



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**Balance hídrico de la irrigación Chincas mediante índices de confiabilidad
en tiempo y volumen**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Carbajal Valle, Angelo Paolo	0000-0002-6799-8560
Horna Villanueva, Frank Eduardo	0000-0002-3864-9118

ASESOR(ES)

Collas Chávez, Manuel Elías	0000-0003-4405-1486
-----------------------------	---------------------

Lima, 15 de noviembre de 2023

DEDICATORIA

A nuestros padres por su cariño y amor incondicional.

A nuestros hermanos por la confianza y apoyo incondicional que nos brindaron.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro señor Jesucristo, por guiarnos por el camino del bien y darnos la oportunidad de poder cumplir nuestros objetivos y metas que hemos trazado.

A la Universidad de Ciencias Aplicadas (UPC), Facultad de Ingeniería, por ser como nuestro segundo hogar, permitirnos adquirir todos los conocimientos y formarnos como profesionales.

A nuestro asesor, el Ing. Collas Chavez, Manuel por brindarnos sus conocimientos, su constante apoyo y tiempo para el desarrollo de la presente tesis.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de nuestra alma mater, por sus enseñanzas, consejos y compartir sus experiencias en el ámbito laboral con nosotros durante los años de estudio.

RESUMEN

El balance hídrico del proyecto CHINECAS se ha efectuado mediante los índices de confiabilidad en tiempo y volumen, sobre la base del registro histórico de descargas del río Santa medidos en la estación hidrométrica de Cóndor Cerro, donde se tiene una descarga promedio anual de 140.967 m³/s.

El proyecto de irrigación CHINECAS consiste en la captación y derivación de agua del río Santa, para mejorar 32159 hectáreas bajo riego de los valles de Santa-Lacramarca, Nepeña y Casma y también ampliar frontera agrícola en los desiertos de Chimbote, Nepeña y Casma de 16971 hectáreas, cuya demanda de agua es de 1273.51 MMC/año.

Es importante destacar, que dentro de la demanda de agua del proyecto CHINECAS, se está considerando la demanda poblacional de las ciudades de Chimbote, Nepeña y Casma y también el caudal ecológico del río Santa que es de 5 m³/s equivalente a una masa anual de 157.68 MMC/año. En el balance hídrico efectuado, se ha considerado como primera prioridad, la atención de la demanda de agua para uso poblacional y el caudal ecológico, razón a ello, la cobertura de la demanda es del 100%.

Finalmente, los índices de confiabilidad en tiempo para los diferentes sectores de riego son de 88.2% y el índice de confiabilidad en volumen es de 96.2%, lo cual significa, que la oferta hídrica del río Santa atiende con un alto porcentaje de seguridad la demanda de agua.

Palabras clave: Oferta hídrica; Demanda Hídrica; Balance Hídrico; Software Weap, Índice de confiabilidad

ABSTRACT

The water balance of the CHINECAS project has been carried out using reliability indices in time and volume, based on the historical record of discharges from the Santa River measured at the Cónдор Cerro hydrometric station, where there is an average annual discharge of 140,967 m³/s.

The CHINECAS irrigation project consists of the collection and diversion of water from the Santa River, to improve the irrigated areas of the Santa-Lacramarca, Nepeña and Casma valleys and also expand the agricultural frontier in the Chimbote, Nepeña and Casma deserts of 25758 hectares, whose water demand is 1273.51 MMC/year.

It is important to highlight that within the water demand of the CHINECAS project, the population demand of the cities of Chimbote, Nepeña and Casma is being considered and also the ecological flow of the Santa River, which is 5 m³/s equivalent to an annual mass. of 157.68 MMC/year. In the water balance carried out, attention to the demand for water for population use and the ecological flow has been considered as priority, which is why demand coverage is 100%.

Finally, the reliability indexes in time for the different irrigation sectors are 88.2% and the reliability index in volume is 96.2%, which means that the water supply of the Santa River meets the demand with a high percentage of security. of water.

Keywords: Water supply; Water Demand; Hydric balance; Software Weap, Reliability Index

u201516467_Carbajal Valle, Angelo Paolo_Balance hídrico de la irrigación Chincas mediante índices de confiabilidad en tiempo y volumen

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	4%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
4	www.ana.gob.pe:8091 Fuente de Internet	<1%
5	cid.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.raymondjames.com Fuente de Internet	<1%

TABLA DE CONTENIDOS

1	MARCO TEÓRICO.....	5
1.1	CUENCA	5
1.2	CICLO HIDROLÓGICO.....	5
1.3	PRECIPITACIÓN	6
1.4	REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN	1
1.5	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE REGISTROS HISTÓRICOS	1
1.6	ISOYETAS.....	1
1.7	MEDICIÓN DE CAUDALES	2
1.8	PERSISTENCIA DE CAUDALES CURVAS DE DURACIÓN	3
1.9	EVAPORACIÓN.....	4
1.10	VIENTO	5
1.11	HUMEDAD RELATIVA	6
1.12	EMBALSE	6
1.13	SOFTWARE WEAP.....	7
1.14	CAUDAL ECOLÓGICO	8
1.15	BALANCE HÍDRICO	8
2	METODOLOGÍA.....	9
2.1	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	10
2.1.1	Delimitación de la cuenca del río Santa	10
2.1.2	Recopilación de datos históricos	11
3	DESARROLLO DEL BALANCE HIDRICO DE LA IRRIGACION CHINECAS MEDIANTE INDICES DE CONFIABILIDAD EN TIEMPO Y VOLUMEN	11
3.1	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN	11
3.1.1	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA.....	11
3.1.2	DISRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN.....	2
3.1.3	LA PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA DEL RIO SANTA	3
3.1.4	ANALISIS GRAFICO DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN	3
3.1.5	PRECIPITACION AREAL DE LA CUENCA DEL RIO SANTA.....	14

3.1.6	HIDROMETRIA	17
3.1.7	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS REGISTROS DE DESCARGAS DEL RIO SANTA	20
3.2	DEMANDA HÍDRICA DE LA IRRIGACIÓN CHINECAS	23
3.2.1	Determinación de las demandas (uso consuntivo y no consuntivo).....	25
3.3	SIMULACIÓN HIDROLÓGICA	29
3.4	BALANCE HIDRICO MEDIANTE INDICE DE CONFIABILIDAD EN TIEMPO Y VOLUMEN	35
3.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
4	CONCLUSIONES	40
5	RECOMENDACIONES	41
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7	ANEXOS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 <i>DISPONIBILIDAD HÍDRICA DEL RÍO SANTA EN LA ESTACIÓN CONDORCERRO EN MMC/AÑO</i>	1
FIGURA 2 <i>CUENCA HIDROGRÁFICA</i>	5
FIGURA 3 <i>CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA</i>	6
FIGURA 4 <i>REGISTROS HISTÓRICOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE CONOCOCHA</i>	7
FIGURA 5 <i>SECCIÓN DE AFORO PARA MEDICIÓN DE FLUJO CON UN CORRENTÓMETRO ACÚSTICO</i>	2
FIGURA 6 <i>CURVA DE DURACIÓN DE REGISTROS HISTÓRICOS DE UN RÍO</i>	3
FIGURA 7 <i>TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO A</i>	4
FIGURA 8 <i>ANEMÓMETRO METEOROLÓGICO</i>	5
FIGURA 9 <i>REPRESA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA</i>	7
FIGURA 10 <i>DELIMITACIÓN DE CUENCAS DEL RÍO SANTA PARA EL P.E. CHINECAS</i>	10
FIGURA 11 <i>UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA</i>	12
FIGURA 12 <i>DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL</i>	2
FIGURA 13 <i>VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL GRUPO 1</i>	4
FIGURA 14 <i>GRÁFICO DEL ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN DEL GRUPO 1</i>	6
FIGURA 15 <i>VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL GRUPO 2</i>	7
FIGURA 16 <i>GRÁFICO DEL ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN DEL GRUPO 2</i>	9
FIGURA 17 <i>VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL GRUPO 3</i>	11
FIGURA 18 <i>GRÁFICO DEL ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN DEL GRUPO 3</i>	14
FIGURA 19 <i>VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RIO SANTA</i>	17
FIGURA 20 <i>HIDROGRAMA DEL RIO SANTA DEL PERIODO (1971-2020) EN LA ESTACIÓN CÓNDR CERRO</i>	19
FIGURA 21 <i>VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN AREAL Y ESCORRENTÍA DEL RIO SANTA DEL PERIODO (1971-2020)</i>	20
FIGURA 22 <i>ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE PRECIPITACIÓN Y ESCORRENTÍA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA (1971-2020)</i>	23
FIGURA 23 <i>TOPOLOGÍA DEL MODELO HIDROLÓGICO DEL PROYECTO CHINECAS</i>	29
FIGURA 24 <i>OFERTA HÍDRICA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA</i>	30
FIGURA 25 <i>DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO CHINECAS</i>	32
FIGURA 26 <i>DEMANDA NO ATENDIDA DEL PROYECTO CHINECAS (MMC)</i>	33
FIGURA 27 <i>COBERTURA DE LA DEMANDA DEL PROYECTO CHINECAS (%)</i>	34

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.....	1
TABLA 2 RESULTADOS DE LA PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA DEL RIO SANTA	3
TABLA 3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN DEL GRUPO 1	4
TABLA 4 ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN DEL GRUPO 2	8
TABLA 5 ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN DEL GRUPO 3	11
TABLA 6 PRECIPITACIÓN AREAL EN LA CUENCA DEL RIO SANTA.....	14
TABLA 7 REGISTRO HISTÓRICO DE DESCARGAS DEL RIO SANTA EN LA ESTACIÓN CÓNDOR CERRO (M ³ /s)	17
TABLA 8 ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE PRECIPITACIÓN AREAL Y ESCORRENTÍA DEL RIO SANTA (1971-2020).....	21
TABLA 9 DEMANDA AGRÍCOLA DEL P.E. CHAVIMOCHIC. FUENTE: ALA SLN.	26
TABLA 10 DEMANDA AGRÍCOLA DEL P.E. CHINECAS. FUENTE: ALA SLN.....	26
TABLA 11 RESUMEN DE LA DEMANDA AGRÍCOLA DEL P.E. CHAVIMOCHIC. FUENTE: ALA SLN.	26
TABLA 12 RESUMEN DE LA DEMANDA AGRÍCOLA DEL P.E. CHINECAS. FUENTE: ALA SLN.....	27
TABLA 13 RESUMEN DE LAS DEMANDAS AGRÍCOLAS DE LOS PROYECTOS ESPECIALES. FUENTE: ALA SLN.....	27
TABLA 14 OFERTA HÍDRICA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA	30
TABLA 15 DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO CHINECAS	31
TABLA 16 DEMANDA NO ATENDIDA DEL PROYECTO CHINECAS (MMC)	32
TABLA 17 COBERTURA DE LA DEMANDA DEL PROYECTO CHINECAS (%)	34
TABLA 18 RESULTADO DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD EN TIEMPO Y VOLUMEN DE LOS DIFERENTES SECTORES DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN CHINECAS.....	36

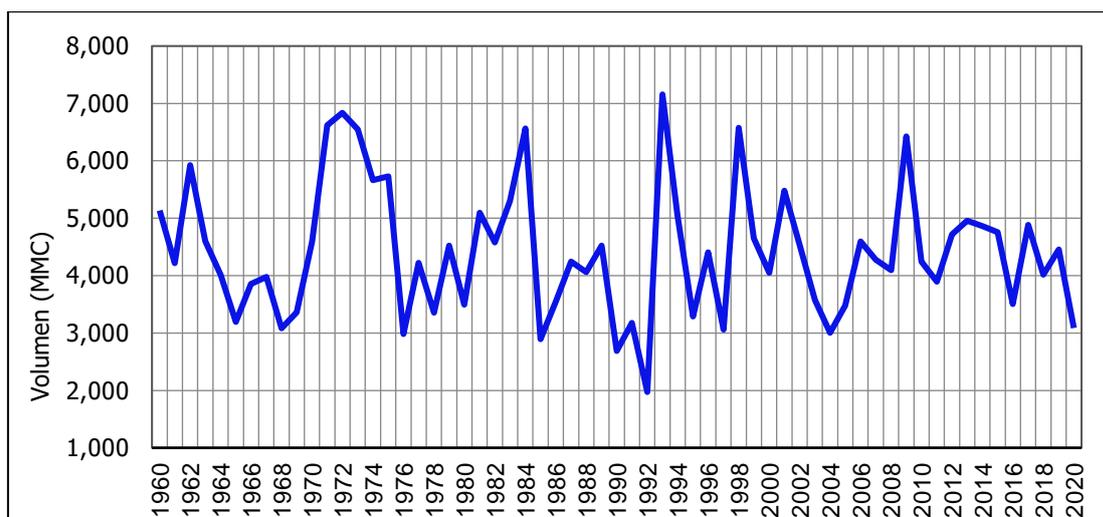
INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas en el proyecto de irrigación CHINECAS es la limitada disponibilidad de agua en el periodo de estiaje que no permite atender con solvencia la ampliación de frontera agrícola en los sectores de riego de Chimbote, Nepeña y Casma. La ampliación de áreas bajo riego está relacionada con la demanda de agua y también implícitamente está relacionado con la oferta hídrica.

En la actualidad la oferta hídrica del proyecto de irrigación CHINECAS proviene exclusivamente de las aguas del río Santa. El mencionado río también abastece de manera simultánea al proyecto de irrigación Chavimochic; razón a ello, es muy importante efectuar un balance hídrico para el proyecto de irrigación CHINECAS mediante los índices de confiabilidad en tiempo y volumen y conocer si las alternativas de ampliación de frontera agrícola son viables desde el punto de vista de abastecimiento de agua. En promedio el río Santa tiene un volumen anual de 4420 MMC/año y el 72% de sus disponibilidades está concentrado en el periodo de lluvias. La disponibilidad en el periodo de estiaje disminuye drásticamente y allí está precisamente la dificultad de abastecimiento de agua a la irrigación CHINECAS. En la Figura 1 se presenta la disponibilidad del río Santa del periodo (1960-2020), donde se puede apreciar su gran variabilidad durante el año y en el periodo de registro.

Figura 1

Disponibilidad hídrica del Río Santa en la estación Condorcerro en MMC/año



Nota. En la figura se muestra los datos procesados que indican la disponibilidad hídrica del Río Santa.

Formulación del Problema

¿La disponibilidad hídrica del río Santa podrá atender la demanda de agua de la ampliación de frontera agrícola en los sectores de riego de Chimbote, Nepeña y Casma de la irrigación CHINECAS?

Estado del arte

El adecuado uso del agua siempre ha sido preocupación en todo el mundo a través del tiempo, sobre todo, por la temporalidad de la disponibilidad hídrica que está concentrado en el período de lluvias de enero a marzo. Esta concentración de la disponibilidad hídrica también ha sido preocupación en otros lugares del mundo, tal como se describe a continuación:

Carpenter y Choudhary (2022) realizaron el estudio denominado “Water Demand and Supply Analysis using WEAP Model for Veda River Basin Madhya Pradesh (Nimar Region)” donde el objetivo principal de este estudio ha sido predecir la demanda y la oferta hídrica, la recarga y el drenaje empleando el software Weap. El área de estudio es la cuenca del río Veda ubicada en la región de Nimar de Madhya Pradesh y la subcuenca del río Narmada Medio de la India. El modelo hidrológico fue desarrollado con el software Weap orientado a balance hídrico, donde tomaron en consideración el crecimiento poblacional, alto crecimiento industrial, recolección de agua de lluvia y estructuras de almacenamiento de agua para tendencias futuras.

Kumar et al. (2019) realizaron el estudio denominado Hydrological Simulation for Predicting the Future Water Quality of Adyar River, Chennai, India. Donde el objetivo era predecir la calidad del agua del río Adyar usando el software Weap, para lo cual desagregaron la cuenca en seis subcuencas para poder generar escorrentía usando el módulo de transformación de precipitación a escorrentía del mencionado modelo.

Reis et al. (2022) consideraron que en las grandes cuencas, a menudo es difícil disponer de series temporales largas y consistentes de precipitación distribuidos espacialmente. Sin embargo, estos son necesarias para calibrar modelos hidrológicos y ejecutar simulaciones hidrológicas continuamente en el pronóstico de caudales en tiempo real. En este estudio, han evaluado dos productos de precipitación en tiempo real basados en pluviómetros y datos satelitales (TRMM-MERGE y CPC-NOAA) para su uso en el pronóstico de caudales en el sector hidroeléctrico en Brasil. Para aprovechar cada fuente de datos de precipitación y

obtener un conjunto de datos único, los autores proponen una metodología para combinar, ampliar y validar los conjuntos de datos.

Zhang et al. (2023) Realizaron un estudio hidrológico con WEAP en las regiones de Guangzhou, Shenzhen y Dongguan donde tienen un menor grado de seguridad del suministro de agua doméstico e industrial. Las conexiones de ríos y embalses son esenciales para la seguridad del suministro de agua de GBA. Las demandas de agua de Shenzhen y Dongguan no pueden satisfacerse durante el período seco de 2019, mientras que se satisfacen perfectamente durante el período seco de 2030 debido a la operación de proyectos de transferencia de agua. El modelo WEAP mejorado obtuvo resultados de asignación de agua más razonables, mejorando las tasas de satisfacción con el agua en regiones con baja seguridad del suministro de agua. La investigación demuestra la ventaja

Ismail Dhaqane et al. (2023) El rápido crecimiento demográfico, la industrialización y las actividades agrícolas han impactado los recursos hídricos en las zonas áridas y semiáridas de Somalia. La región del Bajo Juba en Somalia ha sido la más afectada. Por tanto, es fundamental un análisis de los patrones hidrológicos. Este artículo evalúa el caudal y la evapotranspiración en la cuenca de Wabiga Juba en Somalia utilizando un modelo de simulación hidrológica, a saber, el sistema de evaluación y planificación del agua (WEAP) mediante el método de humedad del suelo.

Justificación

Es importante conocer las limitaciones de disponibilidad hídrica del río Santa principalmente durante el periodo de estiaje, y por ende bajo esa premisa, plantear técnicamente las posibilidades de ampliación de frontera agrícola del proyecto de irrigación CHINECAS en los sectores de riego de Chimbote, Nepeña y Casma, para lo cual, en la presente tesis se efectuará un balance hídrico mediante la metodología de índices de confiabilidad en tiempo y volumen que se expresa en porcentaje (%). Las conclusiones a que se arribe beneficiarán a los agricultores de Chimbote, Nepeña y Casma, al proyecto de Irrigación CHINECAS, al Gobierno Regional de Ancash y en general al país.

Hipótesis

Un balance hídrico con índice de confiabilidad igual o mayor del 80% define la extensión de la ampliación de frontera agrícola de la irrigación CHINECAS.

Objetivo General

Calcular el balance hídrico mediante índices de confiabilidad en tiempo y volumen de la irrigación CHINECAS.

Objetivos Específicos

- Efectuar un análisis de la disponibilidad hídrica del río Santa para el proyecto de irrigación CHINECAS.
- Calcular la oferta hídrica para la irrigación CHINECAS
- Analizar la demanda de agua de la irrigación CHINECAS en los sectores de riego de Chimbote Nepeña y Casma.
- Efectuar el balance hídrico del proyecto de irrigación CHINECAS mediante índices de confiabilidad en tiempo y volumen expresado en %.

Limitaciones del proyecto

Debido al ajustado cronograma y a las actividades laborales de cada tesista, no se podrá efectuar la toma de muestras de agua y encargar a un laboratorio el análisis de calidad de agua para uso agrícola.

1 MARCO TEÓRICO

El fundamento teórico de la presente tesis se describe a continuación:

1.1 Cuenca

Villón (2002) define la cuenca como un área de la superficie terrestre donde todas las aguas caídas por precipitación tienen un solo punto de salida o un solo curso de agua.

La cuenca del río Santa tiene una extensión del orden de 13000km² y es el río más caudaloso de los ríos de la cuenca del pacífico, la cual nace en la laguna de Conococha y desplaza de sur a norte recepcionando aportes de agua de la cordillera blanca.

