

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Alex_Almendrades ago2024.pdf

AUTOR

Alex Almendrades

RECUENTO DE PALABRAS

34100 Words

RECUENTO DE CARACTERES

162038 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

137 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.4MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 29, 2024 11:54 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 29, 2024 11:56 AM GMT-5

● 9% de similitud general

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 14 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS

(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS (X) 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: Almendrades Curo Alex Renato
D.N.I.: 74705324
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruana
Teléfono: 997731824
e-mail: 2016200007@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: Facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico: tesis
Título Profesional otorgado: Ingeniería Ambiental

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA SUYRUUYOCC, DISTRITOS DE CHINCHEROS Y AHUAYRO, PROVINCIA CHINCHEROS, DEPARTAMENTO APURÍMAC
Fecha de Sustentación: 4 de diciembre del 2023
Calificación: Aprobado con distinción
Año de Publicación: 2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	Info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	<input checked="" type="checkbox"/>

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	Info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	<input type="checkbox"/>
	Info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	<input type="checkbox"/>
	Info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	<input type="checkbox"/>

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

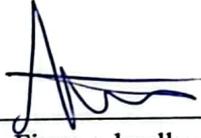
Motivos de la elección del acceso restringido:

Almendrades Curo Alex Renato

APELLIDOS Y NOMBRES

74705324

DNI



Firma y huella:



Lima, 25 de octubre del 20 24

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS
MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LA
UNIDAD HIDROGRÁFICA SUYRORUYOCC, DISTRITOS DE
CHINCHEROS Y AHUAYRO, PROVINCIA CHINCHEROS,
DEPARTAMENTO APURÍMAC”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ALMENDRADES CURO, ALEX RENATO

ORCID: 0009-0008-5998-4856

ASESOR

HERRERA ESPINOZA, JAVIER

ORCID: 0000-0002-2571-1699

Villa El Salvador

2023



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Villa El Salvador, siendo las 09:50 a.m. del día 04 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: GUILLERMO LORENZO VILCHEZ OCHOA DNI N° 08968007 C.I.P. N° 046448
SECRETARIO: JOSE ALFONSO APESTEGUIA INFANTES DNI N° 09359857 C.Q.F.Q. N° 06538
VOCAL : RUBEN ARMANDO DAGA LOPEZ DNI N° 40791052 C.I.P. N° 117573
ASESOR : JAVIER HERRERA ESPINOZA DNI N° 07603432 CIP N° 45728

Designados mediante Resolución de Decanato N° 364-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto del 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al: Grado de Bachiller Título Profesional

Don: ALEX RENATO ALMENDRADES CURO identificado(a) con D.N.I. N° 74705324, procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulado: "PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA SUYRORUYOCC, DISTRITOS DE CHINCHEROS Y AHUAYRO, PROVINCIA CHINCHEROS, DEPARTAMENTO APURÍMAC".

Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 812-2023-UNTELS-R-D de fecha 23 de noviembre, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO por Distinción con la nota de: Dieciséis (letras).....16..... (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
16	Dieciséis	Aprobado con distinción	Muy bueno

Siendo las 10:40 a.m. horas del día 04 de diciembre del 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

Dr. JOSÉ ALFONSO APESTEGUIA INFANTES
SECRETARIO

Dr. José A. Apesteguiá Infantes
QUÍMICO FARMACÉUTICO
C.Q.F.P. 06538
ESP TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL
RNE. 240

Dr. GUILLERMO LORENZO VILCHEZ OCHOA
PRESIDENTE

ALEX RENATO ALMENDRADES CURO
BACHILLER

Mg. RUBEN ARMANDO DAGA LOPEZ
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Jacinto y Cristina por constante apoyo y ayuda motivacional.

A mis estimados compañeros de trabajo del Gobierno Regional quienes me apoyaron de manera técnica en el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento se extiende al Mg. Javier Herrera Espinoza, por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto.

A mis padres, faros incansables de amor y aliento, cuya dedicación y apoyo han sido la fuerza motriz detrás de cada página escrita. A mis valiosos compañeros de trabajo del departamento de Apurímac, cuya colaboración y ánimo han tejido un hilo invisible pero poderoso a lo largo de este viaje académico.

También quiero rendir homenaje póstumo al Magister Maglio Ruiz Vergaray quien fue mi revisor, su memoria vive en cada página de este trabajo.

RESUMEN

La presente tesis se realizó en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, ubicada en los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros y departamento de Apurímac; donde se utilizó el recurso hídrico como principal agente de estudio.

La presente investigación tuvo como objetivo principal la propuesta de medidas de mitigación de impactos mediante la determinación del balance hídrico de la unidad hidrográfica Suyroruyocc el cual tiene una extensión de 45.3 km².

Para la obtención de resultados se usaron metodologías como el tratamiento de datos y análisis estadístico propuesto por (Villón, 2014), para caudales medios mensuales propuesto para el cálculo de la oferta hídrica (Lutz Scholz, 1980), para la obtención de la demanda hídrica de riego (MEF, 2011) y para la evaluación de impactos ambientales (Conesa, 2010)

Los resultados obtenidos indicaron que la oferta hídrica media para uso con fines de riego y consumo humano en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc es de 0.133 m³/s en promedio, mientras que la demanda hídrica media es de 0.008 m³/s.

En cuanto a los impactos ambientales relacionados con el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, se encontró que el mayor impacto es la disminución del caudal hídrico debido al uso ineficiente del agua por parte de los usuarios y con ello se propuso medidas de mitigación

La propuesta de medidas de mitigación se basó en los resultados del balance hídrico y los impactos ambientales.

ABSTRACT

This thesis was carried out in the Suyroruyocc hydrographic unit, located in the districts of Chincheros and Ahuayro, province of Chincheros and department of Apurímac; where water resources were used as the main study agent.

The main objective of this research was to propose impact mitigation measures by determining the water balance of the Suyroruyocc hydrographic unit, which has an area of 45.3 km².

To obtain results, methodologies were used such as data processing and statistical analysis proposed by (Villon, 2014), for average monthly flows proposed for the calculation of water supply (Lutz Scholz, 1980), to obtain water demand. irrigation (MEF, 2011), for the evaluation of environmental impacts (Conesa, 2010)

The results obtained indicated that the average water supply for use for irrigation and human consumption in the Suyroruyocc Hydrographic Unit is 0.133 m³/s on average, while the average water demand is 0.008 m³/s.

Regarding the environmental impacts related to the surface water balance of the Suyroruyocc Hydrographic Unit, it was found that the greatest impact is the decrease in water flow due to the inefficient use of water by users.

The proposal for mitigation measures, it was based on the results of the water balance and environmental impacts.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los recursos hídricos se ha vuelto imperativa en el contexto actual, destacando la importancia de la identificación, cuantificación y valoración intrínseca del recurso hídrico en la toma de decisiones.

El país, con su topografía accidentada y abundancia de recursos hídricos, requiere una gestión eficiente para garantizar su sostenibilidad. En este contexto, el balance hídrico emerge como una herramienta esencial para cuantificar los flujos de entrada y salida en una Unidad Hidrográfica, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones. Sin embargo, la variabilidad en los métodos de cálculo y la falta de estandarización plantean desafíos, especialmente en Regiones como la provincia de Chincheros, donde la demanda hídrica tiende a superar la oferta hídrica.

Esta investigación se enfoca en la Unidad Hidrográfica Suyroruyoc, donde la creciente demanda de agua para actividades agrarias, la falta de capacidades técnicas y políticas de gestión adecuadas plantean desafíos significativos. Se busca evaluar la disponibilidad del recurso, dar propuestas de medidas de mitigación frente a los impactos ocurrentes en la Unidad Hidrográfica Suyroruyoc mediante el balance hídrico.

ÍNDICE

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Motivación.....	1
1.2 Estado del arte	1
1.3 Descripción del problema.....	2
1.4 Formulación del problema.....	4
1.4.1 Problema general	4
1.4.2 Problemas específicos.....	4
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Justificación	5
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales	7
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	10
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Unidad Hidrográfica	12
2.2.2 Ciclo Hidrológico	14
2.2.3 Caudal.....	15
2.2.4 Relación entre Balance Hídrico y Ciclo Hidrológico.....	17
2.2.5 Sistema Hidrológico	18
2.2.6 Balance hídrico	18
2.2.7 Oferta hídrica.....	21
2.2.8 Demanda hídrica.....	21
Parámetros Geomorfológicos	21

2.2.10 Estaciones Hidrometeorológicas	28
2.2.11 Elementos meteorológicos.....	29
2.2.12 Radiación solar Extraterrestre	30
2.2.13 Escorrentía	30
2.2.14 Análisis de Consistencia.....	31
2.2.15 Completación y extensión de datos	32
2.2.16 Modelo hidrológico Lutz Scholz	32
2.2.17 Coeficiente de cultivo (Kc)	44
2.2.18 Cédula de cultivo	45
2.2.19 Impacto ambiental	45
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	49
3.1 Operacionalización de las variables	49
3.2 Hipótesis de la investigación	50
3.2.1 Hipótesis general	50
3.1.1 Hipótesis específicas.....	50
IV. METODOLOGÍA	51
4.1 Descripción de la metodología	51
4.1.1 Etapas de desarrollo de la tesis	51
4.2 Implementación de la investigación	55
4.2.1 Análisis y tratamiento de la información hidrometeorológicas.....	55
4.2.2 Metodología para calcular la oferta hídrica.....	63
4.2.3 Metodología para calcular la demanda hídrica.....	64
4.2.4 Matriz de Conesa	68
4.2.5 Propuesta de Medidas de Mitigación	68
4.3 Población y muestra.....	68
4.3.1 Población	68
4.3.2 Muestra	68

4.4	Técnicas de recolección de datos.....	68
4.4.1	Técnica.....	68
4.5	Instrumentos de recolección de datos	69
4.5.1	Validez.....	69
4.5.2	Confiabilidad	69
4.5.3	Información cartográfica	69
4.5.4	Información hidrometeorológica.	69
4.5.5	Equipos y programas de cómputo	69
4.5.6	Materiales de campo	70
V.	RESULTADOS.....	70
5.1	Parámetros geomorfológicos de la UH Suyroruyocc	70
5.2	Aforos de las captaciones para fines de riego y consumo humano.	72
5.2.1	Aforos de captaciones con fines de riego	72
5.2.2	Aforos de reservorios para consumo humano	72
5.2.3	Análisis y tratamiento de la información meteorológica.....	72
5.2.4	Determinación de la oferta hídrica.	87
5.2.5	Matriz de Conesa Para la Determinación de Impactos en la UH Suyroruyocc.....	96
5.2.6	Propuesta de medidas de mitigación	99
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	100
VII.	CONCLUSIONES	101
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ANEXOS.....	110
	Anexo 1. Matriz de consistencia	110
	Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos	112
	Anexo 3. Glosario de términos	116
	Anexo 4. Panel fotográfico.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuenca hidrográfica.....	13
Figura 2: Representación del ciclo hidrológico	15
Figura 3: Medición de caudal según método del flotador.....	16
Figura 4: Representación del ciclo Hidrológico	18
Figura 5: Curva hipsométrica.....	23
Figura 6: Ancho y longitud de una Unidad Hidrográfica	24
Figura 7: Rectángulo equivalente de una Unidad Hidrográfica.....	25
Figura 8: Tipos de estaciones meteorológicas	29
Figura 9: Tipos de escorrentía.....	31
Figura 10: Curva generalizada del coeficiente del cultivo del procedimiento único del cultivo.....	44
Figura 11: Flujograma de metodología.....	51
Figura 12: Ubicación del área de estudio de la UH Suyroruyocc.....	54
Figura 13: Mapa de Ubicación de las Estaciones Hidrometeorológicas de la UH Suyroruyocc	56
Figura 14: Valores de T student para consistencia en la media.	60
Figura 15: Tabla F (fisher).....	62
Figura 16: Curva Hipsométrica de la UH Suyroruyocc.....	70
Figura 17: Hidrograma para la estación Vilcashuaman (2001-2021).....	77
Figura 18: Hidrograma para la estación Vilcashuaman (2001-2021).....	77
Figura 19: Hidrograma para la estación Andahuaylas (2001-2021).....	78
Figura 20: Hidrograma para la estación Pampas, periodo (2001-2021).....	78
Figura 21: Curva doble masa (Datos Sin Corregir)	80
Figura 22: Precipitación Anual – Altitud (sin excluir)	83
Figura 23: Precipitación Anual – Altitud (con exclusión).....	83
Figura 24: Precipitación Promedio Mensual Generada	86
Figura 25: Balance Hídrico de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de cuencas según área	13
Tabla 2: Factores de corrección de velocidad	17
Tabla 3: Tipos de pendientes	24
Tabla 4: Clases de valores de la forma	25
Tabla 5: Rangos de densidad	27
Tabla 6: Límite superior para la precipitación efectiva	34
Tabla 7: Coeficientes para la estimación de la precipitación efectiva	35
Tabla 8: Precipitación efectiva según el Bureo of Reclamation	36
Tabla 9: Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva	36
Tabla 10: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (valores en %)...	42
Tabla 11: Indicadores de Puntuación	45
Tabla 12: Calificación de la Importancia de los Impactos positivos	47
Tabla 13: Calificación de la Importancia de los Impactos negativos	48
Tabla 14: Operacionalización de las variables.....	49
Tabla 15: Estaciones Meteorológicas de Estudio	56
Tabla 16: Dotación por número de habitantes	65
Tabla 17: Parámetros Geomorfológicos de la UH Suyroruyocc.....	71
Tabla 18: Aforo de captaciones con fines de riego.....	72
Tabla 19: Aforos de Reservoirio para consumo humano.....	72
Tabla 20: Datos completados para la estación Chilcayoc.....	73
Tabla 21: Datos completados para la estación Vilcashuaman	74
Tabla 22: Datos completados para la estación Pampas.....	75
Tabla 23: Datos completados para la estación Andahuaylas	76
Tabla 24: Curva doble masa (Datos Sin Corregir).....	79
Tabla 25: Consistencia en la media de los datos de precipitación	80
Tabla 26: Consistencia en la desviación estándar	81
Tabla 27: Datos corregidos de la estación Pampas	81
Tabla 28: Elección de estaciones meteorológicas para la zona de estudio	82
Tabla 29: Ecuación de regresión precipitación – altitud.....	84
Tabla 30: Factores de influencia y Ecuación de precipitación para la UH Suyroruyocc.....	84

Tabla 31: Precipitación mensual generada en la altura media de la UH Suyrouyoccc (2001 – 2021)	85
Tabla 32: Regionalización de Temperatura para la UH Suyroruyoccc	86
Tabla 33: Humedad relativa y horas de sol.....	87
Tabla 34: Cálculo De La Evapotranspiración Potencial de la U.H. Suyroruyoccc para el Periodo 2001 -2021	88
Tabla 35: Generación de caudales medios mensuales para un año promedio.	89
Tabla 36: Generación de Descargas Medias Mensuales (m3/s)	90
Tabla 37: Caudal Medio Generado al 75% para fines de riego (m3/s).....	90
Tabla 38: Oferta Hídrica con fines de riego.....	91
Tabla 39: Oferta Hídrica para Consumo Humano	91
Tabla 40: Cédula de cultivo	92
Tabla 41: Demanda hídrica del comité de riego de Generosa	92
Tabla 42: Demanda hídrica del comité de riego de Ahuayro	93
Tabla 43: Demanda hídrica del comité de riego de Bombón – Tejahuasi	93
Tabla 44: Demanda Hídrica con Fines de Riego	94
Tabla 45: Demanda Hídrica para consumo humano	94
Tabla 46: Balance Hídrico de la UH Suyroruyoccc	95
Tabla 47: Leyenda de Parámetros para la Matriz de Conesa.....	96
Tabla 48: Matriz de Conesa (Parte 1)	96
Tabla 49: Matriz de Conesa (Parte 2)	97
Tabla 50: Matriz de Conesa (resultados de importancia)	98
Tabla 51: Propuesta de Medidas de Mitigación.....	99

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Motivación

El acceso sostenible y seguro al agua es una preocupación global, especialmente en lugares propensos a la escasez de agua y afectadas por el cambio climático. En este contexto, la Unidad Hidrográfica Suyroruyoc, ubicada en el distrito de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad y uso adecuado de sus recursos hídricos ya que la creciente presión sobre los recursos naturales en esta Unidad Hidrográfica, como resultado de la expansión de la frontera agrícola y el desarrollo socioeconómico, ha generado impactos ambientales negativos como la deforestación, degradación del suelo y la disminución de la calidad del agua, entre otros. Estos impactos amenazan no solo la sostenibilidad del área, sino también la calidad de vida de las comunidades locales que dependen directamente de los servicios ecosistémicos brindados por la Unidad Hidrográfica. En este contexto, la presente investigación propone abordar esta problemática crucial mediante la "Propuesta de medidas de mitigación de impactos mediante la determinación del balance hídrico de la Unidad Hidrográfica Suyroruyoc". La evaluación y comprensión detallada del balance hídrico de la Unidad Hidrográfica permitirá identificar la demanda y oferta del recurso hídrico. Esta información será fundamental para la definición de medidas de mitigación orientadas a la protección, conservación y uso sostenible del agua, minimizando así los impactos negativos en la Unidad Hidrográfica.

1.1 Estado del arte

Diversos estudios acerca del balance hídrico (Arias, 2022; Administración Local del Agua Bajo Apurímac Pampa, 2018; Castillo y Inoñán, 2018; Villazon et. al 2021) han demostrado la relevancia su análisis para comprender la disponibilidad, distribución del recurso hídrico en un área geográfica determinada; usando metodologías que incluyen el análisis de datos meteorológicos, hidrológicos y de uso del suelo, han sido empleadas para estimar el balance hídrico en diferentes contextos geográficos. Sin embargo, no se tienen mayores estudios enlazados al impacto ambiental generados en las unidades hidrográficas (Palacios, 2021; Bustamante y Paragua, 2022) que han resaltado la importancia de una planificación integral de cuencas para enfrentar estos desafíos y han destacado la relevancia de prácticas de conservación del suelo, el agua y la educación ambiental para mejorar la disponibilidad de agua. El estado del arte revela que el análisis del balance hídrico y la implementación de medidas de mitigación de impactos en Unidad Hidrográfica son temas

relevantes y cruciales para la protección de los recursos hídricos y la conservación ambiental. Mediante la comprensión de las lecciones aprendidas de investigaciones previas, esta tesis busca contribuir a la sostenibilidad hídrica y al bienestar de las comunidades locales en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

1.2 Descripción del problema

El estado actual de los recursos hídricos subraya la imperiosa necesidad de optimizar la gestión del agua. La identificación, cuantificación y la incorporación del valor intrínseco del recurso hídrico en el proceso de toma de decisiones resultan fundamentales para lograr una gestión sustentable y equitativa de los recursos hídricos, y para avanzar en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. (UNESCO, 2021).

En América Latina y el Caribe, el estrés hídrico ha generado una serie de conflictos, ya que diversos sectores, como la agricultura, la generación de energía hidroeléctrica y la minería, compiten por los recursos hídricos limitados. La agricultura, en particular, utiliza el 69% del total de agua dulce del mundo. Además, varias actividades requieren este recurso, por lo que la viabilidad de su uso en diferentes sectores depende de una gestión adecuada. (UNESCO, 2021).

En el caso de Perú, se presenta una situación en la que el país cuenta con un promedio anual de 1,768,512 millones de metros cúbicos (MMC) de agua disponible y se divide en tres vertientes hidrográficas. La mayor cantidad de recursos hídricos se encuentra en la vertiente hidrográfica del Atlántico, con un volumen de 1,719,814 MMC, lo que representa el 97.3% del total. La vertiente hidrográfica del Titicaca dispone de 9,877 MMC, equivalente al 0.5%, y la vertiente hidrográfica del Pacífico, ubicada en la región occidental de los Andes, tiene un disponible de 38,821 MMC, aunque enfrenta un déficit del -2.2%, especialmente debido al crecimiento de la población que demanda cada vez más recursos hídricos. (INEI, 2014). Nuestro país, situado en el centro de la costa occidental de América del Sur, con un relieve muy accidentado debido a la Cordillera de los Andes, que lo recorre en sentido longitudinal, cuenta con un área continental aproximadamente de 1,285,215.6 km², que representa al 0.0052 % de la superficie total no cubierta por los mares, y del área citada el 74.4 % corresponde a la vertiente del Atlántico (Gómez y Gallo, 2022). Los recursos hídricos en el Perú son abundantes por su cantidad de nevados, lagunas, etc., sin embargo, es necesario gestionar estos recursos de manera eficiente, para esto una herramienta importante

es el balance hídrico para saber la disponibilidad del agua y usarla sosteniblemente (Morejón et al., 2015).

El balance hídrico consiste en cuantificar los flujos de entrada y salida de una cuenca, y es de suma importancia ya que proporciona información del estado de la disponibilidad del recurso hídrico para su manejo, así mismo evalúa el comportamiento de sus magnitudes fundamentales como la explotación de acuíferos, déficit de trasvase y escapes en las redes de distribución, para este cálculo es necesario conocer una significativa información estadística y geográfica de la cuenca así como las condiciones reales de la cuenca hidrográfica estudiada sobre todo para estimar los parámetros relacionados a los procesos hidrológicos como la lluvia, la evapotranspiración, escurrimiento y la infiltración dado que para cada parámetro influyen una serie de factores que varían de acuerdo al lugar como las propiedades físicas del suelo, la vegetación existente, los tipos de cultivo que se practican, entre otros; además de una estandarización en los métodos de cálculo del balance hídrico, ya que existen diversos autores los cuales difieren en la ecuación de cálculo por ende el valor no es exacto; por ello es necesario realizar el balance de manera exclusiva al entorno al lugar estudiado para de esta forma gestionar su uso eficientemente para el beneficio social, económico y ambiental de los pobladores en una localidad (Gómez E. , 2016).

En la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac debido a la alta demanda del recurso hídrico por sus actividades agrícolas y ganaderas, es de vital importancia calcular el balance hídrico, para así tener un mejor manejo del recurso y poder satisfacer las necesidades de la localidad, por ello es importante tener buenas prácticas agrícolas y ganaderas en la optimización del recurso hídrico. Al evaluar la disponibilidad del recurso se podrá implementar estrategias de sostenibilidad las cuales ayuden a la mejor gestión del recurso hídrico, así como establecer políticas basadas en los objetivos de desarrollo sostenible, así como en la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento.

En la Unidad Hidrográfica Suyroruyoc, al igual que en cualquier otra, existen necesidades agropecuarias que llevan a los agricultores a ampliar su frontera agrícola, por lo que genera una mayor demanda del recurso hídrico, además que al usar fertilizantes químicos degradan la calidad del suelo y los desperdicios contaminan los cuerpos de agua, alterando el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua al verse afectado por efectos secundarios de la degradación de los ecosistemas como el aumento de temperatura a causa de la disminución de la vegetación, la compactación de suelos por actividad ganadera, deforestación, entre otros.

No obstante, la limitada capacidad técnica – profesional, capacidad económica y las inadecuadas políticas de gestión existentes en la provincia de Chincheros causan la limitada gestión en el manejo de cuencas.

Así mismo la variación climatológica en la Unidad Hidrográfica, sumado al uso ineficiente del agua por la baja capacitación en su uso, deficiente infraestructura de riego por la falta de estudios y la limitada capacidad presupuestal provoca una baja productividad agropecuaria en la población residente en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

De este modo, en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, el manejo del recurso hídrico superficial, se hace de vital importancia el velar por las necesidades de la población con el fin de obtener beneficios en las diferentes actividades como la atención de los requerimientos agropecuarios que es su principal medio económico. Por lo tanto, las medidas que se adoptarán en base a una mejor gestión de los recursos hídricos influirán en la disponibilidad del agua y el abastecimiento de los requerimientos de la población de los distritos Chincheros y Ahuayro contribuyendo un manejo sustentable en beneficio de las generaciones futuras.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cuál es la propuesta de las medidas de mitigación de los impactos hallados mediante la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac?
- ¿Cuál es el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac?
- ¿Cuáles son los impactos relacionados en la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac?

- ¿Cuál es la propuesta de medidas de mitigación hídrico de los impactos hallados en el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Proponer medidas de mitigación de los impactos hallados mediante la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac.
- Determinar el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac.
- Determinar los impactos relacionados en la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac.
- Proponer medidas de mitigación de los impactos hallados en el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac.

1.5 Justificación

La justificación de la investigación conllevará a elaborar medidas de mitigación para un uso sostenible del recurso hídrico a causa de los impactos de un mal manejo lo cual traerá beneficios traerá beneficios económicos, sociales y ambientales.

En el nivel teórico la presente tesis integra conceptos de recursos hídricos, estadística, evaluación de impacto ambiental e hidrología por lo que los resultados del estudio serán predecesora a una mejor gestión de recursos hídricos en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

En el nivel económico la propuesta de medidas de mitigación de impactos en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc conllevará a una mejora en la producción agropecuaria por lo que la población que reside dentro tendrá un mayor ingreso monetario.

En el ámbito social reside en elevar el nivel de vida de las personas que habitan en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, dado que se pretende atenuar los impactos y mejorar la producción agropecuaria

En el nivel tecnológico, con el uso de softwares disponibles ArcGIS 10.5, HEC 4 y Google Earth facilita a los investigadores a realizar sus estudios.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

García et al. (2021) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de determinar el balance hídrico, es decir, la relación entre la oferta y la demanda de agua en la unidad hidrológica 69-95259905 en Nicaragua. Para lograr esto, utilizaron una metodología descriptiva y un diseño no experimental.

Los datos obtenidos indican que la entrada de agua al sistema es de 16.49 millones de metros cúbicos (MMC). La mayor parte de esta agua ingresa a la cuenca a través de la infiltración de la precipitación, aunque se observa una influencia significativa de la evapotranspiración durante los meses más secos del año. Además, se recopiló información sobre la población que enfrenta problemas de accesibilidad y estabilidad en el servicio de agua potable en la cuenca, lo cual asciende a 0.07 metros cúbicos diarios por persona.

En conclusión, los autores del estudio llegaron a la conclusión de que la cuenca cuenta con suficiente agua disponible para satisfacer tanto la demanda actual como la futura. También destacaron que la escasez de agua actual no está relacionada con los flujos naturales del entorno. En lo que respecta a la disponibilidad de agua subterránea en la cuenca, esta se estima en 2.27 MMC, y su recarga está influenciada por los procesos de evapotranspiración, que varían según la cobertura y el uso del suelo en la cuenca. Durante el periodo seco, los meses de marzo y abril presentan la mayor evapotranspiración, alcanzando un total de 270.80 mm, lo que resulta en una recarga nula. En contraste, durante el periodo lluvioso, las precipitaciones aumentan, permitiendo que un mayor porcentaje del agua caída en la cuenca llegue al acuífero.

Farías et al. (2020) en su estudio sobre la modelación geoestadística del Balance Hídrico Superficial (BHS) en la cuenca del río Pao, Venezuela, se desarrolló un modelo geoestadístico para estimar el BHS bajo condiciones de variabilidad en la humedad del suelo. Los resultados de la investigación señalan que se logró identificar un ajuste matemático adecuado que puede predecir la variabilidad espacial de los datos hidrometeorológicos en la cuenca. Esto se evidencia al comparar los valores observados y estimados del BHS mediante el coeficiente de correlación (R), obteniendo los siguientes rangos: 0.54-0.81 para precipitaciones, 0.68-0.95 para infiltración, 0.68-0.92

para escorrentía, 0.53-0.86 para evapotranspiración y 0.53-0.95 para el volumen acumulativo.

Díaz y Alarcón (2018) llevaron a cabo una investigación con el objetivo de determinar las condiciones hidrológicas en la fuente de suministro del acueducto de Inter veredal, ubicado en el municipio de Nunchía, Casanare. Su estudio involucró la delimitación del área de la cuenca de aportación y el análisis de los factores hidrometeorológicos que influyen en la disponibilidad de agua a lo largo de todo el año.

Los resultados del estudio revelaron que, según el balance hídrico realizado para la cuenca de la Quebrada Niscota, desde febrero hasta abril, se registraron déficits en todos los valores de variación. Esto se debió a que la evapotranspiración superó el promedio de las precipitaciones mensuales. El mes de enero se destacó como el período con el mayor déficit de agua en la cuenca, lo cual coincidió con los valores observados para el índice de escasez mensual. Sin embargo, se encontró que, en el sitio de captación del agua, incluso durante la época más seca del año, el caudal medido se mantuvo dentro del rango de valores previamente identificados para la quebrada. Además, se observó que, incluso en la época más seca, el caudal que fluye por el cauce principal de la cuenca era suficiente para abastecer el proyecto del acueducto Inter veredal sin ejercer presión adicional sobre la cuenca, incluso cuando los caudales mínimos estaban presentes.

Carchi (2017) llevó a cabo una investigación con el objetivo de elaborar un balance hídrico para la cuenca del Río Machangara. Los resultados más destacados de este estudio se relacionan con el análisis de la disponibilidad de agua en comparación con la demanda de agua en las áreas de la cuenca alta y cuenca baja. Esto se hizo con el propósito de identificar tanto los déficits como los excesos de recursos hídricos a nivel mensual en estas Regiones.

El estudio concluyó que, según el análisis de las precipitaciones y la evapotranspiración, se identificaron períodos en los que el recurso hídrico resultaba insuficiente para satisfacer las necesidades y usos en la cuenca de estudio. En las zonas altas se observó un déficit de recursos hídricos, al igual que en las zonas bajas. Este déficit pudo deberse a la falta de lluvias o a una alta demanda de agua para diversos fines. Estas condiciones podrían tener implicaciones futuras significativas debido a la escasez de recursos hídricos.

Además, el análisis del balance hídrico reveló que, en la cuenca alta, durante todos los meses, se satisfacía el 100% de la demanda de agua, con excepción de agosto y septiembre, que presentaron un déficit de recursos. En la cuenca baja, se encontró un déficit de recursos hídricos en los meses de enero, junio, julio, agosto y septiembre, así como datos bajos de superávit en mayo y octubre, con una tendencia hacia el déficit de recursos. Sin embargo, en los meses restantes, se satisfacían al 100% las necesidades de recursos hídricos.

Santillán et al. (2020) llevaron a cabo un estudio titulado 'Balance Hídrico Climático de Bosque Mesófilo de Montaña en la Huasteca', con el objetivo principal de investigar cómo la deforestación afecta el equilibrio hídrico en un bosque mesófilo de montaña, caracterizado por su alta humedad, en la región de Puebla, un estado en México.

Los resultados del estudio revelan que entre 1979 y 2004, el índice de humedad disminuyó en más del 29% como resultado de la deforestación. Sin embargo, en el período de 2005 a 2016, la tasa de deforestación se mantuvo por debajo del 1%, y el índice de humedad mostró una tendencia al aumento. Como conclusión, los autores señalan que, en la región con bosque mesófilo de montaña, la precipitación supera al potencial de evapotranspiración, lo que resulta en un período de estiaje mínimo que se presenta solo en los meses de febrero a abril. Esto implica una amplia disponibilidad de agua para la vegetación de mayo a enero.

Además, los autores destacan que el índice de humedad tiende a disminuir cuando la cobertura de bosques mesófilos de montaña se reduce de manera significativa en períodos cortos. Por lo tanto, subrayan la importancia de la restauración y conservación de este ecosistema como una prioridad para mejorar la disponibilidad de agua en la región.

López et al. (2019) se propusieron como objetivo principal determinar el balance hídrico en la microcuenca de la quebrada de Quillalli, ubicada en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Para lograr esto, realizaron cálculos de diversas variables hidrológicas, lo que resultó en los siguientes valores: una precipitación media anual de 498.45 mm, equivalente a un volumen de 13.88 millones de metros cúbicos (MMC); una evapotranspiración anual de 525.62 mm, con un volumen de 15.25 MMC; una escorrentía anual de 11.62 MMC; un volumen de infiltración de 9.82 MMC; y un caudal

afluente anual de 4.73 MMC. Estos valores, al ser evaluados en la ecuación de balance hídrico, indican que la microcuenca presenta un déficit de 27.54 MMC.

