	40.9	769.7
16	1979	116.0	87.7	112.6	55.2	7.6	0.0	1.6	34.4	47.9	1.4	24.8	55.1	544.4
17	1980	120.2	68.4	36.2	0.0	21.6	25.8	27.6	30.0	2.2	91.4	83.5	114.6	621.6
18	1981	185.7	158.3	146.7	1.1	0.0	9.8	0.0	27.4	0.0	8.6	12.3	61.8	611.6
19	1982	129.4	51.3	94.5	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	46.8	113.4	66.4	16.8	520.4
20	1983	123.8	0.0	94.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.5	3.0	0.0	189.6	455.7
21	1984	172.4	68.5	59.5	3.9	0.0	2.7	2.7	15.3	16.8	95.2	84.8	132.4	654.2
22	1985	138.4	132.2	119.7	52.3	17.9	9.3	1.9	3.3	35.0	57.9	86.8	117.9	772.6
23	1986	131.2	128.2	140.2	62.1	10.3	0.9	2.8	7.2	16.7	41.5	75.0	116.9	733.0
24	1987	160.2	117.1	110.8	53.6	3.1	1.4	12.0	0.5	2.7	26.8	142.1	167.0	797.3
25	1988	180.6	119.2	151.4	109.7	5.0	0.0	0.0	0.0	4.3	21.3	23.5	71.8	686.8
26	1989	185.7	109.5	170.6	77.4	16.3	10.3	0.0	12.1	50.9	52.3	47.5	132.4	865.1
27	1990	127.0	104.7	71.1	33.8	1.5	25.2	0.0	9.0	11.2	128.7	90.4	130.2	732.8
28	1991	93.4	76.4	87.6	59.3	18.1	14.4	0.0	0.0	12.7	44.9	43.7	70.5	521.0
29	1992	99.4	61.6	116.1	44.4	4.0	13.6	1.1	19.5	19.1	63.0	97.0	53.7	592.6
30	1993	163.7	87.5	116.7	57.6	0.0	1.2	2.0	9.8	26.8	66.3	137.0	114.6	783.2
31	1994	128.2	144.6	129.2	75.3	18.9	0.3	0.0	1.2	9.4	50.8	81.5	128.1	767.6
32	1995	108.2	106.0	132.3	64.9	3.1	1.2	2.8	0.0	16.7	36.3	93.0	117.9	682.4
33	1996	122.4	113.0	156.9	43.1	16.5	0.0	0.0	12.1	24.7	54.7	62.2	116.8	722.4
34	1997	229.2	175.7	178.8	50.4	3.5	0.0	5.3	15.4	9.0	46.0	137.0	65.3	915.6
35	1998	103.6	132.7	99.0	15.7	0.0	0.0	0.0	5.7	1.7	93.4	74.5	93.9	620.1
36	1999	135.2	147.5	84.6	86.9	17.9	3.2	0.3	0.0	44.7	24.7	39.1	129.0	713.2
37	2000	112.2	182.9	123.9	15.9	7.3	6.1	4.5	1.7	18.9	77.6	25.6	94.1	670.6
38	2001	216.8	160.9	180.0	56.3	26.4	1.2	14.1	10.7	35.3	49.2	77.6	136.8	965.2
39	2002	157.7	209.2	148.5	128.9	33.5	0.0	26.6	4.8	38.1	77.4	89.0	144.3	1,058.0
40	2003	131.9	134.6	163.4	60.9	19.1	6.7	0.0	8.2	1.6	38.3	27.8	128.2	720.7
41	2004	166.3	195.4	82.2	48.1	7.8	8.4	4.3	12.3	52.8	29.6	94.5	100.7	802.3
42	2005	67.9	183.2	123.3	46.0	4.6	0.0	2.8	0.0	7.8	49.5	76.9	95.7	657.6
43	2006	155.2	124.0	95.3	101.6	3.4	5.9	0.0	10.6	23.9	46.6	114.2	104.7	785.3
44	2007	119.1	89.3	179.3	46.4	5.4	0.0	9.3	0.0	15.6	62.4	79.2	75.8	681.8
45	2008	141.4	137.5	121.4	22.2	7.2	0.7	0.6	0.6	2.7	86.6	63.4	153.5	738.0
46	2009	92.6	145.1	88.5	38.8	5.9	0.0	6.4	0.0	11.5	33.2	133.1	124.9	680.0
47	2010	166.4	99.0	122.0	50.0	2.7	0.0	0.0	5.9	2.5	64.9	48.2	129.3	690.8
48	2011	111.4	122.6	161.9	137.4	14.9	3.0	4.6	3.1	53.7	26.2	30.0	136.6	805.4
49	2012	160.9	191.6	106.8	50.8	0.5	3.3	0.8	0.0	14.7	37.7	40.1	155.3	762.9
50	2013	173.5	163.8	82.0	24.4	7.5	7.4	0.0	11.6	1.9	39.6	68.8	169.0	749.4
51	2014	152.9	139.8	57.7	38.2	9.9	0.0	0.2	6.6	25.5	51.2	32.5	162.8	677.0
52	2015	148.0	100.0	111.4	57.5	8.8	2.8	13.1	7.3	10.5	54.7	77.8	142.3	734.3
53	2016	137.2	271.5	56.2	86.5	3.3	0.0	0.3	7.2	20.8	82.5	54.1	80.4	800.0
54	2017	169.8	124.6	132.7	63.6	42.7	0.0	2.3	9.8	23.7	76.3	67.8	108.2	821.5
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media		142.4	129.9	123.8	52.2	9.9	3.4	4.3	8.5	21.7	51.0	67.2	112.7	726.9
Desv. Estandar		41.30	48.84	40.48	30.47	10.37	5.78	6.86	9.58	16.39	31.63	35.51	38.97	114.88
Coef. Variacion		0.29	0.38	0.33	0.58	1.05	1.68	1.60	1.13	0.76	0.62	0.53	0.35	0.16
Prec. Max.		231.6	271.5	254.4	137.4	42.7	25.8	27.6	35.3	57.1	153.6	142.1	195.6	271.5
Prec. Min.		47.0	0.0	36.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	0.0