Figura 2

Cuenca hidrográfica



Nota: El gráfico representa una cuenca hidrográfica. Tomado de la página Wikisabio

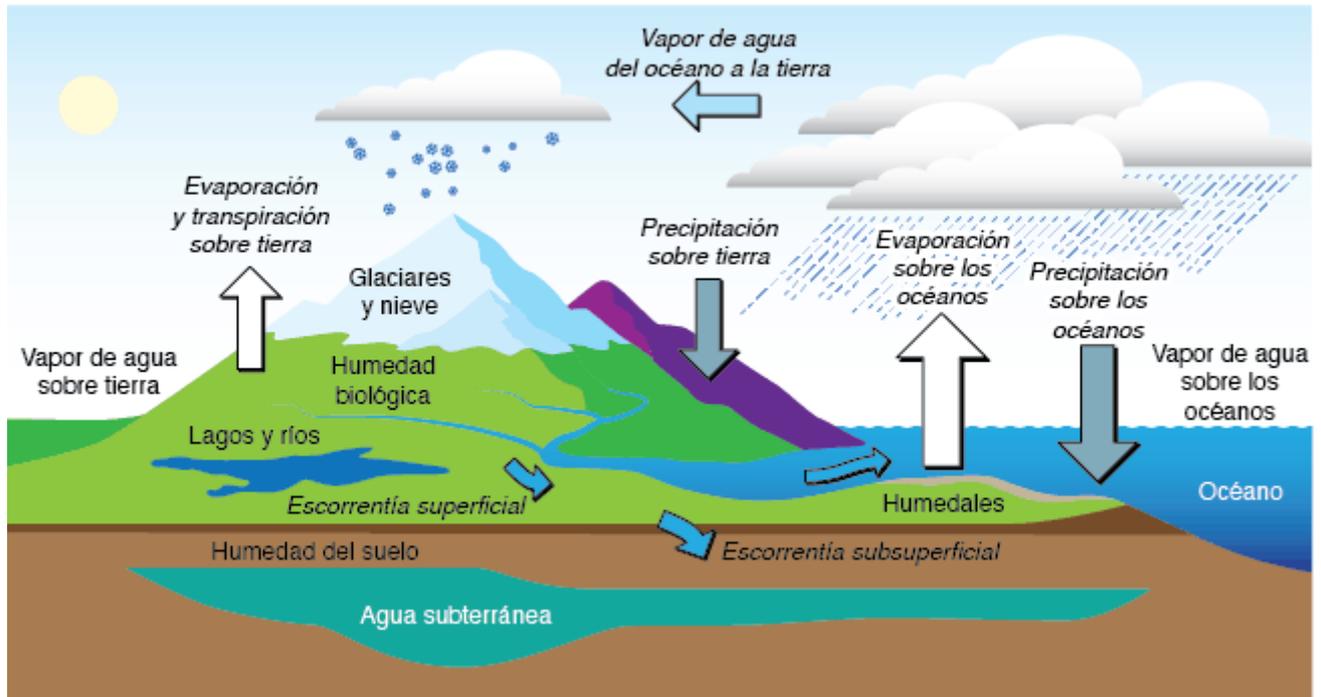
1.2 Ciclo hidrológico

Guevara (2015) considera que el ciclo hidrológico es clave para iniciar un estudio de hidrología, cuyo ciclo se inicia con la evaporación en los grandes cuerpos de agua, como, los océanos, lagos, lagunas, entre otros.

Para la cuenca del río Santa, las precipitaciones provienen de los frentes de humedad del atlántico y concentrados en los meses de enero a marzo y una ausencia total de lluvias en el periodo de estiaje. En la figura 3 se presenta un esquema del ciclo hidrológico donde se puede visualizar el ciclo del agua en la naturaleza.

Figura 3

Ciclo Hidrológico del agua



Fuente: <https://stem.guide/topic/ciclo-hidrologico/?lang=es>

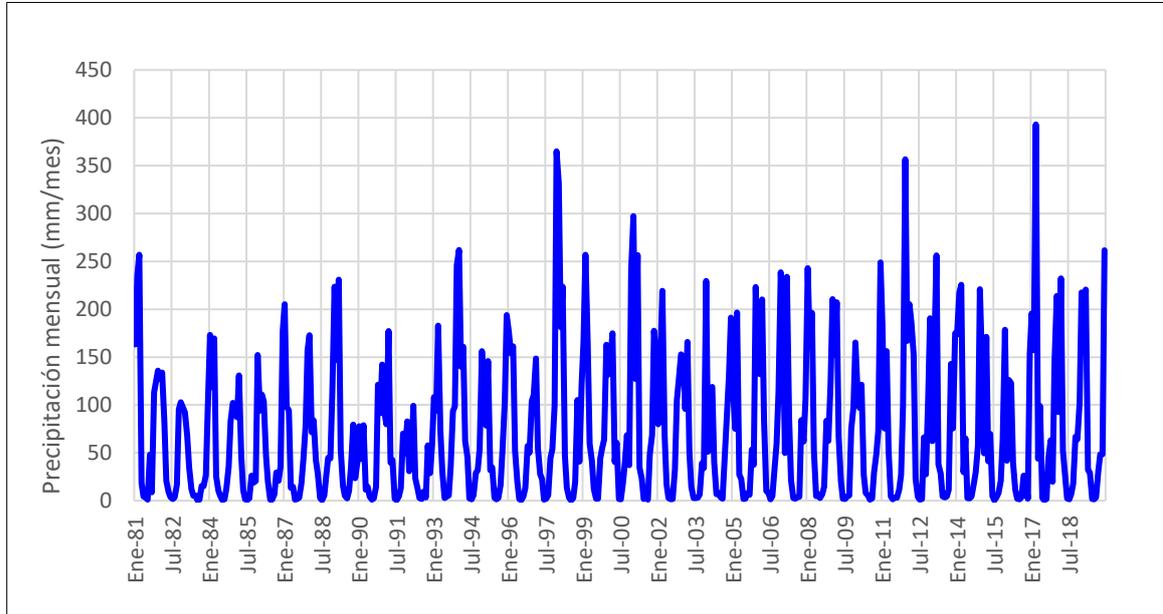
1.3 Precipitación

Molina (1975) describe que la precipitación es toda forma de humedad que se origina en las nubes y cae hasta la superficie para formar la escorrentía, infiltrarse o evapotranspirarse.

Para la cuenca del río Santa y para la irrigación CHINECAS en particular, la precipitación proviene de las partes altas de la cuenca del río Santa con valores del orden de 750 mm/año, el mismo, que va disminuyendo con la altitud y prácticamente con ausencia de precipitaciones en la parte costera, tal como se detalla en los registros históricos de la estación pluviométrica de Conococho registrado por SENAMHI.

Figura 4

Registros históricos de la estación pluviométrica de Conocochoa



Nota. Elaborado a partir de los datos del portal Datos Hidrometeorológicos del SENAMHI (s.f.)

1.4 Registro histórico de precipitación

Linsley et al. (1977) recomienda que es vital disponer de una red de estaciones pluviométricas ubicados estratégicamente para que permita determinar la precipitación promedio una cuenca, subcuenca o de una unidad hidrológica.

SENAMHI es la institución oficial de medir, registra y publicar los registros históricos de precipitación. Actualmente tiene instalado en todo el país en lugares estratégicos, aun así, se requiere instalar más estaciones pluviométricas en lugares donde se tiene poca densidad de estaciones. Para el presente estudio, se ha tomado en consideración los registros históricos de las estaciones de: Conococha, Santiago Antúnez de Mayolo, Yungay, Mollepata, Cachicadan, Huaraz, Santiago de Chuco, Conchucos, Corongo, Cabana, Huacamarcanga y lago Ututo.

1.5 Análisis de consistencia de registros históricos

Villón (2001) describe que un análisis de consistencia de registros históricos de precipitación, descargas o de cualquier otra variable hidrológica, se debe realizar con un análisis visual gráfico, análisis de doble masa y pruebas estadístico.

El análisis de consistencia es una manera de saber sobre la calidad de los registros históricos de una serie de tiempo, que podría ser la precipitación, temperatura, descargas u otros, que normalmente se presente como datos dudosos o sospechosos que hay que evaluarlo y comparar con el registro histórico de estaciones vecinas, razón a ellos, es vital efectuar un análisis gráfico de varias estaciones con simulares climas. Se complementa con un análisis de doble masa para ver los quiebres o saltos y si hay dudas se recomienda efectuar las pruebas estadísticas correspondientes.

1.6 Isoyetas

Ven (1994) manifiesta que cuando existe una red densa de pluviómetros, los mapas de isoyetas pueden construirse mediante programas de computador para dibujar curvas de nivel

Para el dibujo de isoyetas existen muchas metodologías para su construcción y diferentes herramientas y softwares, como el ArcGis, el software Hydraces y otros, que permite graficar un mapa de isoyetas utilizando el método de polígono de Thiessen, inversa a la distancia al cuadrado y Kriging.

1.7 Medición de caudales

Chereque (1992) describe que, para efectuar aforos de ríos, canales, quebradas o cualquier cauce natural, se puede realizar por varios métodos, entre ellos, efectuar aforos usando correntómetros que permite medir la velocidad de flujo y con el área de cada sección de río, se obtiene el caudal.

Debido a las diferentes características de los ríos, se adquiere los correntómetros que se tiene en el mercado, que pueden ser para aforos por vadeo si se trata de ríos poco profundos, y aforos con lastre para ríos profundos con elevados caudales durante el periodo de lluvias, para lo cual se requiere más de 2 persona. En ríos de la selva baja como el Amazonas o el Ucayali se utiliza correntómetros para aforos con barco.

Figura 5

Sección de aforo para medición de flujo con un correntómetro acústico



Fuente: AGQ Perú

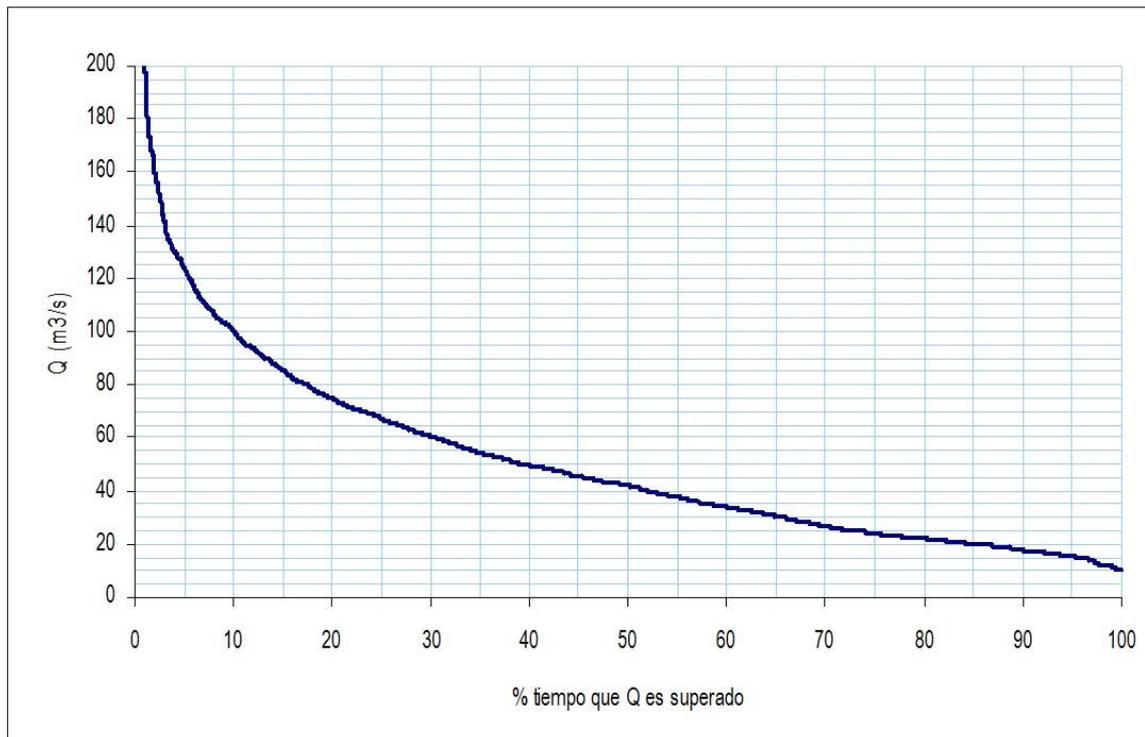
1.8 Persistencia de caudales curvas de duración

Rocha (1993) en su libro de Recursos Hidráulicos menciona que los caudales de los ríos son totalmente aleatorios, razón a ello, es necesario determinar una probabilidad de seguridad para su aprovechamiento, a esto se denomina curvas de persistencia.

La curva de duración o persistencia permite determinar el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o superados. Esta curva es muy importante para determinar caudales a diferentes persistencias: 50%, 75%, 95%.

Figura 6

Curva de duración de registros históricos de un río



1.9 Evaporación

Monsalve (2002) menciona que la evaporación es el proceso en estado natural que el agua líquida de los diferentes cuerpos de agua, como océanos, lagos, lagunas y otros, pasan al estado de vapor.

Los valores de la evaporación a nivel diario son muy importantes para determinar el volumen de evaporación de los grandes cuerpos de agua, como lagunas y lagos, por ejemplo, para calcular la evaporación desde el espejo de agua del lago Titicaca, es vital conocer la tasa de evaporación diaria y el área del espejo de agua. Similar importancia tiene para las simulaciones hidrológicas de embalses de cualquier represa. El Instrumento que se usa para medir la evaporación es el Tanque de Tipo A.

Figura 7

Tanque evaporímetro Tipo A



1.10 Viento

Mejía (2015) indica que el viento es el componente muy importante del ciclo del agua, porque influye en el transporte del vapor de agua y de la evapotranspiración que alimentan a la formación de las precipitaciones.

Es muy importante conocer la velocidad de viento de un sector de riego, porque es una de las variables clave que es solicitado por el software Cropwat, que es una herramienta diseñada por la Naciones Unidas, para poder estimar la evapotranspiración potencial, lo cual es un insumo trascendental para calcular las demandas de agua de los cultivos.

Otro de los usos de la velocidad del viento es en el cálculo de la escorrentía con el software WEAP, precisamente, el mencionado software requiere de información de la velocidad de viento, como una de las variables importantes, junto con la precipitación, temperatura y humedad relativa. La velocidad del viento se mide en m/s o en km/h.

Figura 8

Anemómetro meteorológico



1.11 Humedad relativa

Chereque (1992) indica que para conocer la humedad relativa es necesario cuantificar la cantidad de vapor de agua de agua existente en el medio, que provienen de la evaporación de los cuerpos de agua, de los suelos húmedos y de la evapotranspiración de la cobertura vegetal.

La humedad relativa en la irrigación CHINECAS es del orden de 82.5% en promedio.

1.12 Embalse

Aparicio (1989) indica que, para determinar el volumen de agua útil de un embalse, se requiere de un registro histórico de descargas que ingresa al embalse, así como también de las descargas de extracción y la curva altitud-volumen, que son vitales para determinar el tamaño y volumen de un embalse.

Para poder estimar el volumen de una represa de regulación es importante tomar en consideración los aportes al embalse que normalmente son las disponibilidades hídricas de un río que debe tener una longitud de registro de 20 años a más.

Figura 9

Represa de almacenamiento de agua



1.13 Software WEAP

El software WEAP es herramienta de hidrología que permite transformar la precipitación en escorrentía, para lo cual es básico tener la siguiente información: área de cuenca, precipitación, cobertura vegetal y los parámetros del suelo.

El mencionado software, adicionalmente dispone de un módulo de embalses que permite efectuar simulaciones de embalse, para lo cual, requiere las series históricas de disponibilidades de agua, demanda de agua y la curva Altura-Volumen del embalse.

También el indicado software hace cálculos de balance hídrico y reporta la demanda no atendida de un sector de riego en términos de volúmenes (MMC) y la cobertura de la demanda de agua en términos de porcentajes.

1.14 Caudal ecológico

La Autoridad Nacional del Agua (2009) en la ley de recursos hídricos establece que los estudios de aprovechamiento hídrico deberán considerar los caudales ecológicos conforme con las disposiciones vigentes.

Existe muchas metodologías para el cálculo del caudal ecológico. Una de las metodologías actualmente vigente es un 15% del caudal promedio mensual.

1.15 Balance hídrico

Villón (2002) indica que, para efectuar el dimensionamiento de embalses, o preparar un calendario de riego para una irrigación, es vital efectuar un balance hídrico, que podría ser a nivel diario, mensual o anual.

El balance hídrico para la irrigación es positivo durante el periodo de lluvias, porque hay excedentes que se pierden en el Océano Pacífico. El río Santa en el periodo de lluvias tiene mucha disponibilidad hídrica, razón a ello, abastece de agua a las irrigaciones Chavimochic y CHINECAS. La disminución de agua del río Santa en el periodo de estiaje, trae como consecuencia un déficit hídrico, lo cual podría resolverse mediante la construcción de represas de regulación.

2 METODOLOGÍA

El nivel de investigación será exploratorio y el diseño de investigación será de tipo documental y tendrá el siguiente procedimiento:

- Se recopiló la información sobre registros históricos de descargas y precipitación de la cuenca del río Santa del periodo (1965 al 2020) que se recabará del SENAMHI, Autoridad Nacional del Agua, Junta de Usuarios, Proyecto Especial CHINECAS, Gobierno regional de Ancash, entre otras instituciones.
- Se efectuó un análisis de consistencia de los registros históricos de precipitación y descargas de la cuenca del río Santa, mediante un análisis gráfico, análisis de doble masa, y se amerita el caso, se hará las pruebas estadísticas correspondientes.
- Se analizó la demanda de agua de los sectores de riego de Chimbote Nepeña y Casma, para lo cual, se tomará en consideración los cálculos desarrollados por el P.E. CHINECAS.
- Se desarrolló un modelo hidrológico de gestión utilizando el software WEAP, para lo cual se tomó en consideración la oferta hídrica del río Santa y la demanda de agua en los sectores de riego de Chimbote, Nepeña y Casma.
- Se efectuó los cálculos de balance hídrico mediante la metodología de índices de confiabilidad en tiempo y volumen recomendado por el Centro de Ingeniería Hidrológica de los Estados Unidos.
- Se formulará un conjunto de recomendaciones acorde a las conclusiones que se arriben en el estudio.

2.1 Delimitación de la cuenca y recopilación de la información

2.1.1 Delimitación de la cuenca del río Santa

Mediante el uso del software ArcGIS se realizó la delimitación la cuenca del rio Santa. En la siguiente figura se visualiza a detalle los ríos y quebradas que son parte de la cuenca y subcuencas del proyecto de irrigación CHINECAS.

Figura 10

Delimitación de cuencas del río Santa para el P.E. CHINECAS



Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Recopilación de datos históricos

Para la presente investigación se recopilieron registros históricos de precipitación del periodo 1971 al 2020 de las estaciones pluviométricas de: Santiago Antúnez De Mayolo, Yungay, Mollepata, Cachicadan, Huaraz, Santiago de Chuco, Conchucos, Corongo, Cabana, Recuay, Huacamarcanga, Lagu Ututo, Milpo; las cuales se encuentran en el anexo 1.

3 DESARROLLO DEL BALANCE HIDRICO DE LA IRRIGACION CHINECAS MEDIANTE INDICES DE CONFIABILIDAD EN TIEMPO Y VOLUMEN

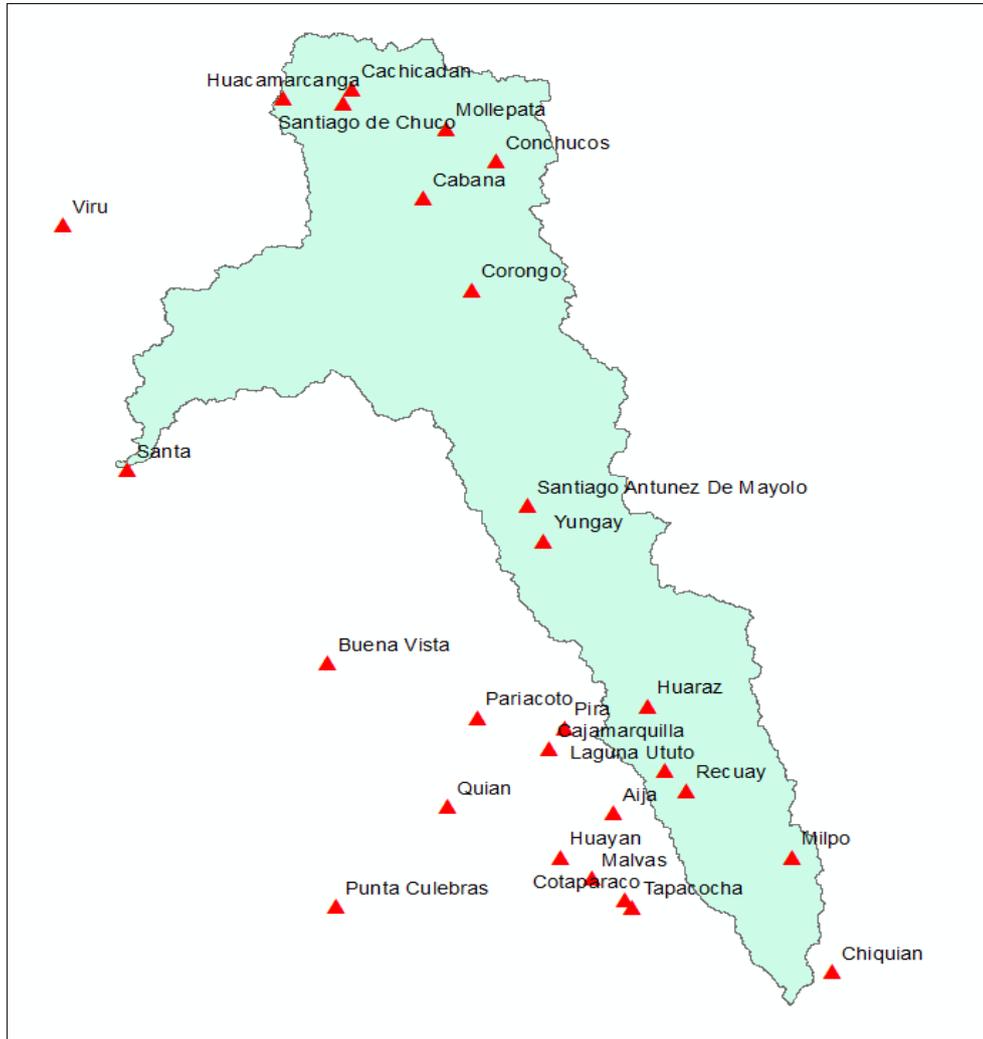
3.1 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN

3.1.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA

El análisis de consistencia se ha efectuado con la finalidad de evaluar la calidad de los registros históricos de precipitación. En la Figura 11 se presenta la ubicación de las principales estaciones pluviométricas y en la Tabla 1 las principales características de cada una de las estaciones.