En resumen, la oferta hídrica generada en la microcuenca de la quebrada de Quillalli fue de 13.88 MMC por año. La zona media de la microcuenca registró la mayor cantidad de precipitación con 6.22 MMC por año, mientras que la zona baja presentó la oferta hídrica más baja, con 3.11 MMC por año. Por otro lado, la demanda hídrica en los cultivos principales de la microcuenca alcanzó los 15.25 MMC por año. La zona media experimentó la mayor demanda hídrica, con 6.72 MMC por año, mientras que la zona alta tuvo la demanda hídrica más baja, con un volumen de 349 MMC por año, debido a la presencia de una extensa área de páramo que permite la captación, almacenamiento y regulación del recurso hídrico.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Castillo y Inoñan (2018) llevaron a cabo una investigación con el propósito de determinar el balance hídrico de la cuenca del Río Chicama durante el año 2016. Esta cuenca abarca siete provincias en la región Libertad. El estudio se basó en análisis de registros históricos que incluyeron datos sobre precipitación, descarga (caudal), temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad de viento, humedad relativa y horas de sol. Estos datos fueron recopilados de instituciones estatales relacionadas con la gestión y manejo de recursos hídricos. Los resultados obtenidos a través del programa WEAP permitieron la creación de gráficos detallados que especifican el balance hídrico en distintas zonas de la cuenca (alta, media y baja). Estos gráficos revelaron información sobre déficits y superávits hídricos, proporcionando una visión detallada del estado de la zona en diferentes épocas del año y al analizar el balance hídrico en toda la cuenca, los autores determinaron una demanda hídrica de 999.39 MMC (millones de metros cúbicos) y una oferta hídrica de 853 MMC, lo que resultó en un déficit de 146.4 MMC

Bustamante y Paragua (2022) En su trabajo de investigación acerca de los impactos de la contaminación de microcuencas en Huánuco sobre la calidad de vida de los residentes, se llevó a cabo la identificación de los factores implicados en el proceso de contaminación de las cuencas y microcuencas de Huánuco. El estudio también abordó la evaluación del inventario de las principales microcuencas de Huánuco en relación con la calidad de vida de sus habitantes, así como la determinación del papel de la educación ambiental en la preservación de las cuencas y microcuencas. El método principal utilizado incluyó la observación directa en el lugar de la problemática, la recopilación de

información, la revisión de fuentes bibliográficas y su correspondiente análisis. Como resultado de la investigación, se evidenció un alto nivel de contaminación en las microcuencas, una falta de políticas efectivas de preservación y una insuficiente educación ambiental entre los residentes, lo cual repercute de manera negativa en la calidad de vida de la población huanuqueña. Los autores llegaron a la conclusión de que los recursos hídricos de las cuencas estudiadas no están siendo gestionados de manera adecuada. Por consiguiente, los habitantes llevan a cabo prácticas inadecuadas con respecto a las aguas de los diversos ríos, gestionándolas de manera irracional. Además, el deterioro de las fuentes de agua afecta tanto a la comunidad que lo provoca como a todos los habitantes aguas abajo, alterando su vida social, económica y productiva, y contribuyendo al deterioro de su salud física y mental.

Palacios (2021) en su investigación motivada por los desafíos que enfrenta la zona de estudio, derivados de cambios ambientales ocasionados por el uso irracional de los recursos naturales. Este uso indebido ha dado lugar a la alteración de ecosistemas naturales debido a prácticas como la tala y quema (deforestación) de áreas boscosas, erosión hídrica del suelo, perturbación del régimen hídrico de la microcuenca, contaminación del agua y suelo, y la disminución de la fauna terrestre e hidrobiológica. Los objetivos del estudio fueron diversos, incluyendo la estimación de la superficie natural alterada, la cuantificación de la superficie de bosque afectado, la evaluación de factores climáticos y su alteración, la valoración de la calidad y cantidad de agua, la estimación del volumen de pérdida de suelo, la evaluación de la fauna silvestre, y el diagnóstico de la situación socioeconómica y calidad de vida de los habitantes de la zona. Para delimitar los impactos ambientales, se empleó una matriz de causa y efecto con una valoración cualitativa y cuantitativa de factores del sistema. Los resultados revelaron que el 80,50% de los factores presentaron un grado de intensidad bajo o inferior, mientras que el 8,73% mostró una intensidad alta. En consecuencia, los autores concluyeron que el uso irracional de la microcuenca afectó la calidad ambiental, y aunque algunos factores positivos, como la cadena alimentaria, paisaje singular, restos arqueológicos, vegetación natural, viabilidad rural y lugares turísticos-monumentales, favorecieron la calidad de vida de los habitantes, la calidad ambiental varió entre 0.6894 y 0.0370.

Marín (2020) en su tesis “Determinación del Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Santa para la Satisfacción de la Demanda existente, 2020” realizó un trabajo exhaustivo para determinar el balance hídrico superficial de la cuenca del Río

Santa, región Ancash para la determinación del balance hídrico superficial. Para lo cual concluye que el balance hídrico superficial realizado para la Cuenca del Río Santa refleja que el caudal abastece los diferentes requerimientos existentes en la zona pero que en los meses “secos” se presenta un déficit del recurso hídrico que es compensado con las grandes cantidades de excedentes promedios durante los meses de setiembre a mayo relativamente lo que corresponde a los llamados “meses húmedos”. De esta manera, la escorrentía superficial o también llamado escurrimiento superficial promedio anual compensa los requerimientos de agua.

Autoridad Local del Agua (ALA) del Bajo Apurímac Pampas (2020), en el proyecto “Ampliación del Servicio de Agua para Riego en los Sectores Soraya – Marcobamba, Ccatun Pocucho – Puccaccasa – Buena Vista y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre del CP Vista Alegre del Distrito de Anco Huallo, Provincia de Chincheros – Apurímac” se realizó un estudio sobre la ampliación del servicio de agua para riego con el objetivo de determinar el balance hídrico de tal forma que permita dimensionar la infraestructura de almacenamiento proyectada con la finalidad de garantizar la cobertura de la demanda de las áreas agrícola, y la infraestructura de captación y conducción del recurso hídrico hacia las áreas bajo riego. Se concluye que la oferta hídrica de la Fuente de agua de la Quebrada Soraya en el punto de entrada a la represa es de 0.038 m³/s caudal aforado en el mes de marzo del 2020, en la Quebrada Marcobamba del punto de captación fue de 0.096 m³/s. Por otro lado, la demanda para los Sectores de Riego de Ccatun Pocuho – Llocce Puquio – Patahuasi y Marcobamba fue de 0.053 m³/s para un área de riego de 66.0 has y 0.034 m³/s para un área de riego de 43.0 has respectivamente.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Unidad Hidrográfica

Áreas geográficas delimitadas por divisorias de aguas, vinculadas espacialmente mediante códigos, cuya estructura organizativa sigue una jerarquía de niveles. En este contexto, la superficie de drenaje se establece como el único criterio de decisión para la organización de estas áreas (Autoridad Nacional de Agua, s.f).

Según el ANA (2013) en la “Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros” utiliza el método Pfafstetter para clasificar a las unidades hidrográficas de las provincias de Andahuaylas y Chincheros siendo el de Suyroruyoc el 499835.

Asimismo, existen otros autores que clasifican las unidades hidrográficas en áreas como se especifica en la tabla 1.

2.2.1.1 Tipos de Unidades Hidrográficas

Según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Costa Rica existen 3 clasificaciones detalladas en la tabla 1.

Tabla 1:

Clasificación de cuencas según área

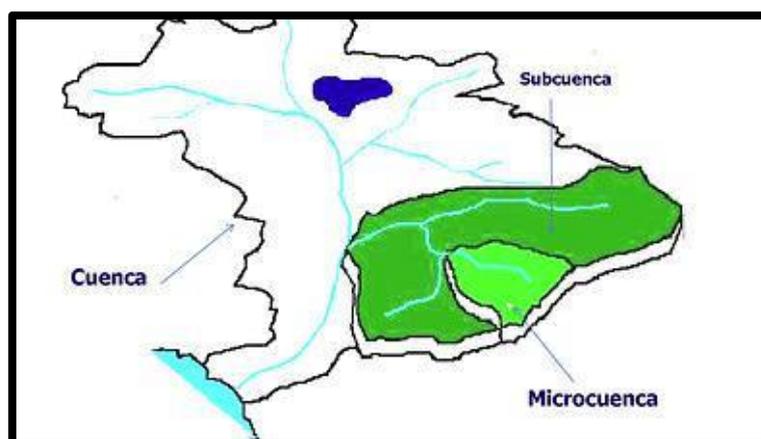
Unidad	Área (Km ²)
Cuenca	Más de 2000
Sub cuenca	500 - 2000
Microcuenca	10 - 500

Nota: En la figura se muestra la clasificación de cuencas, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2000)

Como se describe en la Figura 1 Suyroruyocc es clasificado como microcuenca según la tabla 1.

Figura 1:

Cuenca hidrográfica



Nota: Centro Regional de Capacitación en Cuencas, 2023

a) *Cuenca hidrográfica*

Una cuenca es el espacio geográfico natural donde el agua, proveniente de la precipitación, da lugar a un flujo principal de agua. Está compuesta por cursos de agua delineados por las características topográficas.

Sus fronteras, también identificadas como divisorias de aguas, se establecen de manera natural y se corresponden con las zonas de mayor altura que circundan un río (MINAGRI, 2015).

Una cuenca hidrográfica es un área donde la precipitación cae sobre ella y tiene la tendencia de fluir a través del sistema de corrientes hacia un único punto de salida. El recurso hídrico se desplaza desde las elevaciones más altas hasta converger en un punto común, desde donde se dirige hacia otra dirección (Gobierno de Mexico, 2023).

b) *Sub Cuenca Hidrográfica*

Es una parte específica del área de una cuenca principal, que incluye un territorio definido con múltiples cuerpos de agua y que contiene un afluente que desemboca directamente en el curso principal (Guillén, 2016).

Según Meléndez (2018) se describe que cada subdivisión (subcuenca) que estará formada por dos vertientes, que son las pendientes por donde fluye el agua (que previamente ha ingresado a la cuenca a través de la precipitación), dirigida hacia un colector común que siempre será un cauce.

c) *Microcuenca Hidrográfica*

Una microcuenca se refiere a una pequeña región geográfica que se inclina hacia un único punto de drenaje, típicamente un arroyo, río o lago más extenso. En otras palabras, constituye un sistema hidrológico en escala reducida que recoge el agua de lluvia y el escurrimiento superficial en una zona específica del terreno, canalizándola hacia un punto de salida compartido (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2015).

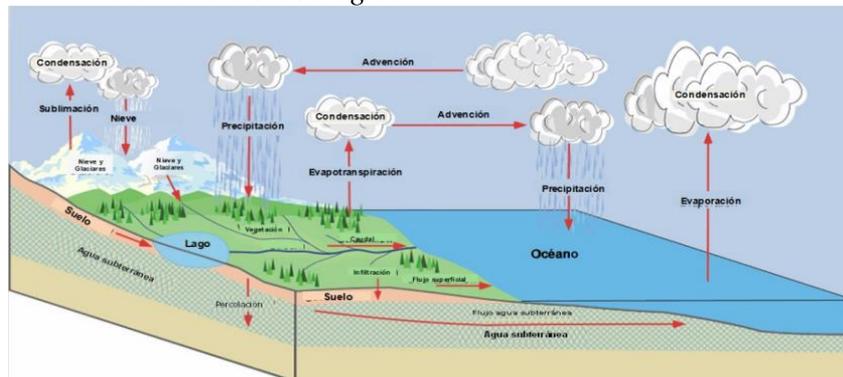
2.2.2 *Ciclo Hidrológico*

El ciclo hidrológico es un proceso constante regulado por la radiación solar. La evaporación se produce desde diversas fuentes de agua, como océanos, ríos, lagos, suelo y plantas. El vapor de agua se eleva con corrientes ascendentes de aire, alcanzando capas superiores de la atmósfera, donde la temperatura más baja provoca la condensación y la formación de precipitaciones como lluvia, nieve o granizo. La nieve se acumula y, en climas cálidos, se derrite convirtiéndose en agua de deshielo que fluye sobre la superficie. Cuando llueve, parte del agua se infiltra en el suelo, mientras que el resto fluye hacia cursos de agua o regresa a la atmósfera por evaporación, formando nuevas

nubes. El agua infiltrada en el suelo alimenta acuíferos subterráneos, que a su vez nutren ríos y lagos (USGS, 2016). Es un ciclo que abarca la evaporación, condensación, precipitación, deshielo, infiltración y transporte del agua en diferentes fases (Ordoñez Gálvez, 2011).

Figura 2:

Representación del ciclo hidrológico



Nota: En la figura se muestran los componentes que gobiernan el ciclo hidrológico. Adaptado de Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico, de Ordoñez, 2011, Senamhi.

2.2.3 Caudal

El caudal, es el volumen por unidad de tiempo que pasa por una sección determinada y le corresponde un mismo valor para una misma lectura de mira en condiciones de sección estables, siendo recomendable que los aforos abarquen el mayor rango de lectura de mira (entre la mínima y máxima). La medición de la velocidad de la corriente y profundidad de los vértices de la sección pueden determinarse con ayuda del instrumental (correntómetro, wincha, lastre, ecosonda, etc.) en una estación de aforo que depende del lugar escogido adecuadamente para la medición (Gómez & Gallo, 2022).

2.2.3.1 Caudal ecológico

Se refiere al caudal mínimo indispensable que debe mantenerse en un cuerpo de agua para asegurar la preservación de los ecosistemas a su alrededor, la integridad de su geomorfología, y su comportamiento hidráulico. Este caudal remanente permite que el cuerpo de agua continúe desempeñando sus funciones y servicios fluviales, tales como el flujo de dilución, la navegación y sus contribuciones hídricas en general. Por otro lado, el caudal ambiental aborda un contexto más amplio, representando el régimen hídrico que prevalece en un río, humedal o área costera para sostener los ecosistemas y sus beneficios. En este contexto, se gestionan

diversos usos del agua que compiten entre sí donde los caudales son regulados (Molina e tal, 2022).

2.2.3.2 Estimación de caudal por método volumétrico

Minagri (2015), se basa en medir el tiempo en llenarse un balde de un volumen establecido. Al dividir el volumen del balde por el tiempo de llenado de este se obtiene el caudal en l/s, ver la siguiente fórmula

$$Q = \frac{V}{T} \quad (1)$$

Para la determinación del caudal:

Q : Caudal calculado del río (l/s).

V : Volumen de balde en litros (l).

T: Tiempo de llenado en segundos (s).

Se debe considerar 5 mediciones para tener un tiempo promedio.

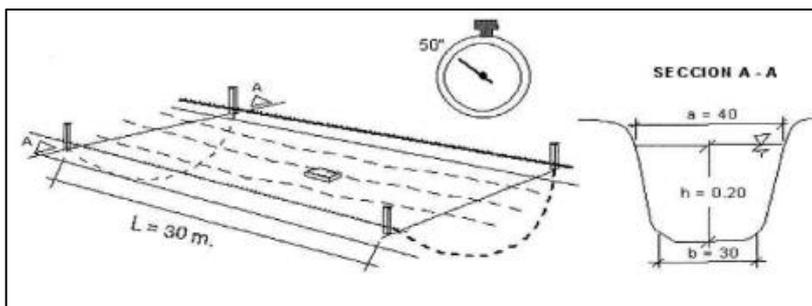
Este método sirve para caudales no muy grandes tales sean: manantiales, reservorios, quebradas.

2.2.3.3 Estimación de caudal por el método del flotador

Este método se aplica en cursos de agua con flujo libre y sección uniforme, pero su uso se limita debido a la variabilidad de la velocidad del agua en la sección del cauce. Los valores de caudal obtenidos son aproximados y requieren ajustes con un factor de corrección. En ríos o quebradas, se elige un tramo que se asemeje al flujo uniforme, midiendo el tiempo que un flotador tarda en recorrer la distancia para determinar la velocidad del agua en esa sección (ANA,2015)

Figura 3:

Medición de caudal según método del flotador



Nota: ANA, 2015

Donde:

$$V = \frac{\text{Largo de sección}}{\text{tiempo en recorrer}} \quad (2)$$

$$Q = V \times A \times C \quad (3)$$

Velocidad (m/s)

L : Largo de sección (m)

t: Tiempo en recorrer (s)

A: Área de la sección (m²) $\frac{(a+b)}{2} \times h$

Q: Caudal (l/s)

C: Factor de corrección

El caudal tiene valores aproximados que deben ser ajustados por factores empíricos de corrección de velocidad(C) que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2:

Factores de corrección de velocidad (C)

Tipos de Arroyo	Factor de Corrección de Velocidad (C)	Precisión
Canal rectangular con lados y lechos lisos	0.85	Buena
Río profundo y lento	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso	0.65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso	0.25	Muy mala

Nota: ANA, 2015

2.2.4 Relación entre Balance Hídrico y Ciclo Hidrológico

El balance hídrico cuantifica los parámetros del ciclo hidrológico y el consumo de agua en diferentes sectores de una región. Proporciona un diagnóstico detallado de

las condiciones reales del recurso hídrico, facilitando la toma de decisiones y estrategias para su uso (López y Delgado, 2009).

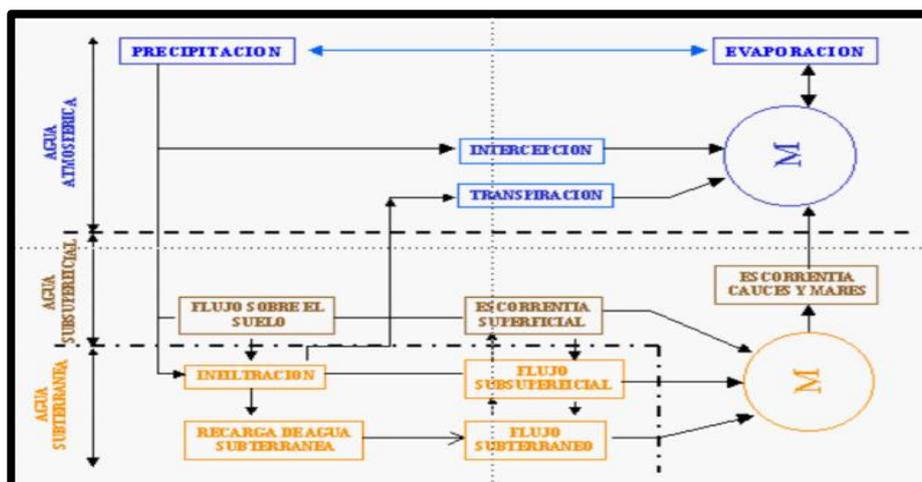
2.2.5 Sistema Hidrológico

Guevara y Cartaya (1991), señala que los fenómenos meteorológicos no pueden ser completamente comprendidos, se recurre al concepto de sistema como una forma simplificada de representarlos.

Un sistema se define como un conjunto de elementos distintos que interactúan como una entidad completa. El ciclo hidrológico puede ser concebido como un sistema, cuyos elementos incluyen precipitación, evaporación, escorrentía y las demás fases del ciclo, tal como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 4:

Representación del ciclo hidrológico



Nota: En esta figura se muestra los componentes del ciclo hidrológico. Adaptado de Metodología y Recomendaciones para la Evaluación de Recursos Hídricos. Centro de Estudios Hidrográficos. - Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, de Estrella, 1992.

2.2.6 Balance hídrico

El balance hídrico es un concepto fundamental en la gestión de los recursos hídricos y se utiliza para evaluar la cantidad de agua disponible en un sistema hidrológico. Se define como la diferencia entre los ingresos y las salidas de agua en un área determinada durante un período de tiempo específico (Chow et al., 1988).

2.2.6.1 Tipos de Balance hídrico

a) *Balance hídrico climático (BHC)*

En este contexto, se considera que el suelo funciona como un depósito de agua, recibiendo precipitación (P) y experimentando una pérdida de agua en respuesta a las condiciones atmosféricas, la cual se representa mediante la evapotranspiración potencial (ETP) (Poma & Usca, 2020).

Este tipo de balance presenta las condiciones hídricas promedio en una región y se emplea principalmente para la categorización climática. Puede calcularse de manera mensual en periodos de 10 años, utilizando los valores promedio de precipitación o la probabilidad de ocurrencia del 50% (HIMAT, 1991).

b) *Balance hídrico superficial*

Se basa en comprender la cantidad de agua que, proveniente de la precipitación atmosférica, alcanza la superficie terrestre y origina escurrimiento superficial directa, considerando variables como la precipitación, evapotranspiración y escurrimiento superficial directo (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2006).

El balance hídrico superficial hace referencia a la condición inicial de la Unidad Hidrográfica o de una sección específica de la misma. La evaluación de los recursos hídricos de una Unidad Hidrográfica implica una estimación precisa del balance hidrológico, es decir, entender el ciclo en sus diversas etapas, incluyendo cómo se distribuye el agua recibida por precipitación entre los procesos de evapotranspiración, escorrentía e infiltración. (Ordoñez, 2011 como se citó en Wajarai, 2020)

c) *Balance hídrico agrícola (BHAg)*

En el contexto del balance hídrico agrícola, se fundamenta en las necesidades hídricas específicas de cada cultivo, determinadas por el coeficiente de cultivo y la Evapotranspiración de Referencia (ETP) (HIMAT, 1991).

2.2.6.2 Ecuación del balance Hídrico

La ecuación del balance puede incluir un gran número de componentes con variables desconocidos o estimados por lo que resulta complejo integrar todos sus

componentes en forma representativa con el sistema. El conocimiento del balance hídrico de un lago, y de la Unidad Hidrográfica, es importante para su mejor control y distribución.

La comprensión del balance hídrico juega un papel crucial en el ciclo hidrológico. Utilizando estos datos, se puede analizar y comparar los recursos hídricos específicos en un sistema durante distintos intervalos de tiempo, permitiendo así evaluar la influencia en las variaciones del régimen natural (Gómez y Gallo, 2022).

La ecuación general es aplicable al establecimiento del balance en una región que necesariamente requiere de la información y de la selección de un tiempo definido y con criterio práctico, a fin de simplificar la discusión sobre las entradas y salidas al sistema (Gómez y Gallo, 2022).

$$\text{elemento}_{\text{entrada}} - \text{elemento}_{\text{salida}} = \text{cambio de almacenamiento} \quad (4)$$

Los componentes de la ecuación del balance hídrico abarcan la precipitación (P), que engloba la lluvia y la nieve que llega al suelo, así como las importaciones de agua provenientes de fuentes externas al sistema, tanto superficiales como subterráneas. Por otro lado, las salidas comprenden la evapotranspiración (ET) y los flujos superficiales (A) y subterráneos (F) que abandonan los límites de la Unidad Hidrográfica (Gómez y Gallo, 2022).

2.2.6.3 Entradas

Se trata del flujo que se desplaza en la superficie o bajo tierra y que proviene de otras áreas, ya sea de manera natural o mediante intervenciones humanas, incluyendo la posibilidad de que esté compuesto por agua que retorna (Gómez y Gallo, 2022).

2.2.6.4 Salidas

Es el escurrimiento que va hacia otra región o que constituye los aportes de agua para un proyecto de utilidad de la misma región. La evaporación constituye las pérdidas del agua o evento de salida dado por la evaporación del recurso hídrico y la transpiración de las plantas (Gómez y Gallo, 2022).

2.2.7 *Oferta hídrica*

La precipitación se escurre a través de la Unidad Hidrográfica, experimentando procesos como la evapotranspiración e infiltración. Este recurso fluye por ríos y alimenta cuerpos de agua. La porción que fluye por los ríos se llama escorrentía superficial ([IDEAM], 2004, p. 02).

2.2.8 *Demanda hídrica.*

Es la cantidad de agua necesaria para actividades esenciales como riego y consumo poblacional (Castillo y Inoñán, 2018).

2.2.9 *Parámetros Geomorfológicos*

Gómez y Gallo (2022), mencionan que existen diversos parámetros geomorfológicos en la Unidad Hidrográfica, entre los principales tenemos:

2.2.9.1 *De superficie*

a) *Área total de la UH*

Gómez y Gallo (2022), se considera al área integral definida en el diseño de la Unidad Hidrográfica; es decir, desde la naciente hasta la desembocadura y representa el área mayor.

b) *Perímetro de la UH*

Gómez y Gallo (2022), es la extensión que se obtiene al medir el perímetro de la unidad hidrográfica a lo largo de la línea de separación de aguas.

2.2.9.2 *De relieve*

a) *Altitud Media de la UH*

Gómez y Gallo (2022), indica la elevación promedio de la unidad hidrográfica, un dato crucial para los análisis hídricos, y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} hmi \times a}{A_t} \quad (5)$$

Donde:

Hm es la altitud media (m.s.n.m.);

“hm_i” es la altitud media entre 2 curvas de nivel;

“a” es el área parcial entre 2 curvas de nivel;

“A_t” es el área total de la unidad hidrográfica.

b) Índice de Pendiente de la UH

Gómez y Gallo (2022), menciona que es el promedio de las inclinaciones en las áreas elementales, es crucial en los estudios hidrológicos debido a su relación directa con el escurrimiento superficial y el sistema de drenaje de la unidad hidrográfica. Si este valor es elevado, el escurrimiento será más rápido, y si es menor, será más lento. Se requiere la creación previa de un rectángulo equivalente, y parte de su fórmula se deduce de este proceso

$$I_p = \frac{\sum \sqrt{Bi (a_n - a_1)}}{\sqrt{L}} \quad (6)$$

Donde:

n es el número de curvas de nivel existente en el rectángulo, incluidos los extremos;

Bi es la fracción de la superficie total de la unidad hidrográfica comprendida entre las cotas a_n - a_{n-1};

L es la longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (metros).

c) Pendiente media del río

Gómez y Gallo (2022), en este parámetro se determina la pendiente en el curso y entre sus dos cotas (altura máxima y mínima) y se presenta mediante la siguiente relación:

$$I_c = \frac{H_M - H_m}{1000 * L} \quad (7)$$

Donde:

L es la longitud del río en km;

H_M - H_m es la diferencia entre las alturas máxima y mínima, en metros.

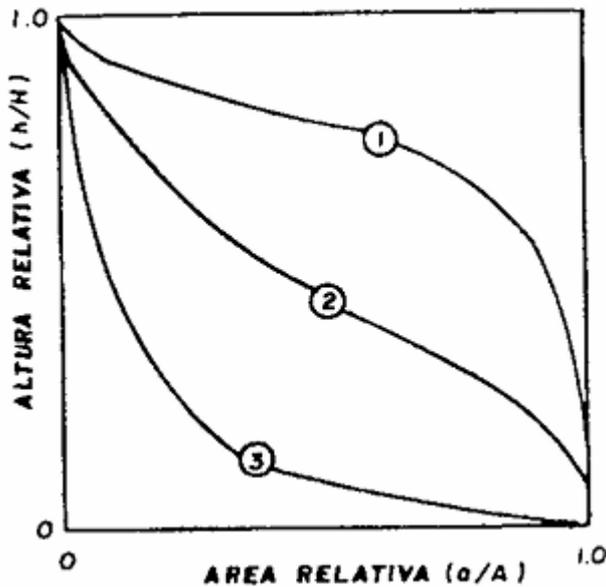
d) Curva Hipsométrica de la UH

Gómez y Gallo (2022), proponen un gráfico altitudinal que muestra la distribución de superficies por encima y por debajo de cada curva de nivel. Este gráfico proporciona información sobre el relieve de la Unidad Hidrográfica, destacando que la mayor parte del área en el Perú se encuentra

en niveles de mayor altitud, indicando un desequilibrio en el tiempo geológico respecto a la capacidad erosiva del agua.

Figura 5:

Curva hipsométrica



Nota: Se describe que para la curva 1 la UH es geológicamente joven, para la curva 2 es geológicamente madura y para la curva 3 es erosionada. (Aranda, 2022).

e) Pendiente de la UH

Gómez y Gallo (2022), Esta propiedad influye en la velocidad de la escorrentía superficial y tiene un impacto en el periodo que requiere el agua de lluvia para acumularse en el lecho fluvial que conforma la red de drenaje de la Unidad Hidrográfica (Molsalve Saenz, 2004).

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$S = 100 * \left(\frac{D}{L}\right) \quad (8)$$

Donde:

D es el desnivel total de la Unidad Hidrográfica (km);

L es el lado mayor del rectángulo equivalente (km).

Tabla 3:

Tipos de pendientes

Pendiente media	Terrenos
0 % a 3 %	Llano
3 % a 7 %	Suave
7 % a 12 %	Medianamente accidentado
12 % a 20 %	Accidentado
20 % a 35 %	Fuertemente accidentado
35 % a 50 %	Muy fuertemente accidentado
50 % a 75 %	Escarpado
Mayor a 75 %	Muy escarpado

Nota: En esta tabla se muestra el tipo de terreno según la pendiente. (Vidollas, 2008, citado por Gómez y Gallo, 2022).

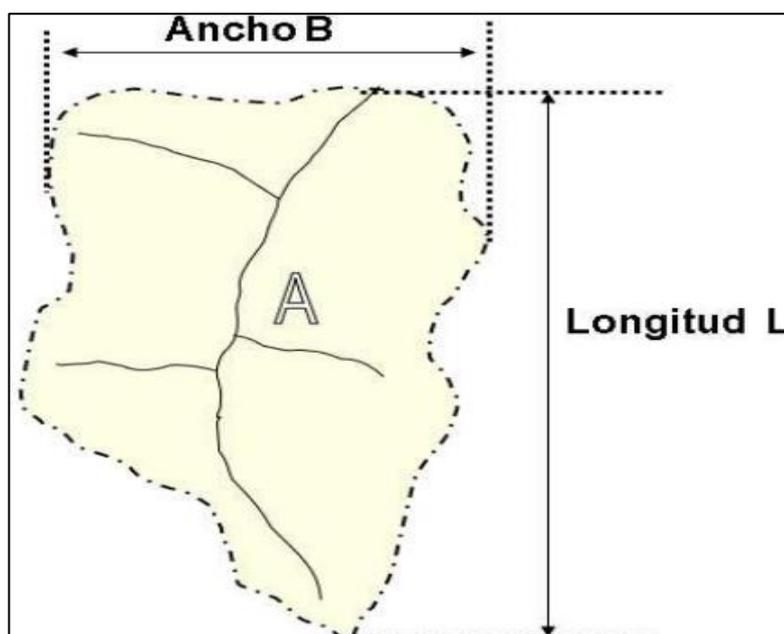
2.2.9.3 De forma

a) *Forma de la Unidad Hidrográfica*

Gómez y Gallo (2022), este parámetro establece cómo se distribuyen los flujos de agua a lo largo del curso principal y afecta las características de época de avenida, la cual será menos intensa en unidades hidrográficas alargadas.

Figura 6:

Ancho y longitud de una Unidad Hidrográfica



Nota: Gómez y Gallo, 2022

Este factor es un elemento importante en el análisis hidrológico.

$$F_f = \left(\frac{A}{L^2}\right) \quad (9)$$

Donde:

L es la longitud del río más largo (km);

A es el área de la Unidad Hidrográfica en km².

Este índice proporciona una visión de cómo se desarrolla la UH frente a inundaciones, por lo tanto, es menos probable que la UH tenga un riesgo bajo cuando presenta un factor de forma bajo (Gómez y Gallo, 2022).

Tabla 4:

Clases de valores de la forma

Rango F	Clases de forma
0.01 - 0.18	Muy poco achatada
0.18 - 0.36	Ligeramente achatada
0.36 - 0.54	Moderadamente achatada

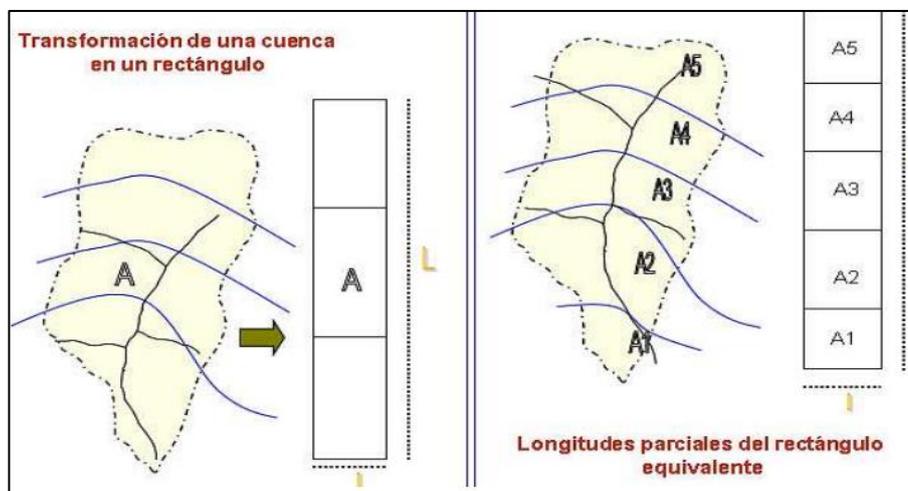
Nota: (Vasquez Villanueva, 1998)

b) Rectángulo Equivalente

Gómez y Gallo (2022), Es un gráfico que muestra la forma y área de una unidad hidrográfica, permitiendo analizar la distribución de áreas en relación con la altitud.

Figura 7:

Rectángulo equivalente de una Unidad Hidrográfica



Nota: Gómez y Gallo, 2022

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A} \quad (10)$$

Lado mayor del rectángulo equivalente

$$l = \frac{P}{2} - L \quad (11)$$

Lado menor del rectángulo equivalente

c) *Índice de Compacidad de Gravelius*

Gómez y Gallo (2022), menciona que este índice nos da una idea de la forma de la unidad hidrográfica, el índice compara el perímetro de esta con un círculo de área idéntica a la unidad hidrográfica. Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (12)$$

Índice de Compacidad de Gravelius

Donde:

P: perímetro de la unidad hidrográfica (km);

A: superficie de la unidad hidrográfica (km²).

d) *Radio de elongación o razón de elongación*

Gómez y Gallo (2022), relaciona el diámetro de una circunferencia de igual superficie que la Unidad Hidrográfica y la longitud en kilómetros del curso principal. Su fórmula es la siguiente:

$$R = \frac{D}{L} \quad (13)$$

Donde:

D: diámetro de una circunferencia de igual superficie que la unidad hidrográfica (km);

L: longitud en kilómetros del curso principal (km).