REGISTRO DE PRECIPITACION COMPLETADAS, LIBRES DE SALTOS Y TENDENCIAS

Estación Meteorológica: YAURI

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA														(mm)
Estacion : YAURI				Latitud : 14° 49' 01" S			Departamento : CUSCO			Provincia : ESPINAR				
Tipo: CO-884				Longitud : 71° 25' 01" W			Distrito : YAURI							
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	190.1	174.9	137.2	62.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	14.8	35.2	107.8	732.8
2	1965	91.4	115.1	124.8	42.2	0.0	0.0	1.0	0.0	20.0	23.8	37.0	227.6	683.0
3	1966	98.2	217.8	73.1	9.3	25.1	0.0	0.0	0.0	10.8	131.1	51.7	131.3	748.4
4	1967	70.8	100.3	183.2	44.8	12.1	0.0	10.7	19.8	34.0	96.9	27.3	116.1	716.2
5	1968	243.8	97.1	101.2	14.2	0.0	4.6	13.2	15.9	10.6	71.3	130.3	91.3	793.4
6	1969	230.3	163.9	79.8	55.8	0.0	0.0	5.5	5.7	0.0	0.0	52.2	120.5	713.6
7	1970	213.0	149.6	42.3	69.4	0.0	0.0	0.0	5.9	74.2	10.7	20.8	154.0	739.9
8	1971	179.8	293.4	115.2	51.2	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	10.4	6.2	123.1	781.9
9	1972	188.9	175.9	141.1	33.2	0.0	0.0	15.8	8.4	24.8	51.9	62.8	159.7	862.4
10	1973	302.9	302.7	208.8	156.9	13.1	0.0	2.8	5.0	58.2	20.8	59.8	88.0	1,218.9
11	1974	233.6	237.9	176.4	59.9	2.4	17.5	0.0	108.3	26.5	21.9	11.5	42.2	938.0
12	1975	166.9	221.6	128.5	124.9	32.7	7.8	0.0	0.0	0.0	9.0	43.5	99.7	834.7
13	1976	199.0	188.2	122.9	27.2	12.2	38.6	0.0	32.8	79.5	1.7	24.4	73.9	800.4
14	1977	61.1	215.7	84.8	0.0	2.0	0.0	8.7	0.0	14.2	68.7	58.6	56.1	569.9
15	1978	258.4	49.4	55.7	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.9	152.0	625.1
16	1979	172.9	182.1	135.4	63.6	7.3	1.9	1.3	13.7	17.4	34.6	60.9	116.2	807.4
17	1980	176.1	182.4	145.8	52.5	5.1	1.9	4.0	0.0	18.0	44.8	52.0	117.5	800.1
18	1981	203.5	162.2	135.4	65.9	3.2	5.0	0.7	16.5	29.6	52.4	71.1	125.5	870.8
19	1982	193.2	174.2	144.3	68.0	1.7	9.5	2.7	7.2	18.0	38.1	73.0	117.6	847.5
20	1983	187.9	175.5	120.9	57.2	4.9	7.4	1.0	0.0	15.6	37.6	47.3	124.7	780.1
21	1984	199.9	181.9	120.4	79.8	1.7	3.5	1.5	20.0	14.3	54.8	54.0	119.0	850.8
22	1985	180.9	178.1	123.0	56.7	15.7	11.6	1.3	0.0	29.7	44.0	72.0	124.9	837.8
23	1986	172.9	179.6	147.8	76.0	7.6	2.0	1.9	6.2	16.6	36.0	15.7	117.6	779.8
24	1987	280.4	13.5	31.3	25.6	0.0	13.4	24.9	0.0	19.0	42.9	78.8	143.7	673.6
25	1988	298.5	165.1	151.3	91.4	5.7	1.8	6.9	0.0	6.4	24.5	13.8	118.0	883.5
26	1989	181.5	174.1	133.8	57.3	7.2	9.2	0.7	9.4	1.3	39.6	49.8	113.3	777.3
27	1990	183.8	165.1	114.5	61.6	8.2	27.7	0.7	8.8	17.5	45.1	59.2	108.7	800.8