Figura 11

Ubicación de las estaciones pluviométricas de la cuenca del río Santa



Nota. Elaborado a partir de los datos del portal Datos Hidrometeorológicos del SENAMHI (s.f.)

Tabla 1*Características de las estaciones pluviométricas de la cuenca del río Santa.*

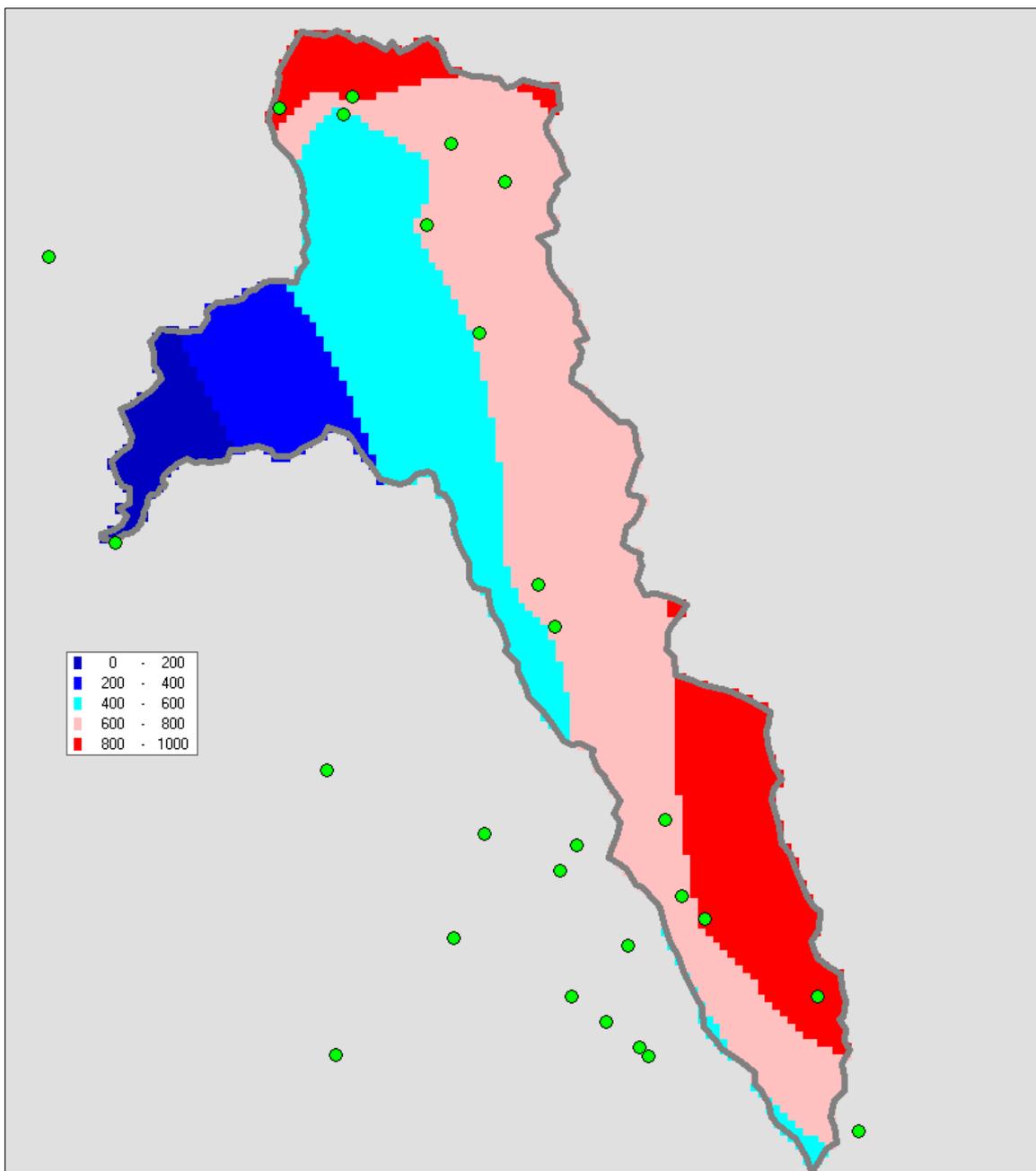
Nombre	Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito	Altitud (msnm)	Long	Lat	X	Y	Pptacion
Huayan	Huarmey	Ancash	Huarmey	Huayan	2706.0	-77.72	-9.88	201685.3	8906639.4	13.0
Cotaparaco	Huarmey	Ancash	Recuay	Cotaparaco	3008.0	-77.58	-9.98	217135.8	8895694.5	247.7
Aija	Huarmey	Ancash	Aija	Aija	3360.0	-77.61	-9.78	213671.5	8917803.0	295.7
Malvas	Huarmey	Ancash	Huarmey	Malvas	3500.0	-77.65	-9.93	209411.8	8901167.5	474.5
Tapacocha	Huarmey	Ancash	Recuay	Tapacocha	3599.0	-77.57	-10.00	218250.2	8893489.7	338.3
Punta Culebras	Intercuenca 1375951	Ancash	Huarmey	Huarmey	20.0	-78.18	-10.00	261027.2	8893797.8	7.1
Quian	Culebras	Ancash	Huaraz	Huanchay	876.0	-77.95	-9.77	176332.8	8918602.1	5.2
Buena Vista	Casma	Ancash	Casma	Buena Vista Alta	419.0	-78.20	-9.43	258425.0	8956375.9	3.3
Pariacoto	Casma	Ancash	Huaraz	Pariacoto	2000.0	-77.89	-9.56	182724.2	8941905.1	98.3
Cajamarquilla	Casma	Ancash	Huaraz	La Libertad	3028.0	-77.74	-9.63	199265.9	8934292.0	476.8
Pira	Casma	Ancash	Huaraz	Pira	3570.0	-77.71	-9.58	202517.2	8939852.1	684.5
Santa	Intercuenca 1375999	Ancash	Santa	Santa	30.0	-78.62	-8.98	211913.4	9006330.3	8.4
Santiago Antunez De Mayolo	Santa	Ancash	Huaylas	Caraz	2244.0	-77.78	-9.07	194383.3	8996239.3	658.9
Yungay	Santa	Ancash	Yungay	Yungay	2537.0	-77.75	-9.15	197751.1	8987410.1	607.5
Mollepata	Santa	La Libertad	Santiago De Chuco	Mollepata	2726.0	-77.95	-8.19	174925.9	9093504.3	616.0
Cachicadan	Santa	La Libertad	Santiago De Chuco	Cachicadan	2892.0	-78.15	-8.10	263076.1	9104020.4	901.7
Huaraz	Santa	Ancash	Huaraz	Huaraz	3052.0	-77.53	-9.53	222248.3	8945535.9	758.7
Santiago de Chuco	Santa	La Libertad	Santiago De Chuco	Santiago de Chuco	3129.0	-78.17	-8.13	260888.9	9100689.8	408.2
Conchucos	Santa	Ancash	Pallasca	Conchucos	3180.0	-77.85	-8.27	186017.4	9084729.1	703.2
Corongo	Santa	Ancash	Corongo	Corongo	3192.0	-77.90	-8.57	180750.8	9051482.1	608.1
Cabana	Santa	Ancash	Pallasca	Bolognesi	3300.0	-78.00	-8.35	169544.9	9075751.6	618.6
Recuay	Santa	Ancash	Recuay	Recuay	3394.0	-77.45	-9.73	231194.5	8923467.7	828.6
Huacamarcanga	Santa	La Libertad	Santiago De Chuco	Quiruvilca	4123.0	-78.29	-8.12	247653.3	9101723.3	919.9
Laguna Ututo	Santa	Ancash	Recuay	Recuay	4200.0	-77.50	-9.68	225664.7	8928960.7	754.3
Milpo	Santa	Ancash	Recuay	Catac	4400.0	-77.23	-9.88	255454.4	8907038.2	916.9
Viru	Virú	La Libertad	Viru	Viru	64.0	-78.75	-8.4	191632.2	9070379.7	11.8
Chiquian	Pativilca	Ancash	Bolognesi	Chiquian	3650.0	-77.15	-10.15	264426.3	8877223.7	638.6

3.1.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

Sobre la base de la ubicación espacial de las estaciones pluviométricas mediante coordenadas y el valor de la precipitación total anual se ha elaborado un mapa de la distribución de la precipitación, que se detalla en la figura 12, la cual ha sido desarrollado con el software Hydracces y usando el método de Kriging.

Figura 12

Distribución espacial de la precipitación total anual



3.1.3 LA PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA DEL RIO SANTA

La precipitación areal de la cuenca del río Santa es de 624.1 mm/año, que ha sido determinado por el método de Kriging. Sin embargo, el software Hydracces, también permite determinar por los métodos de: Media aritmética, Thiessen e inversa a la distancia al cuadrado. Los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Resultados de la precipitación areal de la cuenca del río Santa

Med.Aritm.	Thiessen	1/Distancia ²	Kriging
466.8	625.1	591.2	624.1

3.1.4 ANALISIS GRAFICO DE LOS REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN

Para el análisis de consistencia se ha agrupado el conjunto de estaciones en tres grupos: grupo 1 con estaciones ubicadas entre las cotas 2000 a 3000 msnm, grupo 2 con estaciones ubicadas entre las cotas 3000 a 3500 msnm y grupo 3 de 3500 a 4200 msnm

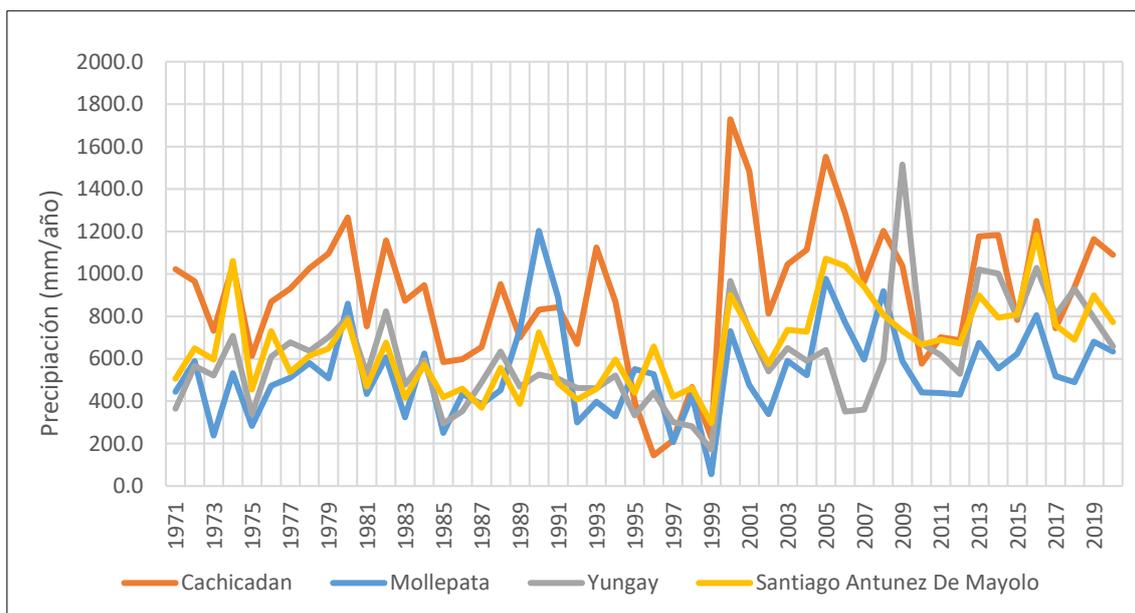
3.1.4.1 GRUPO 1

Las estaciones pluviométricas del grupo 1, son: Cachicadan, Mollepata, Yungay y Santiago Antúnez de Mayolo que están ubicadas ente las cotas 2000 a 3000 msnm.

Como se puede apreciar en la Figura 13 se puede visualizar que la variación de la precipitación anual de los registros históricos es similar en las cuatro estaciones. En el año 1999 la precipitación anual en las estaciones ha sido inferior a 200 mm/año y en el año 2000 se incrementó con precipitaciones comprendidas de 800 a 1600 mm/año.

Figura 13

Variación de la precipitación de las estaciones del grupo 1



3.1.4.1.1 ANALISIS DE DOBLE MASA DEL GRUPO 1

Con la finalidad de corroborar la consistencia de la información histórica, se ha efectuado el análisis de doble masa de los registros históricos, cuyos cálculos se presenta en la Tabla 3 y en la figura 14 se presenta la curva de masa acumulado, donde se puede observar que las curvas de doble masa no tienen quiebres o saltos significativos.

Tabla 3

Análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 1

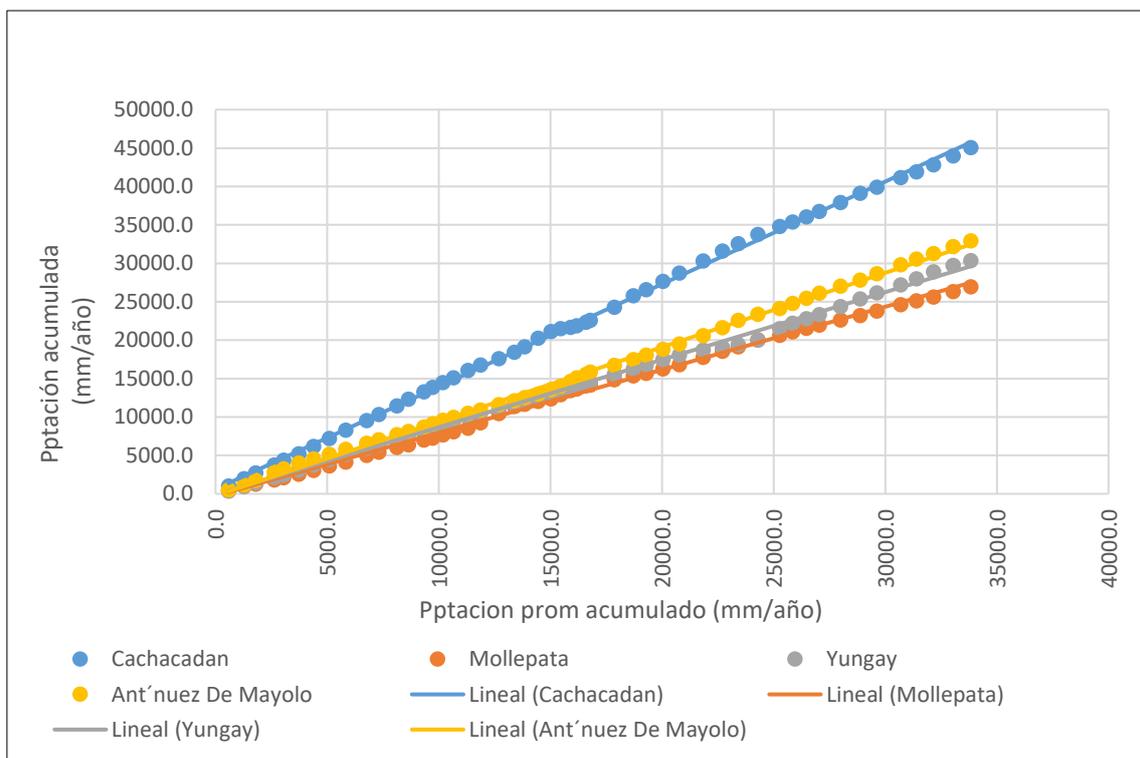
Año	Cacahacadan	Mollepatá	Yungay	Antúnez De Mayolo		Acumulado				
				De	Prom	Prom	Cacahacadan	Mollepatá	Yungay	Antúnez De Mayolo
1971	1021.5	443.7	364.7	506.6	584.1	584.1	1021.5	443.7	364.7	506.6
1972	964.5	588.5	565.6	649.4	692.0	1276.1	1986.0	1032.2	930.3	1156.0
1973	731.8	238.3	520.3	596.9	521.8	1798.0	2717.8	1270.5	1450.6	1752.9
1974	1040.9	531.6	706.9	1061.5	835.2	2633.2	3758.7	1802.1	2157.5	2814.4
1975	613.5	284	339.3	455.5	423.1	3056.3	4372.2	2086.1	2496.8	3269.9
1976	868.1	473	610.3	730.7	670.5	3726.8	5240.3	2559.1	3107.1	4000.6
1977	930.7	510.9	677.2	537	664.0	4390.7	6171.0	3070.0	3784.3	4537.6

1978	1027.2	579.8	636.5	614.3	714.5	5105.2	7198.2	3649.8	4420.8	5151.9
1979	1095.3	507.3	701.7	647.8	738.0	5843.2	8293.5	4157.1	5122.5	5799.7
1980	1266.3	859.2	794.2	780.9	925.2	6768.4	9559.8	5016.3	5916.7	6580.6
1981	753.1	434.1	527.4	468.4	545.8	7314.1	10312.9	5450.4	6444.1	7049.0
1982	1158.3	606.5	823.5	676.7	816.3	8130.4	11471.2	6056.9	7267.6	7725.7
1983	873.2	324.3	477.4	415.3	522.6	8652.9	12344.4	6381.2	7745.0	8141.0
1984	947	625.2	593.9	572.2	684.6	9337.5	13291.4	7006.4	8338.9	8713.2
1985	583.8	250.7	295.8	419	387.3	9724.8	13875.2	7257.1	8634.7	9132.2
1986	598.5	434.2	352.9	459	461.2	10186.0	14473.7	7691.3	8987.6	9591.2
1987	654.7	385.1	489.3	369.1	474.6	10660.5	15128.4	8076.4	9476.9	9960.3
1988	951.5	451.8	633.7	556.8	648.5	11309.0	16079.9	8528.2	10110.6	10517.1
1989	700.1	736.1	468.7	386.9	573.0	11881.9	16780.0	9264.3	10579.3	10904.0
1990	831.3	1202.7	525.4	724.1	820.9	12702.8	17611.3	10467.0	11104.7	11628.1
1991	843.4	886.3	505.7	485	680.1	13382.9	18454.7	11353.3	11610.4	12113.1
1992	670.5	299.1	461.7	407.6	459.7	13842.6	19125.2	11652.4	12072.1	12520.7
1993	1124.7	397.4	461.3	457.3	610.2	14452.8	20249.9	12049.8	12533.4	12978.0
1994	868.5	328	520.5	595.9	578.2	15031.0	21118.4	12377.8	13053.9	13573.9
1995	395.7	551.6	332.5	439.5	429.8	15460.8	21514.1	12929.4	13386.4	14013.4
1996	144.6	526.7	441.8	657.9	442.8	15903.6	21658.7	13456.1	13828.2	14671.3
1997	215.4	206.7	301.3	419.6	285.8	16189.3	21874.1	13662.8	14129.5	15090.9
1998	466.1	428.4	281.3	461.8	409.4	16598.7	22340.2	14091.2	14410.8	15552.7
1999	229.8	55.7	172.8	295.8	188.5	16787.3	22570.0	14146.9	14583.6	15848.5
2000	1728.8	729.63	966.1	899.6	1081.0	17868.3	24298.8	14876.5	15549.7	16748.1
2001	1483.6	475.5	734.5	741.1	858.7	18727.0	25782.4	15352.0	16284.2	17489.2
2002	813.3	339	540.6	575.7	567.2	19294.1	26595.7	15691.0	16824.8	18064.9
2003	1044.4	589.8	650.4	735.8	755.1	20049.2	27640.1	16280.8	17475.2	18800.7
2004	1113.6	522.3	590.8	726.6	738.3	20787.5	28753.7	16803.1	18066.0	19527.3
2005	1552.1	977.4	641.6	1072.3	1060.9	21848.4	30305.8	17780.5	18707.6	20599.6
2006	1285.7	770.9	350.6	1037	861.1	22709.4	31591.5	18551.4	19058.2	21636.6
2007	961.5	596	360.1	939.1	714.2	23423.6	32553.0	19147.4	19418.3	22575.7

2008	1202.2	918.1	593.9	807.3	880.4	24304.0	33755.2	20065.5	20012.2	23383.0
2009	1037.9	588.8	1515.4	730.1	968.1	25272.0	34793.1	20654.3	21527.6	24113.1
2010	576.1	441.4	671.5	666.5	588.9	25860.9	35369.2	21095.7	22199.1	24779.6
2011	702.2	438	617.5	689	611.7	26472.6	36071.4	21533.7	22816.6	25468.6
2012	686.7	431.2	528.4	672	579.6	27052.2	36758.1	21964.9	23345.0	26140.6
2013	1176.8	674.1	1021.1	898.6	942.7	27994.8	37934.9	22639.0	24366.1	27039.2
2014	1182.9	554.3	1001.4	794	883.2	28878.0	39117.8	23193.3	25367.5	27833.2
2015	782.7	622.8	795.3	809.1	752.5	29630.4	39900.5	23816.1	26162.8	28642.3
2016	1249	805.9	1028.4	1182.8	1066.5	30697.0	41149.5	24622.0	27191.2	29825.1
2017	743.5	518.4	804.9	759.1	706.5	31403.4	41893.0	25140.4	27996.1	30584.2
2018	937.4	489.8	928.9	689.3	761.4	32164.8	42830.4	25630.2	28925.0	31273.5
2019	1163.5	680	792.9	898.1	883.6	33048.4	43993.9	26310.2	29717.9	32171.6
2020	1089.3	634.6	658.6	772.3	788.7	33837.1	45083.2	26944.8	30376.5	32943.9

Figura 14

Gráfico del análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 1



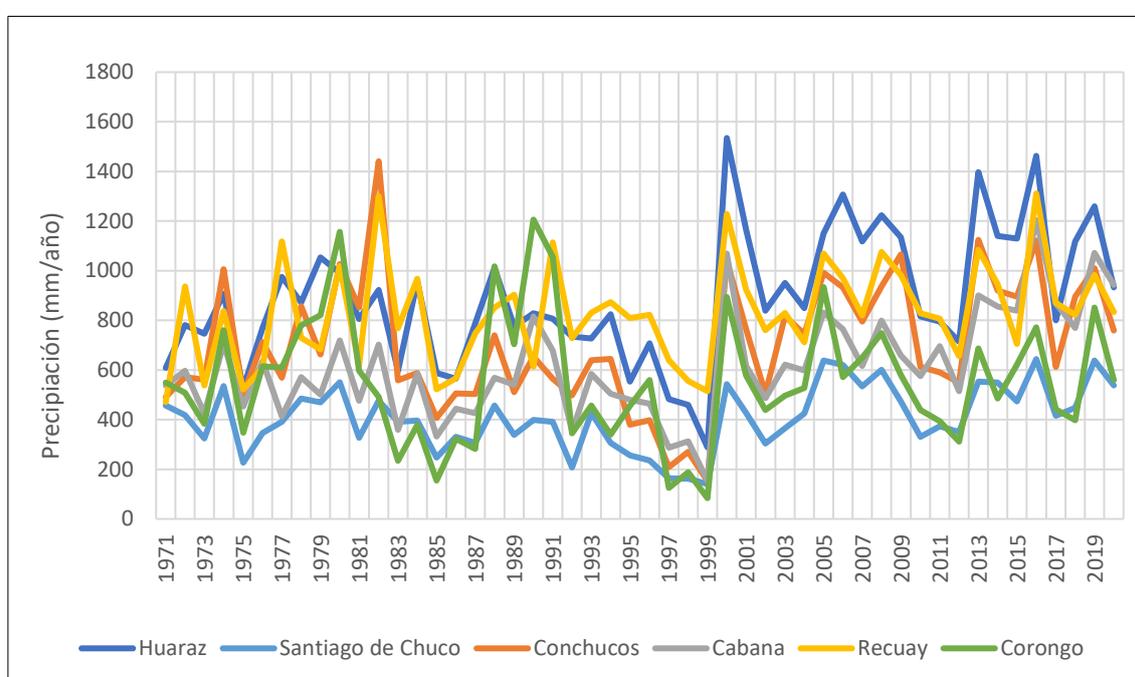
3.1.4.2 GRUPO 2

Las estaciones pluviométricas del grupo 2, son: Huaraz, Santiago de Chuco, Conchucos, Cabana, Recuay y Corongo que están ubicadas ente las cotas 2000 a 3000 msnm.