2.2.9.4 De drenaje

a) *Densidad de drenaje*

La densidad de drenaje es la relación entre la longitud total de los cauces en una Unidad Hidrográfica y el área total del drenaje (Perez, 2015).

Monsalve (1999) señala que fluctúa desde 0.5 km/km² en Unidad Hidrográfica con drenaje limitado hasta 3.5 km/km² en Unidad Hidrográfica con sistema de drenaje eficiente.

La ecuación de la densidad de drenaje es la siguiente:

$$D_d = \frac{\Sigma L}{A} \quad (14)$$

Donde:

L: longitud de los cauces de la Unidad Hidrográfica en km.

A: área de la Unidad Hidrográfica en km².

Tabla 5:

Rangos de densidad

Rangos de densidad	Clases
0.1-1.8	Baja
1.9-3.6	Moderada
3.7-5.6	Alta

Nota: (Vásquez, 1998)

b) *Frecuencia de ríos*

Gómez y Gallo (2022), Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua y el área total de la Unidad Hidrográfica, expresada como ríos por kilómetro cuadrado.

$$Frecuencia\ de\ ríos = \frac{Total\ cursos\ de\ agua}{A} \quad (15)$$

A es el área de la Unidad Hidrográfica (km²).

c) Extensión media del escurrimiento superficial (l)

Gómez y Gallo (2022), Es la distancia promedio que el agua de lluvia recorre sobre la superficie de una Unidad Hidrográfica desde el punto de lluvia hasta el lecho de una corriente cercana.

La ecuación utilizada para su determinación es la siguiente:

$$l = \frac{A}{4 * L} \quad (16)$$

Donde:

A: área de la Unidad Hidrográfica (km²);

L: longitud total de las corrientes de agua en la Unidad Hidrográfica (km).

L: Extensión media del escurrimiento superficial

d) Coeficiente de Torrencialidad

Gómez y Gallo (2022), es la relación entre el número de cursos de primer orden y el área de la Unidad Hidrográfica. Su fórmula es la siguiente:

$$C_t = \frac{N_1}{A} \quad (17)$$

Coeficiente de torrencialidad

Donde:

N₁: número de cauces de orden 1;

A: área de la Unidad Hidrográfica en km²

C_t: Coeficiente de torrencialidad

2.2.10 Estaciones Hidrometeorológicas

Las estaciones, convencionales o automáticas, miden las variables meteorológicas e hidrológicas según normas de la OMM y el Senamhi. La red del Senamhi monitorea temperatura, humedad, precipitación, velocidad del viento, nivel del río entre otros (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2022).

Figura 8:

Tipos de estaciones meteorológicas



Nota: Senamhi, 2022

2.2.10.1 Estación meteorológica convencional

Es aquella que se encuentra equipada con instrumentos para observaciones manuales o mecánicas registradas en gráficos.

2.2.10.2 Estación automática (EMA) o hidrológica (EHA)

Las estaciones automáticas recopilan datos hidrometeorológicos, transmiten en tiempo real o cuasi real, y almacenan la información en una plataforma cuando no pueden transmitir, denominándose "fuera de línea". En contraste, las estaciones convencionales requieren observaciones manuales y no cuentan con transmisión automática.

2.2.11 Elementos meteorológicos

Senamhi (2022) define los parámetros meteorológicos como propiedades que indican el estado del tiempo o clima, incluyendo precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación solar y horas de sol, relevantes para esta investigación.

2.2.11.1 Precipitación

La precipitación incluye diversas formas del agua desde las nubes hasta el suelo, como lluvias, nevadas, granizadas y garuas (Villon, 2014). Durante El Niño, las condiciones meteorológicas se alteran, afectando las lluvias y temperaturas, especialmente en los andes peruanos (Davila, Cubas y Laura, 2021).

2.2.11.2 Temperatura

La temperatura desempeña un papel crucial en todas las etapas del ciclo hidrológico y tiene aplicaciones prácticas, influyendo en cálculos de evaporación y necesidad hídrica para riego de plantas (Moran, 2010).

2.2.11.3 Humedad Relativa

Es la proporción entre la presión de vapor actual y la presión de vapor saturada, indicada en porcentaje y medida con un higrógrafo. (Castillo y Inoñán, 2018).

2.2.11.4 Horas de sol

La radiación solar recibida en un lugar, determinada por las horas de luz diurna, afecta la temperatura, la evaporación y el ciclo hidrológico, así como influye en el desarrollo de la vegetación y en el coeficiente Kc de cultivo (Moran, 2010).

2.2.12 Radiación solar Extraterrestre

La radiación solar extraterrestre es la radiación diaria en la parte superior de la atmósfera, ajustada por la variación en la distancia Sol-Tierra y la orientación de la superficie a lo largo del año (Quijandria, Eslava, & Marca, 2003).

2.2.13 Escorrentía

Es la precipitación que se desplaza hacia las fuentes de agua superficial de una Unidad Hidrográfica (Mintegui y López, 1986, como se citó en Gómez y Gallo, 2022)

2.2.13.1 Escorrentía superficial o directa

Se define como agua de precipitación que, después de infiltrarse en el suelo, se desplaza horizontalmente para surgir como manantial y unirse a microsurcos superficiales que la conducen a la red de drenaje (Gaspar, 2015).

2.2.13.2 Escorrentía hipodérmica o subsuperficial

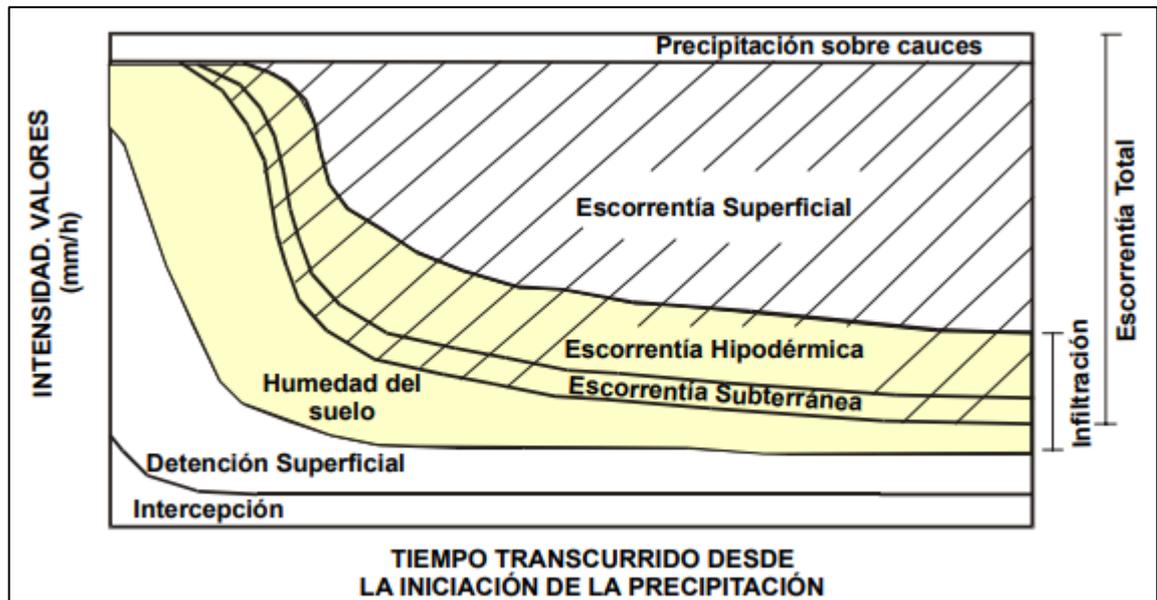
Es el agua de lluvia que se infiltra en el suelo y luego reaparece en la superficie como manantial, fluyendo a través de microsurcos antes de unirse al sistema de drenaje (Gaspar, 2015).

2.2.13.3 Escorrentía subterránea

Es la lluvia que se infiltra y fluye rápidamente sobre la superficie o más lentamente bajo tierra hacia la red de drenaje. (Gaspar, 2015).

Figura 9:

Tipos de escorrentía



Nota: Gaspar, 2015

2.2.14 Análisis de Consistencia

Es esencial que el hidrólogo obtenga datos fiables sobre la Unidad Hidrográfica y realice un análisis de consistencia para corregir posibles errores sistemáticos en la información hidrológica. (Villón, 2007).

2.2.14.1 Análisis de gráficos

Se grafica la información histórica en un sistema de coordenadas. Esto facilita la identificación visual de eventos inusuales, como picos, valores atípicos, saltos o tendencias, a lo largo del tiempo. Estos fenómenos se verifican para distinguir entre eventos naturales y posibles errores sistemáticos (Villón, 2007).

2.2.14.2 Curva de doble masa

Nos indica los puntos de quiebre en estos diagramas indican alteraciones en la serie histórica de una variable meteorológica, a menudo relacionadas con errores en la recopilación de datos. (Villón, 2007).

2.2.14.3 Análisis estadísticos de saltos

Tras examinar los gráficos visuales y de doble masa para identificar los períodos que requieren corrección y aquellos que conservarán sus valores originales, se realiza un análisis estadístico de saltos, abordando tanto la media como la desviación estándar (Villón, 2007).

2.2.15 Completación y extensión de datos

Como sabemos, en el Perú es difícil obtener la información medida de los pluviómetros y estaciones hidrológicas, principalmente por su baja densidad en nuestro territorio, por ello se puede estimar los parámetros a fin tener una data lo más cercano al contexto real y así dar resultados más reales en la investigación (Gómez y Gallo , 2022). El programa HEC-4,

El modelo HEC-4 se emplea para extender o completar registros pluviométricos simulando descargas mensuales con precipitaciones de otras estaciones, considerando la correlación entre los valores (Hydrologic Engineering Center, 1971).

2.2.16 Modelo hidrológico Lutz Scholz

El modelo hidrológico de Lutz Scholz estima caudales mensuales en ausencia de datos históricos en estaciones de la sierra peruana, desarrollado en la cooperación entre la República Alemana y el Plan de Meris II en 1979-1980 (Yupanqui, 2018).

2.2.16.1 Evapotranspiración

Cuando una superficie de agua está expuesta al entorno, las moléculas en la parte superior tienden a transformarse en vapor e incorporarse al aire a través de la vaporización o evaporación. Este proceso físico requiere una cantidad de energía, comúnmente proveniente del sol, conocida como radiación solar (Olarte, 1987).

a) Evapotranspiración potencial (Eto)

La Evapotranspiración de Referencia (ET_o) es la pérdida máxima de agua desde una superficie húmeda cubierta de plantas, determinada por factores climáticos como la radiación neta. En el contexto del cultivo, se define como la pérdida de agua desde campos en crecimiento intenso, con el suelo sin déficit de agua. Aunque la ET_o indica la máxima cantidad de agua que puede pasar a la atmósfera, la Evapotranspiración Real (ETR) puede variar, especialmente durante fases de desarrollo del cultivo sin déficit de agua.

Para el caso de Lutz Scholz se utilizará la ecuación de Hargreaves III:

$$ET_o = 0.0075 * (RMS) * (TF) * (FA) \quad (18)$$

$$RMS = 0.0075 * (RA) \sqrt{\frac{n}{N}} \quad (19)$$

$$FA = 1 + 0.06 (AL) \quad (20)$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración potencial anual (mm/año)

RMS: Radiación solar media

FA: Coeficiente de corrección por elevación

TF: Temperatura media anual (°F)

RA: Radiación extraterrestre (mm agua / año)

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

(n/N): 50 % (estimación en base a los registros)

AL : Elevación media de la Unidad Hidrográfica (Km)

b) Evapotranspiración real (Er)

Por el contrario, cuando la evapotranspiración se da en condiciones reales del medio, es decir, teniendo en cuenta las variaciones de humedad del suelo, con una cubierta vegetal incompleto como sucede normalmente en la mayoría de los cultivos (papa, maíz, etc.) se conoce como evapotranspiración real (Olarde, 1987).

En este caso, para el cálculo de los caudales medios mensuales no usaremos esta condición ya que en el modelo de Lutz Scholz no lo necesita para el cálculo de caudales medios mensuales.

2.2.16.2 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía (c) indica la fracción de lluvia que se convierte en escorrentía superficial después de que el suelo está saturado. Su valor depende de las características del terreno y la fiabilidad de los métodos de su cálculo varía (Rubio, 2021).

$$C = 316E16 * (P^{-0.571}) * (ETP^{-3.686}) \quad (21)$$

Método de misión alemana

La ecuación general del coeficiente de escurrimiento para toda la sierra peruana,

Donde:

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

P: Precipitación total anual (mm/año)

C: Coeficiente de escorrentía

2.2.16.3 Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se refiere a la cantidad de lluvia o cualquier forma de precipitación que realmente contribuye al suministro de agua utilizable por las plantas y los ecosistemas. No toda la precipitación que cae en un área determinada está disponible para su uso, ya que parte de ella se pierde debido a la evaporación, la escorrentía superficial y la infiltración en el suelo (Najarro, 2015).

Se determinó la precipitación efectiva utilizando el coeficiente de escurrimiento promedio, calculando la relación entre la precipitación efectiva y la precipitación total, indicado por Najarro (2015).

Para su cálculo tenemos la siguiente ecuación:

$$PE = \alpha_0 + \alpha_1 P + \alpha_2 P + \alpha_3 P + \alpha_4 P + \alpha_5 P \quad (22)$$

Donde:

PE: Precipitación efectiva (mm/mes)

P: Precipitación total mensual (mm/mes)

α_i : Coeficiente del polinomio

Se debe tener presente que los límites superiores para la precipitación efectiva son los siguientes:

Tabla 6:

Límite superior para la precipitación efectiva.

Curva N°	Ecuación	Rango
Curva I	PE=P - 120.6	P>177.8 mm/mes
Curva II	PE=P - 86.4	P>152.4 mm/mes
Curva III	PE=P - 59.7	P>127.0 mm/mes

Nota: Scholz (1980)

Los valores de a_i se detallan en la siguiente tabla 4:

Tabla 7:
Coefficientes para la estimación de la precipitación efectiva

Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva			
Coef.	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-05	5.53E-05
a4	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a5	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Nota: Scholz (1980)

La precipitación efectiva, según el método de la United States Bureau of Reclamation (USBR), se calcula utilizando la tabla 7 y los coeficientes de desarrollo dados en la tabla 9. Estos coeficientes son aplicables en un rango de precipitación de 0 a 250 mm.

Tabla 8:*Precipitación efectiva según el Bureo of Reclamation*

P (mm)	P. Efectiva: PE (mm)		
	Curva I	Curva II	Curva III
0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.0	1.0	2.0
20.0	0.0	2.0	4.0
30.0	0.0	3.0	6.0
40.0	0.5	4.0	8.0
50.0	1.0	6.0	11.0
60.0	1.5	8.0	14.0
70.0	3.0	10.0	18.0
80.0	4.0	14.0	24.0
90.0	5.5	18.0	30.0
100.0	8.0	23.0	39.0
110.0	11.0	29.0	48.0
120.0	15.0	36.0	58.0
130.0	19.0	43.0	68.0
140.0	24.0	52.0	78.0
150.0	30.0	60.0	88.0
160.0	37.0	69.0	98.0
170.0	45.0	79.0	108.0
180.0	55.0	89.0	118.0

Nota: Scholz (1980)**Tabla 9:***Coefficientes para el cálculo de la precipitación efectiva*

Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva			
Coef.	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.047000	-0.106500	-0.417700
a1	0.009400	0.147700	0.379500
a2	-0.000500	-0.002900	-0.010100
a3	0.000020	0.000050	0.000200
a4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09

Nota: **Scholz (1980)**

Finalmente, la relación entre la precipitación efectiva y la precipitación total se establece mediante la ecuación número 23:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P} \quad (23)$$

C : Coeficiente de escurrimiento

Q : Caudal anual

P : Precipitación total anual

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

a) Retención de Unidad Hidrográfica

La retención de la Unidad Hidrográfica se refiere a la capacidad de retener agua en una Unidad Hidrográfica, considerando salidas como la escorrentía y evaporación. Puede ocurrir en embalses naturales, lagos o infiltración en el suelo. Las contribuciones al caudal se calculan suponiendo equilibrio entre gasto y abastecimiento en un año promedio (Najarro, 2015).

$$Ri = CMi - Pi \quad (24)$$

$$CMi = PEi + Gi - Ai \quad (25)$$

Donde:

CMi : Caudal mensual (mm/mes)

PEi : Precipitación efectiva mensual (mm/mes)

Rt : Retención de la Unidad Hidrográfica (mm/mes)

Gi : Gasto de la retención (mm/mes)

A : Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Ri : Gi, para valores mayores que cero (mm/mes)

Ri : A, para valores menores que cero (mm/mes)

Para calcular la retención total de una Unidad Hidrográfica en el año promedio, se suma los valores de G o A, los cuales fluctúan entre 43 y 188 (mm/año) para las condiciones de las Unidad Hidrográficas en la región montañosa.

b) Relación entre descargas y retenciones

Durante el estiaje, el flujo proveniente de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal básico o descarga. La reserva o retención de la Unidad

Hidrográfica se agota al final de la estación seca, y durante este período, la descarga se determina según la ecuación mencionada (Najarro, 2015):

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

Donde:

Q_t : Descarga en el tiempo t

Q_0 : Descarga inicial

a : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo

Al comienzo de la época lluviosa, como lo menciona Najarro (2015) el proceso de agotamiento de la reserva termina, y a su vez inicia el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso se establece por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En fundamento a los hidrogramas se ha establecido que el abastecimiento es más fuerte al inicio de la época lluviosa siguiendo de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha época

c) Coeficiente de agotamiento

De acuerdo con Mamani (2015), el coeficiente de agotamiento no permanece constante durante toda la estación seca, sino que disminuye gradualmente. Aunque la variación del coeficiente "a" puede despreciarse prácticamente durante la época seca, su valor promedio puede utilizarse con fines prácticos. Se ha demostrado que el coeficiente de agotamiento de la Unidad Hidrográfica sigue una dependencia logarítmica con respecto al área de la Unidad Hidrográfica, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$a = f(\log \log AR) \quad (27)$$

El análisis de las observaciones disponibles sugiere una influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica específica para la "sierra peruana" mediante la siguiente expresión:

$$a = 3.1249(AR) - 0.1144(EP) - 19.336(T) - 3.369(R) 1.429, r = 0.86 \quad (28)$$

Es posible determinar el coeficiente de agotamiento real a través de aforos sucesivos en el río durante la estación seca. No obstante, cuando esto no sea factible, el modelo propone fórmulas empíricas para estimar este coeficiente en cuatro Unidad Hidrográfica distintas, considerando diferentes condiciones como agotamiento muy rápido por temperatura elevada superior a 10 °C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año) (Najarro, 2015).

$$a = -0.00250 \ln Ac + 0.034 \quad (29)$$

Agotamiento rápido por retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada:

$$a = -0.00252 \ln Ac + 0.030 \quad (30)$$

Agotamiento mediano por retención mediana (alrededor de 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$$a = -0.00252 \ln Ac + 0.026 \quad (31)$$

Agotamiento reducido por alta retención (más de 100 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$$a = -0.00252 \ln Ac + 0.023 \quad (32)$$

Dónde:

a : Coeficiente de agotamiento por día

AR : Área de la Unidad Hidrográfica (km²)

EP : Evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T : Duración de la temporada seca (días)

R : Retención total de la Unidad Hidrográfica (mm/año)

d) Almacenamiento hídrico

De acuerdo con Najarro (2015), se consideran tres tipos de almacenamiento hídrico que influyen en la retención de la Unidad

Hidrográfica: acuíferos, lagunas y pantanos, y nevados. A continuación, se detallan los valores de lámina (L) para la determinación de cada tipo de almacenamiento:

$$LA = -750(I) + 315 \quad (33)$$

Donde:

LA: Lámina específica de acuíferos (mm/año)

I : Pendiente de desagüe: $I \leq 15 \%$

- Lagunas y pantanos:

La lámina de almacenamiento de lagunas y pantanos está dada por la siguiente ecuación:

$$LN = 500 \quad (34)$$

Donde:

LN: Lámina específica de lagunas y pantanos (mm/año)

- Nevados:

La lámina de almacenamiento de los nevados está dada por la siguiente ecuación:

$$LL = 500 \quad (35)$$

Donde:

LL: Lámina específica de nevados (mm/año)

Las correspondientes áreas o superficies son determinados de los mapas o aerofotografías. No son considerados para este caso los almacenamientos que son de corto plazo, las cuales están incluidas en las ecuaciones de la precipitación efectiva (Najarro, 2015).

e) Gasto de retención

Según Lutz Scholz, el Gasto de retención establece que los caudales durante la época seca guardan relación con los del mes anterior mediante la siguiente proporción (Najarro, 2015):

$$b_o = e^{-a(t)} \quad (36)$$

Donde:

b_0 : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior

a : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo

La suma de los factores mensuales b_0^i durante la estación seca de m meses:

$$b_m = \sum_{i=1}^m b_0^i \quad (37)$$

Representa el gasto total durante el periodo de m meses secos. Por lo tanto, la contribución mensual de la retención durante la época seca se puede expresar mediante la siguiente ecuación (Najarro, 2015):

$$i = \left(\frac{b_0^i}{\sum_{i=1}^m b_0^i} \right) * R \quad (38)$$

Donde:

b_0^i : Relación entre el caudal del mes i y el caudal inicial

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

R = Retención de la Unidad Hidrográfica

Teniendo en cuenta que para para la estimación de b_0^i para el mes de abril ($i=1$), mayo ($i=2$), junio ($i=3$) y así sucesivamente hasta octubre ($i=7$).

$$b_i = b_0^i \quad (39)$$

Entonces:

$$b_i = (e^{-at})^i \quad (40)$$

f) Abastecimiento de retención

Conforme a lo indicado por Najarro (2015), el suministro durante la temporada de lluvias se mantiene constante para las unidades hidrográficas situadas en la misma región climática. Los coeficientes mensuales, expresados como porcentaje del almacenamiento total anual, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 10:

Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (valores en %)

Región	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

Nota: Scholz (1980).

La cantidad de agua "Ai" que ingresa a la Unidad Hidrográfica se manifiesta como un déficit a nivel mensual de la precipitación efectiva PE_i, calculada mediante la siguiente ecuación.

$$Ai = \frac{ai * R}{100} \quad (41)$$

Donde:

Ai ; Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

ai ; Coeficiente de abastecimiento (%)

R ; Retención de la Unidad Hidrográfica (mm/año)

2.2.16.4 Estimación del caudal mensual para año promedio

Se apoya en la ecuación clave que aborda el balance hídrico, definida por la siguiente expresión (Quintana P., 2018):

$$CMi = PEi + Gi - Ai \quad (42)$$

Donde:

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

PE_i : Precipitación efectiva del mes i, en (mm/mes)

Gi : Gasto de la retención del mes, en (mm/mes)

A : Abastecimiento del mes i, en (mm/mes)

2.2.16.5 Generación de caudales medios mensuales para periodos extendidos

El modelo hidrológico propuesto calcula con precisión los caudales mensuales para el año promedio (Cruz & Romero, 2017). La ecuación generalizada para obtener los caudales medios mensuales para periodos extendidos es (Quintana P., 2018):

$$Q = B_1 + B_2 Q_{t-1} + B_3 * PE_t + \sigma S \sqrt{1 - r^2} \quad (43)$$

Donde:

Q_t : Caudal en el mes t

Q_{t-1} : Caudal en el mes anterior

PE_t : Precipitación efectiva en el mes t

r : Variable aleatoria de distribución normal (-1,1)

R : Coeficiente de correlación.

Σ : Desviación estándar

B_1, B_2, B_3 : Coeficientes

σ : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año t

S : Error estándar de la regresión múltiple.

El proceso para obtener las descargas mensuales promedio en periodos extensos es el siguiente:

- Los parámetros B_1, B_2, B_3, r y S se determinan a partir de los resultados del modelo para el año promedio mediante un análisis de regresión lineal. En este análisis, Q_t se considera como el valor dependiente, y Q_{t-1} y PE_t se toman como los valores independientes.
- Determinación de la precipitación efectiva mensual a partir de los registros mensuales de precipitación en la cuenca.
- Creación de números aleatorios con distribución normal, con una media de cero y una desviación estándar de uno.

- Cálculo de las descargas mensuales promedio a lo largo de periodos extensos utilizando la información obtenida en los pasos anteriores mediante la aplicación de la ecuación 43.

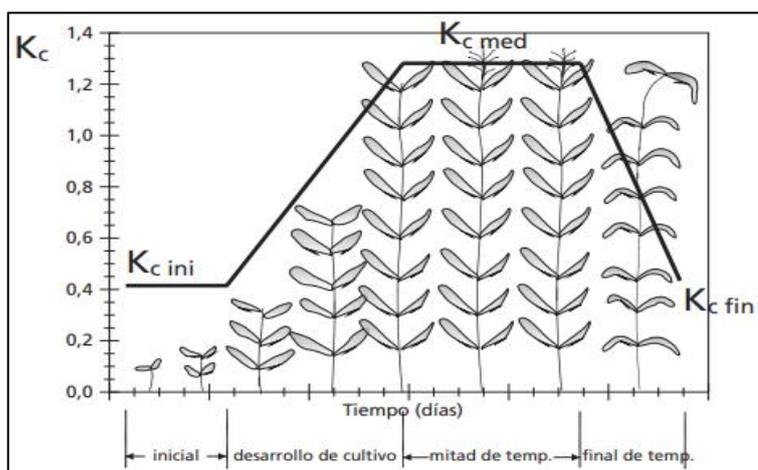
2.2.17 Coeficiente de cultivo (K_c)

El coeficiente de cultivo (K_c) es la relación entre la Evapotranspiración real (ETR) de un cultivo específico y la evapotranspiración de referencia (E_{To}) en condiciones similares. Este valor, multiplicado por E_{To} , proporciona la evapotranspiración para cada cultivo, utilizado para calcular la cantidad y frecuencia de riego necesaria (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Los coeficientes de cultivo varían según el tipo de cultivo, su estado de desarrollo y prácticas culturales. Los coeficientes de los cultivos anuales (sembrados en hileras) experimentan grandes variaciones a lo largo del año, desde valores muy bajos en las primeras etapas del cultivo (cuando la planta está recién nacida) hasta valores significativamente más altos cuando el cultivo está completamente desarrollado (suelo totalmente cubierto). Asimismo, la plantación de cultivos leñosos con una cobertura entre las hileras de árboles aumenta su K_c . Por ejemplo, las viñas que se siembran con algún tipo de leguminosa para fijar nitrógeno incrementan su K_c (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Figura 10:

Curva generalizada del coeficiente del cultivo del procedimiento único del cultivo



Nota: FAO, 2018

2.2.18 Cédula de cultivo

Se refiere a la distribución de los cultivos a lo largo del año, determinada por diversos factores como clima, consideraciones técnicas, rentabilidad, capacidad económica del agricultor, tamaño de la unidad agrícola, demanda del mercado, disponibilidad de agua y presencia de plagas y enfermedades. (INRENA, 1997).

2.2.19 Impacto ambiental

Se refiere a la alteración, ya sea positiva o negativa, de elementos del entorno causada por una actividad, evaluando la diferencia entre lo que sucede con la acción y lo que ocurriría sin ella (Minam, 2012).

2.2.19.1 Matriz de Conesa

Es una Matriz de Impacto Ambiental, un enfoque analítico de Vicente Conesa Fernández Vitora, que asigna importancia (I) a cada impacto ambiental potencial de un proyecto en todas sus fases (Conesa, 2011), y se caracteriza por:

Tabla 11:
Indicadores de Puntuación

Signo		Intensidad (i)	
Beneficio	+	Baja	1
Perjudicial	-	Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	8
Crítica	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		Importancia (I)	
Recup. Inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		
		I= [3i+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC]	

Nota: Conesa, 2011

- **Signo (+/ -)**
Este atributo denota la naturaleza positiva (+) o negativa (-) del impacto, indicando si las acciones afectan de manera beneficiosa o perjudicial a los factores considerados.
- **Intensidad (i)**
Hace referencia al grado de influencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que se manifiesta. La escala de valoración oscila entre 1 y 12, donde 12 representa una destrucción total del factor y 1 indica una afectación mínima.
- **Extensión (EX)**
Refleja la extensión teórica del impacto en relación con el área total del entorno afectado por el proyecto.
- **Momento (MO)**
Indica el lapso entre la ejecución de la acción (t_0) y el inicio del efecto (t_j) en el factor del entorno.
- **Persistencia (PE)**
Refiere el tiempo que el efecto permanecerá desde su aparición hasta que el factor afectado retorne a sus condiciones iniciales, ya sea por medios naturales o mediante medidas correctoras.
- **Reversibilidad (RV)**
Se relaciona con la capacidad de restablecer el factor afectado por el proyecto a sus condiciones iniciales una vez que la acción cesa, ya sea de forma natural.
- **Recuperabilidad (MC)**
Aborda la posibilidad de reconstruir, total o parcialmente, el factor afectado debido al proyecto, mediante intervenciones humanas, como medidas correctoras.
- **Sinergia (SI)**
Este atributo considera la potenciación de dos o más efectos simples cuando las acciones actúan simultáneamente, resultando en una manifestación total mayor que la esperada en comparación con acciones independientes.

- **Acumulación (AC)**

Este atributo indica un aumento progresivo en la manifestación del efecto con la persistencia o repetición de la acción. Se asigna un valor de (1) para acciones sin efectos acumulativos y se incrementa a (4) cuando el efecto es acumulativo.

- **Efecto (EF)**

Se trata de la relación entre la causa y el efecto sobre un factor ambiental como resultado de una actividad específica.

- **Periodicidad (PR)**

Denota la regularidad en la manifestación del efecto, ya sea cíclica, irregular o constante en el tiempo.

- **Importancia del impacto (I)**

La importancia del impacto, es decir, la relevancia del efecto de la acción sobre el factor ambiental, se determina mediante una ecuación específica. Los valores de importancia oscilan entre 13 y 100, clasificándose como irrelevantes (menos de 25), moderados (25-50), severos (50-75) y críticos (más de 75).

Tabla 12:

Calificación de la Importancia de los Impactos positivos

RANGO	IMPORTANCIA
>75	Muy Alto
50< - ≤75	Alto
25< - ≤50	Moderado
≤25	Irrelevante

Nota: Conesa, 2011

Tabla 13:

Calificación de la Importancia de los Impactos negativos

RANGO	IMPORTANCIA
$I < -75$	Crítico
$-75 \leq I < -50$	Severo
$-50 \leq I < -25$	Moderado
$-25 \leq I$	Irrelevante

Nota: Conesa, 2011

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Operacionalización de las variables

Tabla 14:

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VI: Matriz de impacto ambiental	La Matriz de Impacto Ambiental es un enfoque analítico que asigna importancia (I) a cada posible impacto ambiental. (HIDROAR S.A, 2015).	Se aplicará Conesa para identificar y valorizar los impactos generados en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.	Impacto	Puntuación
VI: Elementos meteorológicos	Son propiedades o condiciones de la atmósfera que definen el estado del tiempo a corto plazo o del clima a largo plazo. Los indicadores estadísticos, como la precipitación y la temperatura, se conocen como parámetros meteorológicos. (Senamhi, 2022)	Se recolectará variables meteorológicas para luego ser procesadas con el fin de obtener el balance hídrico de la Unidad Hidrográfica.	Precipitación	mm
			Temperatura	°C
			Humedad relativa	%
			Horas de sol	Horas/día
VD: Propuesta de medidas de mitigación	Se refieren a medidas destinadas a mitigar los daños inevitables causados por acciones en un área, buscando abordar las causas subyacentes.	Se propondrá medidas de mitigación según los impactos que se hallaron y calificaron	Propuesta	Medidas de mitigación

3.2 Hipótesis de la investigación

3.2.1 Hipótesis general

La propuesta de medidas de mitigación de los impactos hallados mediante la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac contribuirá a una mejor gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrográfica.