28	1991	166.1	184.2	133.8	34.1	15.8	47.0	0.0	0.0	56.0	40.0	58.2	116.1	851.3
29	1992	171.4	168.8	129.5	46.5	1.7	8.0	0.0	45.4	0.0	60.0	75.8	37.9	745.0
30	1993	270.6	107.7	134.2	117.1	5.5	0.0	0.8	15.1	7.7	94.2	174.5	157.9	1,085.3
31	1994	207.0	223.1	192.4	57.0	16.8	0.0	0.0	0.0	22.4	13.2	66.9	101.3	900.0
32	1995	167.3	142.4	211.2	82.4	2.7	0.0	0.0	2.8	13.1	52.1	37.9	129.3	841.3
33	1996	162.1	189.8	110.4	97.9	17.1	0.0	0.0	20.5	13.7	31.3	51.6	106.1	800.7
34	1997	249.6	212.4	117.9	67.5	3.2	0.0	0.0	26.5	38.9	14.8	92.9	124.2	947.9
35	1998	220.3	152.6	91.1	14.0	0.0	2.5	0.0	3.7	0.8	49.0	47.7	48.7	630.4
36	1999	144.0	233.1	161.8	127.6	3.7	0.0	0.0	0.8	48.6	53.8	46.1	157.9	977.2
37	2000	163.7	198.2	164.8	41.9	4.3	5.7	0.0	12.9	6.3	80.0	27.3	170.9	876.1
38	2001	271.4	235.3	260.2	101.6	32.7	0.9	4.4	4.9	4.3	32.9	26.3	68.9	1,043.6
39	2002	113.9	301.0	151.4	69.1	25.3	0.5	17.1	0.0	41.4	57.3	69.5	146.0	992.5
40	2003	175.3	235.7	198.1	37.8	5.8	0.8	0.0	5.6	35.7	11.4	75.2	132.4	913.8
41	2004	221.5	171.0	86.8	49.7	0.0	1.8	11.0	18.2	26.3	26.4	58.2	108.2	779.0
42	2005	117.6	181.6	126.7	44.3	1.1	2.2	0.0	4.9	5.8	57.5	43.1	166.9	751.8
43	2006	304.1	123.6	181.0	47.2	1.4	5.6	0.0	10.0	19.2	60.9	66.1	126.4	945.5
44	2007	134.0	138.0	111.7	60.5	4.8	0.0	3.5	0.0	16.8	37.5	44.9	121.6	673.2
45	2008	204.8	111.3	75.0	1.2	5.1	6.0	0.0	0.0	0.2	44.9	25.7	106.9	581.1
46	2009	105.8	170.7	106.0	46.1	5.7	0.0	1.5	0.0	2.1	45.4	179.0	138.9	801.1
47	2010	179.3	172.2	119.4	33.3	14.1	0.0	0.0	0.0	1.8	16.8	37.4	183.6	757.9
48	2011	132.2	258.4	144.5	76.7	10.4	0.0	2.0	0.0	37.6	17.6	78.0	143.3	900.7
49	2012	178.9	277.6	199.7	79.7	11.9	0.0	0.1	0.0	14.3	32.7	79.5	139.5	1,013.9
50	2013	176.7	172.6	85.3	9.0	2.8	15.1	3.6	21.0	0.0	29.9	55.4	163.2	734.5
51	2014	149.6	118.5	96.7	22.2	9.5	0.0	5.8	3.7	43.4	104.4	23.3	198.2	775.2
52	2015	193.3	118.3	123.1	137.9	14.4	0.5	1.6	18.2	21.6	31.6	27.7	149.7	837.9
53	2016	117.9	176.9	67.9	117.8	1.8	0.1	9.7	3.4	4.9	43.0	21.6	96.3	661.3
54	2017	177.1	182.8	177.2	72.1	23.8	0.1	3.4	0.0	12.8	60.8	56.2	125.0	891.2
N° Datos	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media	185.8	177.7	130.3	59.9	7.6	4.9	3.1	9.3	19.7	41.2	55.4	123.2	818.1	
Desv. Estandar	55.58	56.22	44.43	34.37	8.36	9.30	5.19	16.82	18.62	26.74	33.33	36.12	128.60	
Coef. Variacion	0.30	0.32	0.34	0.57	1.10	1.91	1.65	1.81	0.95	0.65	0.60	0.29	0.16	
Prec. Max.	304.1	302.7	260.2	156.9	32.7	47.0	24.9	108.3	79.5	131.1	179.0	227.6	304.1	
Prec. Min.	61.1	13.5	31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	37.9	0.0