Como se puede apreciar en la Figura 15 se puede visualizar que la variación de la precipitación anual de los registros históricos es similar en las seis estaciones. En el año 1999 la precipitación anual en las estaciones ha sido inferior a 180 mm/año y en el año 2001 se incrementó con precipitaciones comprendidas de 800 a 1600 mm/año.

Figura 15

Variación de la precipitación de las estaciones del grupo 2



3.1.4.2.1 ANALISIS DE DOBLE MASA DEL GRUPO 2

Con la finalidad de verificar la consistencia de la información histórica, se ha efectuado el análisis de doble masa de los registros históricos, cuyos cálculos se presenta en la Tabla 4 y en la figura 16 se presenta la curva de masa acumulado, donde se puede observar que las curvas de doble masa no tienen quiebres o saltos significativos.

Tabla 4

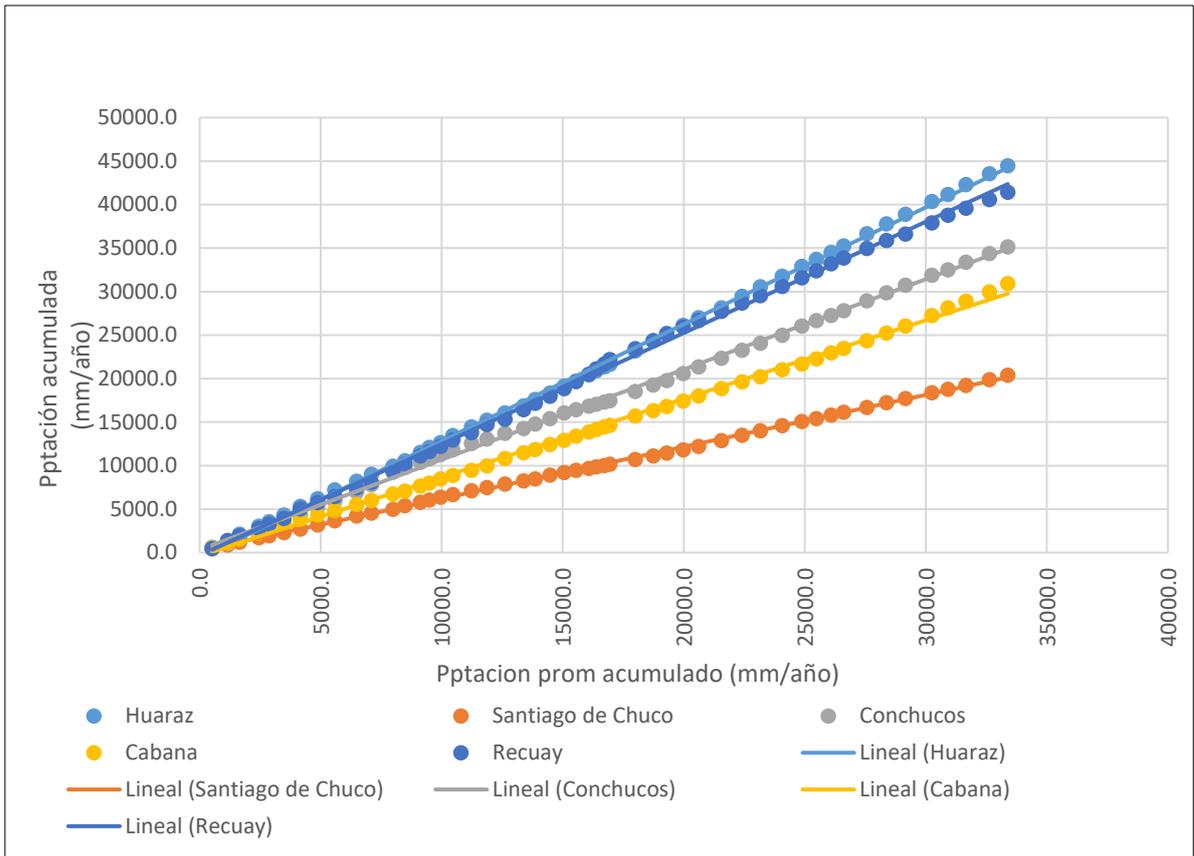
Análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 2

Año	Huaraz	Santiago de Chuco	Conchucos	Cabana	Recuay	Corongo	Prom	Acumulado						
								Prom	Huaraz	Santiago de Chuco	Conchucos	Cabana	Recuay	Corongo
1971	608.3	457.4	491.3	538.5	471.4	549	519.3	519.3	608.3	457.4	491.3	538.5	471.4	549.0
1972	780.6	418.6	571	597.1	936.1	508.8	635.4	1154.7	1388.9	876.0	1062.3	1135.6	1407.5	1057.8
1973	746.9	324.8	561.3	425.1	538.2	383.7	496.7	1651.4	2135.8	1200.8	1623.6	1560.7	1945.7	1441.5
1974	907.3	535.6	1006.2	705.7	838.1	759.8	792.1	2443.5	3043.1	1736.4	2629.8	2266.4	2783.8	2201.3
1975	528.1	226.7	500.3	453.2	521.3	347.9	429.6	2873.1	3571.2	1963.1	3130.1	2719.6	3305.1	2549.2
1976	769	346.7	713.3	635.1	608.7	615.1	614.7	3487.7	4340.2	2309.8	3843.4	3354.7	3913.8	3164.3
1977	974.6	391	569.3	413.7	1117.8	609.6	679.3	4167.0	5314.8	2700.8	4412.7	3768.4	5031.6	3773.9
1978	872.1	484.7	856.7	570.8	729.6	779.5	715.6	4882.6	6186.9	3185.5	5269.4	4339.2	5761.2	4553.4
1979	1054.3	469.3	662.7	501.1	682.7	821.3	698.6	5581.2	7241.2	3654.8	5932.1	4840.3	6443.9	5374.7
1980	990.7	550.5	1026.3	719.1	1018.7	1156.1	910.2	6491.4	8231.9	4205.3	6958.4	5559.4	7462.6	6530.8
1981	805.9	327.4	851.3	476.7	620.5	597.7	613.3	7104.7	9037.8	4532.7	7809.7	6036.1	8083.1	7128.5
1982	922.6	476.1	1440.9	702.9	1300.2	491.3	889.0	7993.7	9960.4	5008.8	9250.6	6739.0	9383.3	7619.8
1983	596.6	390.7	558.1	359.1	767.9	234.6	484.5	8478.2	10557.0	5399.5	9808.7	7098.1	10151.2	7854.4
1984	957.4	396.4	588.6	584.9	967.4	377.9	645.4	9123.6	11514.4	5795.9	10397.3	7683.0	11118.6	8232.3
1985	587.5	247.5	406.5	332.4	522.7	154.5	375.2	9498.8	12101.9	6043.4	10803.8	8015.4	11641.3	8386.8
1986	564.3	330.5	506	444.1	566.4	323.6	455.8	9954.6	12666.2	6373.9	11309.8	8459.5	12207.7	8710.4
1987	788	306.3	502.8	426.6	747.3	282.6	508.9	10463.5	13454.2	6680.2	11812.6	8886.1	12955.0	8993.0
1988	1011.3	456.5	740.3	569.4	852	1017.1	774.4	11238.0	14465.5	7136.7	12552.9	9455.5	13807.0	10010.1
1989	774.6	338.6	511.3	540	903.7	703.3	628.6	11866.5	15240.1	7475.3	13064.2	9995.5	14710.7	10713.4
1990	829.2	398.9	653.3	815.2	613.3	1205.9	752.6	12619.2	16069.3	7874.2	13717.5	10810.7	15324.0	11919.3
1991	806.7	391.3	565.2	677.6	1114.5	1055	768.4	13387.6	16876.0	8265.5	14282.7	11488.3	16438.5	12974.3
1992	735	207.6	498.5	353.2	728	344.9	477.9	13865.4	17611.0	8473.1	14781.2	11841.5	17166.5	13319.2
1993	727.5	427	638.9	584.2	830.8	456.9	610.9	14476.3	18338.5	8900.1	15420.1	12425.7	17997.3	13776.1
1994	824.6	306.6	644.5	504.4	873.9	339.9	582.3	15058.6	19163.1	9206.7	16064.6	12930.1	18871.2	14116.0
1995	553.1	255.7	380	479.9	808.7	455.6	488.8	15547.5	19716.2	9462.4	16444.6	13410.0	19679.9	14571.6
1996	707.8	235.6	397.7	464.8	821.8	559.6	531.2	16078.7	20424.0	9698.0	16842.3	13874.8	20501.7	15131.2
1997	482.5	163.3	208.5	287.7	639.5	125	317.8	16396.4	20906.5	9861.3	17050.8	14162.5	21141.2	15256.2
1998	459.2	162.6	270.3	313.1	555.9	187.6	324.8	16721.2	21365.7	10023.9	17321.1	14475.6	21697.1	15443.8
1999	288.2	140.6	153.1	154.7	514.4	83.7	222.5	16943.7	21653.9	10164.5	17474.2	14630.3	22211.5	15527.5
2000	1534.7	542.9	1042.7	1069.5	1228.6	893.7	1052.0	17995.7	23188.6	10707.4	18516.9	15699.8	23440.1	16421.2
2001	1165	426.7	763.9	615.8	924	578.3	745.6	18741.3	24353.6	11134.1	19280.8	16315.6	24364.1	16999.5
2002	839.5	303.8	504.5	486	760.3	438.3	555.4	19296.7	25193.1	11437.9	19785.3	16801.6	25124.4	17437.8
2003	950.7	366.1	816.7	621.1	829.8	497.2	680.3	19977.0	26143.8	11804.0	20602.0	17422.7	25954.2	17935.0
2004	849.1	425	744.7	597.8	712.1	527.3	642.7	20619.6	26992.9	12229.0	21346.7	18020.5	26666.3	18462.3

2005	1150.7	638.3	991.5	831.5	1068.5	933.6	935.7	21555.3	28143.6	12867.3	22338.2	18852.0	27734.8	19395.9
2006	1307.5	620	932.8	764.8	969.8	571.8	861.1	22416.4	29451.1	13487.3	23271.0	19616.8	28704.6	19967.7
2007	1117.4	534.4	795.7	616.5	820.1	649.8	755.7	23172.1	30568.5	14021.7	24066.7	20233.3	29524.7	20617.5
2008	1223	600.9	936.7	798.8	1075.4	749.2	897.3	24069.4	31791.5	14622.6	25003.4	21032.1	30600.1	21366.7
2009	1134.7	473.2	1065.2	658.3	982.7	580.1	815.7	24885.1	32926.2	15095.8	26068.6	21690.4	31582.8	21946.8
2010	815.1	330.5	612.5	575.2	828.3	438.8	600.1	25485.2	33741.3	15426.3	26681.1	22265.6	32411.1	22385.6
2011	795	373.7	591	695.9	806.8	393.6	609.3	26094.5	34536.3	15800.0	27272.1	22961.5	33217.9	22779.2
2012	714.2	350.2	550	515.4	656.8	311	516.3	26610.8	35250.5	16150.2	27822.1	23476.9	33874.7	23090.2
2013	1397.1	553.3	1124.6	900.7	1084.8	686.8	957.9	27568.7	36647.6	16703.5	28946.7	24377.6	34959.5	23777.0
2014	1139.4	548.9	919.5	856	945.7	485	815.8	28384.4	37787.0	17252.4	29866.2	25233.6	35905.2	24262.0
2015	1129.5	473.7	895.8	839	705.6	621.3	777.5	29161.9	38916.5	17726.1	30762.0	26072.6	36610.8	24883.3
2016	1462.5	644.1	1121.7	1204	1311.1	771.9	1085.9	30247.8	40379.0	18370.2	31883.7	27276.6	37921.9	25655.2
2017	799.8	415.7	612.8	868.5	869.6	441.2	667.9	30915.7	41178.8	18785.9	32496.5	28145.1	38791.5	26096.4
2018	1117.4	448.4	896	769.5	822.8	397.8	742.0	31657.7	42296.2	19234.3	33392.5	28914.6	39614.3	26494.2
2019	1259.7	638.7	1009.8	1071.2	982.6	851.2	968.9	32626.6	43555.9	19873.0	34402.3	29985.8	40596.9	27345.4
2020	933.4	538.2	758.9	943.5	833.9	559.9	761.3	33387.9	44489.3	20411.2	35161.2	30929.3	41430.8	27905.3

Figura 16

Gráfico del análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 2



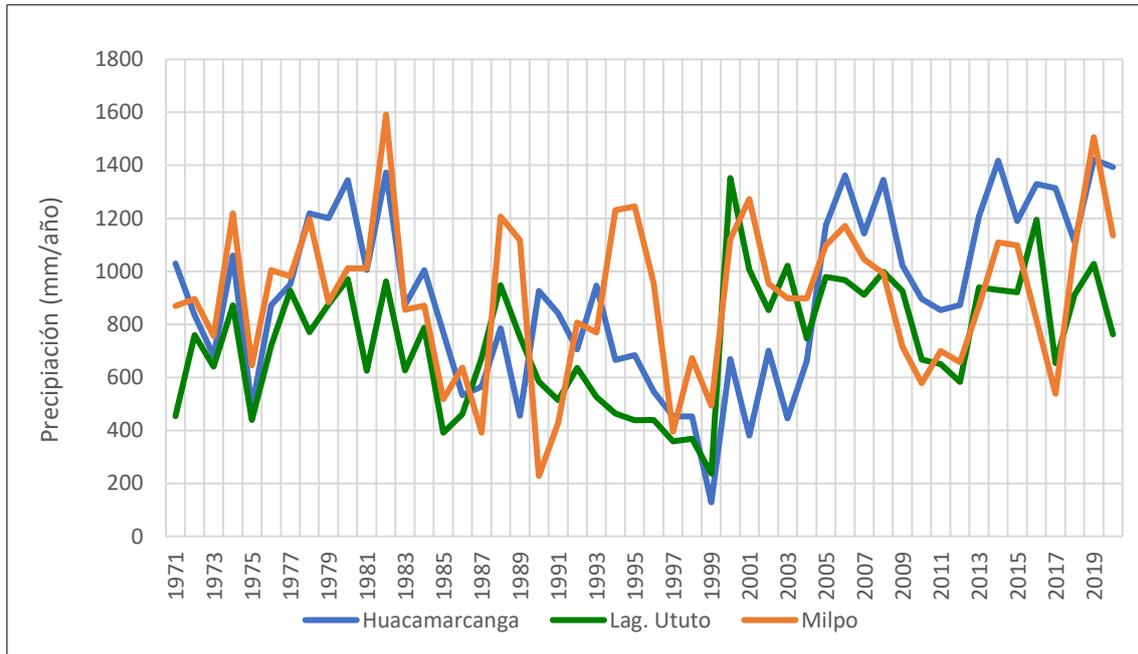
3.1.4.3 GRUPO 3

Las estaciones pluviométricas del grupo 2, son: Huacamarca, Lago Ututuo y Milpo que están ubicadas ente las cotas 3500 a 4200 msnm.

Como se puede apreciar en la Figura 17 se puede visualizar que la variación de la precipitación anual de los registros históricos es similar en las seis estaciones. En el año 1999 la precipitación anual en las estaciones ha sido inferior a 180 mm/año y en el año 2001 se incrementó con precipitaciones comprendidas de 800 a 1400 mm/año.

Figura 17

Variación de la precipitación de las estaciones del grupo 3



3.1.4.3.1 ANALISIS DE DOBLE MASA DEL GRUPO 3

Con la finalidad de verificar la consistencia de la información histórica, se ha efectuado el análisis de doble masa de los registros históricos, cuyos cálculos se presenta en la Tabla 5. En la figura 18 se presenta la curva de masa acumulada, donde se puede observar que las curvas de doble masa no tienen quiebres o saltos significativos.