3.1.1 Hipótesis específicas

- La determinación de la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac tendrá un resultado confiable.
- La determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac tendrá un resultado confiable.
- La determinación de los impactos relacionados en el cálculo del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac contribuirá a una mejor gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrográfica.
- La propuesta de medidas de mitigación hídrico de los impactos hallados en el balance hídrico superficial contribuirá a una mejor gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

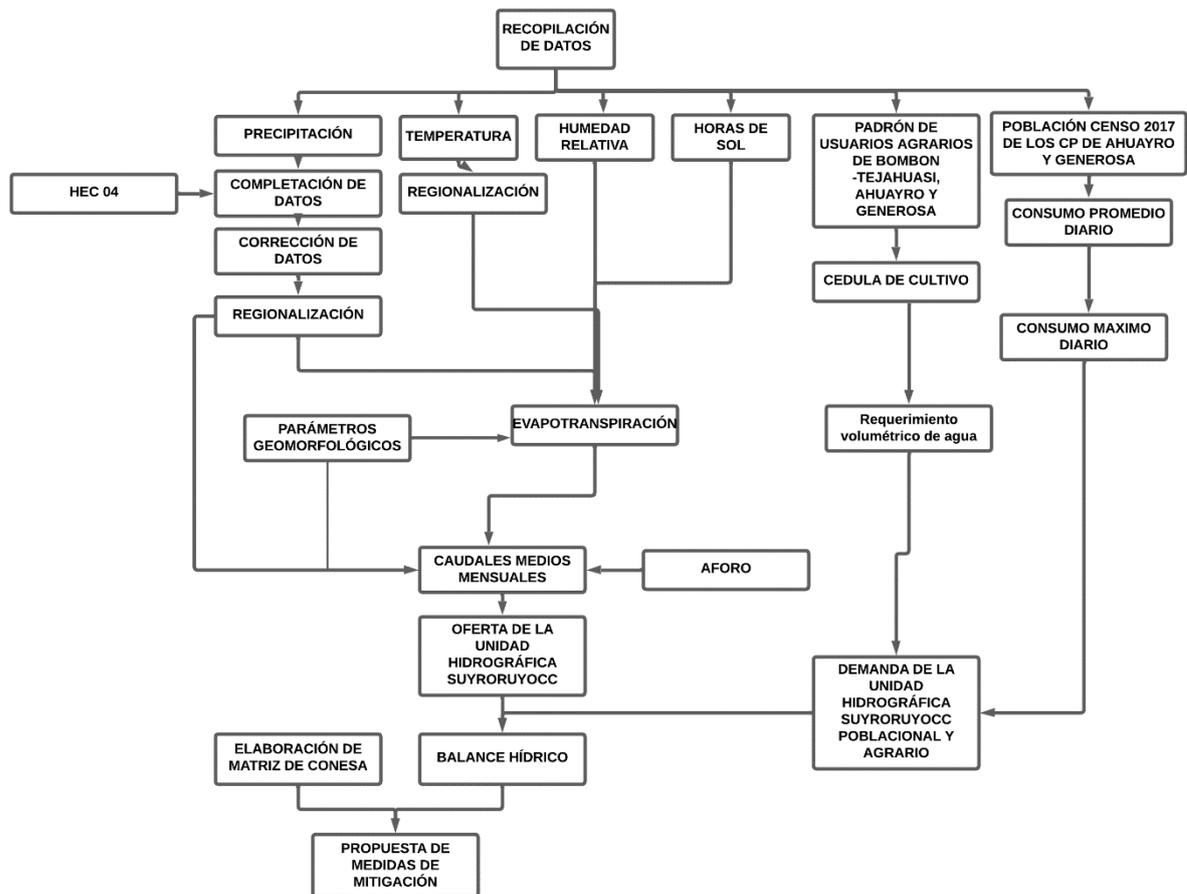
IV. METODOLOGÍA

4.1 Descripción de la metodología

Se detallará el procedimiento de la investigación, abarcando desde la revisión bibliográfica hasta la fase de gabinete, incluyendo la toma de datos y la fase de campo.

Figura 11:

Flujograma de metodología



4.1.1 Etapas de desarrollo de la tesis

4.1.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

Se ha recopilado información sobre el tema abordado en esta tesis. En consecuencia, se cuenta con datos provenientes de estudios realizados tanto a nivel regional como distrital. Se hace referencia a diversas fuentes de las cuales se extrajeron datos sobre la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc y variables

hidrometeorológicas como precipitación, temperatura, humedad relativa y horas de sol.

- Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros (ANA, 2013).
- Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho – Puccaccasa - Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros – Apurímac (ANA,2020).
- Resolución Administrativa N° 179–2014-ANA-ALA- BAJO-APURÍMAC-PAMPAS (ANA, 2014), licencia de uso de agua de los comités de riego de Ahuayro, Generosa y Bombón Tejahuasi.
- Actualización Del Inventario De Fuentes De Agua Superficial (GORE APURÍMAC, 2021), donde se realizó un inventario de agua superficial de la UH Suyroruyocc.

a) Información cartográfica

- Se digitalizaron en un Sistema de Información Geográfica (SIG) las Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del IGN. Estas cartas, descargadas de la página web del IGN, se utilizaron para la investigación, enfocándose específicamente en los cuadrantes 28O y 27O. Estos cuadrantes proporcionan información detallada, incluyendo la red hidrográfica, curvas de nivel, cotas.
- Se procesó DEMs descargadas del geo servidor del Minam de los cuadrantes S14W74 y S15W74 para la geomorfología de la UH Suyroruyocc.
- Mapa Físico Político del Perú, escala 1/1000000 Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Se utilizó la delimitación de las Unidades Hidrográficas mencionadas en el estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros (ANA, 2013).

b) Información Hidrometeorológica

- Se utilizó la información de datos hidrometeorológicos históricos del proyecto “Ampliación del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores

Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros – Apurímac” (ANA,2020), las cuales fueron datos de precipitación, horas de sol, temperatura y humedad relativa del periodo 2001 – 2019.

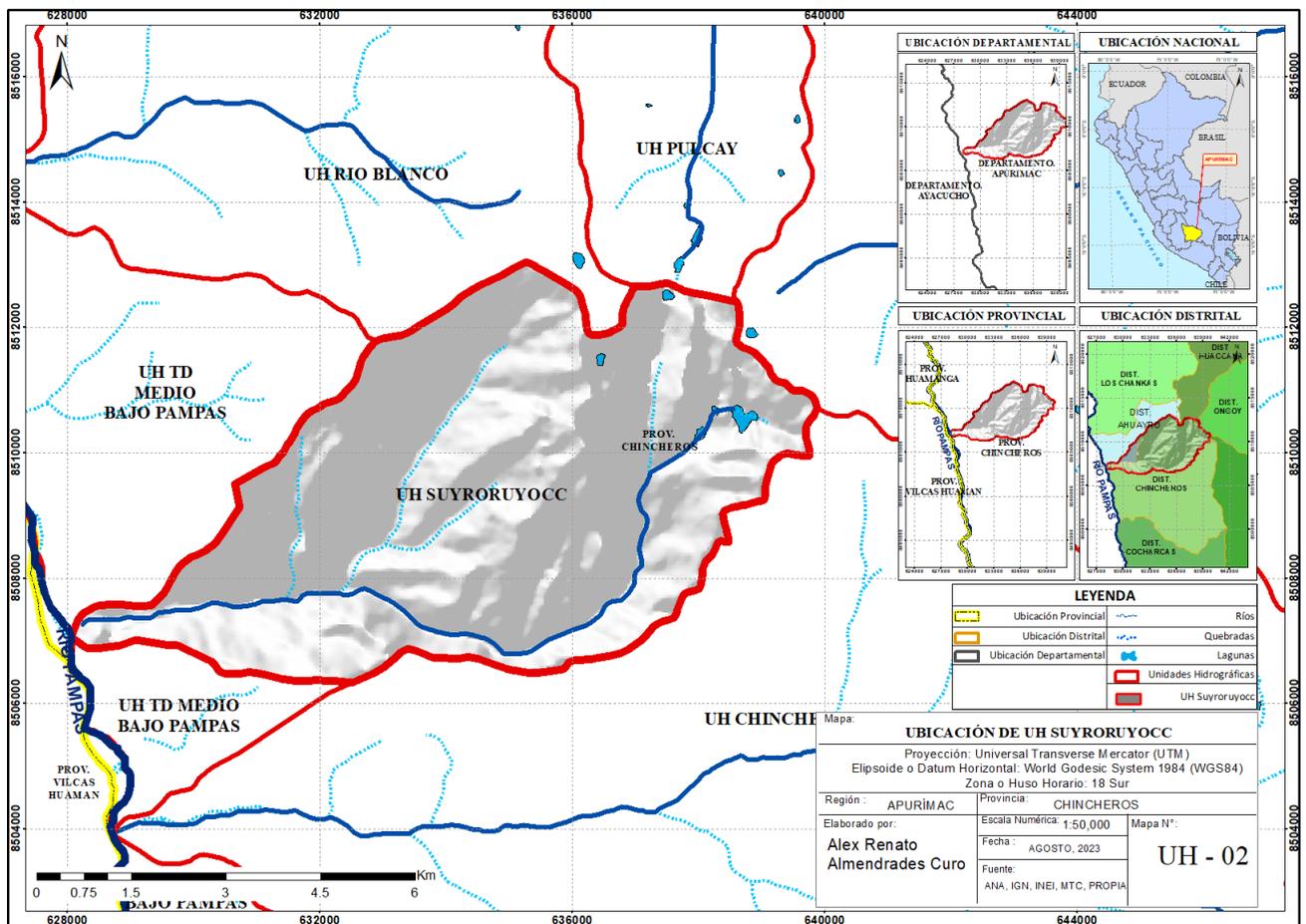
- Se extrajo información del Senamhi para completar el periodo 2001 – 2021 para el caso de precipitación con el fin de realizar el tratamiento de datos.

c) *Localización del área del estudio*

- Ubicada en los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc abarca 45.3 km². Destacan las lagunas Toroccocha, Yanahuarmi, Pataccocha y Maccmacocha. Las vías de acceso conectan los distritos de Huaccana, Ongoy, Uripa, Ocobamba, Ranracancha y Umaca, así como otros centros poblados del distrito de Huaccana.

Figura 12:

Ubicación del área de estudio de la UH Suyroruyocc.



Según el estudio de Actualización Del Inventario De Fuentes De Agua Superficial (Gore Apurímac, 2021) las fuentes como manantiales, bofedales y lagunas se encuentran sin protección o con deterioro de las mismas. Tales manantiales se encuentran descritos en el anexo 4.

En el anexo 4 se presenta las captaciones y reservorios los cuales son aprovechados por los usuarios para fines de riego y consumo humano respectivamente y a la vez se muestra la dirección en la cual los usuarios de JASS y comité de riego se benefician.

4.1.1.2 Etapa de campo

Consistió en inspeccionar el área de estudio para recopilar datos como:

- Afors de las captaciones con fines de riego y reservorios de las JASS que se encuentren en el ámbito de influencia de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

- Obtención de padrones de usuarios agrarios de los comités de riego existentes en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc tales como: Ahuayro, Generosa y Bombón-Tejahuasi.
- Reconocimiento de las principales actividades que tendrían un impacto ambiental en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.
- Reconocimiento de fuentes superficiales naturales de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc que está conformado básicamente por lagunas, bofedales, manantiales y el río principal contando para ello una movilidad alquilada.

4.1.1.3 Etapa de gabinete

- Etapa de análisis, tratamiento y organización de la información hidrometeorológica relacionada con la precipitación y evapotranspiración
- A continuación, se llevará a cabo un análisis detallado de los aforos determinados en terreno para calcular los caudales medios mensuales con el fin de determinar la oferta hídrica.
- Posteriormente, se realizará el cálculo de la demanda hídrica tanto para consumo poblacional como para riego, con el propósito de establecer el balance hídrico de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.
- Para concluir, se aplicará la matriz de Conesa con el fin de identificar y evaluar los impactos generados por las actividades antropogénicas en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, con la intención de proponer medidas de mitigación para minimizar los impactos y mejorar el nivel de vida de la población de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc con respecto al recurso hídrico.

4.2 Implementación de la investigación

4.2.1 *Análisis y tratamiento de la información hidrometeorológicas*

- Las estaciones hidrometeorológicas ubicadas próximas de la UH Suyroruyocc, las mismas que pertenecen al Senamhi las cuales se muestran en la tabla:

Tabla 15:

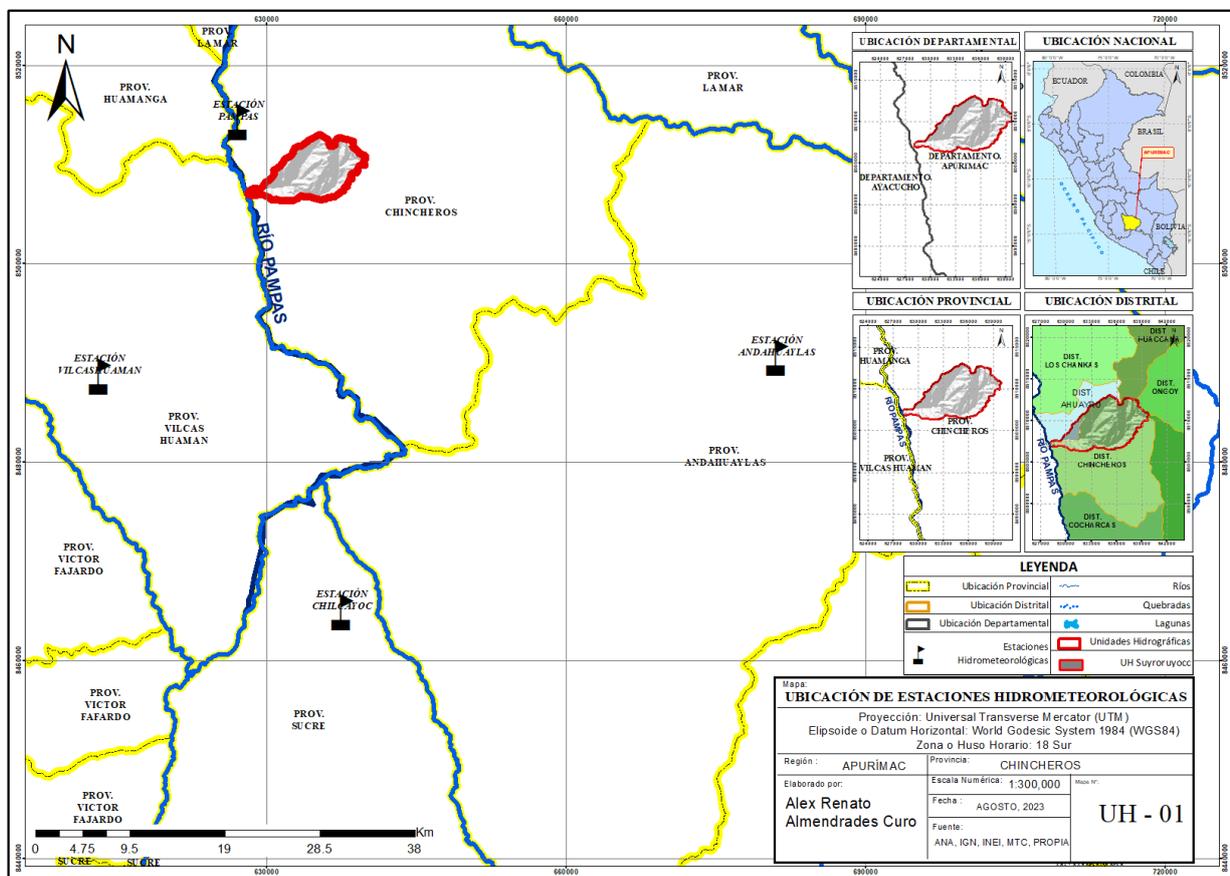
Estaciones Meteorológicas de Estudio

ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

ESTACIONES	TIPO	PROPIETARIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD m.s.n.m.	UH	UBICACIÓN			PERIODO DE REGISTRO
			LATITUD SUR	LONGITUD OESTE			Departamento	Provincia	Distrito	
CHILCAYOC	CONV	SENAMHI	13°52'57.26"	73°43'35.7"	3400.0	PAMPAS	AYACUCHO	SUCRE	CHILCAYOC	2001 - 2021
VILCASHUAMAN	CONV	SENAMHI	13°40'7.7"	73°57'8.6"	3522.0	PAMPAS	AYACUCHO	VILCASHUAMAN	VILCASHUAMAN	2001 - 2021
ANDAHUAYLAS	CONV	SENAMHI	13°38'55.1"	73°22'.4"	2990.0	PAMPAS	APURÍMAC	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS	2001 - 2021
PAMPAS	CONV	SENAMHI	13°26'12.2"	73°49'29"	2031.0	PAMPAS	APURÍMAC	CHINCHEROS	HUACCANA	2001 - 2021

Figura 13:

Mapa de Ubicación de las Estaciones Hidrometeorológicas de la UH Suyroruyoc



- La variable a realizar el tratamiento es la precipitación, las demás variables como la temperatura, horas de sol y humedad relativa será recopilada del estudio de “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros - Apurímac” aprobado por la Autoridad Nacional del Agua en el 2020
- En nuestro entorno habitual, es común hallar registros históricos incompletos proporcionados por las entidades encargadas del monitoreo meteorológico. En la serie histórica, es frecuente observar valores faltantes, ya sea de forma puntual o continua durante periodos superiores a un año. Por lo tanto, es imperativo completar estos valores ausentes. Como paso inicial para determinar la oferta hídrica, se verificó la presencia de datos faltantes en la base histórica de 20 años de las 4 estaciones utilizadas en el estudio. Al identificar años con datos faltantes, se llevó a cabo el proceso de completación de datos.

4.2.1.1 Completación de datos faltantes.

En este estudio de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, se identificaron lagunas en los registros de los años 2001 a 2021. Para abordar este problema, se empleó el programa HEC 04 para la completación de datos. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de consistencia, que incorpora evaluaciones gráficas, de doble masa y análisis de saltos. Estos procedimientos se realizaron para determinar la fiabilidad de los datos históricos de precipitación proporcionados por las estaciones.

4.2.1.2 Análisis de consistencia

Este análisis busca asegurar la consistencia de los datos meteorológicos, evaluando la observación precisa de la estación. Pequeños cambios en la ubicación, exposición o instrumentación pueden afectar la captación de precipitación. Identificar la no homogeneidad e inconsistencia en las secuencias hidrológicas es crucial, ya que la falta de detección y corrección de estos problemas puede introducir errores significativos en los análisis futuros, generando resultados sesgados. Se emplearon análisis gráficos de hidrogramas, doble masa y detección de saltos para identificar posibles inconsistencias en la serie del periodo 2001 – 2021.

a) Análisis gráfico

Este análisis detecta la inconsistencia en la información meteorológica y señala periodos con datos dudosos. Los hidrogramas anuales permiten identificar saltos, tendencias o valores extremos que no concuerden con el comportamiento normal de la variable en el periodo registrado el cual fue del 2001 al 20021 en la precipitación.

b) Análisis de doble masa acumulado

Se realizó un análisis de doble masa acumulado para evaluar la consistencia de los datos de precipitación en las estaciones de estudio. Los datos de precipitación fueron del periodo 2001 hasta 2021 fueron acumulados y graficados. Una línea recta en el gráfico indica consistencia, mientras que quiebres sugieren dudas en los datos de precipitación de la estación.

c) Análisis estadísticos de saltos

i. Consistencia de la Media de la precipitación

Cuando se sospecha de cambios abruptos en la media que afectan la homogeneidad de la serie, la prueba T-Student se utiliza para comparar el valor calculado de T con el valor de T de la tabla mostrado en la figura 14.

Se calculará los siguientes parámetros:

$$X_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i \quad (44)$$

$$X_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} X_j \quad (45)$$

X_1, X_2 : Media del periodo 1 y 2, respectivamente.

X_i, X_j : Información de análisis en el periodo 1 y 2.

n_1, n_2 : Tamaño de cada periodo 1 y 2.

$$T_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\bar{u}_1 - \bar{u}_2)}{S_d} \quad (46)$$

T_c: Cálculo del T_c (T calculado):

$$S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (47)$$

S_d: Desviación estándar de las diferencias de promedios:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (48)$$

S_p: Desviación estándar ponderada:

$$G.L. = n_1 + n_2 - 2 \quad (49)$$

G.L: Grados de libertad:

n₁, n₂: Tamaño de cada periodo 1 y 2.

Se Hallará el valor de T_t (T tabulado) en la tabla mostrado en la figura 15 con 95% de probabilidades donde el nivel de significancia es de 0.05.

Para el criterio de decisión se comparará las dos T para verificar si existe saltos:

Si $|T_c| \leq |T_t|$ al (95%) de $\overline{\text{confianza}}$ $\rightarrow X_1 = X_2$ estadísticamente las medias son iguales.

Si $|T_c| > |T_t|$ al (95%) de $\overline{\text{confianza}}$ $\rightarrow X_1 \neq X_2$ diferentes (existe salto),

Figura 14:

Valores de T student para consistencia en la media.



r	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.005$	r
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	1
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.025	2
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	3
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	4
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	6
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	7
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	8
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	9
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	10
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	11
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	12
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	13
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	14
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	15
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	16
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	17
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	18
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	19
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	20
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	21
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	22
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	23
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	24
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	25
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	26
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	27
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	28
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	29
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	inf.

Nota: Villón, 2007

i. Consistencia de la desviación estándar de la precipitación.

Se emplea la prueba de F de Fisher para determinar si las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes al 95% de confianza. La consistencia se evalúa comparando el valor de F calculado con el valor de F en la tabla 15.

$$S_1(x) = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2} \quad (50)$$

$$S_2(x) = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - \bar{X}_2)^2} \quad (51)$$

$S_1(x)$, $S_2(x)$: Desviación estándar del periodo 1 y 2, respectivamente.

n_1, n_2 : Tamaño de cada periodo 1 y 2, respectivamente.

n : Tamaño de la muestra ($n=n_1+n_2$)

Se ensaya las hipótesis, tanto nula y la alternativa:

$$H_o: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (52)$$

$$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \quad (53)$$

$$\alpha = 0.05 \quad (54)$$

Se calcula el estadístico F_c (F calculado):

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \text{ si } S_1^2 > S_2^2 \quad (55)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ si } S_2^2 > S_1^2 \quad (56)$$

Hallar el valor de F_t (F tabulado) en las tablas con:

$$\left[\begin{array}{l} GLN = n_1 - 1 \\ GLD = n_2 - 1 \end{array} \right] \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad (57)$$

$$\left[\begin{array}{l} GLN = n_1 - 1 \\ GLD = n_2 - 1 \end{array} \right] \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x) \quad (58)$$

El α será 0.05

α : Nivel de significación

G.L.N: Grado de libertad del numerador

G.L.D: Grado de libertad del denominador

Para el criterio de decisión se comparará las dos F para verificar si existe saltos:

Si $|F_c| \leq |F_t|$ al (95%) de confianza $\rightarrow S_1(x) = S_2(x)$, las desviaciones estándar son iguales estadísticamente.

Si $|F_c| > |F_t|$ al (95%) de confianza $\rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$, Estadísticamente las desviaciones estándar son diferentes (hay un salto).

Figura 15:

Tabla F (fisher)

$v_2 = \text{Degrees of freedom for denominator}$	$v_1 = \text{Degrees of freedom for numerator}$																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	101	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18.50	19.00	19.20	19.20	19.30	19.30	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
3	10.10	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.20	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.88	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.16	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.35	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Nota: Villón, 2014

d) Corrección de datos

Villon (2014) afirma que la información original no se ajusta porque es coherente con una probabilidad del 95%, incluso si hay pequeñas desviaciones en la curva de doble masa, cuando los parámetros de media y desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo son estadísticamente equivalentes. Los valores de las submuestras se ajustan utilizando la fórmula siguiente en situaciones opuestas:

Modelo para corregir el primer período:

$$X'_{(t)} = \left[\frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1(X)} \right] * S_2(x) + \bar{X}_2 \tag{59}$$

Modelo para corregir el segundo período:

$$X'_{(t)} = \left[\frac{X_t - \bar{X}_2}{S_2(X)} \right] * S_1(x) + \bar{X}_1 \tag{60}$$

$X'(t)$: Valor corregido de la información

X_t : Valor a ser corregido

4.2.1.3 Temperatura media

Se utilizó los datos ya procesados del estudio de “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros - Apurímac” de la Autoridad Nacional del Agua en el 2020.

Estos datos fueron regionalizados mediante regresión lineal hacía la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

4.2.1.4 Humedad relativa y horas de sol

Se utilizó los datos ya procesados del estudio de “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros - Apurímac” de la Autoridad Nacional del Agua en el 2020.

Los datos serán utilizados ya que se encuentra a una cercanía de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

4.2.1.5 Evapotranspiración potencial

Se utilizará las ecuaciones mencionadas en el apartado 2.219.1 de las bases teóricas.

4.2.2 Metodología para calcular la oferta hídrica

4.2.2.1 Aplicación del modelo hidrológico Lutz Scholz.

Con los datos de precipitación del apartado 4.1.3.1 correctamente tratados y regionalizados se procede a generar la oferta hídrica mediante el modelo hidrológico Lutz Scholz.

Se utilizará las ecuaciones del apartado 2.2.19 mencionadas en las bases teóricas.

Los componentes esenciales del modelo comprenden los factores empleados para estimar la precipitación efectiva, el déficit de escurrimiento, la retención y el coeficiente de agotamiento.

En la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, concretamente en el punto de la red de drenaje, no existen registros mensuales de caudal ni de precipitaciones. Debido a esta falta de información, se requiere recurrir a métodos para estimar los caudales medios mensuales.

La aplicación del modelo de Lutz Scholz comprende tres etapas bien definidas y se presenta en los siguientes apartados:

4.2.2.2 Aplicación

- Precipitación media: Se utilizará de la precipitación regionalizada en la UH Suyroruyocc.
- Coeficiente de escorrentía: Se calcula mediante la ecuación (21).
- Evapotranspiración potencial: Calculada con la ecuación de Hargreaves III, utilizando la ecuación (18)
- Precipitación Efectiva: Determinada mediante la ecuación (22).
- Cálculo de la retención en la Unidad Hidrográfica: para determinar este parámetro se hizo el análisis cartográfico con el fin de obtener el área de las fuentes de almacenamiento hídrico naturales de la Unidad Hidrográfica, la cantidad de agua que es retenida se expresa en mm/año.
- Gastos de la retención y abastecimiento de la retención: se obtiene mediante las ecuaciones (36) y (41).
- Caudal para el año promedio: Fundamento del balance hídrico, partiendo de la ecuación (42)
- Generación de caudales medios mensuales para periodos extendidos utilizando la ecuación (43)

4.2.3 Metodología para calcular la demanda hídrica

4.2.3.1 Para la demanda hídrica poblacional

Se usó los datos del último censo 2017 realizado por el INEI de los centros poblados de Ahuayro y Generosa ya que estos mismos tienen sus propias JASS provenientes de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

i. Demanda de Dotaciones

Considerando los elementos que influyen en la variabilidad de la demanda de agua en diversas áreas rurales, se establecen las asignaciones de agua según la cantidad de habitantes (Aguero Pittman, 1997).

Tabla 16:

Dotación por número de habitantes.

Población (habitantes)	Dotaciones (lts/hab/día)
Hasta 500	60
500 – 1000	60 – 80
1000 – 2000	80 - 100

Nota: En esta tabla se muestra la dotación por número de habitantes. (Ministerio de Salud, 1962, citado por Oscco, 2018).

ii. Consumo promedio anual (Q_m)

El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo y se determina mediante la siguiente relación (Aguero Pittman, 1997).

Donde:

$$Q_p = P_f * \text{Dot} / 86,400 \quad (61)$$

Q_p = Consumo promedio diario (Vs).

P_f = Población futura (hab.).

Dot = Dotación (lts/hab./día).

iii. Consumo máximo diario

El máximo consumo diario se define como el día con el mayor consumo de una serie de registros observados a lo largo de los 365 días del año, mientras que el máximo consumo horario se refiere a la hora de máxima demanda en ese día (Aguero Pittman, 1997).

$$Q_{md} = 1.30 * Q_p \quad (62)$$

4.2.3.2 Para la demanda hídrica para riego

Se utilizarán los padrones de usuarios de los tres comités de riego de Generosa, Bombón – Tejahuasi y Ahuayro.

Según el MEF (2011) menciona en su publicación Guía para la Formulación de Proyectos de Inversión Exitosos para el cálculo de la demanda de agua para riego se usan las siguientes variables:

a) Evapotranspiración Real Del Cultivo O Uso Consuntivo (U_c)

Es el uso efectivo de agua por parte del cultivo, teniendo en cuenta un consumo diferenciado según la fase de desarrollo de la planta. Sus unidades son en mm/día.

$$UC = Eto \times Kc \quad (63)$$

Para la determinación de la Evapotranspiración potencial ET_o , se usará la ecuación de Hargreaves, esto con el fin de calcular la U_c :

$$ET_o = MF * TMF * CH * CE \quad (64)$$

Donde:

$ET_o=ETP$ = Evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF = Factor mensual de latitud, se obtiene de un cuadro

TMF = Temperatura media mensual ($^{\circ}F$)

CH = Factor de corrección para la humedad relativa.

CE = Factor de corrección para la altura o elevación del lugar.

$$CH = 0.166 * (100 - HR) \quad (65)$$

Donde:

HR = Humedad relativa media mensual (%)

La fórmula anterior se emplea para valores de HR mayores de 64%. Para HR < 64%, CH = 1

$$CE = 1.0 + 0.04 * E/2000 \quad (66)$$

E = Altitud o Elevación del lugar (m.s.n.m)

$$TMF = \frac{9}{5} * T(^{\circ}C) + 32 \quad (67)$$

T($^{\circ}C$) = Temperatura media en grados Celsius.

b) Precipitación Efectiva (P. Efec)

Es la porción de la precipitación total que la planta utiliza, ya sea parcial o completamente, para cubrir sus requerimientos hídricos. Su medida

está expresada en milímetros. Se calculó la Precipitación Efectiva utilizando la precipitación mensual promedio para el área de riego, siguiendo el método de WPRS-USDA con una probabilidad del 75%.

c) *Requerimiento De Agua (Req)*

Es la cantidad adicional de agua que debe aplicarse a un cultivo para satisfacer sus requerimientos, calculada como la disparidad entre el Uso Consuntivo y la Precipitación Efectiva. Sus unidades son en mm

$$\text{Req} = \text{UC} - \text{P.Efec} \quad (68)$$

d) *Requerimiento Volumétrico Bruto De Agua (Req.Vol .Bruto)*

Es el volumen de agua que necesita una hectárea de cultivo. Sus unidades m³/ha.

$$\text{Req.Vol. Bruto} = \frac{\text{Req(mm)}}{x 10} \quad (69)$$

e) *Eficiencia De Riego Del Proyecto (Ef. Riego)*

Es el coeficiente de eficiencia del sistema de riego, refleja la eficacia con la que se utiliza el agua. Los valores difieren según las distintas modalidades de riego. Este coeficiente se expresa sin unidades.

f) *Requerimiento Volumétrico Neto Del Agua (Req.Vol Neto)*

Volumen de agua para una hectárea en la que se realiza el cultivo. Sus unidades son en m³/ha/mes.

$$\text{Req. Vol.Net} = \frac{\text{Req. Vol.Bruto}}{\text{Ef. Riego Proyecto}} \quad (70)$$

g) *Número De Horas De Riego (N. • horas riego)*

Es la duración efectiva de riego durante la cual el sistema puede ser utilizado. Se mide en horas.

h) *Módulo De Riego (MR)*

Caudal continuo para satisfacer una hectárea de cultivo. Sus unidades son en l/s.

$$MR = Re q. Vol. Neto x \left(\frac{1000}{3600 x N^{\circ} \text{ díasmes} x N^{\circ} \text{ horas riego}} \right) \quad (71)$$

i) Área Total De La Parcela (Área Total)

Área total de la zona de riego.

j) Caudal Disponible A La Demanda (Q dem)

Caudal que necesita el área de riego en la cual todos los usuarios se atienden. Se expresa en l/s.

$$Q \text{ dem} = \text{Área Total} \times MR \quad (72)$$

4.2.4 Matriz de Conesa

Se usó la metodología Conesa para hallar los impactos que afectan a la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, ya que de acuerdo a la importancia del resultado de la matriz se podrá proponer medidas de mitigación de acuerdo al apartado 2.2.22.1 de las bases teóricas

4.2.5 Propuesta de Medidas de Mitigación

Se propuso las medidas de mitigación de acuerdo a la matriz de Conesa y al balance hídrico determinado en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Para el caso del estudio la población será el recurso hídrico de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc del Distrito de Chincheros y Ahuayro, Provincia de Chincheros, Departamento Apurímac.

4.3.2 Muestra

Para el caso de estudio la muestra será el recurso hídrico disponible a medición de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc del Distrito de Chincheros y Ahuayro, Provincia de Chincheros, Departamento Apurímac.

4.4 Técnicas de recolección de datos

4.4.1 Técnica

- Mediciones directas en el campo (aforos realizados en el mes de octubre de este año)
- Entrevistas con los actores de Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

- Obtención de imágenes fotográficas

4.5 Instrumentos de recolección de datos

4.5.1 Validez

La validez de los datos de temperatura, horas de sol y humedad fue extraída del estudio del “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros – Apurímac” proporcionado por el ANA.

4.5.2 Confiabilidad

La confiabilidad del presente estudio se realizó un análisis estadístico para determinar la consistencia de la precipitación para la cual se empleó las pruebas estadísticas T-Student y F-Fisher.

4.5.3 Información cartográfica

En este estudio, se consideraron las cartas nacionales, especialmente las 27-o y 28-o extraídas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), para llevar a cabo la delimitación precisa de la Unidad Hidrográfica. Fueron utilizadas para determinar el área exacta del área de investigación y para obtener información sobre otras características geomorfológicas de la Unidad Hidrográfica.