FUENTE : SENAMHI

FECHA Y HORA 09/04/2019 21:01

REGISTRO DE PRECIPITACION COMPLETADAS, LIBRES DE SALTOS Y TENDENCIAS

Estación Meteorológica: POMACANCHI

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion :			Latitud : 14° 01' 41" S							Departamento :				
POMACANCHI			Longitud : 71° 34' 22" W							CUSCO				
Tipo:			Altitud : 3686 msnm							Provincia :				
CO										ACOMAYO				
										Distrito :				
										POMACANCHI				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	171.0	159.0	126.6	54.0	12.4	0.1	0.0	3.0	11.7	61.4	63.4	138.5	801.1
2	1965	160.7	159.6	128.1	75.1	11.6	0.1	0.0	4.0	37.3	68.7	81.4	149.6	876.2
3	1966	154.8	168.4	122.0	51.1	26.2	0.1	0.0	4.7	39.2	68.9	90.8	138.5	864.8
4	1967	150.0	161.0	132.3	51.1	7.4	0.7	17.8	21.9	39.9	72.6	87.2	145.2	887.2
5	1968	170.1	159.0	122.2	56.3	12.1	5.9	51.9	11.5	25.6	77.0	99.4	135.5	926.5
6	1969	168.5	154.8	122.5	50.1	8.5	3.7	11.2	6.9	31.1	58.3	85.6	137.5	838.6
7	1970	174.0	156.3	129.9	73.4	7.9	1.2	5.2	6.4	47.5	63.6	82.6	150.7	898.5
8	1971	164.1	164.8	121.0	57.7	7.0	0.2	0.0	8.6	14.5	66.6	83.6	143.8	831.8
9	1972	177.8	152.1	116.1	54.0	9.0	0.1	9.9	29.8	21.8	50.4	83.0	139.9	843.9
10	1973	183.9	158.7	123.1	69.1	19.8	0.1	14.3	14.5	23.7	69.4	98.9	139.0	914.5
11	1974	156.8	162.9	126.5	55.3	9.1	8.9	0.6	36.7	16.4	62.0	87.0	140.1	862.4
12	1975	161.4	159.1	114.8	66.0	28.3	0.8	0.0	3.5	54.4	63.2	82.7	147.7	881.8
13	1976	159.8	152.5	126.1	57.8	18.6	9.4	0.0	5.4	33.8	55.6	81.1	134.1	834.4
14	1977	158.7	157.2	116.5	59.2	13.4	0.1	6.2	2.9	36.3	68.6	90.7	135.1	845.1
15	1978	171.2	154.6	119.5	59.4	16.9	0.1	4.6	2.9	22.7	51.0	96.7	139.8	839.6
16	1979	154.4	157.4	122.6	58.6	11.6	0.1	0.4	10.7	20.8	52.9	96.0	134.9	820.5
17	1980	155.1	156.3	126.8	50.7	9.1	0.1	7.7	3.9	21.7	67.4	85.3	134.7	818.7
18	1981	180.8	150.2	124.6	61.6	7.1	4.2	0.0	12.3	49.2	82.2	109.9	142.0	924.3
19	1982	170.2	154.1	127.5	62.1	5.3	9.8	4.5	7.6	22.7	58.9	110.3	135.9	868.8
20	1983	158.7	149.8	112.2	52.5	8.7	6.6	0.0	3.7	15.7	54.8	78.2	135.7	776.5
21	1984	173.5	156.6	114.6	69.6	5.3	2.2	1.0	13.7	14.5	83.4	88.1	135.7	858.4
22	1985	49.7	116.7	69.0	99.4	77.1	13.2	0.0	5.6	55.8	36.5	143.1	131.9	798.1
23	1986	109.3	136.6	76.9	43.5	5.1	0.0	0.0	1.5	47.1	26.3	39.5	204.4	690.2
24	1987	177.7	148.7	39.4	33.8	0.0	0.5	21.7	0.0	3.0	54.4	100.5	135.2	714.8
25	1988	164.2	147.8	129.3	77.2	9.8	0.1	0.0	0.0	21.0	9.6	34.2	51.5	644.8
26	1989	161.1	124.7	79.7	8.9	11.5	9.5	0.0	8.6	35.8	61.0	83.5	132.1	716.5
27	1990	162.0	147.8	111.0	57.1	12.5	32.9	0.0	8.3	21.7	69.0	93.7	129.1	845.2