Tabla 5

Análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 3

Tabla 5

Análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 3

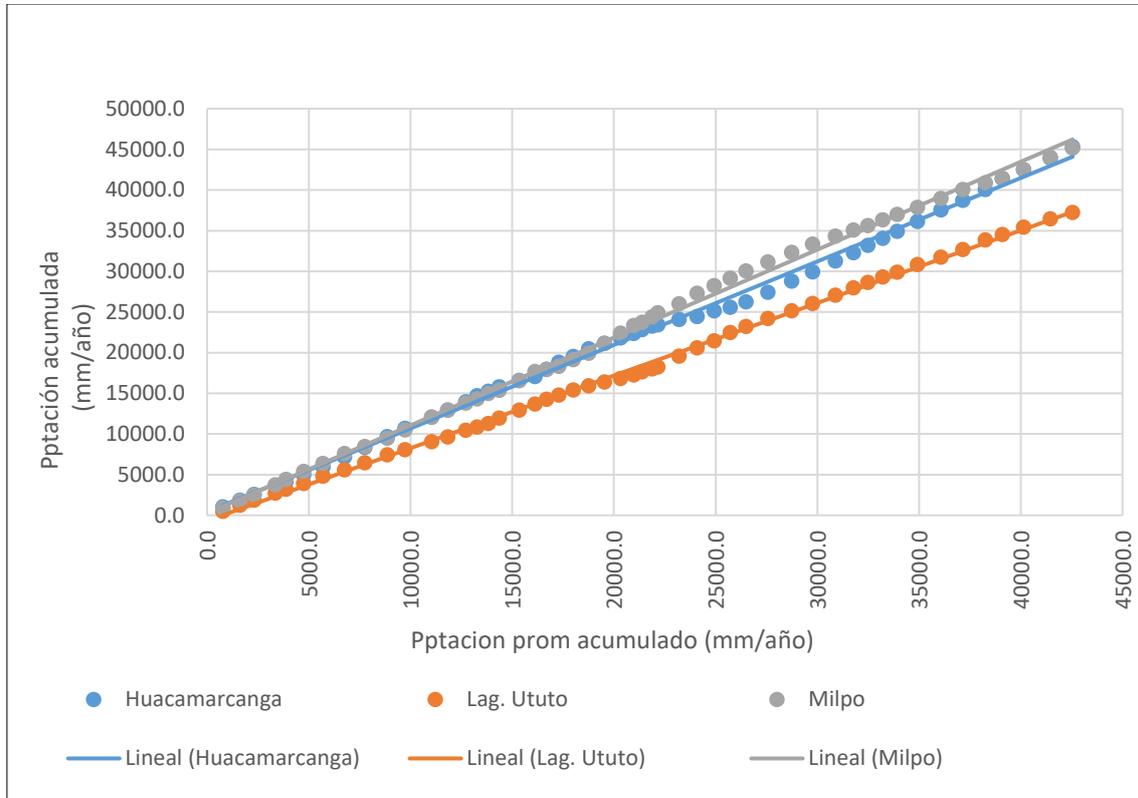
Año	Huacamarca	Lag. Ututo	Milpo	Prom	Acumulado			
					Prom	Huacamarca	Lag. Ututo	Milpo
1971	1029.9	453.7	869.5	784.4	784.4	1029.9	453.7	869.5
1972	834.3	759.7	895.9	830.0	1614.3	1864.2	1213.4	1765.4
1973	680.9	640.2	756.5	692.5	2306.9	2545.1	1853.6	2521.9

1974	1060	871.3	1218.2	1049.8	3356.7	3605.1	2724.9	3740.1
1975	483.5	438.9	644.8	522.4	3879.1	4088.6	3163.8	4384.9
1976	873.3	719.5	1004	865.6	4744.7	4961.9	3883.3	5388.9
1977	950.1	926.6	981.6	952.8	5697.5	5912.0	4809.9	6370.5
1978	1219	770.3	1197.4	1062.2	6759.7	7131.0	5580.2	7567.9
1979	1201	875.6	883.5	986.7	7746.4	8332.0	6455.8	8451.4
1980	1344	970.7	1011.3	1108.7	8855.1	9676.0	7426.5	9462.7
1981	1005	624.7	1011.1	880.3	9735.3	10681.0	8051.2	10473.8
1982	1373	962.4	1591.9	1309.1	11044.4	12054.0	9013.6	12065.7
1983	873	626.6	854.5	784.7	11829.1	12927.0	9640.2	12920.2
1984	1004.1	787.7	870.4	887.4	12716.5	13931.1	10427.9	13790.6
1985	769.3	390.9	517	559.1	13275.6	14700.4	10818.8	14307.6
1986	533.6	460.9	637.2	543.9	13819.5	15234.0	11279.7	14944.8
1987	564.2	673.5	391	542.9	14362.4	15798.2	11953.2	15335.8
1988	784.7	947.8	1206.6	979.7	15342.1	16582.9	12901.0	16542.4
1989	454.4	753.4	1117.4	775.1	16117.2	17037.3	13654.4	17659.8
1990	925.4	583.8	227.9	579.0	16696.2	17962.7	14238.2	17887.7
1991	841.6	513.5	428.5	594.5	17290.7	18804.3	14751.7	18316.2
1992	705	636.2	806.8	716.0	18006.7	19509.3	15387.9	19123.0
1993	946.1	526.5	769.2	747.3	18754.0	20455.4	15914.4	19892.2
1994	665.9	462.9	1231	786.6	19540.6	21121.3	16377.3	21123.2
1995	683.9	438.1	1245.6	789.2	20329.8	21805.2	16815.4	22368.8
1996	547.1	439.7	955.4	647.4	20977.2	22352.3	17255.1	23324.2
1997	452.6	358.3	394.6	401.8	21379.0	22804.9	17613.4	23718.8
1998	452.2	368.1	673.4	497.9	21876.9	23257.1	17981.5	24392.2
1999	128.3	236.7	493.1	286.0	22163.0	23385.4	18218.2	24885.3
2000	669.7	1352.1	1120.6	1047.5	23210.4	24055.1	19570.3	26005.9
2001	379.7	1006.1	1272.3	886.0	24096.5	24434.8	20576.4	27278.2
2002	701.2	853.1	953.3	835.9	24932.3	25136.0	21429.5	28231.5
2003	445.9	1021.1	898.7	788.6	25720.9	25581.9	22450.6	29130.2

2004	662.1	746.3	898.2	768.9	26489.8	26244.0	23196.9	30028.4
2005	1173.3	978.4	1097.8	1083.2	27572.9	27417.3	24175.3	31126.2
2006	1361.5	966.5	1172.3	1166.8	28739.7	28778.8	25141.8	32298.5
2007	1142.3	911.4	1045.1	1032.9	29772.6	29921.1	26053.2	33343.6
2008	1345.5	998.4	991.8	1111.9	30884.5	31266.6	27051.6	34335.4
2009	1021.8	926.2	716.2	888.1	31772.6	32288.4	27977.8	35051.6
2010	895.4	667.1	578.2	713.6	32486.2	33183.8	28644.9	35629.8
2011	853.4	649.5	699.5	734.1	33220.3	34037.2	29294.4	36329.3
2012	873.4	583	657.5	704.6	33924.9	34910.6	29877.4	36986.8
2013	1207.5	939.3	868.9	1005.2	34930.2	36118.1	30816.7	37855.7
2014	1417.9	929.4	1109	1152.1	36082.3	37536.0	31746.1	38964.7
2015	1189.7	920.6	1098.7	1069.7	37151.9	38725.7	32666.7	40063.4
2016	1329.2	1194.4	815.7	1113.1	38265.0	40054.9	33861.1	40879.1
2017	1313.5	653.6	538.2	835.1	39100.1	41368.4	34514.7	41417.3
2018	1111.4	911.1	1085.8	1036.1	40136.2	42479.8	35425.8	42503.1
2019	1422.4	1028.2	1506.8	1319.1	41455.4	43902.2	36454.0	44009.9
2020	1392.9	762.1	1135.3	1096.8	42552.1	45295.1	37216.1	45145.2

Figura 18

Gráfico del análisis de doble masa de los registros históricos de precipitación del grupo 3



3.1.5 PRECIPITACION AREAL DE LA CUENCA DEL RIO SANTA

Sobre la base de los registros históricos de las estaciones de la cuenca del río Santa se ha determinado la precipitación areal de la cuenca del río Santa, lo cual se ha realizado con el software Hydraces y se ha seleccionado el método de Kriging. La precipitación areal de la cuenca es de 646.1 mm/año, cuyos detalles se presenta en la Tabla 6 y Figura 19.

Tabla 6

Precipitación areal en la cuenca del río Santa

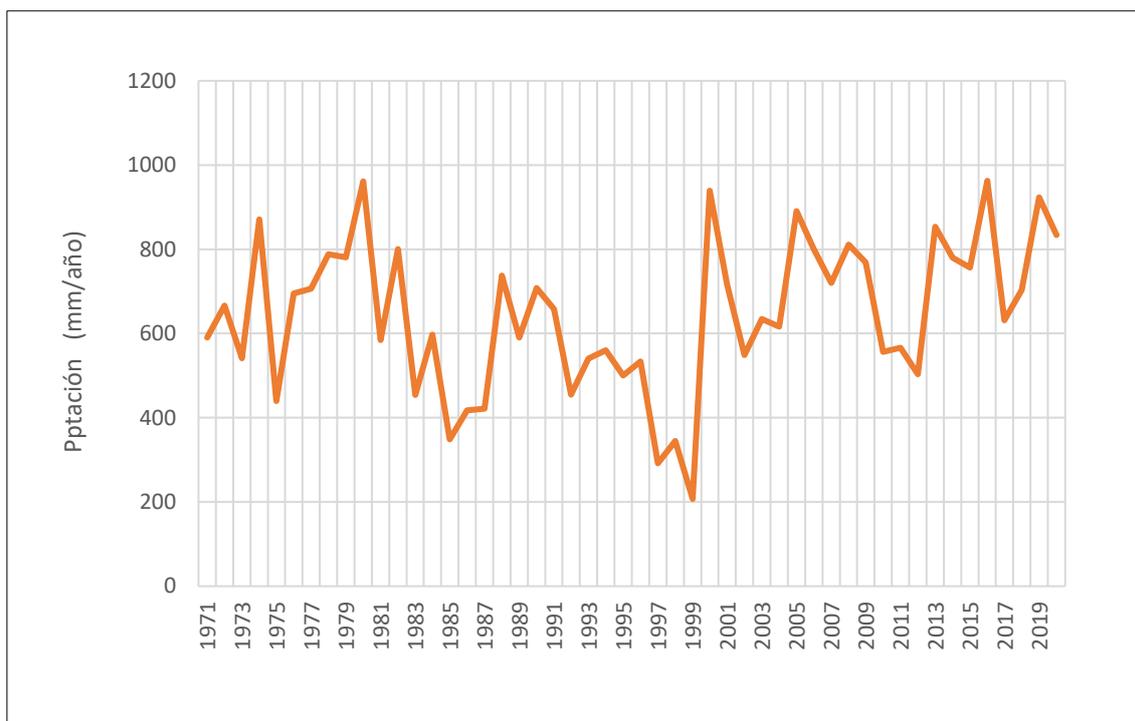
AÑO	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1971	67.8	96.9	152.6	86.5	12.9	1.5	4.2	9.9	10.4	65.2	51.2	31.5	590.6
1972	53.8	126.6	188.1	68.3	17.4	1.1	1.9	2.9	30.1	55.7	38.0	82.2	666.1
1973	112.6	65.4	65.1	54.8	20.9	0.8	0.9	1.1	15.3	103.0	53.3	47.9	541.1

1974	179.9	206.9	156.9	43.2	36.1	2.2	23.6	8.5	29.8	125.0	25.1	33.9	871.1
1975	62.0	52.1	98.6	19.4	16.6	4.1	3.8	15.6	26.0	49.9	39.7	51.5	439.3
1976	43.4	91.6	161.7	89.4	12.4	9.1	1.6	5.0	7.2	67.7	97.8	108.3	695.2
1977	126.1	47.6	121.2	73.0	48.1	8.3	9.1	6.9	56.5	86.6	53.6	69.8	706.8
1978	62.5	89.1	246.9	67.2	13.8	14.8	7.4	12.2	23.8	54.6	72.3	123.4	788.0
1979	132.5	148.7	170.9	78.2	36.6	5.5	10.6	17.9	18.7	20.6	40.6	99.8	780.6
1980	172.6	116.7	153.3	94.0	27.7	10.0	10.0	28.4	61.4	89.0	88.4	109.4	960.9
1981	70.3	154.5	148.1	49.0	5.6	16.0	2.9	4.0	34.2	19.7	28.0	52.5	584.8
1982	113.1	164.0	219.0	69.8	49.5	10.3	4.3	21.6	37.3	40.1	45.5	26.0	800.5
1983	113.6	86.8	123.6	53.0	13.2	8.7	0.9	1.1	3.3	9.3	12.2	28.1	453.8
1984	91.5	181.5	111.0	44.7	18.4	1.9	2.1	0.7	13.2	24.2	55.4	52.8	597.4
1985	31.0	61.2	60.8	32.2	20.5	1.6	6.4	1.6	25.4	25.8	38.9	43.5	348.9
1986	36.1	65.1	153.8	65.5	14.8	0.9	2.2	5.7	23.8	6.5	23.8	19.3	417.5
1987	47.4	37.0	73.5	19.8	6.7	1.9	0.2	4.9	2.7	99.7	74.5	53.0	421.3
1988	90.5	198.4	177.8	43.5	6.6	3.7	0.9	11.5	8.3	56.2	71.1	68.7	737.2
1989	75.3	83.7	94.3	71.0	19.2	6.9	4.4	8.3	18.6	64.7	73.0	71.0	590.4
1990	92.4	73.7	199.5	171.6	11.3	6.5	0.9	1.4	6.8	31.0	36.8	76.0	707.9
1991	73.6	237.3	157.4	52.1	20.8	4.3	2.7	1.8	6.9	36.5	31.3	33.1	657.8
1992	41.3	96.3	98.6	44.5	14.4	1.3	1.6	3.0	39.4	27.9	23.4	63.2	454.9
1993	94.9	94.5	99.2	84.8	14.5	1.1	1.2	6.6	16.4	12.8	30.5	83.8	540.3
1994	138.0	95.7	87.7	53.9	12.8	1.3	1.4	2.0	19.8	16.5	49.4	81.9	560.4
1995	105.7	95.6	73.0	82.8	19.9	2.6	0.8	2.6	12.3	31.0	32.2	42.0	500.5
1996	82.5	139.5	116.6	54.7	13.7	6.5	2.6	9.1	24.2	55.8	15.5	12.9	533.6
1997	34.9	44.4	42.6	19.8	11.0	4.5	0.2	1.6	5.5	44.8	52.8	29.6	291.7
1998	30.0	45.1	96.2	36.5	8.7	1.5	1.0	3.5	3.5	30.7	42.3	45.9	344.9
1999	20.6	25.5	53.7	41.0	8.5	2.5	1.6	2.2	7.0	21.7	10.7	12.3	207.3

2000	58.8	177.8	242.9	113.8	23.3	2.4	3.5	1.3	25.4	77.0	88.7	124.1	939.0
2001	143.1	157.2	172.6	74.9	23.1	5.2	1.1	1.8	15.7	21.6	38.1	62.3	716.7
2002	83.3	85.7	85.2	60.2	20.3	2.9	2.3	2.7	6.7	52.3	59.2	88.3	549.1
2003	119.9	139.7	145.1	73.7	17.9	3.9	0.4	2.5	10.8	55.5	28.0	36.8	634.2
2004	67.1	126.8	35.9	41.9	15.5	3.9	2.0	3.2	20.0	37.6	92.1	170.0	616.0
2005	184.0	205.9	200.4	101.7	10.8	7.4	0.0	1.9	13.3	80.3	31.7	53.3	890.7
2006	115.4	232.7	107.9	74.6	41.3	8.0	2.8	1.5	41.2	25.0	61.1	88.6	800.1
2007	76.9	157.9	138.4	74.3	45.8	3.5	1.4	9.5	26.7	27.8	26.2	131.4	719.8
2008	181.4	103.2	221.6	51.4	20.9	2.4	2.5	0.2	35.3	43.6	91.5	57.1	811.1
2009	51.8	117.0	166.2	78.0	10.5	2.4	1.1	0.2	10.2	111.8	133.1	86.1	768.4
2010	96.9	82.6	111.1	56.2	15.6	4.4	2.9	1.3	5.3	29.4	25.1	125.3	556.1
2011	35.6	110.2	80.0	55.3	14.1	2.9	6.6	0.7	25.8	80.0	70.8	84.0	566.0
2012	66.9	71.4	161.8	49.4	7.6	0.5	0.9	3.5	4.9	29.2	10.4	96.5	503.0
2013	95.5	121.0	249.2	123.1	4.5	11.7	0.9	4.2	12.9	29.5	62.1	138.7	853.3
2014	127.0	50.7	250.3	135.7	26.7	2.4	2.8	3.5	4.4	71.6	56.4	48.8	780.3
2015	136.4	136.6	171.5	82.8	7.2	7.4	4.5	7.6	12.7	98.0	50.8	40.9	756.4
2016	184.4	145.8	193.7	103.3	16.5	4.1	1.9	3.4	4.8	112.8	93.6	98.4	962.7
2017	72.8	83.0	132.6	69.3	26.2	3.4	2.1	1.4	17.4	20.7	73.6	129.1	631.6
2018	104.2	68.4	121.6	137.0	3.4	1.4	5.5	1.6	17.6	16.1	62.9	163.6	703.3
2019	121.9	188.0	186.6	141.3	18.9	5.2	0.5	0.8	23.6	52.3	87.8	96.7	923.6
2020	62.6	157.4	262.8	58.2	28.9	8.2	3.0	9.7	9.0	93.2	35.2	105.5	833.7
Prom	91.6	114.8	142.8	70.4	18.6	4.7	3.2	5.3	18.6	50.8	51.7	73.6	646.1

Figura 19

Variabilidad de la precipitación en la cuenca del río Santa



3.1.6 HIDROMETRIA

Las descargas del río Santa se registra en la estación Cóndor Cerro y se tiene un caudal promedio anual de 140.967 m³/s equivalente a una masa anual de do 4446.06 MMC/año, cuyo 72.3 % está concentrado en los meses de diciembre a marzo con una masa anual de .3198 MMC/año. Los detalles pertinentes se presentan en la Tabla 7 y Figura 20.

Tabla 7

Registro histórico de descargas del río Santa en la estación Cóndor Cerro (m³/s)

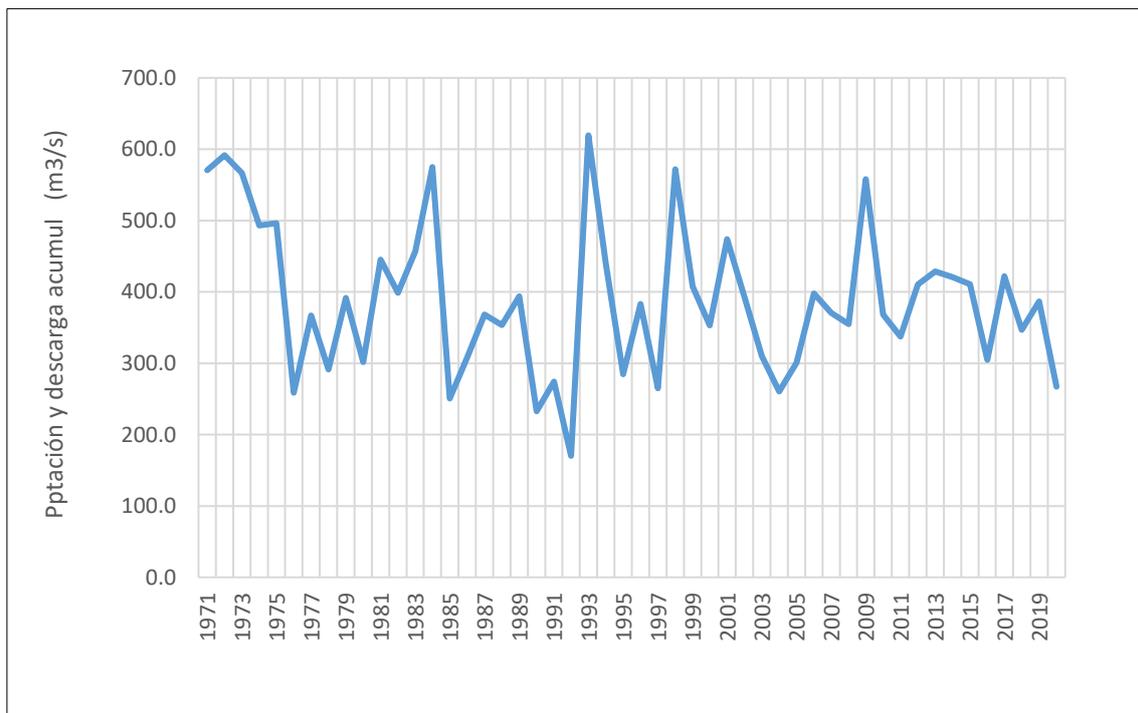
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sap	Oct	Nov	Dtc	Prom
1971	158.498	176.878	571.647	734.304	279.317	66.42	59.79	51.237	41.724	70.668	79.56	228.111	209.891
1972	283.985	385.047	829.289	414.774	187.158	107.092	59.934	49.624	51.144	63.936	65.493	113.355	216.828
1973	256.82	297.179	611.438	583.934	110.62	57.29	44.689	41.078	53.142	86.7	157.007	200.312	207.671
1974	449.917	490.474	507.749	282.428	61.948	51.555	45.391	52.63	51.889	54.444	61.503	65.878	179.638
1975	168.723	365.383	795.427	283.5	166.94	101.147	60.141	46.24	49.251	61.785	50.538	41.065	181.682
1976	105.135	175.821	264.28	155.603	77.613	68.124	48.474	50.495	45.254	44.223	47.161	58.348	94.666
1977	113.917	285.879	278.837	227.379	119.547	75.558	57.699	59.291	59.641	74.183	126.658	141.587	133.914

1978	122.104	223.25	173.924	140.746	113.911	64.137	53.185	42.794	65.886	66.75	100.152	118.44	106.31
1979	125.833	248.506	505.335	231.269	102.074	63.123	51.588	50.616	61.735	73.889	100.828	113.315	143.477
1980	128.77	142.29	129.48	129.983	72.22	64.729	50.677	54.079	72.387	108.728	138.924	238.56	110.747
1981	159.377	477.125	394.021	177.72	86.748	66.864	54.73	47.593	44.422	89.582	171.013	195.027	161.642
1982	175.777	350.225	190.044	192.777	97.735	65.463	48.874	43.04	48.687	107.126	181.832	257.066	146.147
1983	341.403	202.61	386.13	330.833	153.502	89.475	63.765	53.363	53.963	70.464	94.293	176.884	168.067
1984	137.385	711.046	599.96	346.449	171.346	93.497	58.63	45.041	45.136	106.675	78.791	144.012	208.164
1985	142.461	158.507	172.454	174.484	83.499	46.654	35.256	34.402	52.219	53.213	62.726	89.644	91.687
1986	174.276	165.606	198.153	269.232	105.856	54.589	40.77	38.223	39.743	57.007	82.958	131.621	112.766
1987	301.586	292.715	215.411	159.068	113.706	55.173	46.3	41.365	48.878	62.397	114.26	173.576	134.626
1988	254.418	314.397	191.027	243.248	124.017	62.163	46.133	41.388	48.477	61.814	85.661	87.796	128.761
1989	203.242	339.424	345.226	312.688	106.014	61.294	39.877	33.781	37.449	100.527	90.54	67.335	143.396
1990	133.239	131.263	116.598	88.704	52.025	47.964	38.809	38.355	37.773	84.717	143.374	114.299	86.286
1991	120.505	143.835	353.973	134.748	89.977	49.225	38.796	38.557	39.335	54.195	61.608	85.251	100.806
1992	92.148	76.18	131.175	108.765	59.129	38.497	30.504	29.688	29.25	48.145	47.574	60.064	62.664
1993	105.059	324.372	740.336	616.426	170.27	62.004	43.808	38.807	57.645	96.195	202.907	275.851	226.937
1994	369.102	471.795	391.206	262.47	50.031	44.924	48.028	40.631	45.468	44.602	70.605	103.155	169.9
1995	141.888	151.905	227.951	230.104	77.821	46.706	38.657	41.124	42.982	47.319	94.787	114.403	104.26
1996	219.999	309.736	357.374	313.308	103.222	54.47	42.657	41.826	41.212	63.553	73.226	69.691	139.691
1997	103.605	192.155	135.586	73.213	57.95	39.396	37.551	37.579	48.523	52.473	112.276	279.134	96.994
1998	390.387	522.25	617.258	341.269	142.204	70.045	52.344	50.444	50.213	97.77	106.322	83.298	208.602
1999	163.145	508.917	315.505	209.689	118.989	63.017	44.98	43.572	55.902	60.165	66.31	148.448	147.496
2000	110.134	332.253	333.375	231.639	145.974	63.308	43.831	43.843	45.522	53.097	61.247	93.729	128.488
2001	367.909	307.281	500.886	227.114	77.96	56.627	47.839	44.468	49.759	57.371	172.958	180.729	173.67
2002	154.346	202.809	383.796	283.62	95.011	55.494	50.969	41.155	41.916	73.746	166.597	185.11	144.162
2003	165.071	221.185	258.159	190.291	85.061	56.344	46.923	44.253	42.514	63.105	60.805	135.421	113.606
2004	104.536	167.166	137.961	123.908	66.442	44.812	36.429	34.902	33.852	81.862	149.154	167.651	96.221
2005	148.376	179.794	294.185	185.126	78.217	54.337	48.295	45.867	47.282	62.575	67.696	115.819	110.304
2006	129.551	221.918	392.904	387.082	98.701	63.914	47.127	43.007	45.843	57.883	88.25	178.889	146.634
2007	218.343	196.786	320.957	330.607	117.025	59.684	46.002	43.383	39.401	64.001	107.782	90.223	136.706
2008	227.687	250.136	279.922	243.303	100.21	52.894	46.112	39.555	38.994	80.323	109.729	98.127	129.812
2009	251.185	418.725	489.253	439.653	130.234	66.312	52.656	46.564	48.01	93.571	141.03	284.656	203.743
2010	233.228	267.359	270.399	227.93	120.404	55.284	47.469	45.728	43.786	52.299	88.402	172.766	134.683
2011	213.348	217.694	208.428	283.995	92.656	50.003	40.485	42.169	38.855	42.917	76.896	181.816	123.464