4.5.4 Información hidrometeorológica.

La información nos ayudará a realizar el cálculo de la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica. La base de datos será recopilada del Senamhi desde el año 2001 al 2021 teniendo un total de 20 años históricos.

Las estaciones que se tomarán en cuenta son Chilcayoc, Vilcashuaman, Andahuaylas y Pampas.

4.5.5 Equipos y programas de cómputo

- Programa Microsoft Office (Word, Excel, Power Point) para análisis de la información hidrometeorológica, redacción y presentación de la tesis.
- Programa HEC 04 para Completación de datos faltantes.
- Programa ArcGIS 10.5.
- Hardware (laptop) marca HP, procesador AMD Ryzen 7, RAM de 8 gb.
- Calculadora científica marca CASIO
- Lápiz, papel.

4.5.6 Materiales de campo

- GPS Garmin
- Cámara fotográfica

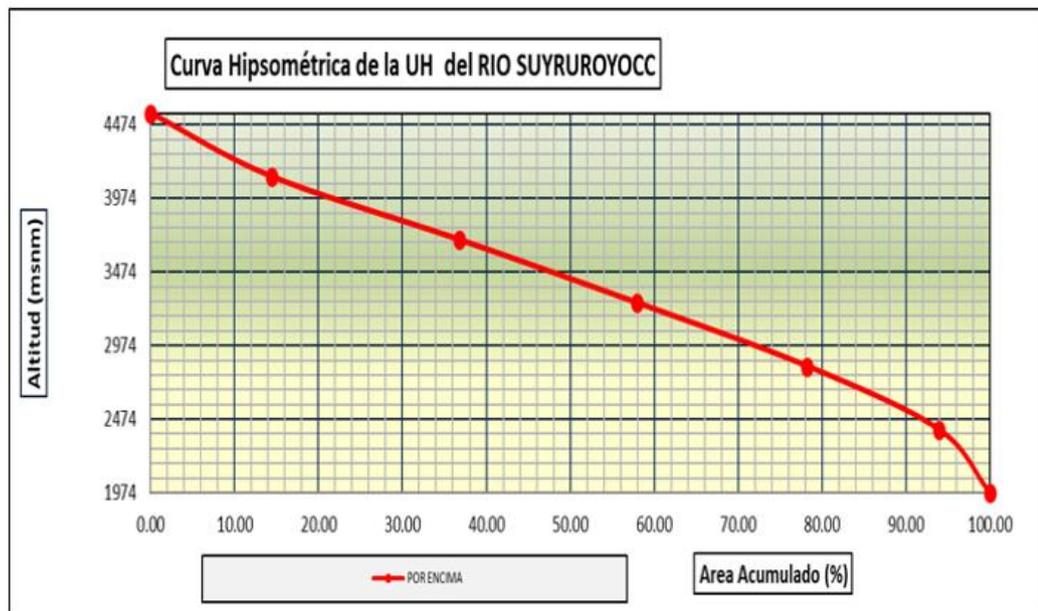
V. Resultados

5.1 Parámetros geomorfológicos de la UH Suyroruyocc

Se utilizó el software ArcGIS 10.5 para calcular las áreas parciales entre las curvas de nivel, a partir de ellas obtener los parámetros más importantes de la Unidad Hidrográfica que a continuación se detallan:

Figura 16:

Curva Hipsométrica de la UH Suyroruyocc



Según la figura 16 señala que la unidad hidrográfica es geológicamente madura.

Tabla 17:
Parámetros Geomorfológicos de la UH Suyroruyocc

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA UH SUYRUROYOCC				
PARÁMETROS		UND	NOMENCLATURA	UH
Superficie total de la UH		Km ²	At	45.30
Perímetro		Km.	P	33.10
UBICACIÓN	Latitud		°	Lat. 13°28'45.47"
	Longitud		°	Long. 73°45'36.33"
	Zona de Proyección UTM		s/U	Zona 18
	X		m	Coord. X 634204.05
	Y		m	Coord. Y 8509521.10
Altura del centroide		m. s. n. m.	Alt.	3377.00
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		s/U $Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$ 1.387
		FACTOR DE FORMA	Longitud de la UH	
	Ancho Medio de la UH		Km. $AM = At / LB$ 3.417	
	Factor de Forma		s/U $Kf = AM / LB$ 0.258	
	RECTANGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor		Km. $Kc^2(pi^2A)^{1/2}/2^2(1+(1-4/pi^2Kc^2))$ 13.257
		Lado Menor		Km. $Kc^2(pi^2A)^{1/2}/2^2(1-(1-4/pi^2Kc^2))$ 3.417
SISTEMA DE DRENAJE	GRADO DE RAMIFICACIÓN	longitud		Km. Orden 1 11.840
		longitud		Km. Orden 2 9.420
		longitud		Km. Orden 3 4.820
		LONGITUD TOTAL		Km. 26.080
	NÚMEROS DE RIOS PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RAMIFICACIÓN			s/U Orden 1 8
				s/U Orden 2 2
				s/U Orden 3 1
	CANTIDAD TOTAL		s/U 11	
	Longitud del río principal		Km. Lr 13.320	
	Densidad de drenaje		Km./Km ² . Dd = Lt / At 0.576	
Extensión media de la escorrentía superficial		Km. Es = At / 4Lt 0.434		
Frecuencia de los ríos		r/Km ² . Fr = N°Ríos / At 0.243		
Desnivel total de la UH		Km. Ht 2.577		
Altitud media de la UH		m. s. n. m. Hm 3397		
Pendiente UH (Met. Rectángulo Equivalente)		% Ht / Lma 19.44%		
Pendiente general del cauce principal (Taylor y Shuartz)		% Δh / L 26.38%		
Tiempo de Concentración Kirpich		min. 0.0195(L ³ /h) ^{0.385} 54.72		

Las características geomorfológicas principales comprenden aspectos de superficie (como áreas de nevados, lagunas y zonas colectoras), forma (índice de compacidad, factor de forma, razón de circularidad, rectángulo equivalente) y relieve con su correspondiente drenaje. La unidad hidrográfica abarca una extensión de 45.30 km², con una altitud media de 3397 m.s.n.m., un pendiente promedio del 19.44%, y un coeficiente de compacidad calculado de 1.387.

5.2 Aforos de las captaciones para fines de riego y consumo humano.

5.2.1 Aforos de captaciones con fines de riego

Tabla 18:

Aforo de captaciones con fines de riego

N°	CAPTACIONES DE USO AGRARIO	ESTE	NORTE	ALTITUD m.s.n.m	ANCHO	TIRANTE	ÁREA MOJADA	LONGITUD	TIEMPO	Vmed	Q	Q corregido
					m	m	m2	m	s	m/s	m3/s	m3/s
1	CAPTACIÓN BOMBON - TEJAHUASI	635760	8507042	2990	0.46	0.04	0.02	3.60	2.42	1.488	0.027	0.023
2	CAPTACIÓN GENEROSA	630075	8507497	2153	0.60	0.21	0.13	2.76	2.76	1.000	0.126	0.032
3	CAPTACIÓN AHUAYRO	630297	8507588	2163	0.68	0.15	0.10	3.00	2.17	1.382	0.141	0.035

Se detalla en la tabla 18 que la captación que tiene más caudal es la del comité de riego de Ahuayro.

Estos resultados serán ajustados para los siguientes meses del año en el modelo de Lutz Scholz para determinar la oferta hídrica con fines de riego.

5.2.2 Aforos de reservorios para consumo humano

Tabla 19:

Aforos de Reservorio para consumo humano

N°	RESERVORIO DE JASS	ESTE	NORTE	ALTITUD m.s.n.m	Tiempo promedio	Volumen del balde	Q	Q
					s	Litros (l)	l/s	m3/S
1	GENEROSA	629817	8507411	2127	1.2	4	3.33	0.003
2	AHUAYRO	629459	8507685	2135	4.1	10	2.44	0.002

Se detalla en la tabla 19 que la captación que tiene más caudal es el JASS de Generosa.

5.2.3 Análisis y tratamiento de la información meteorológica.

5.2.3.1 Completación de datos faltantes.

En las siguientes figuras se muestran los meses completados de las estaciones de Pampas, Chilcayocc, Vilcashuaman y Andahuaylas gracias al software HEC 4.

Tabla 20:*Datos completados para la estación Chilcayoc*

DATOS CONSISTENTES DE LA ESTACION CHILCAYOC PERIODO 2001 - 2021														
PRECIPITACIONES MENSUALES COMPLETADA (mm)														
ESTACION:	Chilcayoc				LAT:	13°52'57.26" S			Región:	Ayacucho				
TIPO:	Convencional - Meteorológica				LONG	73°43'35.7" W			Provincia:	Sucre				
CUENCA:	Pampas Apurímac				ALT:	3400 msnm			Distrito:	Chilcayoc				
Código:	113101													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
2001	249.0	220.0	225.0	23.0	59.0	15.0	43.0	63.0	28.0	92.0	136.0	79.4	1232.40	
2002	85.1	211.2	164.5	54.5	11.9	2.1	58.2	16.6	45.3	51.8	87.5	92.8	881.50	
2003	131.0	193.0	193.1	69.0	8.3	2.2	1.1	26.4	19.3	50.1	55.5	197.8	946.80	
2004	93.8	180.8	114.8	39.7	12.9	20.8	38.2	20.0	22.3	37.8	30.1	138.2	749.40	
2005	111.9	84.2	100.4	45.1	8.2	0.0	3.5	6.1	56.3	81.6	86.9	198.2	782.41	
2006	253.4	146.3	184.1	72.8	5.5	7.7	0.0	53.7	27.7	63.1	96.7	121.9	1032.96	
2007	135.2	190.4	202.0	85.2	4.6	0.0	12.0	9.8	35.4	50.5	75.6	187.7	988.40	
2008	248.9	165.3	113.4	16.9	9.0	5.5	0.0	0.0	5.7	55.0	44.7	79.3	743.65	
2009	180.9	210.5	154.4	90.0	6.9	3.5	28.1	4.6	25.6	58.9	92.9	136.3	992.60	
2010	231.3	152.6	108.1	57.1	8.3	0.0	3.5	5.1	24.8	62.3	34.0	171.0	858.10	
2011	346.4	268.3	148.2	88.7	3.7	2.1	19.1	7.6	90.2	68.4	74.4	114.5	1231.58	
2012	104.5	277.6	165.7	113.1	7.4	3.2	22.2	1.4	42.9	76.4	67.5	265.0	1146.90	
2013	145.3	199.7	159.7	10.1	34.5	18.9	9.6	54.1	14.2	40.7	74.5	137.9	899.20	
2014	243.4	121.5	113.3	39.0	41.4	0.0	20.8	4.2	69.7	70.8	40.1	100.0	864.20	
2015	192.8	166.5	153.8	57.3	11.1	2.2	19.0	33.5	11.1	30.6	44.1	123.4	845.40	
2016	54.0	158.2	79.1	49.0	13.4	13.6	17.9	10.3	26.5	32.6	47.3	85.8	587.70	
2017	246.6	253.4	238.0	59.2	40.6	2.7	5.2	2.8	51.8	52.4	49.9	117.9	1120.50	
2018	200.1	146.3	145.3	54.4	5.3	47.1	35.1	25.8	14.5	79.6	55.6	117.5	926.60	
2019	190.5	231.7	163.7	29.9	29.9	3.6	16.6	0.0	13.6	50.5	138.4	193.8	1062.20	
2020	106.3	227.4	169.4	13.4	44.3	7.8	0.0	8.8	21.0	76.3	8.6	181.5	864.80	
2021	241.2	153.0	173.2	75.2	11.8	3.3	5.1	4.1	31.5	49.3	70.2	90.3	908.23	
MEDIA	180.55	188.47	155.68	54.41	18.00	7.68	17.06	17.04	32.26	58.61	67.17	139.53	936.45	
NUMERO	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0		
SUMA	3791.6	3957.9	3269.2	1142.6	378.0	161.3	358.2	357.9	677.4	1230.7	1410.5	2930.2		
MAXIMO	346.4	277.6	238.0	113.1	59.0	47.1	58.2	63.0	90.2	92.0	138.4	265.0		
M INIMO	54.0	84.2	79.1	10.1	3.7	0.0	0.0	0.0	5.7	30.6	8.6	79.3		
MEDIAN A	190.5	190.4	159.7	54.5	11.1	3.3	16.6	8.8	26.5	55.0	67.5	123.4		
DESVIAC.	74.8	48.7	40.8	27.4	16.3	11.0	16.1	19.1	20.9	16.7	32.4	49.5		
VARIANZ A	5589.2	2375.8	1664.9	753.3	265.9	120.1	258.5	365.3	435.8	279.8	1048.6	2453.2		

Tabla 21:

Datos completados para la estación Vilcashuaman

DATOS CONSISTENTES DE LA ESTACION VILCASHUAMAN PERIODO 1964 - 2019													
REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)													
ESTACION:	Vilcashuaman			LAT:	13°40'7.7" S			Región :	Ayacucho				
TIPO:	Convencional - Meteorológica			LONG:	73°57'8.6" W			Provincia :	Vilcashuaman				
CUENCA:	Pampas Apurímac			ALT:	3522 msnm			Distrito :	Vilcashuaman				
Código :	113100												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2001	142.0	69.0	72.5	0.0	16.7	0.2	2.2	25.0	19.4	28.7	42.2	55.7	473.60
2002	81.4	252.5	157.6	40.7	16.8	0.0	55.0	3.9	35.7	61.0	38.5	106.8	849.90
2003	98.2	149.7	137.5	42.1	2.7	0.0	0.0	14.5	0.0	40.5	27.6	151.0	663.80
2004	85.7	199.4	95.8	49.5	8.6	10.3	13.6	12.4	18.2	32.1	28.7	174.3	728.60
2005	103.8	80.2	184.9	24.4	28.7	0.0	1.9	20.4	47.7	42.9	45.3	127.9	708.10
2006	242.2	148.4	149.8	54.8	2.9	13.4	0.0	32.4	14.8	42.5	110.9	103.8	915.90
2007	126.2	99.5	158.7	39.7	4.4	0.0	14.1	10.0	17.2	35.4	88.9	141.7	735.80
2008	201.1	162.4	102.3	10.2	5.5	7.1	0.0	2.1	5.6	23.6	42.4	113.0	675.30
2009	150.4	183.7	104.3	58.0	3.5	2.0	22.8	2.1	3.4	46.5	122.5	127.6	826.76
2010	219.9	182.0	72.4	45.9	23.7	0.0	0.0	25.6	10.8	39.7	26.1	128.9	775.00
2011	259.1	288.0	180.3	62.6	10.4	0.0	8.1	0.0	43.6	43.5	42.6	87.9	1026.10
2012	143.2	329.7	150.0	64.3	0.0	5.4	2.3	3.8	35.0	18.3	28.1	260.1	1040.20
2013	177.9	152.3	134.6	17.7	18.8	13.5	5.5	39.2	5.6	29.1	30.7	168.4	793.30
2014	235.6	129.7	161.8	27.8	10.8	0.2	11.8	1.3	37.6	42.2	34.7	83.9	777.31
2015	172.1	164.9	151.2	35.0	4.7	1.6	27.1	17.3	2.0	37.5	49.9	144.2	807.54
2016	68.6	222.0	99.8	47.3	6.9	1.5	21.2	8.0	20.3	34.3	35.2	102.4	667.43
2017	259.0	203.6	121.7	78.5	40.7	4.0	11.2	0.7	30.8	50.2	53.5	100.7	954.60
2018	214.1	193.3	165.4	30.8	1.2	22.2	18.0	21.3	11.5	33.3	18.8	77.3	807.20
2019	190.5	191.5	128.5	43.1	7.3	0.0	10.1	0.0	9.5	58.6	111.0	168.7	918.80
2020	62.8	190.0	119.4	14.4	17.6	1.2	0.0	19.2	10.0	16.1	18.8	148.8	618.31
2021	237.8	164.9	136.4	62.8	8.7	0.7	2.6	3.1	10.9	55.5	62.2	123.8	869.19
MEDIA	165.31	178.89	132.61	40.46	11.46	3.96	10.83	12.49	18.55	38.64	50.41	128.43	792.04
NUMERO	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
SUMA	3471.6	3756.7	2784.9	849.6	240.6	83.2	227.5	262.2	389.6	811.5	1058.5	2697.0	
MAXIMO	259.1	329.7	184.9	78.5	40.7	22.2	55.0	39.2	47.7	61.0	122.5	260.1	
MINIMO	62.8	69.0	72.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	18.8	55.7	
MEDIANA	172.1	182.0	136.4	42.1	8.6	1.2	8.1	10.0	14.8	39.7	42.2	127.6	
DESVIAC.	65.4	62.1	32.3	20.0	10.2	6.1	13.1	11.6	14.3	12.0	31.2	43.8	
VARIANZA	4273.8	3858.6	1046.4	398.9	104.3	36.9	172.8	135.3	203.9	144.6	973.3	1915.9	

Tabla 22:*Datos completados para la estación Pampas*

DATOS CONSISTENTES DE LA ESTACION PAMPAS PERIODO 1964 - 2019														
REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)														
ESTACION:	Pampas					LAT:	13°26'12.2" S			Región :	Apurímac			
TIPO:	Convencional - Meteorológica					LONG:	73°49'29" W			Provincia :	Chincheros			
CUENCA:	Pampas Apurímac					ALT:	2031 msnm			Distrito :	Huaccana			
Código :	113138													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
2001	150.90	99.31	121.06	20.95	65.16	0.01	1.28	27.50	34.69	67.37	116.79	43.48	748.50	
2002	77.39	202.04	116.24	38.40	6.92	0.06	5.54	5.38	25.88	33.61	67.60	91.64	670.70	
2003	90.49	138.69	138.47	49.69	0.33	0.00	0.00	9.20	8.20	11.90	32.00	141.46	620.43	
2004	79.00	123.10	54.60	20.60	6.80	5.20	19.90	12.30	18.00	35.50	38.60	205.58	619.18	
2005	54.20	65.80	115.40	17.30	0.00	0.00	2.70	0.00	12.35	51.47	86.65	134.37	540.24	
2006	91.46	52.45	87.11	22.92	0.00	6.01	0.00	11.93	11.36	22.20	44.17	76.98	426.61	
2007	36.33	54.30	93.53	38.32	0.00	0.00	5.94	0.00	0.00	57.30	69.14	112.64	467.50	
2008	135.51	57.30	57.58	20.78	0.00	0.00	0.00	0.00	11.93	6.94	25.76	45.46	361.27	
2009	91.39	97.52	56.87	73.27	13.36	0.00	11.36	0.00	0.00	26.91	101.95	109.79	582.43	
2010	237.61	97.52	129.19	88.25	15.50	0.00	0.00	21.92	25.77	31.19	30.76	49.74	727.46	
2011	178.12	143.67	42.03	0.00	37.04	0.00	0.00	11.29	14.15	39.37	67.57	79.84	613.07	
2012	94.53	144.60	103.80	42.25	0.00	0.00	0.00	10.51	15.50	50.31	29.77	191.60	682.86	
2013	94.53	173.27	79.98	16.78	13.65	0.00	16.50	17.64	14.36	31.19	23.06	93.24	574.20	
2014	83.97	89.68	152.02	40.68	15.50	6.94	11.22	11.22	26.91	43.89	73.56	52.59	608.18	
2015	135.18	139.96	93.67	41.03	13.36	0.00	12.08	22.92	12.79	12.93	35.90	99.81	619.64	
2016	30.19	160.00	87.82	27.34	11.36	8.37	11.79	0.00	24.20	31.05	23.06	129.62	544.82	
2017	179.98	166.42	179.12	37.18	59.15	6.94	0.00	7.80	17.21	20.49	62.43	110.51	847.24	
2018	119.06	209.36	182.26	41.46	9.79	26.48	19.07	18.35	16.93	61.86	118.64	62.15	885.42	
2019	138.61	136.04	144.88	27.63	14.07	0.00	0.00	0.00	6.94	17.64	79.55	175.70	741.06	
2020	47.17	154.01	111.93	0.00	9.08	0.00	0.00	0.00	25.06	53.87	11.22	143.03	555.38	
2021	106.94	133.33	180.55	80.12	25.91	0.00	6.94	6.94	21.21	38.32	109.22	108.37	817.85	
MEDIA	107.26	125.64	110.86	35.47	15.10	2.86	5.92	9.28	16.35	35.49	59.40	107.50	631.14	
NUMERO	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
SUMA	2252.6	2638.4	2328.1	745.0	317.0	60.0	124.3	194.9	343.4	745.3	1247.4	2257.6	13254.0	
MAXIMO	237.6	209.4	182.3	88.3	65.2	26.5	19.9	27.5	34.7	67.4	118.6	205.6	885.4	
MINIMO	30.2	52.4	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	11.2	43.5	361.3	
MEDIANA	94.5	136.0	111.9	37.2	11.4	0.0	2.7	9.2	15.5	33.6	62.4	108.4	619.2	
DESVIAC.	51.3	46.0	41.9	23.1	18.2	6.2	6.9	8.6	8.8	17.1	33.5	46.7	133.3	
VARIANZ A	2632.0	2113.2	1753.4	535.0	331.3	38.0	47.9	74.1	78.2	291.4	1122.1	2179.0	17767.0	

Tabla 23:*Datos completados para la estación Andahuaylas*

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)														
ESTACION:	Andahuaylas			LAT:	13°38'55.1" S			Región:	Apurímac					
TIPO:	Convencional - Meteorológica			LONG:	73°22'.4" W			Provincia:	Andahuaylas					
CUENCA:	Pampas Apurímac			ALT:	2990 msnm			Distrito:	Andahuaylas					
Código :	113025													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
2001	212.7	110.9	153.4	28.3	73.1	10.2	19.5	30.0	30.8	37.0	59.1	98.9	863.90	
2002	74.0	124.6	125.3	39.6	29.0	3.9	30.9	19.3	40.8	54.3	60.3	100.6	702.60	
2003	105.0	142.9	148.2	59.5	15.0	12.8	4.3	36.7	50.0	24.7	25.6	97.1	721.80	
2004	95.8	133.3	70.8	54.5	10.2	11.9	39.4	17.6	38.1	31.7	54.5	113.1	670.90	
2005	83.8	71.3	112.0	19.0	3.3	0.0	12.3	6.8	26.0	91.8	64.7	96.2	587.20	
2006	203.5	98.0	138.5	22.2	3.4	7.3	0.0	5.0	27.2	45.5	104.8	68.4	723.80	
2007	102.9	89.3	135.4	38.8	18.7	0.0	17.8	10.8	9.9	59.4	47.8	156.7	687.50	
2008	152.1	108.3	82.2	45.1	20.7	9.4	1.0	5.2	16.2	47.8	40.4	85.1	613.50	
2009	141.1	119.8	85.5	61.6	14.3	0.0	20.5	3.7	5.7	30.1	67.7	91.4	641.40	
2010	159.5	102.6	75.4	37.5	26.9	0.7	1.2	10.6	26.9	63.9	31.2	103.3	639.70	
2011	218.8	204.8	113.5	39.0	11.2	6.9	8.6	9.5	41.4	41.8	65.9	93.1	854.50	
2012	181.0	248.7	154.2	59.2	16.5	11.8	8.1	10.0	37.9	50.7	32.2	222.1	1032.39	
2013	132.8	170.3	98.3	8.9	6.3	23.7	24.2	50.6	26.5	38.9	34.0	114.5	728.95	
2014	218.5	113.3	120.7	36.4	57.5	0.0	10.2	3.9	54.7	52.1	26.0	90.3	783.60	
2015	138.4	139.1	146.7	35.7	20.7	2.7	12.6	36.4	11.8	54.3	60.1	122.5	781.00	
2016	42.6	176.7	26.5	37.2	0.6	8.6	10.8	15.3	3.6	46.3	39.0	42.1	449.30	
2017	203.3	140.3	126.0	54.8	31.1	0.0	3.0	5.0	37.0	56.0	51.6	85.8	793.90	
2018	99.9	90.3	118.2	33.8	5.0	22.1	21.8	39.6	8.0	54.4	46.2	72.5	611.80	
2019	160.7	156.3	98.8	30.8	14.6	0.0	14.3	0.0	19.5	52.9	97.0	114.0	758.90	
2020	89.0	86.7	48.4	20.3	0.0	2.0	0.0	11.0	13.8	73.6	9.0	100.5	454.35	
2021	152.5	84.7	138.8	66.2	14.9	0.6	1.2	18.7	37.9	40.8	59.9	85.8	701.97	
MEDIA	141.33	129.15	110.32	39.45	18.71	6.41	12.46	16.46	26.84	49.90	51.29	102.57	704.90	
NUMERO	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0		
SUMA	2967.9	2712.2	2316.8	828.4	393.0	134.6	261.7	345.7	563.7	1048.0	1077.0	2154.0		
MAXIMO	218.8	248.7	154.2	66.2	73.1	23.7	39.4	50.6	54.7	91.8	104.8	222.1		
M INIMO	42.6	71.3	26.5	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	24.7	9.0	42.1		
MEDIANA	141.1	119.8	118.2	37.5	14.9	3.9	10.8	10.8	26.9	50.7	51.6	97.1		
DESVIAC.	52.1	43.7	35.2	15.4	18.0	7.2	10.8	14.1	14.8	15.1	22.8	35.4		
VARIANZA	2713.7	1908.0	1237.6	238.5	324.4	51.3	116.5	198.4	220.1	227.3	519.1	1252.6		

5.2.3.2 Análisis de consistencia

a) Análisis gráfico

Figura 17:

Hidrograma para la estación Vilcashuaman (2001-2021)

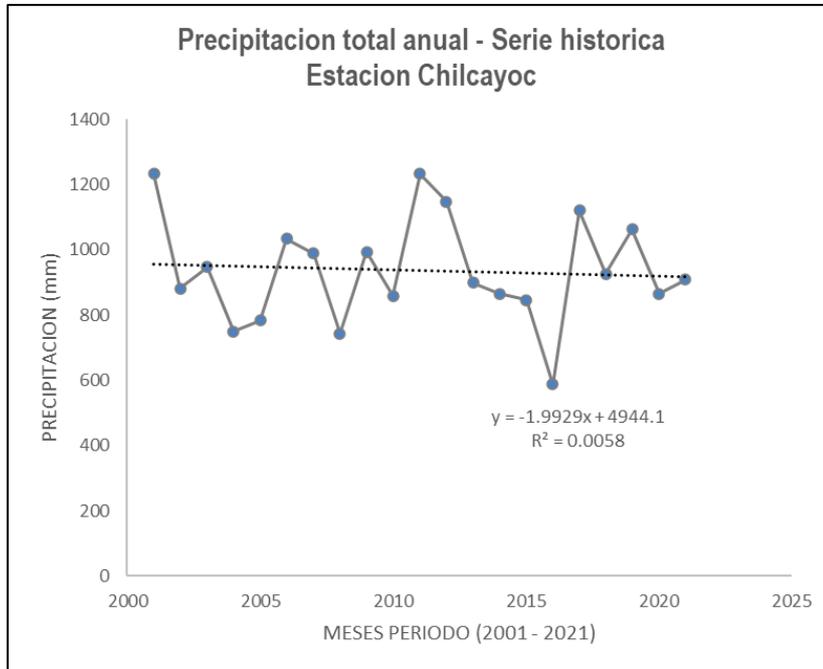


Figura 18:

Hidrograma para la estación Vilcashuaman (2001-2021)

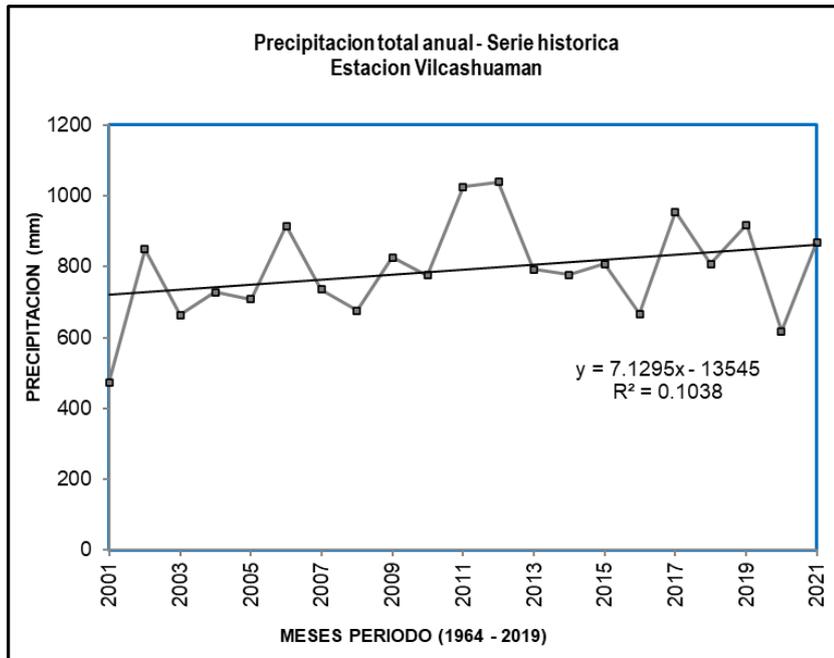


Figura 19:

Hidrograma para la estación Andahuaylas (2001-2021)

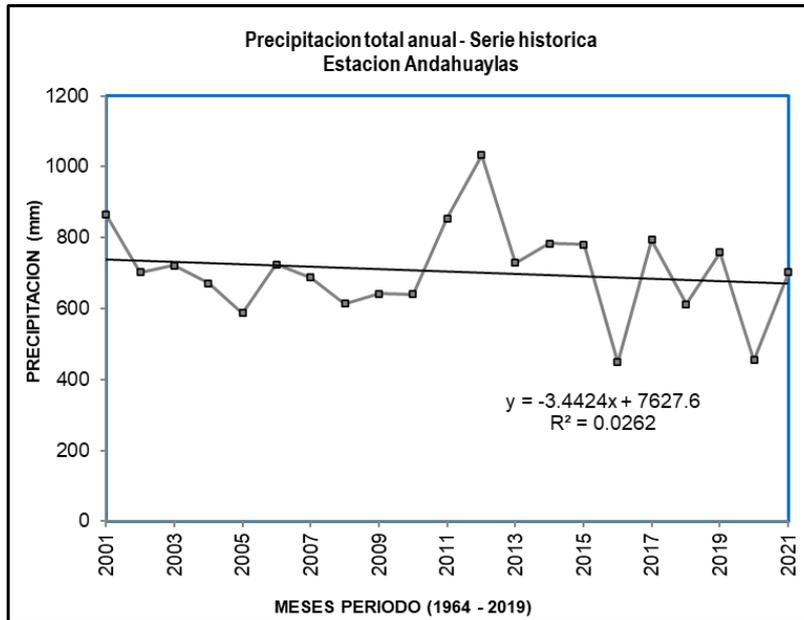
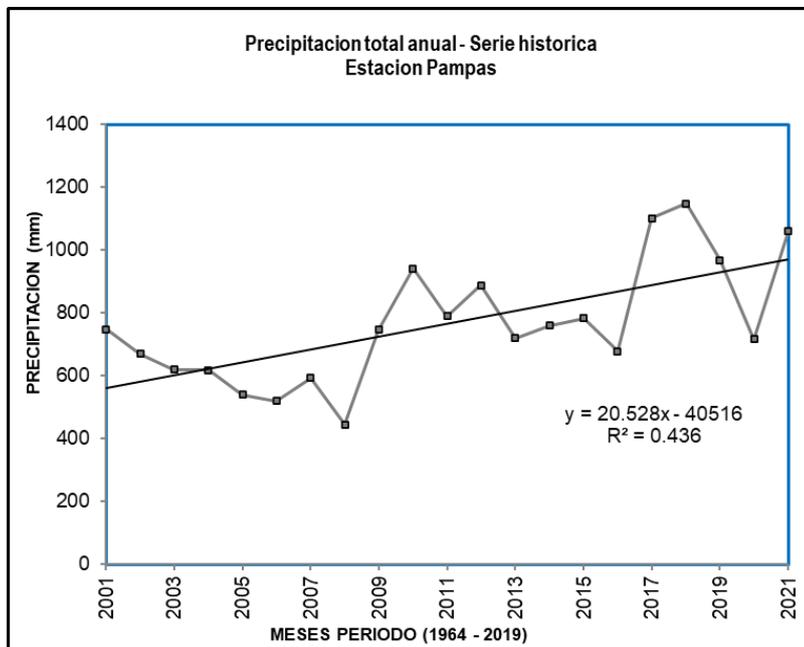


Figura 20:

Hidrograma para la estación Pampas, periodo (2001-2021)



Detectamos saltos en los histogramas, por lo que se realiza un análisis de doble masa para identificar quiebres o cambios de pendiente.

b) Análisis de doble masa

Se muestra la representación gráfica y tabla del análisis doble masa relacionada con los registros históricos de la precipitación total anual para cada conjunto de estaciones pluviométricas. Se creó una tabla en la aplicación Excel que contiene los datos de precipitación anual total desde el año 2001 hasta el 2021, y se llevó a cabo el proceso de acumulación de manera progresiva desde el inicio hasta el final del periodo.