28	1991	148.8	156.3	118.2	56.2	15.9	5.3	1.3	2.8	28.2	61.1	92.2	133.3	819.6
29	1992	141.4	90.1	95.6	46.5	5.2	20.0	0.0	15.4	6.5	91.9	88.6	72.7	674.1
30	1993	205.4	124.2	101.8	31.3	0.0	2.0	6.0	11.9	16.4	86.4	80.5	185.5	851.4
31	1994	164.5	150.1	123.9	47.1	5.4	0.0	0.0	1.0	25.3	67.9	87.2	115.4	787.7
32	1995	131.4	107.2	125.5	36.6	13.3	0.0	5.4	1.5	35.6	8.9	124.5	159.1	749.1
33	1996	197.6	90.2	113.0	54.7	16.8	0.0	0.0	28.4	31.8	106.5	78.4	155.7	873.0
34	1997	151.8	190.7	187.3	22.6	15.7	0.0	4.9	12.3	7.4	81.6	133.5	77.7	885.5
35	1998	138.3	127.8	134.1	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	70.6	102.5	112.8	704.2
36	1999	169.7	137.5	82.4	91.3	9.0	0.0	1.6	0.0	18.7	33.6	39.8	104.0	687.5
37	2000	116.3	179.7	109.3	29.9	7.3	14.4	5.9	15.7	21.9	90.0	40.3	134.7	765.4
38	2001	205.0	133.0	150.7	37.7	13.1	2.7	17.7	13.2	15.7	70.0	67.7	165.2	891.8
39	2002	107.9	199.0	146.8	58.1	11.5	0.5	23.4	14.6	52.5	55.2	91.3	102.7	863.6
40	2003	152.0	149.5	136.9	57.7	14.9	7.9	0.0	5.5	15.5	58.5	45.6	100.0	744.1
41	2004	221.2	148.7	69.1	43.4	21.5	8.6	7.5	14.3	60.6	48.5	57.0	139.0	839.6
42	2005	82.2	124.8	141.8	49.8	2.0	0.0	0.2	4.1	2.5	71.1	97.3	101.3	677.1
43	2006	138.3	196.2	80.7	118.7	0.9	9.4	0.0	6.2	3.6	67.7	85.6	126.1	833.4
44	2007	148.3	150.9	194.7	66.7	12.1	0.0	4.1	0.0	3.4	45.1	85.7	88.3	799.4
45	2008	144.7	128.4	117.0	30.7	11.8	4.0	0.0	2.8	15.5	71.1	71.4	118.1	715.7
46	2009	123.2	95.1	72.5	37.7	7.7	0.0	12.7	0.0	9.9	16.4	250.1	100.1	725.4
47	2010	259.6	78.6	103.6	47.8	2.1	0.0	0.0	11.4	4.7	52.4	37.4	139.3	737.0
48	2011	105.5	134.5	120.2	53.3	8.2	4.2	6.3	2.5	50.6	45.1	37.9	168.0	736.3
49	2012	155.8	196.3	84.7	53.9	2.2	8.6	0.9	2.4	29.4	38.0	80.6	145.6	798.5
50	2013	151.8	142.5	78.3	39.4	7.6	1.1	0.0	17.0	19.0	51.6	89.6	179.3	777.1
51	2014	122.1	116.2	87.6	36.3	7.0	0.0	3.0	2.3	40.4	86.5	43.4	122.0	666.9
52	2015	154.7	107.3	131.4	62.1	8.4	0.0	9.7	6.9	5.7	28.2	100.3	123.8	738.7
53	2016	121.1	245.1	65.7	67.1	6.4	0.0	5.5	2.9	15.4	60.4	42.0	67.7	699.2
54	2017	112.5	136.6	109.3	38.4	22.5	0.5	2.0	9.6	20.2	36.3	78.5	121.2	687.7
Nº Datos	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Media	155.0	147.5	114.1	53.7	11.5	3.7	5.1	8.2	24.9	59.5	84.9	131.1	799.1	
Desv. Estanda	33.23	29.04	27.75	18.81	11.04	6.10	8.77	7.85	15.52	19.94	33.07	27.76	76.44	
Coef. Variacio	0.21	0.20	0.24	0.35	0.96	1.65	1.72	0.96	0.62	0.33	0.39	0.21	0.10	
Prec. Max.	259.6	245.1	194.7	118.7	77.1	32.9	51.9	36.7	60.6	106.5	250.1	204.4	259.6	
Prec. Min.	49.7	78.6	39.4	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.9	34.2	51.5	0.0	