2012	233.496	322.99	258.136	303.221	136.875	54.017	43.013	43.148	43.167	61.79	155.758	154.335	149.643
2013	190.594	265.935	529.8	270.382	73.177	39.441	28.159	33.162	45.386	96.76	99.235	219.158	167.191
2014	213.958	286.715	466.945	206.523	181.315	64.336	47.758	44.865	48.124	56.57	79.981	158.641	164.16
2015	276.995	246.538	382.381	241.55	158.991	68.01	46.502	46.919	50.229	64.304	86.077	144.775	160.766
2016	132.237	254.192	286.93	188.159	79.617	52.636	42.125	45.406	52.552	55.81	63.031	92.152	111.164
2017	188.733	221.822	466.572	316.281	174.99	80.241	55.925	52.174	52.06	63.627	65.871	123.258	164.872
2018	195.241	163.427	310.098	263.583	120.358	56.963	41.909	38.347	35.759	62.236	122.429	120.115	127.33
2019	166.084	303.378	348.8	222.435	108.206	62.099	47.428	42.718	46.799	56.704	88.064	213.792	141.294
2020	152.259	184.714	175.595	131.658	99.755	49.26	38.186	39.253	34.798	40.856	52.268	180.182	97.864
Prom	200.651	271.955	355.133	257.229	107.104	60.038	45.993	42.881	45.844	65.506	95.842	143.626	140.967
Max	449.917	711.046	829.289	734.304	279.317	107.092	66.221	84.693	72.387	108.728	202.907	288.325	829.289
Min	50.426	69.461	116.598	73.213	41.774	23.661	22.924	25.176	24.265	26.752	24.933	36.74	22.924

Figura 20

Hidrograma del rio Santa del periodo (1971-2020) en la estación C6ndor Cerro



3.1.7 ANALISIS DE CONSISTENCIA DE LOS REGISTROS DE DESCARGAS DEL RIO SANTA

Con la finalidad de evaluar la calidad de los registros históricos de descargas del río Santa del periodo (1971-2020), se ha efectuado un análisis de doble masa, para lo cual las descargas se han dividido por el área de la cuenca del río Santa para tener las unidades en milímetros y comparara con la precipitación areal.

Con la información elaborada se ha efectuado el análisis de doble cuyos detalles se presenta en la tabla 8 y en las figuras 21 y 22.

Figura 21

Variación de precipitación areal y escorrentía del río Santa del periodo (1971-2020)

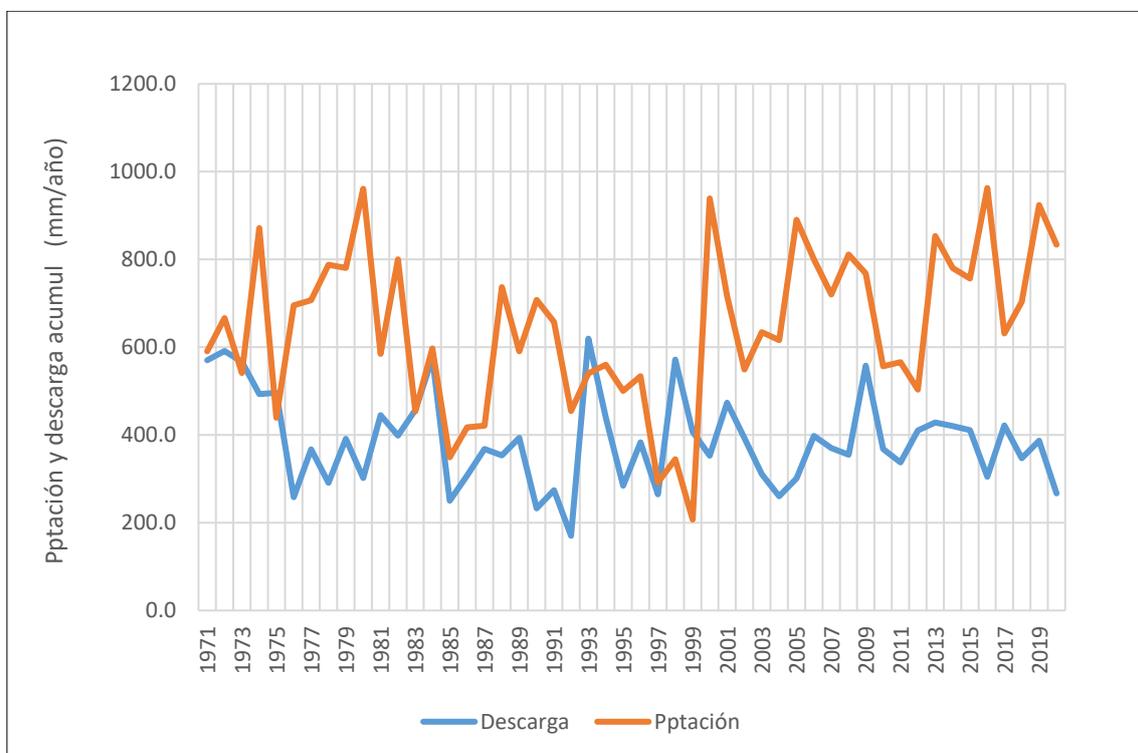


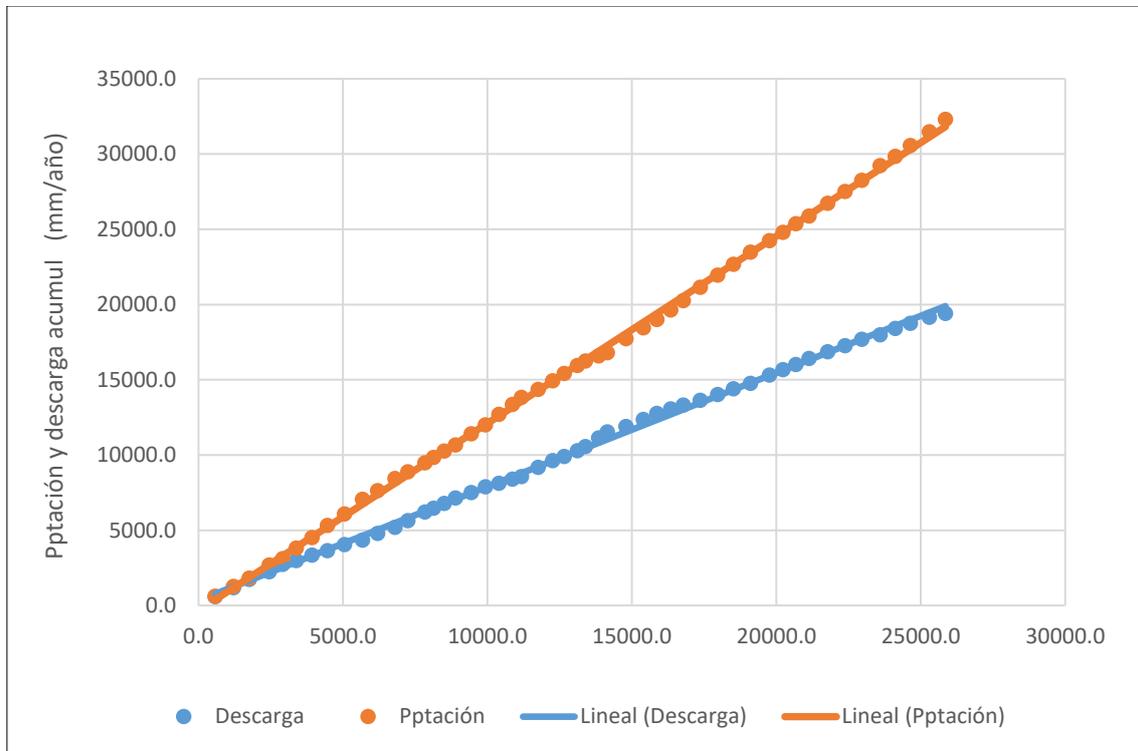
Tabla 8*Análisis de doble masa de precipitación areal y escorrentía del río Santa (1971-2020)*

Año	Descarga	Pptación	Prom	Acumulado		
				Prom	Descarga	Pptación
1971	570.6	590.6	580.6	580.6	570.6	590.6
1972	591.6	666.1	628.9	1209.5	1162.3	1256.7
1973	566.6	541.1	553.8	1763.3	1728.9	1797.8
1974	493.1	871.1	682.1	2445.4	2221.9	2668.9
1975	496.3	439.3	467.8	2913.2	2718.2	3108.2
1976	258.5	695.2	476.8	3390.0	2976.7	3803.4
1977	367.1	706.8	537.0	3927.0	3343.8	4510.2
1978	291.3	788	539.6	4466.6	3635.1	5298.2
1979	391.6	780.6	586.1	5052.7	4026.7	6078.8
1980	301.6	960.9	631.2	5684.0	4328.3	7039.7
1981	445.1	584.8	515.0	6198.9	4773.4	7624.5
1982	398.5	800.5	599.5	6798.5	5171.9	8425
1983	457.0	453.8	455.4	7253.9	5628.9	8878.8
1984	575.1	597.4	586.3	7840.1	6204.0	9476.2
1985	250.5	348.9	299.7	8139.8	6454.6	9825.1
1986	307.7	417.5	362.6	8502.5	6762.3	10242.6
1987	368.1	421.3	394.7	8897.2	7130.4	10663.9
1988	353.6	737.2	545.4	9442.6	7484.1	11401.1
1989	393.7	590.4	492.1	9934.6	7877.8	11991.5
1990	232.8	707.9	470.3	10405.0	8110.5	12699.4
1991	274.2	657.8	466.0	10871.0	8384.7	13357.2
1992	170.2	454.9	312.6	11183.5	8554.9	13812.1
1993	619.5	540.3	579.9	11763.4	9174.4	14352.4
1994	440.1	560.4	500.2	12263.6	9614.5	14912.8

1995	284.5	500.5	392.5	12656.2	9899.0	15413.3
1996	383.0	533.6	458.3	13114.5	10282.1	15946.9
1997	265.0	291.7	278.4	13392.8	10547.1	16238.6
1998	571.9	344.9	458.4	13851.3	11119.0	16583.5
1999	407.6	207.3	307.4	14158.7	11526.6	16790.8
2000	353.0	939	646.0	14804.7	11879.6	17729.8
2001	473.8	716.7	595.3	15400.0	12353.5	18446.5
2002	393.1	549.1	471.1	15871.1	12746.5	18995.6
2003	310.3	634.2	472.2	16343.3	13056.8	19629.8
2004	260.3	616	438.2	16781.4	13317.1	20245.8
2005	300.8	890.7	595.8	17377.2	13617.9	21136.5
2006	397.7	800.1	598.9	17976.1	14015.6	21936.6
2007	370.3	719.8	545.1	18521.2	14386.0	22656.4
2008	355.1	811.1	583.1	19104.3	14741.1	23467.5
2009	557.9	768.4	663.1	19767.4	15299.0	24235.9
2010	368.3	556.1	462.2	20229.6	15667.2	24792
2011	337.5	566	451.7	20681.3	16004.7	25358
2012	410.2	503	456.6	21137.9	16414.8	25861
2013	428.6	853.3	640.9	21778.9	16843.4	26714.3
2014	420.5	780.3	600.4	22379.3	17263.9	27494.6
2015	410.9	756.4	583.7	22962.9	17674.8	28251
2016	304.8	962.7	633.7	23596.6	17979.6	29213.7
2017	421.8	631.6	526.7	24123.4	18401.4	29845.3
2018	346.8	703.3	525.1	24648.4	18748.3	30548.6
2019	386.7	923.6	655.2	25303.6	19135.0	31472.2
2020	267.1	833.7	550.4	25854.0	19402.1	32305.9

Figura 22

Análisis de doble masa de precipitación y escorrentía de la cuenca del río Santa (1971-2020)



3.2 DEMANDA HÍDRICA DE LA IRRIGACIÓN CHINECAS

El consumo de agua por las plantas está expresado por el volumen de agua que éstas necesitan reponer (volumen perdido por evaporación del suelo adyacente y la transpiración de los cultivos por las estomas) durante su periodo vegetativo, a esto se le denomina la ETc o evapotranspiración real del cultivo.

La evapotranspiración de cultivos (ETc) se determina a partir de la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo, llamada evapotranspiración potencial). La ETo es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. Dentro de varios métodos existentes para determinar la evapotranspiración potencial, es recomendable trabajar con el método de la FAO, donde se encuentra incluido el método de Penman-Monteith, tal como lo establece el Manual N° 56 de la FAO. Por tanto, se ha utilizado el mejor método empírico.

La demanda de agua en los diferentes sectores de riego, como la del valle de Santa Lacramarca y Nepeña se ha utilizado los planes de Cultivo y Riego. Con estas

consideraciones se ha elaborado la cédula de cultivo, primer paso a tener en cuenta en una demanda de agua.

Las demandas de agua para riego se han calculado con el programa CROPWATT versión 8.0 de la FAO (que utiliza la fórmula Penman - Monteith); bajo las siguientes consideraciones:

La información climática de las estaciones meteorológicas Santa, Rinconada y Tangay, las dos primeras ya desactivadas y la última es una estación meteorológica portátil de propiedad del Proyecto Especial CHINECAS y que está operando con ciertas limitaciones.

La cédula de cultivo fue elaborada en concordancia a las cédulas, no del PCR programada sino del seguimiento de PCR con intensidades de cultivo del orden de 1.3, ocurridos en los últimos 05 años en cada Junta de Usuarios; información coordinada con O&M de las Juntas de Usuarios y con datos del PSI-PES.

Las eficiencias de conducción y distribución del agua en el riego fueron establecidas en base a información recibida de las Juntas de Usuarios. Las mismas que fueron reportadas por el PSI-PES, en los informes mensuales quienes aforaron los canales e hicieron seguimiento a la variación de estos valores de eficiencia de conducción, distribución y aplicación por espacio de más de 03 años.

Los resultados obtenidos con el programa de cómputo CROPWATT difieren mucho de los módulos de riego recomendados por la Administración Local de Aguas del Distrito de Riego Santa Lacramarca, cuyos valores son obsoletos con más de 20 años de antigüedad que no han sido convenientemente actualizados por tanto no son aplicables.

En el cálculo de la demanda de agua para el Valle Santa Lacramarca, se está considerando las áreas de mejoramiento de los sistemas de riego IRCHIM, canal Chimbote, Santa y San Bartolo (estas 03 a nivel de Junta de Usuarios). Para las áreas de reserva vendida y por venderse por el proyecto especial CHINECAS de aquí a 10 años.

Módulos de riego en el Valle Santa Lacramarca

En el Valle Santa Lacramarca se vienen utilizando módulos de riego, para los cálculos de consumo de agua de los cultivos a nivel de toma parcelaria, que son aplicados desde el

año 1981, los cuales fueron calculados por la Ex Dirección General de Aguas y Suelos con el método Blaney Criddle, en esa oportunidad se recomendó seguir con la investigación y actualización de estos módulos, actividad que en estos valles no se ha realizado por la ALA-SLN, ni directamente por su personal ni encargado por consultoría estos estudios.

Los coeficientes o módulos de riego que en la actualidad se utilizan en la formulación de Planes de Cultivo y Riego, en el valle Santa Lacramarca a la fecha no han sido validados con investigaciones, actualizaciones de métodos (Penman Monteith) ni trabajos de campo, cuando se comparan estos módulos; en consecuencia no son aplicables: sin embargo son usados para la elaboración del documento de PCR que luego que se hace el seguimiento del mismo existen diferencias de más de 100% entre lo programado y consumido, por ejemplo el módulo de riego para el algodón Tanguis (9 meses de periodo vegetativo) es de 11,500m³; sin embargo el presente estudio para una eficiencia de aplicación futura de riego por el método de surcos del 55% (la cual se estima en 45%) y con la ETo y Kc bien calculados y revisados arrojan un módulo de riego de 23,158.67m³, existiendo una diferencia de más del 101.38% lo que hace de estos módulos inaplicables para la elaboración del PCR. Se ha determinado el Kc de los cultivos en su periodo vegetativo según cedula de cultivo con el programa CROPWATT versión 8.0 de la FAO y se ha exportado al Excel. Para luego calcular la Evapotranspiración real de cada cultivo para determinar finalmente el consumo de agua por mes por hectárea de cada cultivo.

3.2.1 Determinación de las demandas (uso consuntivo y no consuntivo)

3.2.1.1 Demanda hídrica consuntiva

En el ámbito del sistema hidráulico común del Río Santa, que comprende a los operadores de los Sectores Hidráulicos Mayores CHAVIMOCHIC y CHINECAS, la demanda hídrica está conformada por la demanda agrícola, la demanda poblacional y la demanda ecológica.

Demanda agrícola

La demanda agrícola del Sistema Hidráulico Común del Río Santa aguas debajo de la estación hidrométrica Condorcerro es de un volumen de 1,412.83 Hm³, correspondiente al Sector Hidráulico Mayor CHAVIMOCHIC 621.79 Hm³ y al Sector Hidráulico Mayor CHINECAS 791.04 Hm³ anuales, como se presentan en las tablas 9 y 10.

Tabla 9*Demanda agrícola del P.E. CHAVIMOCHIC. Fuente: ALA SLN.*

DEMANDAS PROYECTADAS DE AGUA DE USUARIOS MARGEN DERECHO DEL RIO SANTA AÑO HIDROLOGICO 2021-2022													
Usuarios	Vol Hm3	Programación mensual (Hm3)											
		2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
		31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31
USO AGRARIO	621.80	41.75	41.59	53.46	57.87	59.39	62.64	51.08	55.62	53.63	50.22	55.03	39.52
Demanda proyectada JU Chao	53.95	4.45	3.86	7.62	6.62	5.76	3.72	2.64	3.61	3.38	3.40	4.49	4.40
Demanda proyectada JU Viru	66.52	5.87	5.74	5.98	5.16	6.88	4.66	4.98	5.74	5.97	6.84	4.50	4.20
Demanda de Agua Cuenca Rio Moche	54.62	4.68	5.20	5.13	8.10	4.23	11.71	1.68	0.02	0.06	3.57	4.74	5.50
Junta de Usuarios de Riego Presurizado del distrito de Riego Moche, Viru Chao	419.86	24.80	24.84	32.68	35.89	40.07	39.60	38.93	42.85	42.42	34.86	39.35	23.57
Junta de Usuarios Sector hidráulico Menor Guadalupito	26.85	1.95	1.95	2.05	2.10	2.45	2.95	2.85	3.40	1.80	1.55	1.95	1.85
Volumen Total (Hm3)	621.80	41.75	41.59	53.46	57.87	59.39	62.64	51.08	55.62	53.63	50.22	55.03	39.52
Caudal Promedio(m3/s)		15.59	16.05	19.96	22.33	22.17	23.39	21.11	20.77	20.69	18.75	21.23	14.76

Tabla 10*Demanda agrícola del P.E. CHINECAS. Fuente: ALA SLN.*

DEMANDAS PROYECTADAS DE AGUA DE USUARIOS MARGEN IZQUIERDO DEL RIO SANTA AÑO HIDROLOGICO 2021-2022													
Usuarios	Volumen Hm3	Programación mensual (Hm3)											
		2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
		31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31
USO AGRARIO	791.04	44.08	43.75	67.22	76.44	74.96	77.53	81.34	76.31	73.79	70.70	56.06	48.86
Demanda proyectada JU IRCHIM	390.71	26.50	22.09	30.12	32.78	35.86	38.50	38.58	39.60	39.76	35.92	26.30	24.70
Demanda proyectada JU SANTA	154.97	2.53	8.84	17.82	24.55	18.16	17.00	17.26	9.69	8.94	11.43	9.80	8.95
Demanda Proyectada JU ÑEPEÑA	145.27	9.56	8.83	10.84	11.51	12.24	13.31	15.82	16.53	14.96	14.10	9.51	8.06
Areas Nuevas Cascajal P.E CHINECAS	63.58	4.54	2.57	5.52	4.58	5.48	5.37	5.80	6.22	5.66	4.86	7.55	5.43
Areas Nuevas Ñepeña P.E CHINECAS	36.51	0.95	1.42	2.92	3.02	3.22	3.35	3.88	4.27	4.47	4.39	2.90	1.72
Volumen Total (Hm3)	791.04	44.08	43.75	67.22	76.44	74.96	77.53	81.34	76.31	73.79	70.70	56.06	48.86
Caudal Promedio(m3/s)		16.46	16.88	25.10	29.49	27.99	28.95	33.62	28.49	28.47	26.40	21.63	18.24

Tabla 11*Resumen de la demanda agrícola del P.E. CHAVIMOCHIC. Fuente: ALA SLN.*

DEMANDAS PROYECTADAS DE AGUA DE USUARIOS MARGEN DERECHO DEL RIO SANTA AÑO HIDROLOGICO 2021-2022													
Programación mensual (Hm3)													
Usuarios	Volumen Hm3	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
		31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31
Volumen Total (Hm3)	621.80	41.75	41.59	53.46	57.87	59.39	62.64	51.08	55.62	53.63	50.22	55.03	39.52
Caudal Promedio(m3/s)		15.59	16.05	19.96	22.33	22.17	23.39	21.11	20.77	20.69	18.75	21.23	14.76

Tabla 12

Resumen de la demanda agrícola del P.E. CHINECAS. Fuente: ALA SLN.