Tabla 24:

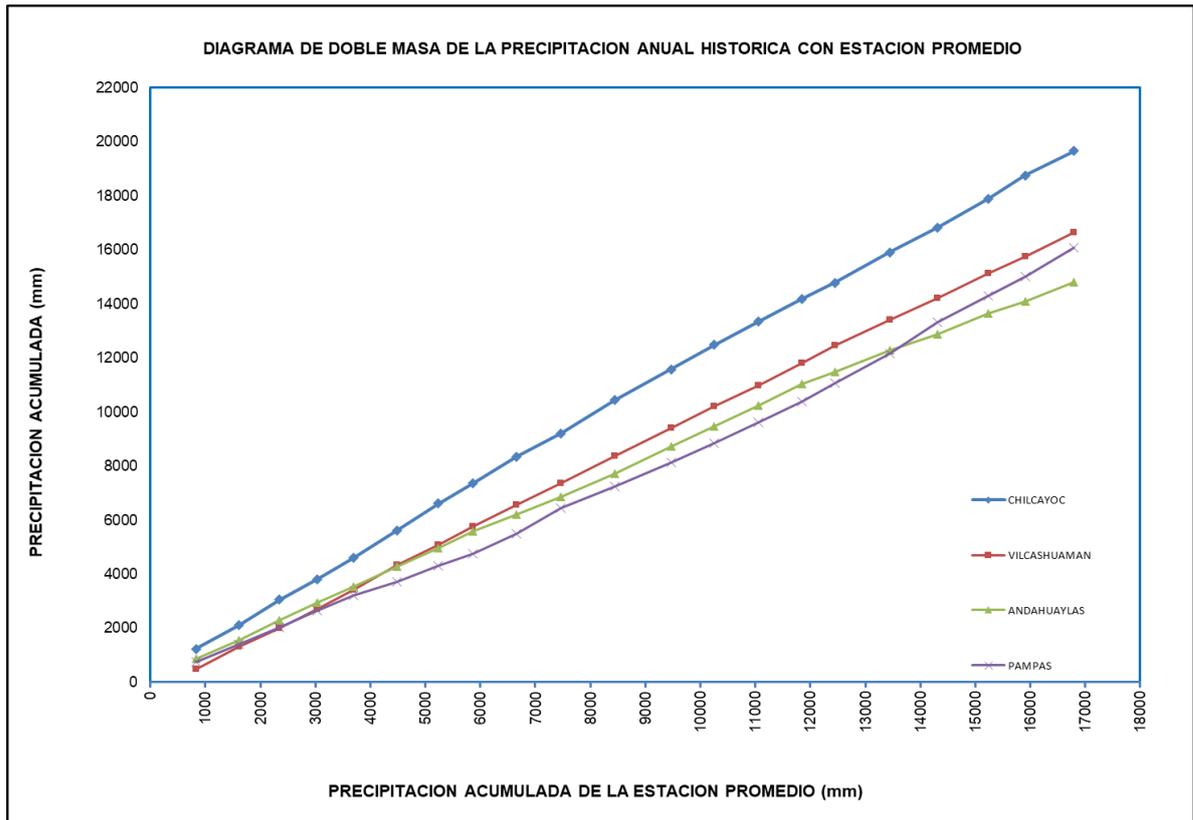
Curva doble masa (Datos Sin Corregir)

ANÁLISIS DOBLE MASA											
Nº	AÑO	CHILCAYOC		VILCASHUAMAN		ANDAHUAYLAS		PAMPAS		PROMEDIO	
		PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum
1	2001	1232.40	1232.40	473.60	473.60	863.90	863.90	748.50	748.50	829.60	829.60
2	2002	881.50	2113.90	849.90	1323.50	702.60	1566.50	670.70	1419.20	776.18	1605.78
3	2003	946.80	3060.70	663.80	1987.30	721.80	2288.30	620.43	2039.63	738.21	2343.98
4	2004	749.40	3810.10	728.60	2715.90	670.90	2959.20	619.18	2658.81	692.02	3036.00
5	2005	782.41	4592.51	708.10	3424.00	587.20	3546.40	540.24	3199.05	654.49	3690.49
6	2006	1032.96	5625.47	915.90	4339.90	723.80	4270.20	520.80	3719.85	798.37	4488.86
7	2007	988.40	6613.87	735.80	5075.70	687.50	4957.70	593.60	4313.45	751.33	5240.18
8	2008	743.65	7357.52	675.30	5751.00	613.50	5571.20	444.65	4758.10	619.28	5859.46
9	2009	992.60	8350.12	826.76	6577.76	641.40	6212.60	747.00	5505.10	801.94	6661.40
10	2010	858.10	9208.22	775.00	7352.76	639.70	6852.30	942.60	6447.70	803.85	7465.25
11	2011	1231.58	10439.80	1026.10	8378.86	854.50	7706.80	789.96	7237.66	975.54	8440.78
12	2012	1146.90	11586.70	1040.20	9419.06	1032.39	8739.19	887.80	8125.46	1026.82	9467.60
13	2013	899.20	12485.90	793.30	10212.36	728.95	9468.14	720.00	8845.46	785.36	10252.97
14	2014	864.20	13350.10	777.31	10989.67	783.60	10251.74	759.90	9605.36	796.25	11049.22
15	2015	845.40	14195.50	807.54	11797.21	781.00	11032.74	783.70	10389.06	804.41	11853.63
16	2016	587.70	14783.20	667.43	12464.64	449.30	11482.04	678.80	11067.86	595.81	12449.44
17	2017	1120.50	15903.70	954.60	13419.24	793.90	12275.94	1102.80	12170.66	992.95	13442.39
18	2018	926.60	16830.30	807.20	14226.44	611.80	12887.74	1148.60	13319.26	873.55	14315.94
19	2019	1062.20	17892.50	918.80	15145.24	758.90	13646.64	969.40	14288.66	927.33	15243.26
20	2020	864.80	18757.30	618.31	15763.55	454.35	14100.99	716.80	15005.46	663.57	15906.83
21	2021	908.23	19665.53	869.19	16632.74	701.97	14802.96	1061.60	16067.06	885.25	16792.07

En la tabla 24 se muestran las precipitaciones acumuladas en la cual servirá para poder realizar el gráfico de doble masa con el fin de identificar a la estación base.

Figura 21:

Curva doble masa (Datos Sin Corregir)



A partir de la figura anterior, se observa que las cuatro estaciones exhiben una tendencia lineal, siendo la estación Vilcashuaman la más lineal y la estación de Pampas la menos lineal por lo que se procede a realizar el análisis estadístico de saltos

c) Análisis estadístico de saltos

Tabla 25:

Consistencia en la media de los datos de precipitación

Estación	Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%)	Comparc.	Diferencia Signific.
CHILCAYOC	74.74	10.42	0.28	0.05	250.00	1.64	Tc < Tt	HOMOGENEO
VILCASHUAMAN	71.11	9.05	-0.15	0.05	250.00	1.64	Tc < Tt	HOMOGENEO
ANDAHUAYLAS	53.97	6.87	0.66	0.05	250.00	1.64	Tc < Tt	HOMOGENEO
PAMPAS	70.87	10.48	-1.31	0.05	250.00	1.64	Tc < Tt	HOMOGENEO

Tabla 26:*Consistencia en la desviación estándar*

Estación	Fc Calculado	Alfa	G.L.N.	G.L.D.	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
CHILCAYOC	1.01	0.05	71.00	179.00	1.24	Tc < Tt	HOMOGENEO
VILCASHUAMAN	0.87	0.05	107.00	143.00	1.24	Tc < Tt	HOMOGENEO
ANDAHUAYLAS	0.87	0.05	107.00	143.00	1.24	Fc < Ft	HOMOGENEO
PAMPAS	1.97	0.05	191.00	59.00	1.24	Fc < Ft	FALSO

Se concluye según las tablas 25 y 26 que los datos de las estaciones Chilcayoc, Vilcashuaman y Andahuaylas son estadísticamente iguales tanto en la media como en la desviación estándar, por lo tanto, no necesitan ser corregidos. Por otro lado, los datos de la estación Pampas no son homogéneos con respecto a la desviación estándar por lo que deben ser corregidos.

Tabla 27:*Datos corregidos de la estación Pampas*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001	150.90	99.31	121.06	20.95	65.16	0.01	1.28	27.50	34.69	67.37	116.79	43.48	748.50
2002	77.39	202.04	116.24	38.40	6.92	0.06	5.54	5.38	25.88	33.61	67.60	91.64	670.70
2003	90.49	138.69	138.47	49.69	0.33	-	-	9.20	8.20	11.90	32.00	141.46	620.43
2004	79.00	123.10	54.60	20.60	6.80	5.20	19.90	12.30	18.00	35.50	38.60	205.58	619.18
2005	54.20	65.80	115.40	17.30	-	-	2.70	-	12.35	51.47	86.65	134.37	540.24
2006	91.46	52.45	87.11	22.92	-	6.01	-	11.93	11.36	22.20	44.17	76.98	426.61
2007	36.33	54.30	93.53	38.32	-	-	5.94	-	-	57.30	69.14	112.64	467.50
2008	135.51	57.30	57.58	20.78	-	-	-	-	11.93	6.94	25.76	45.46	361.27
2009	91.39	97.52	56.87	73.27	13.36	-	11.36	-	-	26.91	101.95	109.79	582.43
2010	237.61	97.52	129.19	88.25	15.50	-	-	21.92	25.77	31.19	30.76	49.74	727.46
2011	178.12	143.67	42.03	-	37.04	-	-	11.29	14.15	39.37	67.57	79.84	613.07
2012	94.53	144.60	103.80	42.25	-	-	-	10.51	15.50	50.31	29.77	191.60	682.86
2013	94.53	173.27	79.98	16.78	13.65	-	16.50	17.64	14.36	31.19	23.06	93.24	574.20
2014	83.97	89.68	152.02	40.68	15.50	6.94	11.22	11.22	26.91	43.89	73.56	52.59	608.18

2015	135.18	139.96	93.67	41.03	13.36	-	12.08	22.92	12.79	12.93	35.90	99.81	619.64
2016	30.19	160.00	87.82	27.34	11.36	8.37	11.79	-	24.20	31.05	23.06	129.62	544.82
2017	179.98	166.42	179.12	37.18	59.15	6.94	-	7.80	17.21	20.49	62.43	110.51	847.24
2018	119.06	209.36	182.26	41.46	9.79	26.48	19.07	18.35	16.93	61.86	118.64	62.15	885.42
2019	138.61	136.04	144.88	27.63	14.07	-	-	-	6.94	17.64	79.55	175.70	741.06
2020	47.17	154.01	111.93	-	9.08	-	-	-	25.06	53.87	11.22	143.03	555.38
2021	106.94	133.33	180.55	80.12	25.91	-	6.94	6.94	21.21	38.32	109.22	108.37	817.85
Prom	107.26	125.64	110.86	35.47	15.10	2.86	5.92	9.28	16.35	35.49	59.40	107.50	631.14

De la tabla 27 se corrigió los datos según la ecuación (57) de (Villón, 2014) mencionado en la tabla 4.2.1.3.

5.2.3.3 Elección de estaciones meteorológicas para la zona de estudio

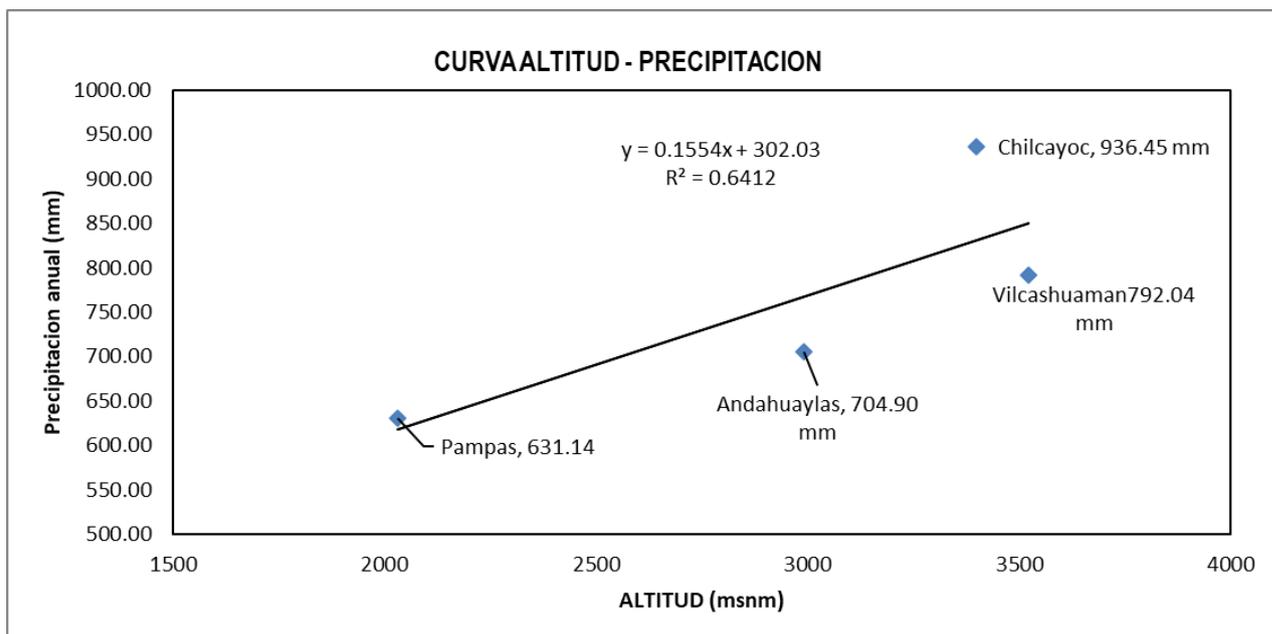
Tabla 28:

Precipitaciones Medias Anuales

Precipitación media de estaciones aledaña a la zona de estudio (mm)														
Estación	Elevación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
Chilcayoc	3400	180.55	188.47	155.68	54.41	18.00	7.68	17.06	17.04	32.26	58.61	67.17	139.53	936.45
Vilcashuaman	3522	165.31	178.89	132.61	40.46	11.46	3.96	10.83	12.49	18.55	38.64	50.41	128.43	792.04
Andahuaylas	2990	141.33	129.15	110.32	39.45	18.71	6.41	12.46	16.46	26.84	49.90	51.29	102.57	704.90
Pampas	2031	107.26	125.64	110.86	35.47	15.10	2.86	5.92	9.28	16.35	35.49	59.40	107.50	631.14

Figura 22:

Precipitación Anual – Altitud (sin excluir)



El gráfico nos indica un $r^2=0.6412$, entre las estaciones meteorológicas de Vilcashuaman, Chilcayoc, Andahuaylas y Pampas.

Se ha eliminado la estación Chilcayoc porque disminuye el coeficiente de correlación según la figura 16

Figura 23:

Precipitación Anual – Altitud (con exclusión)

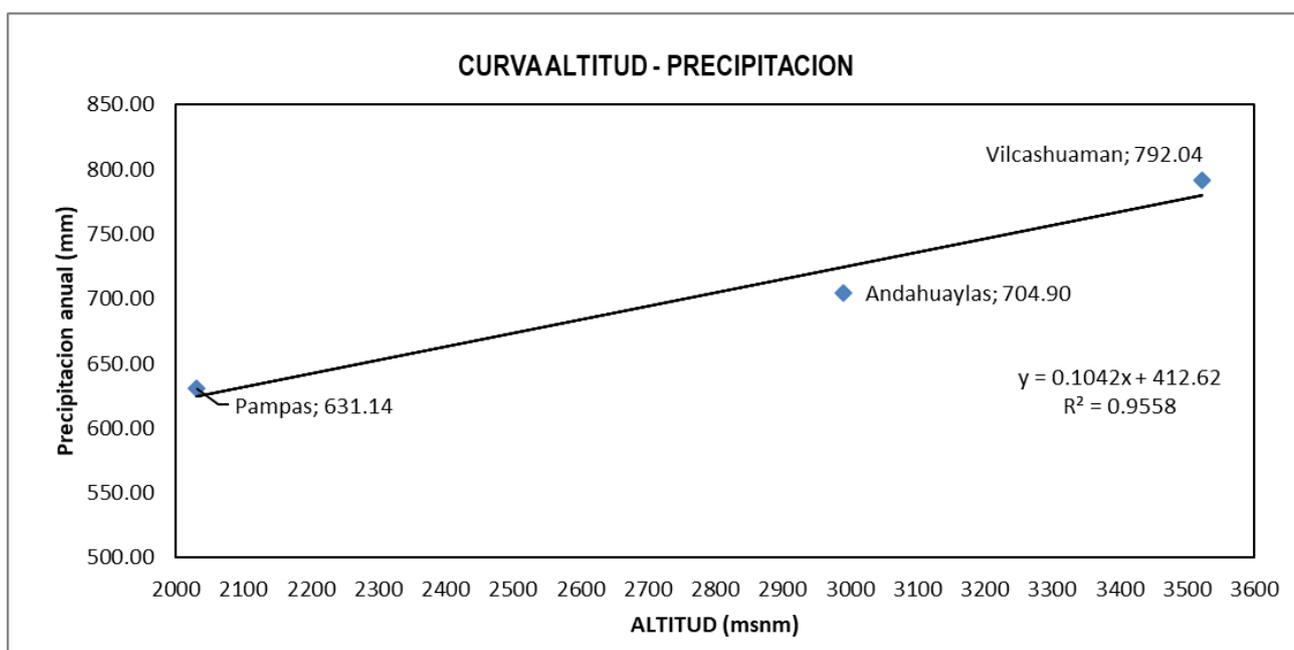


Tabla 29:

Ecuación de regresión precipitación – altitud

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD	PRECIPITACION	ECUACION DE REGRESION				PRECIPITACION
	MEDIA	MEDIA ANUAL	$P^2 = B_0 + B_1 * H$				MEDIA ANUAL CORREGIDA
	msnm	mm	X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴	mm
Vilcashuaman	3,522.00	792.04	1.24E+07	6.27E+05	2.21E+09	3.94E+11	779.09
Andahuaylas	2,990.00	704.90	8.94E+06	4.97E+05	1.49E+09	2.47E+11	726.99
Pampas	2,031.00	631.14	4.12E+06	3.98E+05	8.09E+08	1.59E+11	622.14
SUMA	8,543.00	2,128.08	2.55E+07	1.52E+06	4.50E+09	7.99E+11	2,128.22
n	3	3	3	3	3	3	3
PROMEDIO	2,847.67	709.36	8.49E+06	5.08E+05	1.50E+09	2.66E+11	709.41
FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION				VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION			
A= SUM X	8.54E+03	G = C-(A^2)/n	1.14E+06	COEF. INDEPENDIENTE		Bo =	8.75E+04
B= SUM Y	2.13E+03	H = F-A*D/n	1.68E+08	COEF. DEPENDIENTE		B1 =	1.47E+02
C= SUM X^2	2.55E+07	I = F-(D^2)/n	2.64E+10	COEF. DE CORRELACION		r =	0.97
D= SUM Y^2	1.52E+06	J = H/G	1.47E+02				
E= SUM X*Y^2	4.50E+09	K = (D-J*A)/n	8.75E+04				
F= SUM Y^4	7.99E+11						
FORMULAS DE PARAMETROS DE REGRESION							
COEF. INDEPENDIENTE	Bo= (D-J*A)/n						
COEF. DEPENDIENTE	B1= H/G						
COEF. DE CORRELACION	r = H/SQRT(G*I)						
DESVIACION ESTANDAR	S = (D-A^2/n)-(K*(A*D-A*B)/n)						
PRECIP. MEDIA ANUAL EN LA MICROCUENCA							
UNIDAD HIDROGRÁFICA SUYRUROYOCC						3,397.00	767.17

Según la tabla 29 con las 3 estaciones que tuvieron una mejor correlación por lo que se procede a determinar la precipitación media anual de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc a través del método de regresión lineal, se determina que la UH tiene 767.17 mm de precipitación media anual.

Tabla 30:

Factores de influencia y Ecuación de precipitación para la UH Suyroruyocc.

ECUACIONES DE INFLUENCIA ENTRE ESTACIONES BASE Y ESTACIONES EN ESTUDIO																		
VARIABLE	ESTACION	DEPART.	Latitud				Longitud				Altitud	Precipitac.	FACTOR INFLUENCIA ALTITUDINAL (ai)	FACTOR INFLUENCIA GEOGRAFICA (bi)				
			°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER								
E_1	Vilcashuaman	Apurimac	13	40	8	13.67	73	57	9	73.95	3,522.00	792.04	0.97	0.26				
E_2	Andahuaylas	Apurimac	13	38	55	13.65	73	22	4	73.37	2,990.00	704.90	1.08	0.29				
E_3	Pampas	Apurimac	13	26	12	13.44	73	49	29	73.82	2,031.00	631.14	1.21	0.45				
ESTACIÓN EN ESTUDIO (Ei)																		
VARIABLE	ESTACION	UH	Latitud				Longitud				Altitud	Precipitac.	Ecuaciones de precipitación para la estación en estudio en función de las estaciones base:					
			°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER								
	UNIDAD HIDROGRÁFICA SUYRUROYOCC		13	30	41	13.51	73	38	35	73.64299	3,3397	764.47	0.249	x E1+	0.315	x E2+	0.551	x E3

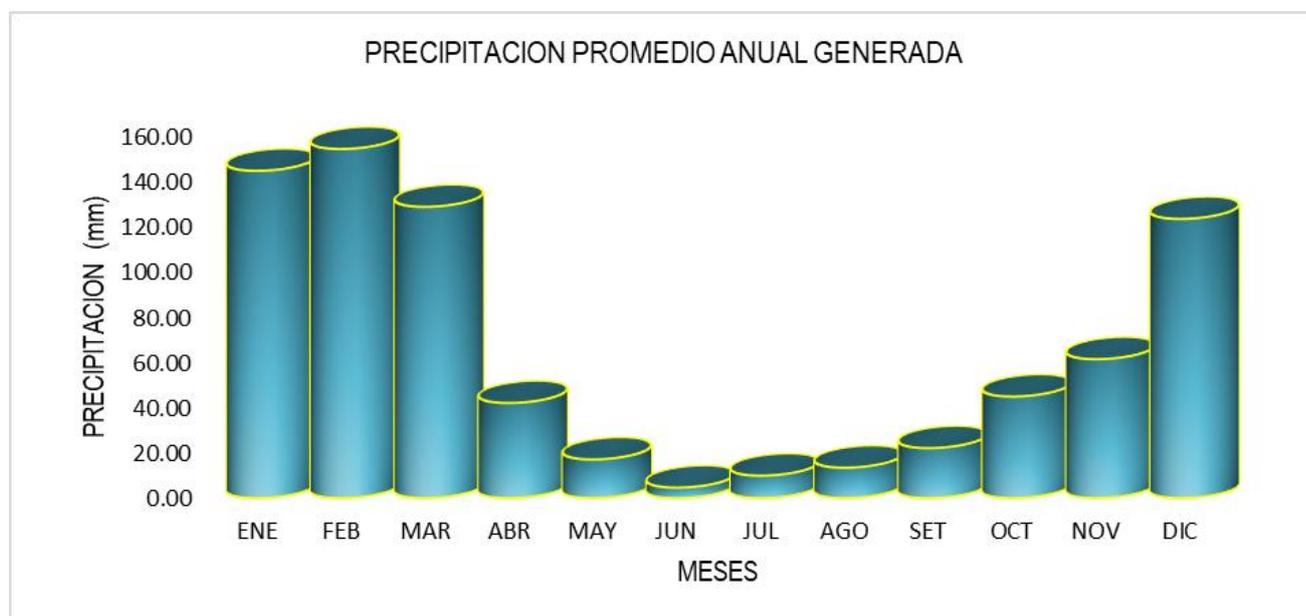
El factor de influencia altitudinal (ai) y el factor de influencia geográfica (bi) se consideraron para la generación de precipitación en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, dichos factores ayudan a determinar la ecuación de precipitación a generar.

Se ha utilizado las estaciones base para calcular la precipitación mensual de UH Suyroruyocc porque tienen una buena correlación en la regresión lineal y están cerca del lugar de estudio.

Tabla 31:

Precipitación mensual generada en la altura media de la UH Suyrouyocc2001 - 2021

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL GENERADO														
(mm)														
Estacion :		UNIDAD	Latitud :	13°28'45.47" S	Departamento :		Apurimac							
		HIDROGRÁFICA	Longitud :	73°45'36.33" W	Provincia :		Chincheros							
		SUYRUROYOCC	Altitud :	3,397.00 msnm	Distrito :		Chincheros - Ahuayro							
N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2,001	185.57	106.88	133.14	20.47	63.13	3.27	7.40	30.84	33.66	55.95	93.52	69.01	802.83
2	2,002	86.24	213.46	142.78	43.78	17.14	1.26	26.47	10.02	36.01	50.82	65.86	108.80	802.63
3	2,003	107.41	158.74	157.26	56.62	5.58	4.04	1.36	20.25	20.29	24.42	32.58	146.15	734.70
4	2,004	95.07	159.48	76.25	40.85	9.10	9.18	26.78	15.41	26.46	37.55	45.60	192.34	734.08
5	2,005	82.11	78.70	144.91	21.60	8.18	0.00	5.84	7.22	26.87	67.99	79.44	136.22	659.06
6	2,006	174.81	96.71	128.94	33.26	1.79	8.95	0.00	16.21	18.52	37.16	84.97	89.82	691.16
7	2,007	83.85	82.84	133.72	43.23	6.99	0.00	12.40	5.89	7.40	59.12	75.29	146.75	657.48
8	2,008	172.67	106.12	83.10	28.21	7.89	4.73	0.32	2.16	13.08	24.77	37.49	79.99	560.53
9	2,009	132.27	137.21	84.25	74.24	12.75	0.50	18.40	1.69	2.64	35.89	108.01	121.08	728.92
10	2,010	235.97	131.37	113.00	71.89	22.92	0.22	0.38	21.79	25.38	47.22	33.29	92.04	795.47
11	2,011	231.62	215.39	103.79	27.86	26.54	2.18	4.73	9.22	31.69	45.70	68.62	95.23	862.57
12	2,012	144.79	240.12	143.15	57.95	5.20	5.06	3.12	9.89	29.20	48.27	33.55	240.34	960.64
13	2,013	138.21	187.10	108.56	16.46	14.18	10.83	18.09	35.43	17.67	36.70	31.07	129.38	743.67
14	2,014	173.77	117.42	162.10	40.82	29.36	3.87	12.33	7.74	41.42	51.12	57.38	78.33	775.66
15	2,015	160.96	162.03	135.50	42.58	15.07	1.24	17.38	28.41	11.28	33.57	51.15	129.51	788.67
16	2,016	47.13	199.14	81.59	38.57	8.17	7.69	15.17	6.80	19.53	40.24	33.76	110.21	607.99
17	2,017	227.73	186.62	168.74	57.30	52.54	4.82	3.73	6.05	28.81	41.44	63.99	113.02	954.78
18	2,018	150.38	191.96	178.88	41.18	7.27	27.09	21.86	27.90	14.71	59.54	84.65	76.34	881.76
19	2,019	174.46	171.90	142.98	35.66	14.18	0.00	7.02	0.00	12.34	40.98	102.04	174.76	876.31
20	2,020	69.68	159.49	106.66	9.99	9.38	0.93	0.00	8.25	20.65	56.91	13.69	147.55	603.19
21	2,021	166.17	141.21	177.21	80.66	21.14	0.35	4.84	10.49	26.34	47.79	94.57	117.59	888.36
N° Datos		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Media		144.80	154.47	128.88	42.06	17.07	4.58	9.89	13.41	22.09	44.91	61.45	123.54	767.17
Desv. Estandar		54.25	45.63	31.75	18.99	15.46	6.15	8.82	10.24	9.86	11.36	27.34	42.12	112.68
Coef. Variacion		37.46	29.54	24.63	45.16	90.54	134.22	89.24	76.35	44.65	25.29	44.49	34.09	14.69
Prec. Max.		235.97	240.12	178.88	80.66	63.13	27.09	26.78	35.43	41.42	67.99	108.01	240.34	960.64
Prec. Min.		47.13	78.70	76.25	9.99	1.79	0.00	0.00	0.00	2.64	24.42	13.69	69.01	560.53

Figura 24:*Precipitación Promedio Mensual Generada*

Según la figura 24 se concluye que a partir del mes de diciembre a marzo tiende a ser la época de avenida mientras que del mes de abril a noviembre es la época de estiaje.

5.2.3.4 Temperatura Media Mensual

Se utiliza la ecuación de regresión para Regionalizar la temperatura en la UH Suyroruyocc.

Tabla 32:*Regionalización de Temperatura para la UH Suyroruyocc.*

ESTACIONES	ALTIT UD	MESES												Prom	
		msnm	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY		JUN
CHILCAYOC	3,400		9.51	11.88	11.51	12.03	13.26	13.47	12.17	11.92	11.63	11.45	10.15	9.71	11.557
VILCASHUAMÁN	3,522		8.51	9.29	10.75	11.39	11.89	12.02	11.27	11.85	11.34	10.72	9.68	8.75	10.621
ANDAHUAYLAS	2,990		3.31	4.68	6.62	7.73	8.15	8.89	9.28	9.28	9.03	7.42	4.87	3.52	6.898
PAMPAS	2,031		12.15	12.61	13.75	14.26	14.48	13.70	13.60	13.75	13.96	13.95	12.96	11.67	13.403
CURAHUASI	2,737		13.02	13.77	14.29	15.02	15.29	14.84	14.40	14.27	14.14	15.08	14.10	13.58	14.317
ECUACIÓN DE REGRESIÓN	a		27.17	27.47	26.95	27.94	27.88	25.36	25.17	25.04	25.78	27.85	28.05	25.75	26.70
	b		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.0065
	r		0.0075	0.0074	0.0066	0.0067	0.0066	0.0056	0.0055	0.0054	0.0057	0.0067	0.0074	0.0070	
UH SUYRORUYOCC	3,397		1.525	2.422	4.482	5.170	5.587	6.367	6.575	6.747	6.535	4.940	2.818	2.016	4.60

La temperatura se regionalizó mediante regresión en base a las estaciones de Chilcayoc, Vilcashuaman, Pampas y curahuasi. Las medias anuales ya tratadas se extrajeron del estudio de “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros – Apurímac” proporcionado por el ANA.

5.2.3.5 Humedad Relativa y Horas de sol

Tabla 33:

Humedad relativa y horas de sol

VARIABLES	UNID AD	MESES												PROMEDIO
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	
H.DE SOL TOTAL MENSUAL	hr/día	6.136	7.033	6.890	6.600	6.951	5.068	5.186	4.993	5.140	5.998	6.302	6.050	6.03
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL	%	48.48	49.67	55.50	55.09	54.98	55.33	66.42	68.62	69.44	67.70	55.75	50.85	58.15

Nota: ANA,2020

Las variables de humedad relativa y horas de sol se extrajeron del estudio “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros – Apurímac” proporcionado por el ANA.

5.2.4 Determinación de la oferta hídrica.

5.2.4.1 Aplicación del modelo hidrológico Lutz Scholz

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las unidades hidrográficas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las unidades hidrográficas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

a) *Evapotranspiración Potencial*

Tabla 34:

Cálculo De La Evapotranspiración Potencial de la U.H. Suyroruyocc para el Periodo 2001 -2021

VARIABLES	UNID AD	MESES												TOTAL	PROM EDIO
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	mm	9.89	13.41	22.09	44.91	61.45	123.54	144.80	154.47	128.88	42.06	17.07	4.58	764.47	63.71
DESVIACION ESTANDAR	mm	8.61	9.99	9.63	11.08	26.68	41.10	52.94	44.53	30.98	18.53	15.09	6.00	274.20	22.85
PRECIPITACION AL 75 % PERSISTENCIA	mm	4.08	6.67	15.60	37.43	43.46	95.82	109.09	124.43	107.99	29.56	6.90	0.53	579.52	48.29
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	C°	8.00	9.49	10.32	11.04	11.77	12.07	11.36	11.47	11.07	10.55	9.09	8.33	125.26	10.44
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL	C°	1.53	2.42	4.48	5.17	5.59	6.37	6.57	6.75	6.53	4.94	2.82	2.02	57.37	4.78
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL	C°	17.48	18.51	19.07	19.77	20.34	19.30	17.99	18.01	17.47	18.12	18.39	17.70	224.90	18.74
N.° DE DÍAS POR MES	Días	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	365.00	30.42
FACTOR DE CORRECCION POR ALTURA (FA)	S/U	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	14.43	1.20
RADÍACION EXTRA-TERRESTRE (Ra)	mm/día	357.04	399.49	438.09	490.34	491.97	512.78	513.11	454.34	476.12	411.73	375.40	336.62	5,257.06	438.09
H.DE SOL TOTAL MENSUAL - E. REGIONALIZADA (n)	hr/día	6.136	7.033	6.890	6.600	6.951	5.068	5.186	4.993	5.140	5.998	6.302	6.050	72.35	6.03
HORAS TEORICAS DE FUERTE INSOLACION (N)	hr/mes	348.81	357.31	357.00	381.30	380.22	395.99	392.89	347.20	375.10	351.00	353.40	336.78	4,377.01	364.75
RADÍACION SOLAR MEDIA (RMS)		197.75	234.04	250.00	269.39	273.26	242.23	246.16	216.24	232.75	221.09	209.33	185.34	2,777.58	231.46
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (E.T.P.)	mm.	82.83	103.71	114.14	126.16	131.24	117.49	116.56	102.77	109.13	101.77	91.40	78.63	1,276.72	106.39
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (H.R.)	%	48.48	49.67	55.50	55.09	54.98	55.33	66.42	68.62	69.44	67.70	55.75	50.85	697.84	58.15

b) *Determinación de Caudales Medios Mensuales con el modelo Lutz Scholz*

Para realizar este proceso, se ha utilizado el modelo hidrológico de Lutz Scholz.

i. *Coficiente de escurrimiento.*

La Unidad Hidrográfica Suyroruyocc posee un coeficiente de escurrimiento de 0.25 según la fórmula del método de la Misión Alemana.

ii. **Retención de la Unidad Hidrográfica.**

Se estima para la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, una retención de 60.38 mm/año.

iii. Coeficiente de agotamiento.