FUENTE : UNSAAC

FECHA Y HORA 09/04/2019 2:01

REGISTRO DE PRECIPITACION COMPLETADAS, LIBRES DE SALTOS Y TENDENCIAS

Estación Meteorológica: LA RAYA

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estación :			Latitud :			Longitud :			Altitud :			Departamento :		
LA RAYA			14°28' S			71° 3' 00" W			4,120 msnm			CUSCO		
Tipo: CO												Provincia : CANCHIS		
												Distrito : MARANGANI		
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	178.83	148.08	187.18	55.99	23.25	1.32	0.00	0.00	11.48	38.86	72.79	104.07	821.85
2	1965	168.54	146.90	190.30	60.93	22.69	1.30	0.32	0.00	27.54	61.77	84.93	119.41	884.63
3	1966	165.50	159.73	172.22	54.59	26.11	1.31	0.00	0.00	28.95	63.63	92.58	103.99	868.61
4	1967	159.49	148.17	204.18	53.73	21.50	1.65	9.49	37.08	28.95	74.51	88.51	112.70	939.95
5	1968	175.25	146.87	172.73	55.45	22.65	4.56	26.83	13.40	20.09	89.56	98.14	99.38	924.90
6	1969	178.46	145.33	178.88	55.01	22.36	3.41	6.37	2.68	24.18	31.44	90.18	105.37	843.68
7	1970	179.82	145.37	201.77	60.67	21.84	1.92	3.21	1.48	34.35	48.51	86.61	124.02	909.56
8	1971	174.73	158.74	175.12	56.90	21.89	1.38	0.00	6.86	13.33	59.52	88.44	115.51	872.44
9	1972	186.37	143.28	160.34	56.20	22.46	1.32	5.75	57.52	18.25	7.38	88.64	110.67	858.17
10	1973	255.81	145.41	155.43	67.40	19.67	0.00	6.56	5.40	44.74	70.77	74.44	85.33	930.97
11	1974	175.68	198.09	160.74	67.32	8.25	7.37	0.58	35.12	8.15	36.86	84.40	128.05	910.62
12	1975	110.45	146.90	166.23	58.28	15.92	0.00	0.00	1.20	37.85	54.78	67.19	146.40	805.21
13	1976	187.15	120.86	188.70	33.66	14.21	1.13	9.78	15.85	40.25	9.78	35.62	76.90	733.89
14	1977	110.09	208.72	127.13	24.19	15.67	0.00	4.90	0.00	32.42	36.73	210.78	115.09	885.73
15	1978	350.24	258.00	122.62	66.15	18.73	0.00	0.00	11.37	44.72	23.76	59.17	177.96	1132.72
16	1979	196.93	124.90	170.92	90.32	126.72	0.00	0.00	0.00	10.96	53.83	68.22	170.26	1013.05
17	1980	156.73	123.09	198.52	42.39	30.95	0.00	0.00	0.00	15.92	118.41	120.21	35.33	841.54
18	1981	54.01	36.96	439.64	20.89	1.18	0.00	0.00	0.99	16.56	77.66	103.97	126.54	878.40
19	1982	123.11	147.24	221.60	61.36	0.00	3.97	0.00	16.88	10.62	40.74	145.65	79.43	850.61
20	1983	123.42	147.36	99.97	82.48	4.97	7.75	0.00	1.49	8.25	28.22	12.62	83.27	599.79
21	1984	291.00	157.53	164.89	80.76	22.48	25.46	3.78	19.39	9.85	130.78	192.44	108.30	1206.66
22	1985	181.37	153.98	186.81	58.93	23.86	3.82	2.13	9.09	23.72	59.07	99.15	113.24	915.19
23	1986	169.13	149.78	203.91	60.52	23.46	1.34	1.59	3.43	15.86	17.95	96.22	112.79	855.97
24	1987	194.80	149.16	157.63	55.44	22.49	2.17	8.27	0.00	16.27	28.21	106.74	113.87	855.05
25	1988	184.51	148.66	228.85	64.89	23.11	1.34	0.00	0.00	17.24	39.05	89.24	113.18	910.07
26	1989	182.52	156.21	200.56	58.03	23.57	7.18	0.00	7.97	29.04	52.41	93.57	110.20	921.27
27	1990	183.75	149.98	165.04	58.95	23.85	21.77	0.00	7.26	19.20	81.01	102.17	105.84	918.82
28	1991	173.51	162.91	192.38	58.77	24.72	4.62	1.33	0.00	23.81	53.80	101.18	112.51	909.55