DEMANDAS PROYECTADAS DE AGUA DE USUARIOS MARGEN IZQUIERDO DEL RIO SANTA AÑO HIDROLOGICO 2021-2022													
Programación mensual (Hm3)													
Usuarios	Volumen Hm3	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
		31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31
Volumen Total (Hm3)	791.04	44.08	43.75	67.22	76.44	74.96	77.53	81.34	76.31	73.79	70.70	56.06	48.86
Caudal Promedio(m3/s)		16.46	16.88	25.10	29.49	27.99	28.95	33.62	28.49	28.47	26.40	21.63	18.24

En la tabla N°11, se observa que el P.E. CHAVIMOCHIC requiere un volumen total para su uso agrario de 621.80Hm3, además que solicita como caudal máximo 23.39m3/s registrado en el mes de Enero; y en la tabla N°12 se observa que el P.E. CHINECAS requiere un volumen total para su uso agrario de 791.04Hm3, además que solicita como caudal máximo 33.62m3/s registrado en el mes de Febrero

Tabla 13

Resumen de las demandas agrícolas de los Proyectos Especiales. Fuente: ALA SLN.

Programación mensual (Hm3)													
Usuarios	Volumen Hm3	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
		31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31
PROYECTO ESPECIAL CHINECAS													
Volumen Total (Hm3)	791.04	44.08	43.75	67.22	76.44	74.96	77.53	81.34	76.31	73.79	70.70	56.06	48.86
Caudal Promedio(m3/s)	25.14	16.46	16.88	25.10	29.49	27.99	28.95	33.62	28.49	28.47	26.40	21.63	18.24
PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC													
Volumen Total (Hm3)	621.80	41.75	41.59	53.46	57.87	59.39	62.64	51.08	55.62	53.63	50.22	55.03	39.52
Caudal Promedio(m3/s)	19.73	15.59	16.05	19.96	22.33	22.17	23.39	21.11	20.77	20.69	18.75	21.23	14.76

DEMANTA TOTAL USO AGRICOLA

Volumen Total (Hm3)	1412.84	85.83	85.34	120.68	134.31	134.35	140.17	132.42	131.93	127.42	120.92	111.09	88.38
Caudal Promedio(m3/s)	44.87	32.05	32.92	45.06	51.82	50.16	52.33	54.74	49.26	49.16	45.15	42.86	33.00

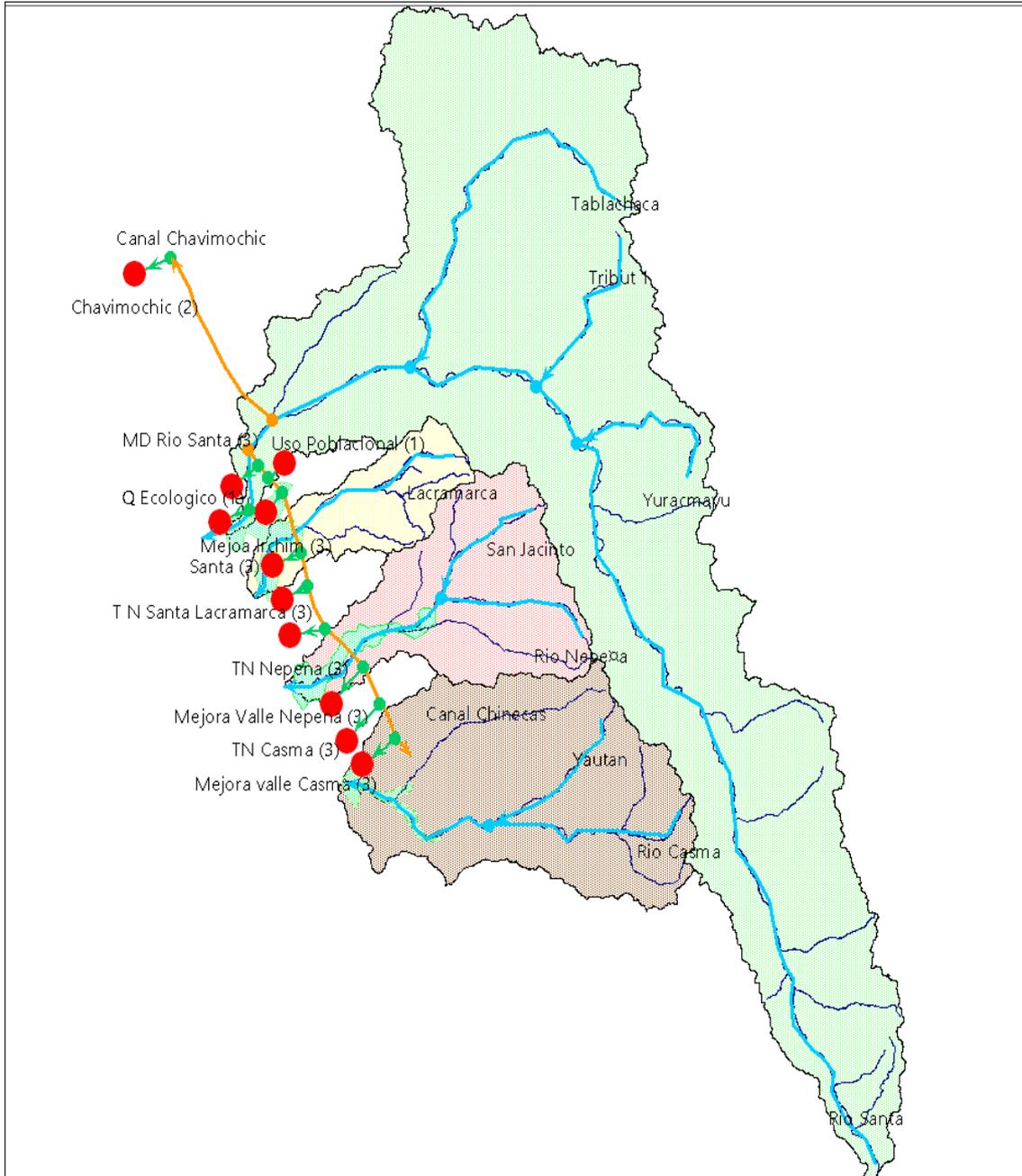
Según la información plasmada por la tabla N°13, se determina que el caudal total requerido por los Proyectos Especiales en ambos márgenes del río Santa para el uso agrícola es de 44.87 m³/s en el sistema común del río Santa. El P.E. CHINECAS requiere el 56.03% equivalente a 25.14 m³/s y el P.E. CHAVIMOCHIC el 43.97%. equivalente a 19.73 m³/s.

3.3 SIMULACIÓN HIDROLÓGICA

La simulación hidrológica del proyecto CHINECAS se ha desarrollado usando el software WEAP, cuya topología se presenta en la figura 23.

Figura 23

Topología del modelo hidrológico del proyecto CHINECAS



OFERTA HIDRICA

La oferta hídrica del proyecto CHINECAS procede de la cuenca del río Santa que tiene una oferta promedio anual de 4388.35 MMC/año, medido en la estación limnigráfica Cónдор Cerro, cuyos detalles se presentan en la Tabla 14 y figura 24.

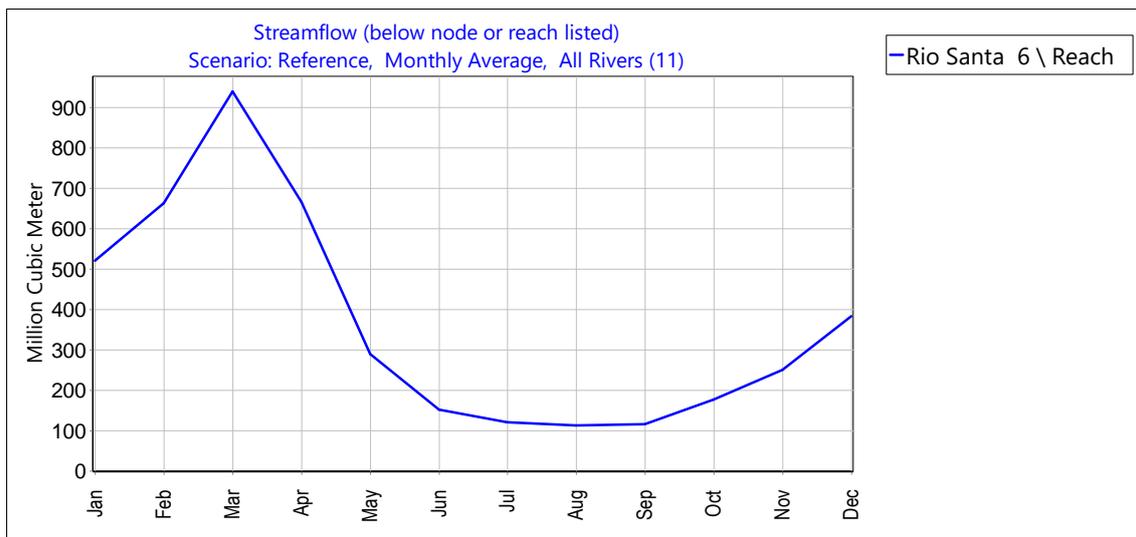
Tabla 14

Oferta hídrica de la cuenca del rio Santa

Nombre	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Sum
Rio Santa	519.90	662.95	939.56	665.69	289.21	152.42	120.57	112.56	116.29	176.44	249.72	383.04	4388.35

Figura 24

Oferta hídrica de la cuenca del rio Santa



DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO CHINECAS

La demanda de agua del proyecto CHINECAS es de 1273.51 MMC/año, constituido por las demandas de agua de los siguientes sectores de riego: Santa, Mejoramiento de la irrigación Chimbote, Mejoramiento del valle de Casma, mejoramiento del valle de Nepeña, Tierras Nuevas del santa, Tierras Nuevas de Casma, Tierras Nuevas de Nepeña, uso poblacional y el caudal ecológico del rio Santa aguas debajo de la bocatoma “La Víbora”. En éste mismo análisis se ha incluido la demanda de agua del proyecto de Chavimochic, cuyos valores se presenta en la Tabla 15 y figura 25.

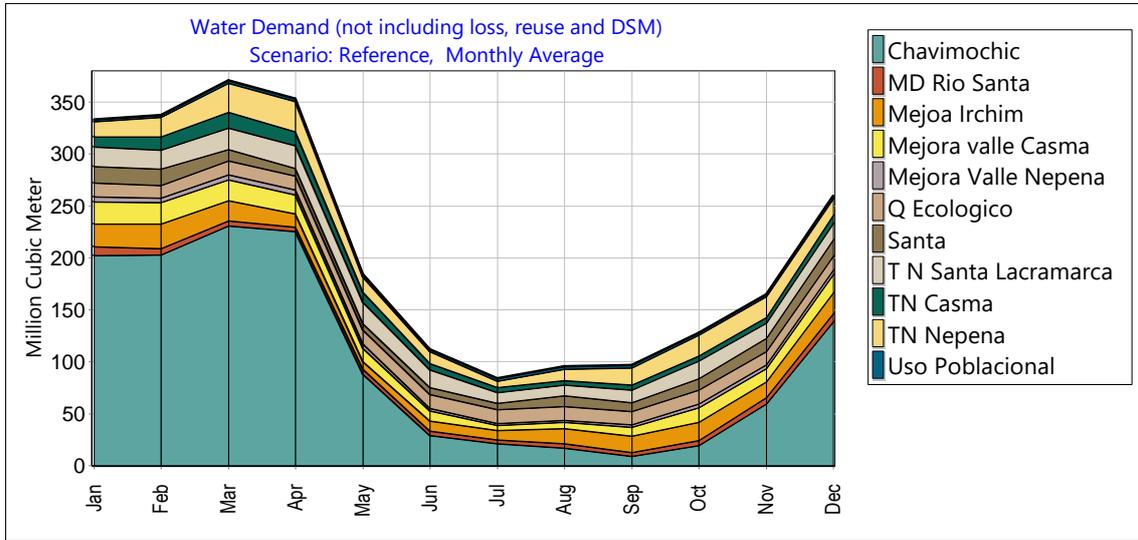
Tabla 15

Demanda de agua del proyecto CHINECAS

Branch	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Chavimochic	202.46	202.82	231.05	225.34	88.41	29.33	21.20	16.95	8.94	19.24	59.38	138.73	1243.85
MD Rio Santa	8.28	6.01	4.67	4.50	4.53	4.14	3.67	4.06	4.09	5.31	6.50	7.70	63.46
Mejora Ircchim	21.87	23.91	19.28	12.62	7.33	9.85	9.20	15.10	15.25	17.68	14.97	19.88	186.94
Mejora valle Casma	21.38	20.61	20.33	18.47	13.05	9.34	5.03	5.86	8.93	13.59	12.93	17.89	167.41
Mejora Valle Nepeña	4.68	4.46	4.56	4.75	3.87	2.90	1.60	1.61	2.39	3.53	3.21	3.96	41.52
Q Ecologico	13.39	12.10	13.39	12.96	13.39	12.96	13.39	13.39	12.96	13.39	12.96	13.39	157.68
Santa	16.10	15.74	11.45	7.76	6.04	7.09	6.05	10.45	8.24	11.23	12.97	15.89	129.01
T N Santa Lacramarca	18.94	18.07	20.63	21.49	20.74	16.48	10.60	10.51	12.00	16.74	14.32	15.94	196.46
TN Casma	9.63	13.04	14.76	13.31	9.58	6.40	4.48	3.91	5.15	5.10	5.71	7.58	98.65
TN Nepeña	14.27	18.79	28.31	29.62	14.98	11.25	6.29	11.18	16.35	19.90	19.86	16.11	206.91
Uso Poblacional	2.16	1.95	2.09	2.16	2.16	2.09	2.16	2.16	2.09	2.16	2.09	2.16	25.47
Total	333.17	337.50	370.53	352.98	184.09	111.83	83.67	95.18	96.39	127.87	164.90	259.24	2517.36

Figura 25

Demanda de agua del proyecto CHINECAS



DEMANDA NO ATENDIDA

De la corrida del modelo WEAP, se ha determinado que la demanda no atendida del proyecto CHINECAS es 62.606 MMC/año, los cuales están concentrados en los meses de agosto a diciembre. Los detalles pertinentes se presentan en la Tabla 16 y Figura 26 y en el anexo 2 la corrida correspondiente al periodo (1964-2020)

Tabla 16

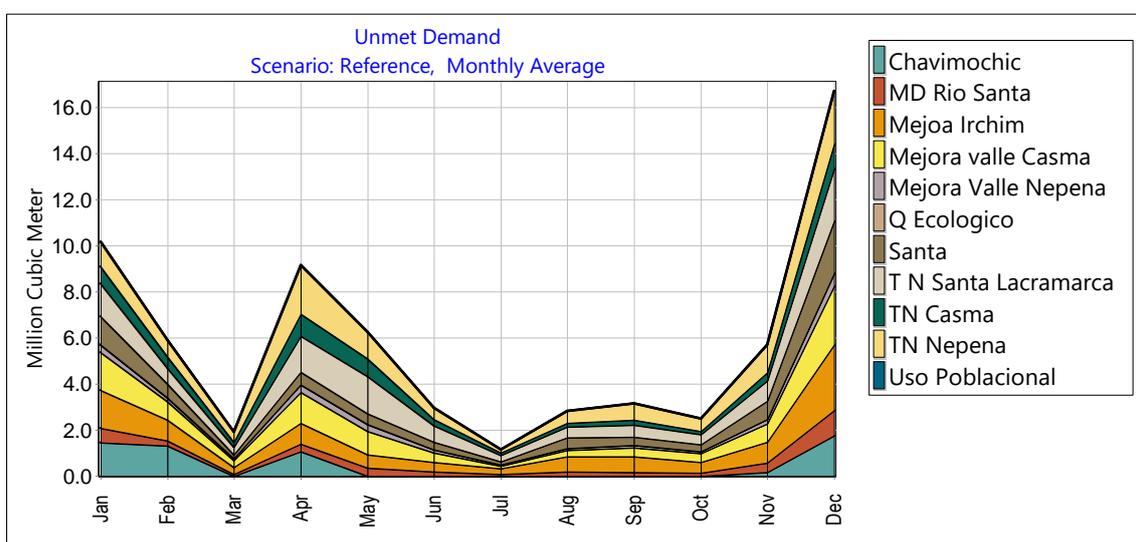
Demanda no atendida del proyecto CHINECAS (MMC)

Demand Site	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Sum
Chavimochic	1.456	1.314	0.000	1.075	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.172	1.758	5.776
MD Rio Santa	0.626	0.228	0.072	0.322	0.353	0.182	0.091	0.182	0.178	0.141	0.397	1.095	3.867
Mejoa Irchim	1.655	0.908	0.299	0.907	0.572	0.433	0.228	0.679	0.666	0.473	0.916	2.830	10.565
Mejora valle Casma	1.618	0.783	0.315	1.327	1.019	0.411	0.124	0.263	0.390	0.364	0.791	2.547	9.952
Mejora Valle Nepena	0.353	0.169	0.070	0.341	0.301	0.127	0.039	0.072	0.104	0.094	0.195	0.562	2.427
Q Ecologico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Santa	1.218	0.598	0.177	0.556	0.471	0.312	0.150	0.470	0.360	0.300	0.794	2.262	7.667

Demand Site	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Sum
T N Santa Lacramarca	1.433	0.686	0.320	1.544	1.620	0.725	0.263	0.472	0.524	0.448	0.876	2.269	11.181
TN Casma	0.728	0.495	0.229	0.956	0.748	0.281	0.111	0.175	0.224	0.136	0.348	1.078	5.509
TN Nepena	1.080	0.714	0.439	2.128	1.170	0.495	0.156	0.502	0.714	0.532	1.215	2.293	11.439
Uso Poblacional	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	10.165	5.895	1.921	9.156	6.255	2.966	1.162	2.815	3.158	2.488	5.705	16.695	68.382

Figura 26

Demanda no atendida del proyecto CHINECAS (MMC)



COBERTURA DE LA DEMANDA DEL PROYECTO CHINECAS

La cobertura de la demanda de agua para el proyecto CHINECAS no llega al 100% en ninguna época de año. Alcanza la máxima cobertura en el mes de marzo con 98.5% y la cobertura más baja es de 85.8% en el mes de diciembre, tal como se detalla en la tabla 17 y Figura 27 y en el anexo 3 la corrida correspondiente al periodo (1964-2020).