El coeficiente de agotamiento resulta $K = 0.020$ por día, por lo que la retención de la Unidad Hidrográfica es de 50 a 80 mm/año.

iv. Precipitación efectiva

Para calcular la precipitación efectiva de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, es crucial conocer los coeficientes de la ecuación polinómica. Para lograr esto, se utilizó una regresión polinómica con el fin de interpolar estos valores, como se muestra en la tabla 6.

La precipitación efectiva producida en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc se muestra en la tabla 35.

v. Gasto de y abastecimiento retención

La tabla 35 muestra la retención mensual durante los meses de estiaje, excluyendo enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre.

vi. Caudales medios mensuales para un año promedio

Utilizando el modelo hidrológico Lutz Scholz, se presentan las estimaciones de los caudales medios mensuales para un año promedio en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

Tabla 35:

Generación de caudales medios mensuales para un año promedio.

GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO												
PRECIPITACION MENSUAL			Efectiva			CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES (Qt)		
MES	N°	PP	PE II	PE III	PE	Gasto		Abastecimiento		GENERADOS		
	días del mes	Total mm/mes				ai	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m ³ /s	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ENE	31	141.81	55.41	82.1	53.07	0.000	0.000	0.296	17.847	35.228	0.593	592.917
FEB	28	140.64	54.24	80.9	51.90	0.000	0.000	0.289	17.454	34.451	0.642	641.973
MAR	31	107.66	29.03	48.0	27.37	0.000	0.000	0.152	9.204	18.168	0.306	305.786
ABR	30	37.44	3.95	7.6	3.63	0.549	27.91	0.020	1.220	30.316	0.527	527.252
MAY	31	16.72	1.80	3.7	1.64	0.295	15.01	0.009	0.551	16.100	0.271	270.981
JUN	30	7.15	0.85	1.8	0.77	0.162	8.24	0.004	0.259	8.750	0.152	152.175
JUL	31	10.36	1.19	2.4	1.08	0.087	4.43	0.006	0.362	5.147	0.087	86.623
AGO	31	19.54	2.07	4.2	1.88	0.047	2.38	0.010	0.632	3.631	0.061	61.122
SEP	30	22.91	2.38	4.8	2.17	0.026	1.31	0.012	0.730	2.749	0.048	47.803
OCT	31	53.21	6.51	11.7	6.05	0.014	0.70	0.034	2.033	4.717	0.079	79.400
NOV	30	46.18	5.21	9.7	4.82	0.008	0.39	0.027	1.622	3.588	0.062	62.409

DIC	31	103.91	26.65	43.7	25.17	0.000	0.00	0.140	8.462	16.703	0.281	281.133
SUMA		707.5	189.3	300.6	179.5	1.187	60.4	1.00	60.4	179.5	0.26	259.13
Coeficientes		Ce	C1	C2	C1+C2							
		0.25	1.087	-0.087	1.000							

vii.. Generación de caudales medios mensuales para periodos extendidos

Aplicando la ecuación 42 se obtiene los caudales medios mensuales nos da los resultados mencionados en la tabla 36.

Tabla 36:

Generación de Descargas Medias Mensuales (m3/s)

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
N° días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Caudal promedio m3/s	0.560	0.663	0.438	0.181	0.185	0.153	0.181	0.169	0.169	0.177	0.240	0.444	0.296

Tabla 37:

Caudal Medio Generado al 75% para fines de riego (m3/s)

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
N° días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Caudal promedio m3/s	0.560	0.663	0.438	0.181	0.185	0.153	0.181	0.169	0.161	0.177	0.240	0.444	0.296
Caudal promedio m3/s (75% persis)	0.420	0.497	0.328	0.136	0.139	0.115	0.136	0.127	0.121	0.133	0.180	0.333	0.395

5.2.4.2 Oferta Hídrica

a) Oferta Hídrica con fines de riego

El caudal aforado del mes de octubre fue ajustado para los siguientes meses en base al caudal promedio modelado con persistencia del 75% de persistencia.

Tabla 38:

Oferta Hídrica con fines de riego

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
N° días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Caudal promedio m3/s	0.560	0.663	0.438	0.181	0.185	0.153	0.181	0.169	0.161	0.177	0.240	0.444	0.296
Caudal promedio m3/s (75% persis)	0.420	0.497	0.328	0.136	0.139	0.115	0.136	0.127	0.121	0.133	0.180	0.333	0.222
Caudal aforado ajustado m3/s Captación Bombón Tejahuasi	0.073	0.086	0.057	0.024	0.024	0.020	0.024	0.022	0.021	0.023	0.031	0.058	0.039
Caudal aforado ajustado m3/s Captación Generosa	0.101	0.120	0.079	0.033	0.034	0.028	0.033	0.031	0.029	0.032	0.044	0.080	0.054
Caudal aforado ajustado m3/s Captación Ahuayro	0.111	0.131	0.087	0.036	0.037	0.030	0.036	0.033	0.032	0.035	0.048	0.088	0.059
Caudal ecológico m3/s	0.029	0.034	0.022	0.014	0.014	0.012	0.014	0.013	0.012	0.014	0.018	0.023	0.018
Caudal efectivo m3/s	0.257	0.304	0.201	0.079	0.080	0.066	0.078	0.073	0.070	0.077	0.104	0.203	0.133
Caudal efectivo de estiaje m3/s	0	0	0	0	0.080	0.066	0.078	0.073	0.070	0.077	0.104	0	0.046

b) Oferta Hídrica para Consumo Humano

El caudal aforado del mes de octubre será ajustado para los siguientes meses en base al caudal promedio.

Tabla 39:

Oferta Hídrica para Consumo Humano

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
N° días	31	28	31	30	31	30	31	30	31	30	31	
Caudal promedio m3/s	0.560	0.663	0.438	0.181	0.185	0.153	0.169	0.161	0.177	0.240	0.444	0.296
Caudal aforado ajustado m3/s JASS AHUAYRO	0.010	0.012	0.008	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.008	0.005
Caudal aforado ajustado m3/s JASS GENEROSA	0.008	0.009	0.006	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.006	0.004
Caudal ecológico m3/s	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Caudal efectivo m3/s	0.016	0.019	0.013	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.007	0.013	0.008

5.2.4.3 Demanda Hídrica

5.2.4.4 Demanda Hídrica con fines de riego

Para la demanda hídrica con fines de riego, según el padrón de usuario agrario de cada uno de los comités de riego existentes en la Unidad Hidrográfica Suyroruyoc tienen la siguiente cantidad de hectáreas bajo riego:

- i. Comité de riego Ahuayro:
182.02 hectáreas en total
- ii. Comité de riego Generosa:
76 hectáreas
- iii. Comité de riego Bombón – Tejahuasi:
47.75 hectáreas en total

Siendo los cultivos más predominantes los frutales (palta, naranja, papaya y mango) se procede a determinar el requerimiento volumétrico de agua.

Siendo el Kc igual a 0.60 para los frutales según Olarte (1987) se procedió a considerarlo en la cedula de cultivo.

- *Cédula de Cultivo*

Tabla 40:

Cédula de cultivo

COMITÉS DE RIEGO	CULTIVO PRINCIPAL	AREA (Has)	MESES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
AHUAYRO	FRUTALES	182.2	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
GENEROSA	FRUTALES	76.4	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
BOMBON - TEJAHUASI	FRUTALES	47.5	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Kc ponderado		306.1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

- *Demanda hídrica del comité de riego de Generosa*

Tabla 41:

Demanda hídrica del comité de riego de Generosa

VARIABLES	DEMANDA HÍDRICA CON FINES DE RIEGO												
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
kc Ponderado	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
ETo (mm/día)	3.52	3.30	2.95	2.61	2.31	2.11	2.34	2.76	3.39	3.69	3.93	3.78	
ETc (mm/día) ÷ UC	2.11	1.98	1.77	1.57	1.39	1.27	1.40	1.65	2.03	2.21	2.36	2.27	

Precip. Efectiva (mm/mes)	76.55	88.59	83.75	22.05	2.75	-	-	1.71	9.23	30.19	27.13	74.58
Req (mm/mes)	-	-	-	24.99	40.28	38.00	43.48	49.58	51.71	38.41	43.61	-
Req. Vol. Neto (m3/ha/mes)	-	-	-	249.88	402.77	380.02	434.82	495.77	517.14	384.10	436.10	-
Req. Vol. Bruto	-	-	-	624.71	1,006.92	950.05	1,087.05	1,239.43	1,292.86	960.26	1,090.26	-
MR (l/s)	-	-	-	0.24	0.38	0.37	0.41	0.46	0.50	0.36	0.42	-
Área de Cultivo	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36	76.36
Q dem (m3/s)	-	-	-	0.018	0.029	0.028	0.031	0.035	0.038	0.027	0.032	-

- ***Demanda hídrica del comité de riego de Ahuayro***

Tabla 42:

Demanda hídrica del comité de riego de Ahuayro

VARIABLES	DEMANDA HÍDRICA CON FINES DE RIEGO											
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Kc Ponderado	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ETo (mm/día)	3.52	3.30	2.95	2.61	2.31	2.11	2.34	2.76	3.39	3.69	3.93	3.78
ETc(mm/día) ò UC	2.11	1.98	1.77	1.57	1.39	1.27	1.40	1.65	2.03	2.21	2.36	2.27
Precip. Efectiva (mm/mes)	76.55	88.59	83.75	22.05	2.75	-	-	1.71	9.23	30.19	27.13	74.58
Req (mm/mes)	-	-	-	24.99	40.28	38.00	43.48	49.58	51.71	38.41	43.61	-
Req. Vol. Neto (m3/ha/mes)	-	-	-	249.88	402.77	380.02	434.82	495.77	517.14	384.10	436.10	-
Req. Vol. Bruto	-	-	-	624.71	1,006.92	950.05	1,087.05	1,239.43	1,292.86	960.26	1,090.26	-
MR (l/s)	-	-	-	0.24	0.38	0.37	0.41	0.46	0.50	0.36	0.42	-
Área de Cultivo	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20	182.20
Q dem (m3/s)	-	-	-	0.044	0.068	0.067	0.074	0.084	0.091	0.065	0.077	-

- ***Demanda hídrica del comité de riego de Bombón – Tejahuasi***

Tabla 43:

Demanda hídrica del comité de riego de Bombón – Tejahuasi

VARIABLES	DEMANDA HÍDRICA CON FINES DE RIEGO											
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
kc Ponderado	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ETo (mm/día)	3.52	3.30	2.95	2.61	2.31	2.11	2.34	2.76	3.39	3.69	3.93	3.78

ETc(mm/día) ó UC	2.11	1.98	1.77	1.57	1.39	1.27	1.40	1.65	2.03	2.21	2.36	2.27
Precip. Efectiva (mm/mes)	76.55	88.59	83.75	22.05	2.75	-	-	1.71	9.23	30.19	27.13	74.58
Req (mm/mes)	-	-	-	24.99	40.28	38.00	43.48	49.58	51.71	38.41	43.61	-
Req. Vol. Neto (m3/ha/mes)	-	-	-	249.88	402.77	380.02	434.82	495.77	517.14	384.10	436.10	-
Ef. Riego	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Req. Vol. Bruto	-	-	-	624.71	1,006.92	950.05	1,087.05	1,239.43	1,292.86	960.26	1,090.26	-
MR (l/s)	-	-	-	0.24	0.38	0.37	0.41	0.46	0.50	0.36	0.42	-
Área de Cultivo	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45	47.45
Q dem (m3/s)	-	-	-	0.011	0.018	0.017	0.019	0.022	0.024	0.017	0.020	-

• ***Demanda Hídrica con Fines de Riego para los comités de riego de la UH***

Suyroruyocc

Tabla 44:

Demanda Hídrica con Fines de Riego

DEMANDA HÍDRICA CON FINES DE RIEGO														
Comité De Riego	VOLUMEN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom
Generosa	m³/s	0.000	0.000	0.000	0.018	0.029	0.028	0.031	0.035	0.038	0.027	0.032	0.000	0.020
Ahuayro	m³/s	0.000	0.000	0.000	0.044	0.068	0.067	0.074	0.084	0.091	0.065	0.077	0.000	0.048
Bombón - Tejahuasi	m³/s	0.000	0.000	0.000	0.011	0.018	0.017	0.019	0.022	0.024	0.017	0.020	0.000	0.012
Demanda Hídrica de los comités de riego	m³/s	0.000	0.000	0.000	0.074	0.115	0.112	0.124	0.142	0.153	0.110	0.129	0.000	0.080

5.2.4.5 Demanda Hídrica para Consumo Humano de los CP Ahuayro y

Generosa

Tabla 45:

Demanda Hídrica para consumo humano

Comité de JASS	Descripción	Meses												Prom
		Mes												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	Nº días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Ahuayro	Consumo máximo diario (m3/s)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Generosa	Consumo máximo	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	

diario (m ³ /s)													0.0002	
Demanda hídrica para consumo	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

5.2.4.6 Balance Hídrico de la UH Suyroruyocc

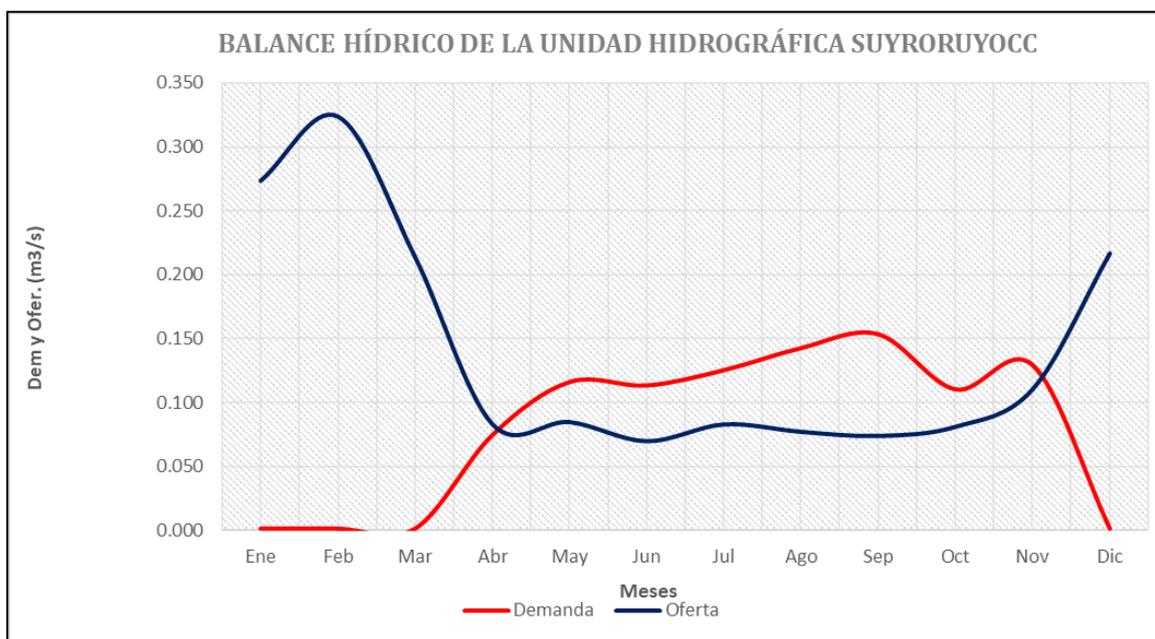
Tabla 46:

Balance Hídrico de la UH Suyroruyocc

PARÁMETROS	UNIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Demanda Hídrica	m ³ /s	0.001	0.001	0.001	0.075	0.116	0.113	0.125	0.143	0.154	0.111	0.130	0.001	0.081
Oferta Hídrica	m ³ /s	0.273	0.323	0.214	0.084	0.085	0.070	0.083	0.077	0.074	0.081	0.111	0.216	0.141
Déficit Hídrico	m ³ /s	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.031	-0.043	-0.042	-0.065	-0.080	-0.030	-0.019	0.000	0.026
Superávit Hídrico	m ³ /s	0.272	0.322	0.213	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.215	0.086

Figura 25:

Balance Hídrico de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc



Según la figura 25 existe una oferta hídrica máxima en el mes de febrero de 0.323 m³/s y mínima de 0.070 m³/s en el mes de junio; mientras que la mayor demanda hídrica se presenta en el mes de setiembre de 0.154 m³/s.

Tabla 50:

Matriz de Conesa (resultados de importancia)

FACTOR	COMPONENTE	ACTIVIDAD IMPACTO	ACTIVIDADES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA SUYRORUYOCC										
			TRÁNSITO DE VEHÍCULOS	RESIDUOS SÓLIDOS	INCENDIOS	TURISMO	SOBREPASTOREO	EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA	USO DE FERTILIZANTES	USO INEFICIENTE DEL AGUA	INADECUADAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS	EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ACARREO	USO DE AGROQUÍMICOS
FÍSICO	AGUA	Calidad de agua	0	-16	0	0	0	0	-14	0	0	0	-15
		Caudal hídrico	0	0	0	0	0	-44	0	-56	-40	0	0
	SUELO	Calidad de suelo	0	-19	17	-11	-14	0	-17	0	0	0	-29
		Flora	0	0	-16	-21	-17	-27	0	0	0	-26	-19
		Geomorfología	0	0	-16	0	-14	-24	0	0	-20	-23	0
	PAISAJE	Paisajismo	0	-25	-16	-22	-14	-27	0	0	0	-18	0
AIRE	Calidad de aire	-19	0	-16	0	0	0	0	0	0	0	0	
BIOLOGÍA	FAUNA	Fauna silvestre	0	0	-12	0	-16	-20	0	0	0	-17	0
SOCIOECONÓMICO	ECONÓMICO	Valor de la propiedad	0	0	-17	0	-16	-18	-14	0	0	-14	0
		Producción	0	0	-16	0	-16	-25	-28	-37	0	0	-25
		Productividad	0	0	-16	0	-16	-16	-28	-37	0	0	-15
	SOCIAL	Costumbres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Nivel de vida	0	0	0	0	0	-19	0	-37	-20	0	0

Según las tablas 12 y 13 donde se establecen los rangos de importancia podemos verificar que el uso ineficiente del agua es el impacto al recurso hídrico más relevante en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc por lo que se debe dar medidas que lo mitiguen. No obstante, los impactos de la expansión de la frontera agrícola e inadecuadas prácticas agrícolas son las que tienen más puntuación después del ya mencionado.

En el tema de incendios presenta un impacto positivo irrelevante a la calidad del suelo por ser de poca ocurrencia.

Al haber déficit hídrico en los meses de abril a noviembre según el balance hídrico y viendo que existe un impacto de importancia moderada en la actividad de uso ineficiente de agua, uso de fertilizantes y expansión de la frontera agrícola es imperante que se proponga medidas de mitigación.

5.2.6 Propuesta de medidas de mitigación

Tabla 51:

Propuesta de Medidas de Mitigación.

Actividades que generan más impacto al recurso hídrico	Propuesta de medidas de mitigación	
	Medidas de mitigación por impacto	Medidas de mitigación generales
Expansión de la frontera agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer políticas que limiten la expansión agrícola en áreas críticas para la recarga hídrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un estudio de siembra y cosecha de agua en la parte alta de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.
Uso ineficiente del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar capacitación a los agricultores sobre prácticas de riego eficientes como riego por goteo. • Fomentar la participación activa de las comunidades locales en la toma de decisiones relacionadas con la distribución del recurso hídrico de la UH Suyroruyocc. • Implementar programas educativos para aumentar la conciencia sobre la importancia del uso eficiente del agua y fomentar prácticas sostenibles entre la población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar técnicas de conservación del suelo, como la construcción de terrazas para reducir la erosión del suelo y mejorar la retención de agua en el mismo. • Plantear trabajos de investigación relacionados a la realidad del comportamiento del río frente a los distintos factores que pueden influenciar en su caudal. • Elaborar un estudio para Implementar estaciones hidrométricas en la UH Suyroruyocc ya que permitirá tanto a las instituciones vinculadas al tema de recurso hídricos.
Inadecuadas prácticas agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> • Plantear una cédula de cultivo acorde a las áreas agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de fuentes de aguas superficiales la UH Suyroruyocc con cercos perimétricos. • Fortalecer y hacer cumplir la legislación relacionada con la gestión del agua y la protección de la Uh Suyroruyocc.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los parámetros geomorfológicos determinados en el presente estudio de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc son similares a los parámetros (anexo 4) del estudio de “Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros” (ANA, 2013) de manera que nos permite entender el comportamiento del recurso hídrico a través de toda el área hidrográfica.

Se optó por emplear la matriz de Conesa sobre otras herramientas debido a que mide de forma cualitativa el posible impacto ambiental de acciones específicas. Describe el efecto que estas acciones podrían tener en el entorno ambiental de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc. Además, evalúa aspectos como la extensión, el plazo, la reversibilidad, la persistencia, la sinergia, la recuperabilidad, la periodicidad y la acumulación.

A partir de la matriz de Conesa se determina que el uso ineficiente del agua impacta al caudal del recurso hídrico de manera severa, otras actividades como la expansión de la frontera agrícola y las inadecuadas prácticas agrícolas impactan de manera moderada. Estos impactos resaltan más en la época de estiaje por lo que se requiere brindar una propuesta de medidas de mitigación.

Los resultados de los aforos para las captaciones con fines de riego presentaron limitaciones ya que fueron determinados por el método del flotador, cabe resaltar que lo ideal para realizar un aforo con resultados más precisos sería con el micro correntómetro.

La validez de los datos de temperatura, horas de sol y humedad fue extraída del estudio del “Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros – Apurímac” proporcionado por el ANA. Con respecto a los datos de precipitación se basó en los datos del Senamhi y para su Completación se usó el programa HEC 04.

Según las hipótesis del apartado 3.2.2 se demuestra que los resultados son confiables ya que presenta análisis estadístico con las pruebas de Fischer y T-Student.

VII. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se realizan para la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc ubicado en los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac:

La oferta hídrica para el periodo 2001 al 2021, con fines de riego y para uso poblacional es de 0.141 m³/s se muestra en la tabla N° 46; en tanto, las ofertas hídricas mensuales de enero a diciembre se muestran en las tablas N° 38 y 39.

La demanda hídrica para el periodo 2001 al 2021, con fines de riego y para uso poblacional es de 0.081 m³/s tal como se muestra en la tabla N° 46; en tanto, las demandas hídricas mensuales de enero a diciembre se muestran en las tablas N° 41, 42,43 y 45.

El balance hídrico para el periodo 2001 al 2021 resulta que entre los meses de diciembre a marzo la oferta satisface la demanda de riego y con fines de riego y para uso poblacional el cual tiene un superávit hídrico que va de 0.009 a 0.322 m³/s; mientras que en los meses de abril a noviembre existe un déficit hídrico para el mismo periodo va entre -0.02 a -0.080 m³/s.

Los impactos ambientales determinados mediante la matriz de Conesa aplicados al balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc se muestran en la tabla 48; de la cual se desprende que el mayor impacto en cuanto el recurso hídrico está siendo ocasionado por el uso ineficiente del recurso por parte de la población, cuya importancia es “severa”; los impactos que le siguen en importancia son las “inadecuadas prácticas agrícolas” seguidos de la “expansión de la frontera agrícola”.

Las medidas de mitigación abordan los impactos ambientales al recurso hídrico en la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc. Limitar la expansión agrícola, capacitar a agricultores en prácticas agrícolas eficientes e implementar programas educativos son medidas clave, proponer una cédula de cultivo adecuado, elaborar trabajos de investigación referente al recurso hídrico, implementar técnicas de conservación de suelo protección de fuentes de aguas superficiales no protegidas, fortalecer la legislación al recurso hídrico y proteger las fuentes hídricas. En conjunto, estas medidas de mitigación ofrecen un enfoque completo para reducir los impactos ambientales al recurso hídrico y brindar un aporte a la gestión integral del agua de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Wajarai Chuim, J. L. (2020). *Evaluación del balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa*. Ecuador.
- Autoridad Local del Agua Bajo Apurímac - Pampas. (2018). *Instalación del sistema de riego del sector Ccellhuacocha del centro poblado de Padre Rumi, distrito de Ranracancha, provincia de Chincheros - Apurímac*.
- Autoridad Local del Agua Bajo Apurímac Pampas. (2017). *Licencia de uso de agua superficial con fines agrarios de la Quebrada Valle Ccanchi, a favor del comité de usuarios de agua valle sagrado de ccanchi*.
- ANA. (2015). *Guía para realizar inventarios de fuentes naturales de agua superficial*. Obtenido de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/726>
- APEN. (s.f.). *APEN*. Obtenido de <https://apen.es/glosario-de-informatica/hardware/>
- ARIMETRICS. (2022). *ARIMETRIX*. Obtenido de <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/software>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2015). *Estimación de Oferta Hídrica mediante Sensoramiento Remoto – Cuenca del río Ramis*.
- Bustamante Paulino, N., & Paragua Morales, M. (2022). *Impactos de la contaminación de microcuencas en Huánuco sobre la calidad de vida de los pobladores*. Obtenido de unheval: <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/riv/article/view/983/1266>
- Castillo, M., & Inoñán, R. (2018). *Determinación del balance hídrico en la cuenca del río Chicama, región La Libertad, 2016*. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624135/Castillo_pm.pdf?sequence=11&isAllowed=y
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2000). *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Costa Rica. Obtenido de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8431/Manejo_de_cuencas_hidrograficas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Centro Regional de Capacitación en Cuencas. (2023). *Centro Regional de Capacitación en Cuencas*. Obtenido de <https://fcn.uaq.mx/crcc/page2.php>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*.
- Conesa, V. (2011). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=wa4SAQAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Davila, C., Cubas, W., & Laura, T. (2021). *Atlas de temperaturas del aire y precipitación en el Peru*. Obtenido de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1339>
- Díaz, L., & Alarcon, J. (2018). *Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua en la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchia, Casanare*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/e7dab429-f1e2-4187-8764-a4253cd7b24e/content>
- FAO. (2018). *Evapotranspiración del cultivo*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>
- Farías, B., Marquez, A., Guevara, E., & Rey, D. (2020). Modelación geoestadística del balance hídrico superficial (BHS) bajo condiciones variables de humedad del suelo en la cuenca del río Pao, Venezuela. 87(213). Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/80446/74700>
- García Villanueva, J. (1992). *Energía y agua en la agricultura*. Perú.
- García, N., Salinas, N., & Blandón, L. (2021). *Balance hídrico: Oferta y demanda de agua en la unidad hidrológica 69-95259905, Nicaragua*. Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/HCS/article/download/11702/13577/43222>
- Gaspar, A. (2015). Hidrología I: Ciclo hidrológico. Obtenido de http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf
- Gobierno de Mexico. (2023). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369>

- Gómez, E. (2016). Valoración de las componentes del balance hídrico usando información estadística y geográfica: la cuenca del Valle de México. *Revista internacional de estadística y geografía*, 4(3). Obtenido de https://rde.inegi.org.mx/RDE_10/Doctos/RDE_10_Art1.pdf
- Gómez, J., & Gallo, V. (2022). *Guía de hidrología*. Obtenido de <https://sites.google.com/view/ikamyumi/inicio>
- GPS. (2022). *GPS*. Obtenido de <https://www.gps.gov/spanish.php>
- Guevara, E., & Cartaya, H. (1991). *HIDROLOGÍA. Una introducción a la Ciencia Hidrológica Aplicada*. Valencia: GUECA EDICIONES.
- Guillén, R. (2016). *Manual y Guía de Procedimientos para la Organización*. Obtenido de <https://goascoran.net/wp-content/uploads/2020/07/Manual-y-Gui%CC%81a-Organismos-de-Cuencas-1.pdf>
- Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*.
- HIDROAR S.A. (2015). Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales. Obtenido de <https://www.bing.com/search?q=matrices+de+impacto+ambiental&cvid=c4496a55062f4c0c870cbf9a5748212f&aqs=edge..69i57j69i64.37033j0j4&FORM=ANAB01&PC=HCTS>
- HIMAT. (1991). *Balance Hídrico*. Bogotá, Colombia.rai
- Hydrologic Engineering Center. (1971). *HEC-4 Monthly Streamflow Simulation*. Obtenido de [https://www.hec.usace.army.mil/publications/ComputerProgramDocumentation/HEC-4_UsersManual_\(CPD-4\).pdf](https://www.hec.usace.army.mil/publications/ComputerProgramDocumentation/HEC-4_UsersManual_(CPD-4).pdf)
- IDEAM. (2004). *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*. Bogotá, Colombia.
- IDEAM. (2004). *Metodología para El Cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial*. Bogotá, Colombia.

- INEI. (2014). *Anuario de estadísticas ambientales 2013*. Obtenido de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap03.pdf
- INRENA. (1997). *Ordenamiento del Sistema de Gestión de los Recursos Hídricos Cuenca Quilca - Chili*. Lima, Perú. Obtenido de https://repositorio.ana.gov.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1542/ANA0000328_6.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Lopez Lopez, A. L., & Delgado Soriano, K. A. (2009). *Modelación Hidrológica de la Sub Cuenca Lempa Alto, en Cooperación con la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (El Salvador, Honduras, Guatemala)*. Honduras. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15361/1/TESIS%20UNIVERSIDAD.pdf>
- López, L., Peña, R., & Velastegui, J. (2019). *Determinación del balance hídrico y mapeo con sistemas de información geográfica de la microcuenca de la quebrada de Quillalli en el Cantón Ambato*.
- Mamani, W. (2015). *Generación de descargas medias de la cuenca del Río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Obtenido de <https://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4608>
- Marín, E. (2020). *Determinación del balance hídrico superficial de la cuenca del río Santa para satisfacción de la demanda existente, 2020*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27202/Marin%20Melo%20Edward%20Andy.pdf?sequence=14&isAllowed=y>
- MEF. (2011). *Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de*.
- Melendez, J. (2018). La identificación de las cabeceras de cuencas hidrográficas: métodos y aplicaciones. *Investigaciones Sociales*, 22(40). doi:<http://dx.doi.org/10.15381/is.v22i40.15890>
- MINAGRI. (2015). *Estimación de oferta hídrica mediante sensoramiento remoto cuenca del Río Ramis*. Obtenido de

- https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/informe_final_estimacion_o_ferta_hidrica_mediante_sensoramiento_remoto-cuenca_ramis.pdf
- Minam. (2012). *Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana*. Obtenido de <https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2009). *Aprueban el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de <http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2012/10/Reglamento-de-la-Ley-N%C2%BA-27446-Ley-del-Sistema-Nacional-de-Evaluaci%C3%B3n-de-Impacto-Ambiental.pdf>
- Molina, C., Montecinos, A., Calani, L., Quispe, R., Molina-Carpio, J., Espinoza, D., . . . Pouilly, M. (2022). Caudal ecológico, una herramienta de desarrollo integral: proyecto FERRIA. *Ecología en Bolivia*, 57(2). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282022000200051
- Molsalve Saenz, G. (2004). *Hidrología en la Ingeniería*. Colombia.
- Moran, W. (2010). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Obtenido de <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf>
- Morejón, Y., Vega, M., Escarré, A., Peralta, J., Quintero, A., & González, J. (2015). Análisis de balance hídrico en cuencas hidrográficas de la Sierra de los Órganos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382015000200008
- Municipalidad Provincial de Chincheros. (2020). Ampliación Del Servicio De Agua Para Riego En Los Sectores Soraya-Marcobamba, Ccatun Pocucho-Puccaccasa-Buena Vista Y Lloccepuquio Retamapata, Vista Alegre Del CP Vista Alegre Del Distrito De Anco Huallo, Provincia De Chincheros - Apurímac”.
- Najarro, D. (2015). *Calibración del modelo Lutz Scholtz y generación de caudales extendidos aplicado a la cuenca del río Chacco*. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/794/1/Tesis%20CIV442_Naj.pdf

- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota: Ediciones de la U .
- Olarte, W. (1987). *Manual de Riego por Gravedad*.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico* (Primera ed.). Lima, Perú.
- Organizacion de las Naciones Unidas [ONU]. (2006). *Balance hidrico superficial del Peru a nivel multianual*. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000228136&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_b5af9cb1-4060-4b57-b61a-414a0aad1125%3F_%3D228136spa.pdf&locale=en&multi=true&ark=/ark:/48223/p
- Organizacion de las naciones Unidas para la alimentacion y la agricultura [FAO]. (2018). *Evapotranspiracion del cultivo*.
- Palacios Velásquez, A. A. (2021). *Evaluación del Impacto Ambiental en el Ecosistema de la Microcuenca de un Río Andino*.
- Poma , M., & Usca, M. (2020). Estimación del balance hídrico climático (BHC) de las microcuencas del cantón Joya de los Sacha, Orellana. *FIPCAEC*, 5(17), 3 - 26. doi:<https://doi.org/10.23857/fipcaec.v5i5.183>
- Quijandria, J., Eslava, J., & Marca, F. (2003). *Atlas de energia solar del Peru*. Obtenido de https://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20_de_Radiacion_Solar.pdf
- Quintana, P. (2018). *Aplicacion de los modelos hidrológicos para estimar el caudal promedio mensual en la subcuenca del Rio Shullcas*. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/768/QUINTANA%20YUPANQUI%20PERCY%20DANIEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rubio, M. (2021). *Estimación del Coeficiente de Escorrentía “C” y su análisis a través de variables determinantes de la respuesta hidrológica mediante el estudio de tres cuencas urbanas de la ciudad de Cuenca-Ecuador*. [Tesis para optar el grado de maestro, Universidad de Cuenca], Repositorio de UC. Obtenido de

- <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36089/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Santillán-Fernández, A., Cruz-Ramírez, S., Calva-Castillo, A., Ireta-Paredes, A., & Bautista-Ortega, J. (2020). Balance hídrico climático de bosque mesófilo de montaña en la huasteca. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(1). doi:<https://doi.org/10.19136/era.a7nl.2016>
- Senamhi. (2022). <https://repositorio.senamhi.gob.pe>. Obtenido de https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1865/Boletín-hidrometeorológico-DZ12-ene_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2022). *Estandarización para el registro de la Metadata*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/00711SENA-73.pdf>
- UNESCO. (2021). *El valor del Agua*. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375750_spa
- USGS. (2016). *¿Qué es el ciclo del agua? Servicio Geológico de los Estados Unidos (U.S Geological Survey)*.
- Vasquez Villanueva, A. (1998). *Manejo de Cuencas Alto Andinas 1 y 11*.
- Villazon, J., Noris, P., & Montenegro, R. (2021). Balance hídrico del suelo como herramienta para la planificación de labores en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín. *Idesia Arica*, 39(4). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400097>
- Villón, M. (2007). *Hidrología Estadística*.
- Villon, M. (2014). *Hidrología*. Obtenido de <https://mega.nz/file/bEwAhSrY#OTeUL0oax4gsja4PKx5xrIy2j6RGkLA9hmoWRSjRuNQ>
- Aguero Pittman, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Obtenido de https://cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable_para_poblaciones_rurales_sistemas_de_abastecim.pdf
- ANA. (2013). *Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros*.