29	1992	176.52	152.33	191.82	55.85	22.08	13.83	0.00	44.56	16.22	55.41	112.28	104.10	944.99
30	1993	192.73	153.88	174.91	56.28	22.31	1.35	2.42	9.91	21.92	50.42	110.58	133.49	930.20
31	1994	187.74	163.38	234.50	58.96	24.98	1.35	0.00	0.00	26.32	43.74	87.37	117.04	945.38
32	1995	178.34	151.39	187.03	56.28	22.13	1.35	0.52	0.00	28.11	28.63	97.15	113.63	864.55
33	1996	180.22	152.08	172.13	57.76	24.83	1.35	0.00	8.49	22.89	64.25	90.30	119.95	894.24
34	1997	178.87	157.43	193.12	57.68	23.34	1.35	0.00	10.42	18.74	48.57	140.28	123.14	952.94
35	1998	177.81	162.58	143.30	57.73	22.58	2.58	0.00	0.00	14.19	54.68	90.68	105.02	831.15
36	1999	173.25	151.44	185.66	58.95	22.52	3.56	0.88	0.00	36.38	19.84	87.48	117.46	857.42
37	2000	192.26	159.52	202.57	55.83	22.86	5.11	2.43	4.19	17.88	54.21	84.15	109.91	910.93
38	2001	198.65	165.98	213.65	58.41	25.05	1.36	15.85	17.92	23.56	41.86	106.38	111.52	908.18
39	2002	181.60	168.15	198.77	56.99	26.22	2.98	24.73	2.27	17.68	87.48	106.80	120.40	994.06
40	2003	186.90	159.62	217.38	60.51	22.77	5.52	0.00	44.73	13.91	37.75	82.32	118.74	950.14
41	2004	188.77	158.04	170.87	57.03	22.89	14.69	15.53	15.07	24.25	27.61	94.84	111.50	901.07
42	2005	183.17	159.02	203.87	58.28	23.11	1.62	1.07	3.00	14.39	42.91	94.39	114.58	899.40
43	2006	194.31	163.57	219.77	59.11	22.39	4.55	0.00	18.73	16.13	80.76	97.27	123.85	1000.44
44	2007	183.48	146.54	196.31	64.42	23.78	1.36	3.64	0.00	12.40	53.22	98.19	111.89	895.24
45	2008	178.02	155.63	170.17	55.89	24.52	2.74	0.00	2.77	19.84	57.31	104.84	120.92	892.63
46	2009	178.82	155.61	179.34	57.30	23.70	1.37	3.00	0.00	20.55	8.09	104.43	110.95	843.16
47	2010	206.43	166.44	210.27	56.88	22.74	1.37	1.26	4.71	16.59	78.20	88.41	129.52	982.83
48	2011	177.53	168.51	212.11	62.04	23.40	3.46	3.38	0.00	34.33	42.10	95.18	116.76	938.79
49	2012	171.88	166.59	156.79	60.14	23.57	2.16	0.00	0.00	22.51	20.86	121.11	131.15	876.73
50	2013	191.44	161.30	177.74	56.67	28.72	5.37	1.81	23.46	22.12	118.27	103.90	127.11	1017.91
51	2014	188.32	157.74	153.85	58.93	24.99	1.37	2.92	7.41	19.19	53.55	85.26	125.71	879.25
52	2015	189.88	163.24	172.62	62.47	27.11	3.93	9.49	4.49	21.24	20.45	91.65	117.74	884.31
53	2016	178.40	164.56	165.11	57.96	23.28	1.37	4.13	0.00	15.98	89.46	84.88	113.05	898.17
54	2017	179.83	159.21	207.59	60.34	25.33	5.25	0.00	13.78	22.19	53.68	99.04	117.49	943.73
Nº Datos	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	45
Media	180.9	155.0	187.1	58.1	23.5	3.7	3.4	9.1	21.7	52.3	96.5	114.4	905.72	
Desv. Estandar	39.68	25.62	43.83	10.66	15.46	4.95	5.82	13.05	8.80	26.91	29.24	20.26	90.33	
Coef. Variacion	0.22	0.17	0.23	0.18	0.66	1.35	1.71	1.44	0.41	0.51	0.30	0.18	0.10	
Prec. Max.	350.2	258.0	439.6	90.3	126.7	25.5	26.8	57.5	44.7	130.8	210.8	178.0	439.6	
Prec. Min.	54.0	37.0	100.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	7.4	12.6	35.3	0.0	
FUENTE : SENAMHI														FECHA Y HORA 09/04/2019 2:01

ANEXO 3

REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION

REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION

Coefficientes para generación de precipitación mensual de la microcuenca Ccancahua

ESTACIÓN	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA (mm/año)	PRECIPITACIÓN CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA- ESTACION d _i (m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES h _i (m)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION		FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE PRECIPITACION POR ALTITUD	FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ					FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL F _t = F _p ·F _{dh}
								N° Ecuacion	2		Proporcion Inversa Distancia		Proporcion Inversa diferencia de alturas		FACTOR INFLUENCIA POR DIST. Y ALTITUD F _{dh} = (F _d + F _h)/2	
		X	Y	P _{hist.}	P _{correg.}	Forma Ecuacion	Y = a e ^{-(bX)}	$F_p = \frac{P_{correg. Cuenca.}}{P_{correg. Estac.}}$	f _{1i} = Σ (d _i)/d _i	F _d = (f _{1i} /Σf _{1i})	f _{2i} = Σ (h _i)/h _i	F _h = (f _{2i} /Σf _{2i})				
KAYRA	3,219.00	188,781.00	8,499,423.00	673.25	622.35	93,817.57	1,262.00	Constantes necesarias para extrapolar la precipitacion: a = 1,345,2 b = 0,00005 c =		1.350	1.88	0.0577	2.7876	0.1025	0.0801	0.108
SICUANI	3,574.00	221,803.10	8,447,636.34	726.89	692.29	36,317.81	907.00			1.250	4.87	0.1490	3.8787	0.1427	0.1458	0.182
YAURI	3,927.00	258,603.96	8,423,045.98	818.10	769.63	10,579.60	554.00			1.111	16.71	0.5115	6.3502	0.2336	0.3725	0.414
POMACANCHI	3,686.00	222,103.32	8,447,639.62	799.11	715.95	36,044.55	795.00			1.137	4.90	0.1501	4.4252	0.1628	0.1564	0.178
LA RAYA	4,120.00	279022.5	8399654.99	905.72	815.50	41,078.10	361.00			1.003	4.30	0.1317	9.7452	0.3585	0.2451	0.246
					Σ	176,759.53	3,518.00				32.67	1.00	27.19	1.0000	1.0000	1.128

DATOS:				
ZONAS DE ESTUDIO	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA
		X	Y	
MC CCANCAHUA	4,481.00	255,045.00	8,433,009.00	908.78

Coefficientes para generación de precipitación mensual de la microcuenca Capillani

ESTACIÓN	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA (mm/año)	PRECIPITACIÓN CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA-ESTACIÓN d _i (m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES h _i (m)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION		FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE PRECIPITACION POR ALTITUD	FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ					FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL F _t = F _p ·F _{dh}
		X	Y	P _{hist.}	P _{correg.}			N° Ecuacion	2		Proporcion Inversa Distancia		Proporcion Inversa diferencia de alturas		FACTOR INFLUENCIA POR DIST. Y ALTITUD F _{dh} = (F _d + F _h)/2	
											Forma Ecuacion	Y = a e ^{-(bX)}	$F_p = \frac{P_{correg. Cuenca.}}{p_{correg. Estac.}}$	$f_{11} = \sum (d_i)/d_i$		
KAYRA	3,219.00	188,781.00	8,499,423.00	673.25	622.35	102,902.63	872.40	Constantes necesarias para extrapolar la precipitacion: a = 1,345.2 b = 0,00005 c =	Y = a e ^{-(bX)}	1.201	1.93	0.0577	2.2462	0.0246	0.0411	0.049
SICUANI	3,574.00	221,803.10	8,447,636.34	726.89	692.29	41,706.27	517.40			1.112	4.76	0.1423	3.7874	0.0415	0.0919	0.102
YAURI	3,927.00	258,603.96	8,423,045.98	818.10	769.63	12,264.22	164.40			0.988	16.18	0.4840	11.9197	0.1305	0.3073	0.304
POMACANCHI	3,686.00	222,103.32	8,447,639.62	799.11	715.95	41,515.64	405.40			1.012	4.78	0.1430	4.8337	0.0529	0.0980	0.099
LA RAYA	4,120.00	279022.5	8399654.99	905.72	815.50	34,323.87	28.60			0.893	5.78	0.1730	68.5175	0.7504	0.4617	0.412
					Σ	198,388.77	1,959.60				33.42	1.00	91.30	1.0000	1.0000	0.967

DATOS:				
ZONAS DE ESTUDIO	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA
		X	Y	
MC CAPILLANI	4,091.40	248,722.85	8,415,781.35	808.54