ANA. (2014). *Resolución Administrativa N° 179–2014-ANA-ALA- BAJO-APURÍMAC-PAMPAS*

Aranda, C. (2022). *Procesos del Ciclo Hidrológico*.

GORE APURÍMAC. (2021). *ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL (IFAS)*.

MEF. (2011). *Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos*. Lima.

MINAGRI. (2015). *Manual N° 5 Medición de agua*.

Oscoco, N. E. (2018). “*ANÁLISIS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA DEMANDA DEL RECURSO HIDRICO DE LA POBLACION DE LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA DE PIURAY – DISTRITO DE CHINCHERO – PROVINCIA DE URUBAMBA – CUSCO 2018*”. Cusco.

Yupanqui, P. D. (2018). *Aplicación de los Modelos Hidrológicos para Estimar el Caudal Promedio Mensual en la Sub Cuenca del Río Shullcas*.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Método
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la propuesta de las medidas de mitigación de los impactos hallados mediante la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc del distrito de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Proponer medidas de mitigación hídrico mediante la determinación del balance hídrico superficial Unidad Hidrográfica Suyroruyocc del distrito de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La propuesta de medidas de mitigación de los impactos hallados mediante la determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac contribuirá a una mejor gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrográfica.</p>	<p>Tipo Descriptivo y aplicativo</p> <p>Enfoque Cuantitativo</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>- ¿Cuál es la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac?</p> <p>- ¿Cuál es el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac?</p> <p>- ¿Cuáles son los impactos relacionados en la determinación</p>	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac. - Determinar el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac. - Determinar los impactos que influyen en el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc c de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, para 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> -La determinación de la oferta y demanda hídrica de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac tendrá un resultado confiable. -La determinación del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac tendrá un resultado confiable. -La determinación de los impactos relacionados en el cálculo del balance 	<p>Diseño Experimental</p> <p>Muestra Unidad Hidrográfica Suyroruyocc</p>

<p>del balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc del distrito de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac?</p> <p>- ¿Cuál es la propuesta de medidas de mitigación hídrico de los impactos hallados en el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac?</p>	<p>proponer medidas de mitigación hídrico de la zona de estudio.</p> <p>- Proponer medidas de mitigación hídrico de los impactos hallados en el balance hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc de los distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.</p>	<p>hídrico superficial de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc, distritos de Chincheros y Ahuayro, provincia de Chincheros, departamento Apurímac contribuirá a una mejor gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrográfica.</p> <p>-La propuesta de medidas de mitigación hídrico de los impactos hallados en el balance hídrico superficial contribuirá a una mejor gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrográfica Suyroruyocc.</p>	
---	--	--	--

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Estación meteorológica Chilcayoc (datos sin tratamiento)

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)													
ESTACION:		Chilcayoc			LAT: 13° 52' 57.26" S			Region : Ayacucho					
TIPO:		Convencional - Meteorológico			LONG: 73° 43' 35.7" W			Provincia : Sucre					
CUENCA:		Pampas Apurímac			ALT: 3400.0 msnm			Distrito : Chilcayoc					
Codigo :		113101											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2001	249	220	225	23	59	15	43	63	28	92	136	79.4	1232.4
2002	85.1	211.2	164.5	54.5	11.9	2.1	58.2	16.6	45.3	51.8	87.5	92.8	881.5
2003	131	193	193.1	69	8.3	2.2	1.1	26.4	19.3	50.1	55.5	197.8	946.8
2004	93.8	180.8	114.8	39.7	12.9	20.8	38.2	20	22.3	37.8	30.1	138.2	749.4
2005	111.9	84.2	100.4	45.1	8.2	0	3.5	6.1	56.3	81.6	S/D	198.2	695.5
2006	253.4	146.3	184.1	72.8	S/D	7.7		53.7	S/D	63.1	96.7	121.9	999.7
2007	135.2	190.4	202	85.2	4.6	0	12	9.8	35.4	50.5	75.6	187.7	988.4
2008	248.9	165.3	113.4	16.9	9	S/D	0	0	5.7	55	44.7	79.3	738.2
2009	180.9	210.5	154.4	90	6.9	3.5	28.1	4.6	25.6	58.9	92.9	136.3	992.6
2010	231.3	152.6	108.1	57.1	8.3	0	3.5	5.1	24.8	S/D	34	171	795.8
2011	346.4	268.3	148.2	88.7	3.7	2.1	19.1	7.6	S/D	S/D	74.4	114.5	1073.0
2012	104.5	277.6	165.7	113.1	7.4	3.2	22.2	1.4	42.9	76.4	67.5	265	1146.9
2013	145.3	199.7	159.7	10.1	34.5	18.9	9.6	54.1	14.2	40.7	74.5	137.9	899.2
2014	243.4	121.5	113.3	39	41.4	0	20.8	4.2	69.7	70.8	40.1	100	864.2
2015	192.8	166.5	153.8	57.3	11.1	2.2	19	33.5	11.1	30.6	44.1	123.4	845.4
2016	54	158.2	79.1	49	13.4	13.6	17.9	10.3	26.5	32.6	47.3	85.8	587.7
2017	246.6	253.4	238	59.2	40.6	2.7	5.2	2.8	51.8	52.4	49.9	117.9	1120.5
2018	200.1	146.3	145.3	54.4	5.3	47.1	35.1	25.8	14.5	79.6	55.6	117.5	926.6
2019	190.5	231.7	163.7	29.9	29.9	3.6	16.6	0	13.6	50.5	138.4	193.8	1062.2
2020	106.3	227.4	169.4	13.4	44.3	7.8	0	8.8	21	76.3	8.6	181.5	864.8
2021	241.2	153	173.2	75.2	11.8	3.3	5.1	4.1	31.5	S/D	S/D	90.3	788.7
MEDIA	180.6	188.5	155.7	54.4	18.6	7.8	17.9	17.0	29.4	58.4	66.0	139.5	914.3
S/D = SIN DATO													
FUENTE: SENAMHI													

Datos de estación Vilcashuaman (sin tratamiento)

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)														
ESTACION:	Vilcashuaman			LAT:	13°40'7.7" S			Region :	Ayacucho					
TIPO:	Convencional - Meteorológico			LONG:	73°57'8.6" W			Provincia :	Vilcashuaman					
CUENCA:	Pampas Apurímac			ALT:	3522.0 msnm			Distrito :	Vilcashuaman					
Código :	113100													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
2001	142	69	72.5	0	16.7	0.2	2.2	25	19.4	28.7	42.2	55.7	473.6	
2002	81.4	252.5	157.6	40.7	16.8	0	55	3.9	35.7	61	38.5	106.8	849.9	
2003	98.2	149.7	137.5	42.1	2.7	0	0	14.5		40.5	27.6	151	663.8	
2004	85.7	199.4	95.8	49.5	8.6	10.3	13.6	12.4	18.2	32.1	28.7	174.3	728.6	
2005	103.8	80.2	184.9	24.4	28.7	0	1.9	20.4	47.7	42.9	45.3	127.9	708.1	
2006	242.2	148.4	149.8	54.8	2.9	13.4	0	32.4	14.8	42.5	110.9	103.8	915.9	
2007	126.2	99.5	158.7	39.7	4.4	0	14.1	10	17.2	35.4	88.9	141.7	735.8	
2008	201.1	162.4	102.3	10.2	5.5	7.1	0	2.1	5.6	23.6	42.4	113	675.3	
2009	150.4	183.66	104.3	58	3.5	2	22.8	2.1	3.4	46.5	122.5	127.6	826.8	
2010	219.9	182	72.4	45.9	23.7	0	0	25.6	10.8	39.7	26.1	128.9	775.0	
2011	259.1	288	180.3	62.6	10.4	0	8.1	0	43.6	43.5	42.6	87.9	1026.1	
2012	143.2	329.7	150	64.3	0	5.4	2.3	3.8	35	18.3	28.1	260.1	1040.2	
2013	177.9	152.3	134.6	17.7	18.8	13.5	5.5	39.2	5.6	29.1	30.7	168.4	793.3	
2014	235.6	129.7	161.8	27.8	10.8	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	565.7	
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	
2017	259	203.6	121.7	78.5	40.7	4	11.2	0.7	30.8	50.2	53.5	100.7	954.6	
2018	214.1	193.3	165.4	30.8	1.2	22.2	18	21.3	11.5	33.3	18.8	77.3	807.2	
2019	190.5	191.5	128.5	43.1	7.3	0	10.1	0	9.5	58.6	111	168.7	918.8	
2020	62.8	190	119.4	14.4	17.6	1.2	0	19.2	10	16.1	S/D	S/D	450.7	
2021	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.9	55.5	62.2	123.8	252.4	
MEDIA	166.28	178.05	133.19	39.14	12.24	4.66	9.69	13.68	19.39	38.75	54.12	130.45	674.37	

S/D = SIN DATO

FUENTE: SENAMHI

Datos de estación Pampas (datos sin tratamiento)

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)														
ESTACION:	Pampas			LAT:	13°26'12.2'' S			Regi on :	Apurimac					
TIPO:	Convencional - Meteorológ:			LONG:	73°49'29'' W			Provincia :	Chincheros					
CUENCA:	Pampas Apurimac			ALT:	2031.0 msnm			Di strito :	Huaccana					
Codigo :	113138													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
2001	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00	
2002	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00	
2003	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0	0	9.2	8.2	11.9	32	S/D	61.30	
2004	79	123.1	54.6	20.6	6.8	5.2	19.9	12.3	18	35.5	38.6	S/D	413.60	
2005	54.2	65.8	115.4	17.3	0	0	2.7	0	S/D	S/D	S/D	S/D	255.40	
2006	120.5	65.8	114.4	24.4	0	0.7	0	9	8.2	23.4	54.2	100.2	520.80	
2007	43.2	68.4	123.4	46	0	0	S/D	0	0	72.6	89.2	150.2	593.00	
2008	S/D	72.6	73	21.4	0	0	0	0	9	2	S/D	56	234.00	
2009	120.4	129	72	95	11	0	8.2	0	0	30	135.2	146.2	747.00	
2010	325.4	129	173.4	116	14	0	0	23	28.4	36	35.4	62	942.60	
2011	242	S/D	51.2	0	44.2	0	0	8.1	12.1	S/D	87	104.2	548.80	
2012	124.8	195	137.8	51.5	0	0	0	7	14	62.8	34	260.9	887.80	
2013	124.8	235.2	104.4	15.8	11.4	0	15.4	17	12.4	36	24.6	123	720.00	
2014	110	118	205.4	49.3	14	2	8	8	30	53.8	95.4	66	759.90	
2015	181.8	188.5	123.6	49.8	11	0	9.2	24.4	10.2	10.4	42.6	132.2	783.70	
2016	34.6	216.6	115.4	30.6	8.2	4	8.8	0	26.2	35.8	24.6	174	678.80	
2017	244.6	225.6	243.4	44.4	75.2	2	0	3.2	16.4	21	79.8	147.2	1102.80	
2018	159.2	285.8	247.8	50.4	6	29.4	19	18	16	79	158.6	79.4	1148.60	
2019	186.6	183	195.4	31	12	0	0	0	2	17	103.8	238.6	969.40	
2020	58.4	208.2	149.2	0	5	0	0	0	27.4	67.8	8	192.8	716.80	
2021	142.2	179.2	245.4	104.6	28.6	0	2	2	22	46	145.4	144.2	1061.60	
MEDIA	138.34	158.16	141.40	42.67	13.74	2.28	5.18	7.43	14.47	37.71	69.91	136.07	626.00	
S/D = SIN DATO														
FUENTE SENAMHI														

Anexo 3. Glosario de términos

- a) **Mitigación:** Acciones o estrategias orientadas a reducir o limitar los impactos negativos que un proyecto pueda generar en el medio ambiente. (MINAM, 2011)
- b) **GPS:** Es un sistema espacial de radionavegación de los Estados Unidos de América que ofrece servicios confiables de posicionamiento, navegación y sincronización de forma gratuita y continua a usuarios civiles en todo el mundo. (GPS, 2022).
- c) **Software:** El software son instrucciones para la computadora que realizan tareas específicas, como gestionar datos, automatizar procesos o desarrollar aplicaciones. También se llama aplicaciones, paquetes o programas informáticos (ARIMETRICS, 2022).
- d) **Hardware:** El hardware comprende los componentes físicos de una computadora, incluyendo elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos. (APEN, s.f.)

Anexo 4. Panel fotográfico

Aforo en la captación del comité de riego Bombón - Tejahuasi



Aforo en la captación del comité de riego Ahuayro



Aforo en la captación de comité de riego Generosa



Aforo en el reservorio del JASS de Ahuayro



Aforo en el reservorio del JASS de Generosa.



Desgaste de mallas ganaderas que funcionaban como protección de fuentes de agua natural.



Residuos sólidos en la UH Suyroruyocc



Bofedal sin protección



Licencia de uso de agua de los comités de riego de la UH Suyroruyocc



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"

Resolución Administrativa
N° 179 -2014-ANA-ALA-BAJO APURIMAC - PAMPAS

Andahuaylas, 09 ABR. 2014

VISTO:

El Expediente Administrativo con registro N° 1404-2012-ANA-ALA-BAP de fecha 28 de Agosto del 2012, seguido por los Señores Estevan Huacre Huarhuachi, identificado con DN N° 31464587, con domicilio en cercado anco huayllo, quien en su condición de presidente del Comité de Usuarios Suyroruyocc Bombon Tejahuasi, Edgar Zedano Saccaco, identificado con DN N° 10579511, con domicilio en barrio generosa quien en su condición de presidente del Comité de Usuarios Generosa y Ricardo Carrión Ore, identificado con DN N° 31482973, con domicilio en el Centro Poblado Menor ahuyro en su condición de presidente del Comité de Usuarios Ahuayro, solicitan licencia de uso de agua con fines agrícolas en vías de regularización de las aguas provenientes de los manantiales Puca Corral, Puca Corral 2, Ranra Corral, Ranra Corral 2, Conchabamba, Conchabamba 2, Kishuar 1, Kishuar 2, Kishuar 3, Cedromayo, Pucasancco, Minas, Uncapucro 1, Uncapucro 2, Ayahuayoncca, Maxicorotayocc, Araccpata 1, Araccpata 2, Rayanchayocc baja, sistema de bofedales, sistema de manantiales Ccorihuaylla, Sistema de manantiales Ccolcehuasi y las lagunas Pataccocho, Toroccocho, Uchuy Toroccocho, Uchuy Yanahuarmi, ubicadas en la comprensión de las localidades de Bombón, Generosa y Ahuayro, distrito Chincheros, provincia Chincheros, departamento y región Apurímac;

CONSIDERANDO:

Que, los trámites han sido efectuados de acuerdo a las disposiciones establecidas en la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Ley N° 27444 Ley de Procedimiento Administrativo General y demás normas conexas;

Que, adjunto a la solicitud del peticionante se muestra información básica a nivel de memoria descriptiva conforme al formato anexo N°15 referido al actual aprovechamiento de estas aguas, planos, copia simple de DNI, Relación de usuarios, Resolución Administrativa de reconocimiento de las juntas directivas y recibos de pago por derecho de trámite e inspección ocular;

Que, el artículo 34° de la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos, dispone que el uso de los recursos hídricos se encuentra condicionado a su disponibilidad. El uso del agua debe realizarse en forma eficiente y con respeto a los derechos de terceros, de acuerdo con lo establecido en la Ley, promoviendo que se mantengan o mejoren las características físicoquímicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional;

Que, el artículo 45° de la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos, indica que la licencia de uso, permiso de uso y autorización de uso, son derechos de uso de agua;

Que, el artículo 51° de la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos, establece que, se puede otorgar licencia de uso de agua en bloque para una organización de usuarios de agua



Fuentes Hídricas con Fines Agrícolas



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"

setenta y ocho metros cúbicos (2'317,293.78 m³), para el riego de doscientos treinta y uno punto setenta y tres hectáreas (231.73 ha.) de un área total de 302.23 ha., para el riego complementario en el periodo de abril a diciembre de acuerdo al siguiente detalle:

Fuente hídrica		Utilización de la tierra							Caudal otorgado (m ³ /s)	Volumen anual máximo otorgado (m ³)
Tipo	Nombre	Departamento	Provincia	Ciudad	Comuna	Proyección DTN Datum WGS 84 Zona 18 S	Altitud (s.n.m.)			
Manantial	Puca Corral	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 014	8 509 692	3 795	4.65	54 237.78
Manantial	Puca Corral 2	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	638 898	8 509 208	3 760	3.85	44 323.33
Manantial	Ranra Corral	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 204	8 509 141	3 576	2.00	23 506.07
Manantial	Ranra Corral 2	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 271	8 509 089	3 505	3.88	45 358.45
Manantial	Condabamba	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	636 842	8 508 863	3 415	4.77	48 539.22
Manantial	Condabamba 2	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	633 263	8 507 834	3 174	5.19	60 538.34
Manantial	Kalluar 1	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	638 361	8 507 173	3 023	1.89	22 045.03
Manantial	Kalluar 2	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	634 968	8 507 588	3 245	3.00	34 890.19
Manantial	Kalluar 3	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	634 006	8 507 836	3 155	3.50	39 361.70
Manantial	Cadromayo	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	634 002	8 509 233	3 155	11.11	129 587.43
Manantial	Pucallanico	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	634 506	8 510 730	3 400	2.35	26 244.08
Manantial	Ullapucio	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	633 261	8 511 037	3 304	3.73	43 536.65
Manantial	Ullapucio 1	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	633 634	8 510 500	3 298	1.25	14 550.04
Manantial	Ullapucio 2	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	633 641	8 510 325	3 292	1.35	14 956.04
Manantial	Ayahuayococha	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	632 540	8 508 514	2 555	3.65	44 956.53
Manantial	Masceroyococ	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 273	8 508 431	2 557	5.88	45 758.45
Manantial	Atacopeta 1	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	631 563	8 510 446	3 210	2.35	27 410.48
Manantial	Atacopeta 2	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	631 687	8 510 637	3 269	2.00	24 377.83
Manantial	Reyerochoc Baja	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	631 960	8 510 203	3 233	4.50	50 188.35
Sistema de Mangosales	Telederas	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 269	8 510 966	3 634	2.00	23 528.07
Sistema de Mangosales	Coorhuayta	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	634 200	8 510 777	3 200	1.67	18 512.53
Sistema de Mangosales	Coolcohuasi	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	633 207	8 509 350	2 705	2.85	33 242.50
Laguna	Pilecocha	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 517	8 512 467	4 145	2.17	25 310.06
Laguna	Torococha	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	636 536	8 510 649	4 095	38.00	44 233.32
Laguna	Uchuy Torococha	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	636 287	8 510 543	4 032	49.00	466 161.30
Laguna	Uchuy Yanahuasi	Apurímac	Chincheros	Chincheros	Pampas	637 916	8 510 195	3 625	44.44	516 342.76
TOTAL									198.87	2 317 293.78

(*) Las aguas serán utilizadas de manera progresiva y respetándose los usos y costumbres de cada organización.

VOLUMEN DE AGUA MENSUALIZADO GENERAL

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	caudal total anual máximo otorgado (m ³)
0.00	0.00	0.00	252,796.69 m ³	261,222.21 m ³	252,785.69 m ³	261,222.21 m ³	261,222.21 m ³	262,786.69 m ³	261,222.21 m ³	252,795.69 m ³	261,222.21 m ³	2 317,293.78

VOLUMEN DE AGUA COMITÉ DE USUARIOS SUYRORUYOCC BOMBON TEJAHUASI:

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	caudal total anual máximo otorgado (m ³)
0.00	0.00	0.00	18,365.03 m ³	18,977.68 m ³	18,365.50 m ³	18,977.68 m ³	18,977.68 m ³	18,365.50 m ³	18,977.68 m ³	18,365.50 m ³	18,977.68 m ³	188,350.40

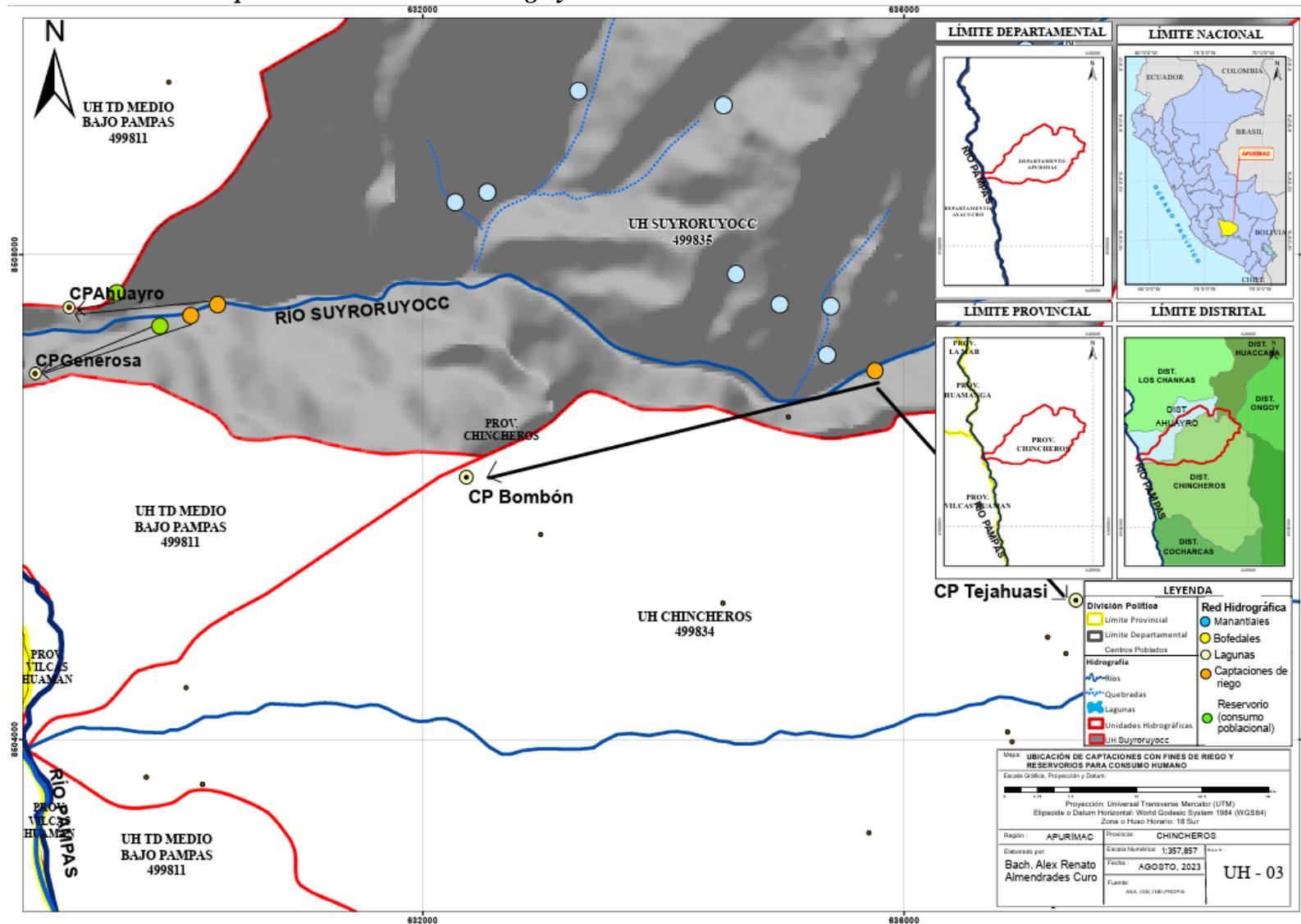
VOLUMEN DE AGUA COMITÉ DE USUARIOS GENEROSA:

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	caudal total anual máximo otorgado (m ³)
0.00	0.00	0.00	54,656.33 m ³	56,374.88 m ³	54,556.33 m ³	56,374.88 m ³	56,374.88 m ³	54,556.33 m ³	56,374.88 m ³	54,556.33 m ³	56,374.88 m ³	500,006.73

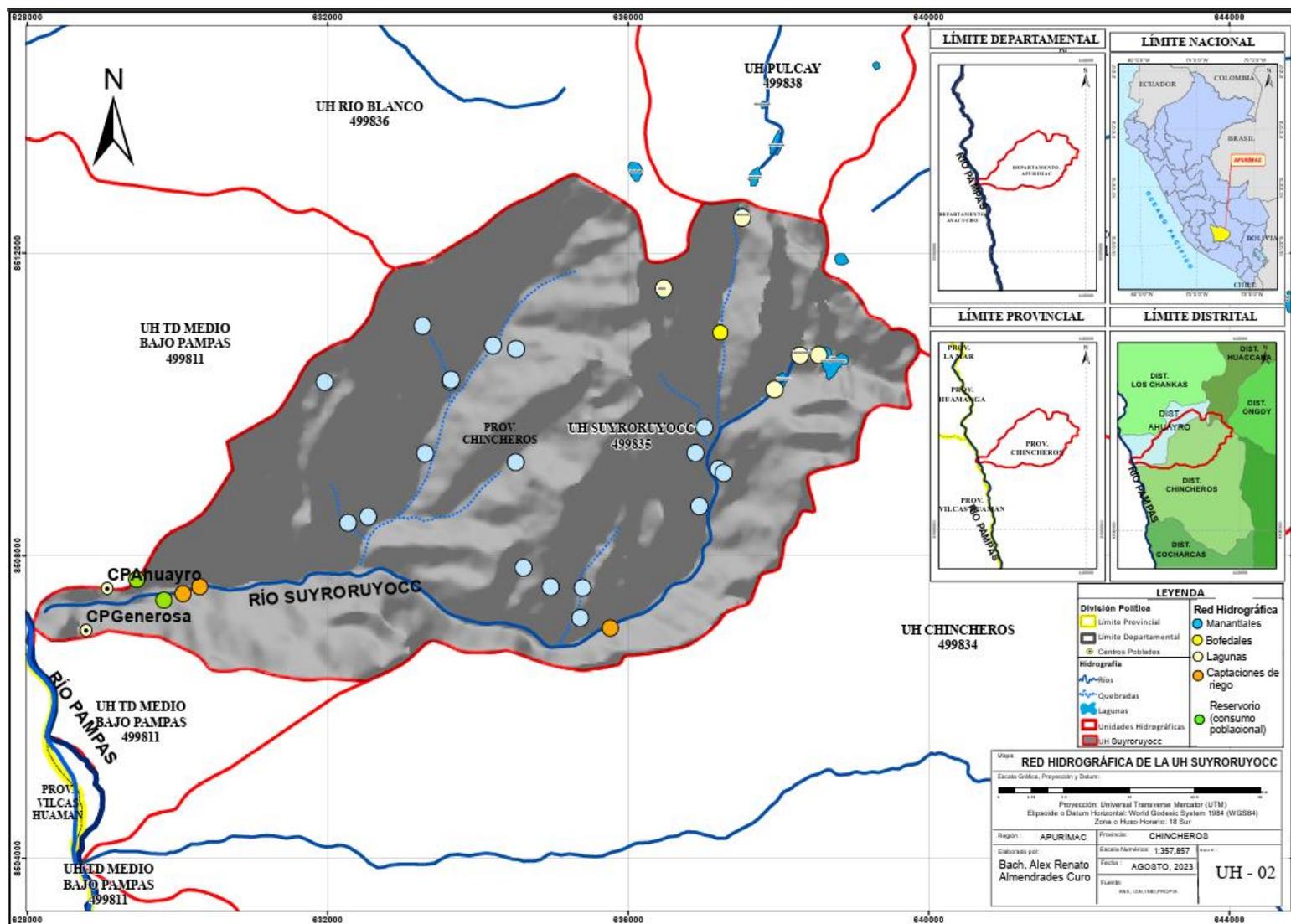
VOLUMEN DE AGUA COMITÉ DE USUARIOS AHUAYRO:

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	caudal total anual máximo otorgado (m ³)
0.00	0.00	0.00	179,973.85 m ³	185,869.65 m ³	179,873.85 m ³	185,869.65 m ³	185,869.65 m ³	179,973.85 m ³	185,869.65 m ³	179,873.85 m ³	185,869.65 m ³	1 948,843.63

Ubicación de las Captaciones con Fines de Riego y Reservorio con Fines Poblacionales



Red Hidrográfica de la UH Suyroruyocc



Parámetros Geomorfológicos de la UH Suyroruyocc según “Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros” ANA, 2013.

COD. PFAF.	UNIDAD HIDROGRAF.	Area (km ²)	Perim. (km)	Coef. Comp.	Fact. Form.	Long. (km)	TConc. (Hr)	Pend. (%)	Altitud Media	Rectang Equival	
										L (km)	I (km)
499813	Chumbao	766	190	1.92	0.20	62	5.00	5.14	3,494	86.0	8.9
499812	Huaccana	202	64	1.26	0.42	22	1.61	12.31	3,240	23.2	8.7
499815	Kaquiabamba	66	39	1.36	0.34	14	0.93	20.47	3,022	15.4	4.3
499816	Kishuara	406	126	1.76	0.20	45	3.41	7.34	3,436	56.0	7.3
499814	Pacucha	328	118	1.83	0.13	51	4.02	6.17	3,325	53.0	6.2
499834	Chincheros	138	57	1.36	0.30	21	1.76	9.28	3,325	22.5	6.1
499837	Chullama	26	23	1.25	0.38	8	0.59	23.31	3,023	8.2	3.1
499832	Huancaray	807	167	1.64	0.32	50	4.58	4.23	3,726	72.2	11.2
499835	Suyroruyocc	45	32	1.35	0.25	13	0.99	15.80	3,381	12.5	3.6
499838	Pullcay	95	48	1.39	0.23	21	1.56	11.52	3,250	19.3	4.9
499836	Rio Blanco	45	32	1.32	0.52	9	0.69	20.37	3,232	12.2	3.7
499833	Uranmarca	108	50	1.34	0.45	15	1.19	13.26	3,516	19.3	5.6
49984	Chicha	2,798	306	1.62	0.23	111	11.32	1.98	3,919	131.5	21.3