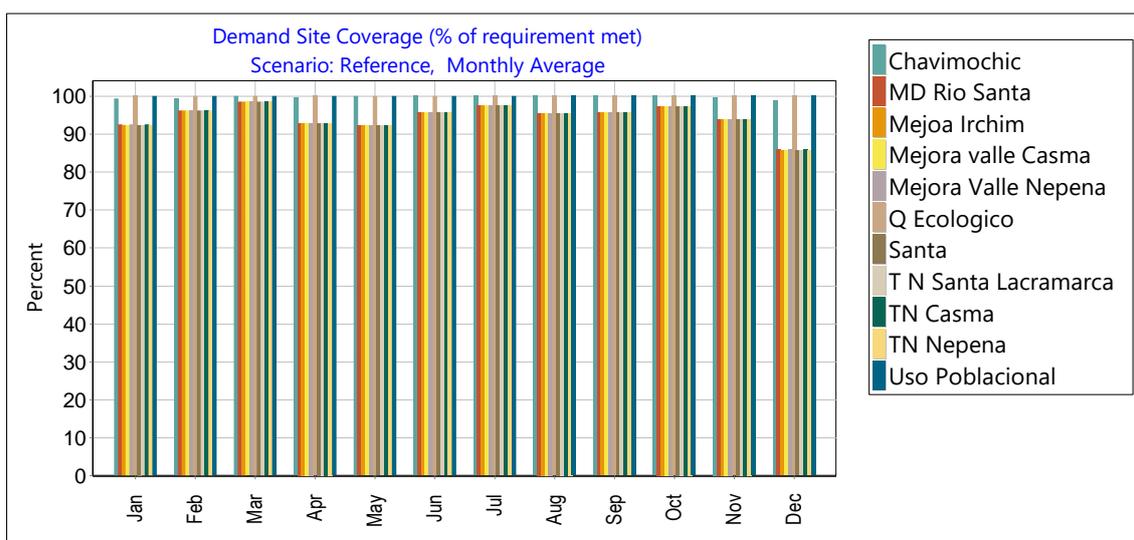
Tabla 17

Cobertura de la demanda del proyecto CHINECAS (%)

Demand Site	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Chavimochic	99.3	99.4	100.0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	98.7
MD Rio Santa	92.4	96.2	98.5	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.7	97.3	93.9	85.8
Mejoa Irchim	92.4	96.2	98.4	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.6	97.3	93.9	85.8
Mejora valle Casma	92.4	96.2	98.4	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.6	97.3	93.9	85.8
Mejora Valle Nepena	92.5	96.2	98.5	92.8	92.2	95.6	97.5	95.6	95.7	97.3	93.9	85.8
Q Ecologico	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Santa	92.4	96.2	98.5	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.6	97.3	93.9	85.8
T N Santa Lacramarca	92.4	96.2	98.4	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.6	97.3	93.9	85.8
TN Casma	92.4	96.2	98.4	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.7	97.3	93.9	85.8
TN Nepena	92.4	96.2	98.4	92.8	92.2	95.6	97.5	95.5	95.6	97.3	93.9	85.8
Uso Poblacional	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Figura 27

Cobertura de la demanda del proyecto CHINECAS (%)



3.4 BALANCE HIDRICO MEDIANTE INDICE DE CONFIABILIDAD EN TIEMPO Y VOLUMEN

Los índices de confiabilidad en tiempo y volumen, refleja el grado de satisfacción o insatisfacción de la demanda de agua de un sector de riego.

El índice de confiabilidad en el tiempo se refiere al porcentaje de meses en los que se satisface las necesidades de los usuarios de la cuenca. Esto se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Confiabilidad_Tiempo} = \frac{(\sum \text{Meses_simulados} - \sum \text{Meses_con_déficit})}{\sum \text{Meses_simulados}} \times 100$$

El índice de confiabilidad en volumen se refiere al porcentaje de volumen entregado a cada sector de riego respecto a la demanda total. Se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Confiabilidad_Volumen} = \frac{(\sum \text{Meses_total} - \sum \text{Demanda_total} - \sum \text{Déficit})}{\sum \text{Demanda_total}} \times 100$$

Los valores de los índices de confiabilidad son:

Usuario	Índice de confiabilidad en volumen %	Índice de confiabilidad en tiempo %
Poblacional	80.0	95.0-100.0
Agrícola	80.0	90.0

En el presente trabajo de investigación se ha determinado Los índices de confiabilidad de cada uno de los sectores de riego, cuyos detalles se presenta en la Tabla 1. En el anexo 1 se presenta los cálculos de los índices de confiabilidad en tiempo y volumen de los siguientes sectores de riego: Margen derecha río Santa, Mejoramiento de la Irrigación Chimbote, mejoramiento del valle de Casma, mejoramiento del valle de Nepeña, mejoramiento de la irrigación del Santa, tierras nuevas de Santa-Lacramarca, tierras nuevas de Casma, tierras nuevas de Huarney. En el anexo 4 se presentan las correspondientes corridas con el software WEAP.

Tabla 18

Resultado de los índices de confiabilidad en tiempo y volumen de los diferentes sectores del proyecto de irrigación CHINECAS

Descripción	Oferta hídrica del proyecto (MMC)	Demanda de agua del proyecto (MMC)	Meses Simulados	Número Meses déficits	Vol de déficits MMC	índice Confiabilidad en Tiempo %	índice Confiabilidad en Volumen %
Margen derecha río Santa	3037.6	3173.0	600.0	71.0	-135.4	88.2	95.7
Mejora Irrigación Chimbote	8981.9	9347.000	600	71.0	-365.1	88.2	96.1
Mejora valle Casma	8007.280	8370.500	600	71.0	-363.2	88.2	95.7
Mejora valle Nepeña	1990.143	2076.000	600	71.0	-85.9	88.2	95.9
Santa	6181.049	6450.500	600	71.0	-269.5	88.2	95.8

Descripción	Oferta hídrica del proyecto (MMC)	Demanda de agua del proyecto (MMC)	Meses Simulados	Número Meses déficits	Vol de déficits MMC	índice Confiabilidad en Tiempo %	índice Confiabilidad en Volumen %
Tierras nuevas Santa Lacramarca	9444.053	9823.000	600	71.0	-378.9	88.2	96.1
Tierras nuevas Casma	4736.986	4932.500	600	71.0	-195.5	88.2	96.0
Tierras nuevas Nepeña	9948.004	10345.500	600	71.0	-397.5	88.2	96.2
Uso poblacional	1273.650	1273.650	600	0.0	0.0	100.0	100.0

3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos se describen a continuación:

- La precipitación es el insumo fundamental de la cuenca, razón a ellos, se ha evaluado los registros históricos de 27 estaciones pluviométricas, lo cuales han sido sometidos a un análisis de consistencia y sobre esa base se ha elaborado un plano de isoyetas que nos permite visualizar la variación de la precipitación desde 10 mm/año hasta 1000 mm/año, lo cual se ha desarrollado con el software Hydracces y con el método de Kriging.
- La precipitación total anual de la cuenca del río Santa es de 624.1 mm/año determinado por el método de Kriging. Por el método de Isoyetas la precipitación total anual es de 625.1 mm/año.
- El análisis de consistencia de los registros históricos de precipitación y descargas se ha efectuado por el procedimiento estándar que se sigue para estos casos, como son. El análisis gráfico, el análisis de doble masa y las pruebas estadísticas. Considerando que hay una similitud en los pluviogramas é hidrogramas y también no se ha detectado quiebres en las curvas de doble masa, se ha obviado las pruebas estadísticas.
- La disponibilidad hídrica del río Santa es de 140.967 m³/s que se registra en la estación Cóndor Cerro, y es equivalente a una masa anual de do 4446.06 MMC/año, cuyo 72.3 % está concentrado en los meses de diciembre a marzo con una masa anual de 3198 MMC/año. Es importante indicar que estas disponibilidades hídricas han sido destinadas, para captar y derivar las aguas a los proyectos de riego de CHINECAS y Chavimochic.
- La demanda de agua del proyecto CHINECAS es de 1273.51 MMC/año, constituido por las demandas de agua de los siguientes sectores de riego: Santa, Mejoramiento de la irrigación Chimbote, Mejoramiento del valle de Casma, mejoramiento del valle de Nepeña, Tierras Nuevas del santa, Tierras Nuevas de Casma, Tierras Nuevas de Nepeña, uso poblacional y el caudal ecológico del río Santa aguas abajo de la bocatoma “La Víbora”.
- De la corrida del modelo WEAP para el periodo (1964-2020), se ha determinado que la demanda no atendida del proyecto CHINECAS es 62.606 MMC/año, los cuales están concentrados en los meses de agosto a diciembre.

- La cobertura de la demanda de agua para el proyecto CHINECAS no llega al 100% en ninguna época de año. Alcanza la máxima cobertura en el mes de marzo con 98.5% y la cobertura más baja es de 85.8% en el mes de diciembre. La cobertura de la demanda es alta.
- Los índices de confiabilidad en tiempo y volumen, refleja el grado de satisfacción o insatisfacción de la demanda de agua de un sector de riego. El índice de confiabilidad en el tiempo se refiere al porcentaje de meses en los que se satisface las necesidades de los usuarios de la cuenca. El índice de confiabilidad en volumen se refiere al porcentaje de volumen entregado a cada sector de riego respecto a la demanda total. Los índices de confiabilidad en tiempo para los diferentes sectores e riego son de 88.2% y el índice de confiabilidad en volumen varia de 95.8 al 100%, lo cual se ha calculado para el periodo (1964-2020)
- Finalmente, la oferta hídrica del rio Santa satisface a la demanda de agua de la irrigación CHINECAS en su totalidad con un índice de confiabilidad en el tiempo con 88.2% y con un índice de confiabilidad en volumen de 96.2% para las áreas agrícolas y de 100% para la demanda de agua para uso poblacional.

4 CONCLUSIONES

- La disponibilidad hídrica del río Santa es de 140.967 m³/s que se mide en la estación Cóndor Cerro, y es equivalente a una masa anual de 4446.06 MMC/año, cuyo 72.3 % está concentrado en los meses de diciembre a marzo con una masa anual de 3198 MMC/año y es derivado para los proyectos de riego CHINECAS y Chavimochic.
- La oferta hídrica para la irrigación CHINECAS es de 2448.97 MMC/año en promedio, con una masa anual de 1609.6 MMC/año en el periodo de diciembre a abril. Obviamente esta oferta hídrica no satisface la demanda de agua de la irrigación CHINECAS al 100%.
- La demanda de agua del proyecto CHINECAS es de 1273.51 MMC/año, constituido por las demandas de agua de los sectores de riego de: Santa, Mejoramiento de la irrigación Chimbote, Mejoramiento del valle de Casma, mejoramiento del valle de Nepeña, Tierras Nuevas del santa, Tierras Nuevas de Casma, Tierras Nuevas de Nepeña, uso poblacional y el caudal ecológico del río Santa aguas abajo de la bocatoma “La Víbora”
- El balance hídrico se ha efectuado mediante índices de confiabilidad en tiempo y volumen, cuyos resultados son de 88.2% y 96.2% para abastecimiento de agua para uso agrícola y de 100% de índice de confiabilidad en tiempo y volumen para uso poblacional.

5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda un cambio de sistema de riego en los actuales valles, como Santa-Lacramarca, Nepeña y Casma, donde la eficiencia de riego es baja por tener un sistema de riego por gravedad.
- Se recomienda desarrollar proyectos de represas, para poder aprovechar los volúmenes de agua que se pierden en el Océano Pacífico durante el periodo de lluvias y explotarlos durante el periodo de estiaje.
- Se debería de efectuar una evaluación económica del proyecto de irrigación CHINECAS, tomando en consideración una cedula de cultivos con menor consumo de agua y de agroexportación.
- Se debería plantear el canon del agua, dado que el río Santa, que pertenece a la región Ancash, es trasvasado por el proyecto de irrigación Chavimochic a la región de la Libertad, razón a ello, debería de pagar un cupo de los beneficios económicos que genera la mencionada irrigación.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos de la Ley N° 29338*.
- Aparicio, F. (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa.
- Carpenter, A., & Choudhary, M. K. (2022). Water Demand and Supply Analysis using WEAP Model for Veda River Basin Madhya Pradesh (Nimar Region), India. *Trends in Sciences*, 19(6), 1-11. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.3050>
- Chereque, W. (1992). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú,
- Guevara, E., & De La Torre, A. (2019). Gestión integrada de recursos hídricos por cuenca y cultura del agua. Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Ismail Dhaqane, A., Murshed, M. F., Mourad, K. A., & Abd Manan, T. S. B. (2023). Assessment of the Streamflow and Evapotranspiration at Wabiga Juba Basin Using a Water Evaluation and Planning (WEAP) Model. *Water (Switzerland)*, 15(14), 1-21. <https://doi.org/10.3390/w15142594>
- Kumar, P., Dasgupta, R., Ramaiah, M., Avtar, R., Johnson, B. A., & Mishra, B. K. (2019). Hydrological simulation for predicting the future water quality of adyar river, Chennai, India. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph16234597>
- Linsley, R., Kohler M., & Paulus J. (1977). *Hidrología para Ingenieros*. Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.
- Mejía, A. (2015). *Hidrología Aplicada*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Molina, M. (1975). *Hidrología*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Monsalve, G. (2002). *Hidrología en la Ingeniería*. Escuela Colombiana de ingeniería.
- Reis, A. A. dos, Weerts, A., Ramos, M. H., Wetterhall, F., & Fernandes, W. dos S. (2022). Hydrological data and modeling to combine and validate precipitation datasets

relevant to hydrological applications. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 44.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101200>

Rocha, A. (1993). Recursos Hidráulicos. Lima - Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018). *Glosario de Términos meteorológicos*. https://issuu.com/senamhi_peru/docs/glosario

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (s.f.). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional* [Base de datos].
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Ven, T. C. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill.

Villón, M. (2001). *Hidrología estadística*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villón, M. (2002). *Hidrología*. Cartago - Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Zhang, Z., He, Y., Chen, X., & Tan, Q. (2023). Improvement of WEAP model considering regional and industrial water distribution priority and its application. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101414>

7 ANEXOS

ANEXO 1
ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

Precipitación Total Mensual (mm) - Registro Histórico

Estación **SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO**
Codigo **426**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1971	48.2	65.5	107.6	80.2	3.7	1	5.2	5.8	22.8	77.7	58.9	30	506.6
1972	63.3	151.6	162.8	65.5	23.1	0.5	1.2	1.8	14.4	52	38.4	74.8	649.4
1973	101.3	83.1	88.5	61.7	20.5	0.9	0.2	1.7	16.5	94.3	68.7	59.5	596.9
1974	235	263.1	185.5	56.3	39.9	0.8	33.5	13.6	44.8	125.1	31.9	32	1061.5
1975	62.6	54.5	105.2	24.5	26.2	1.6	4.7	7.8	17.5	42.8	52.9	55.2	455.5
1976	43.5	84.2	152	106.6	23	4.6	0.8	6.7	14.9	87.8	96.3	110.3	730.7
1977	107.3	46.3	110.4	36.4	34.6	5	10.8	3.2	33	44	40.5	65.5	537.0
1978	60.4	72	179.1	65	9.9	2.3	1	1.7	23.1	35.9	61	102.9	614.3
1979	110.9	128.1	128.8	54	20.7	1	14.7	22.7	20.7	24.7	41.5	80	647.8
1980	123.7	95.2	134.7	58.7	20.6	1.8	11.3	31.1	56.2	81.6	71.6	94.4	780.9
1981	66.3	135.5	122.7	25.9	2.2	14.4	1	0.8	19.6	6.6	18	55.4	468.4
1982	113.6	121.7	180.6	41.3	41.9	7.4	1.5	24.3	35.1	27	59.2	23.1	676.7
1983	98.5	85.5	103.9	52.2	4.7	6.2	0.1	0.3	1.6	12.6	14.2	35.5	415.3
1984	81.2	123.3	109	62.3	28.6	0.8	1.4	2.3	15.3	22.2	75	50.8	572.2
1985	49.1	48.1	59.4	25.7	19.4	2.5	21.3	5.5	33.5	49.7	54.4	50.4	419.0
1986	44	77.7	116.5	65.6	12.2	0.5	3.6	10.1	35.7	5.3	47.6	40.2	459.0
1987	57.5	45.8	60.3	20.8	7.5	4.2	0.4	11.4	6.2	63.6	57.3	34.1	369.1
1988	49.1	161.8	108.1	52.6	2.5	3.4	1.4	8.6	4.5	65.4	45.2	54.2	556.8
1989	85.7	36.7	55.7	57.3	5.8	2.8	4.5	1.3	6.5	46.9	41.5	42.2	386.9
1990	80.2	112.5	219.8	141.1	18.7	3.7	1.4	5	11.3	34.9	46.4	49.1	724.1
1991	62.6	150.5	112.9	28.4	24.4	3	1.7	3	7.8	48.7	16.3	25.7	485.0
1992	55.1	104.4	66.8	31.4	20.4	2.1	0.6	7.1	19.7	10.6	25.4	64	407.6
1993	99.6	90.5	101.3	49.1	1.3	1.3	3.2	9.7	12.1	15.7	10.5	63	457.3
1994	128.3	107.7	101.9	72.6	25.7	1.3	3	3.6	17.6	11.9	52.5	69.8	595.9
1995	95.1	79.5	29.3	82	18.3	1.3	1.3	1.3	7	19.1	54.4	50.9	439.5
1996	90.5	191.2	149.6	44.2	7.3	1.3	3	1.3	42.7	88.3	21.2	17.3	657.9
1997	23.8	77.5	63.8	8.6	6.6	6.8	1.3	1.3	5.3	74.8	92.8	57	419.6
1998	52.9	75.6	101.9	47.8	7.2	3	3.7	3.9	2.3	53.2	56.9	53.4	461.8
1999	36.6	45.7	77.2	82.2	13.9	3.4	2.2	4.2	13.3	7.5	2.7	6.9	295.8
2000	38	192.5	281	88.4	15.9	0.5	3.3	3.8	17.6	67.9	91.7	99	899.6
2001	150.1	161.9	149.2	99	7.7	1.9	0.5	0.5	8.5	14.5	56.6	90.7	741.1
2002	79.9	104.8	85.2	66.6	19.3	2.6	0.5	1.9	3.9	60	62.4	88.6	575.7
2003	135.2	167.7	163.2	95.3	23	2.5	1	5	11.7	61.9	30.4	38.9	735.8
2004	85.6	134.6	50.2	61.8	21.8	2.2	2.2	1	25.9	49.7	125.4	166.2	726.6
2005	194.9	236.2	170.6	160.6	14.3	0	0	0	10.2	135.2	71.2	79.1	1072.3
2006	114.2	273.8	138.8	99.5	60.2	6.7	3.7	0	63	19.8	118.8	138.5	1037.0
2007	59.6	156.9	182.8	110.5	84.9	1.9	3.5	8.6	34.9	38.6	40.1	216.8	939.1
2008	160.8	103.1	192.8	79.2	25.2	2.2	2	1	36.7	49.1	105.6	49.6	807.3
2009	60.8	170.4	0	104	16.6	0.6	0	0	15.7	100.6	137	124.4	730.1
2010	107.2	56.6	137.5	91.7	28.7	3.6	1.4	1.6	7.5	29.5	31.6	169.6	666.5
2011	61.5	111	75.9	48.9	23.5	4.2	15.8	0	49	103.6	90.9	104.7	689.0
2012	151.1	84.5	210.1	34.6	2.9	0	0	8.7	3.8	44.9	20.1	111.3	672.0
2013	107.1	100.8	236.9	146.1	4.8	17.2	1.6	5.2	14.4	49.5	56	159	898.6
2014	96.3	87	156.5	186.9	31.8	0.7	6.9	0.9	8	102.2	57.8	59	794.0
2015	160.8	148.2	108	86.1	2.2	7.4	9.8	3.1	23.7	121	43.9	94.9	809.1
2016	178.5	141.6	225.6	118.4	30.2	9.1	0.3	2.2	2	150.5	137.4	187	1182.8
2017	102.3	49.4	124.5	71.9	46.2	4.8	0	3.4	27.8	29.2	109	190.6	759.1
2018	90.4	68.2	106.6	119.8	0.7	0	4.1	1.1	11	28.2	98.9	160.3	689.3
2019	104	142.6	193.2	180.2	17.8	5.9	0	0	22	42.6	83	106.8	898.1
2020	88.7	137.6	170.5	39.8	21.3	0	0.4	4.7	3.4	97.6	66.6	141.7	772.3
Prom	93.06	114.88	129.09	73.79	19.80	3.26	3.94	5.08	19.23	54.52	59.75	82.49	658.9

ANEXO 2

DEMANDA NO ATENDIDA

Demand Site	Chavimochi	MD Rio Santa	Mejoa Irchim	Mejora valle Casma	Mejora Valle Nepena	Q Ecologico	Santa	T N Santa Lacramarca	TN Casma	TN Nepena	Uso Poblacional	Sum
Ene-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Feb-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mar-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Abr-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
May-64	0.000	0.709	1.147	2.051	0.602	0.000	0.945	3.260	1.506	2.355	0.000	12.576
Jun-64	0.000	0.522	1.246	1.182	0.361	0.000	0.893	2.085	0.806	1.423	0.000	8.518
Jul-64	0.000	0.555	1.395	0.761	0.238	0.000	0.917	1.607	0.678	0.954	0.000	7.105
Ago-64	0.000	1.155	4.308	1.667	0.456	0.000	2.981	2.999	1.112	3.190	0.000	17.867
Set-64	0.000	0.655	2.460	1.440	0.380	0.000	1.329	1.936	0.825	2.637	0.000	11.661
Oct-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nov-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dic-64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ene-65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Feb-65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mar-65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Abr-65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 3

COBERTURA DE LA DEMANDA

Demand Site	Chavimochic	MD Rio Santa	Mejoa Irchim	Mejora valle Casma	Mejora Valle Nepena	Q Ecologico	Santa	T N Santa Lacramarca	TN Casma	TN Nepena	Uso Poblacional
Ene-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Feb-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Mar-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Abr-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
May-64	100.0	84.4	84.4	84.3	84.4	100.0	84.4	84.3	84.3	84.3	100.0
Jun-64	100.0	87.4	87.4	87.4	87.6	100.0	87.4	87.4	87.4	87.4	100.0
Jul-64	100.0	84.9	84.8	84.9	85.1	100.0	84.8	84.8	84.9	84.8	100.0
Ago-64	100.0	71.6	71.5	71.6	71.7	100.0	71.5	71.5	71.6	71.5	100.0
Set-64	100.0	84.0	83.9	83.9	84.1	100.0	83.9	83.9	84.0	83.9	100.0
Oct-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Nov-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Dic-64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ene-65	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Feb-65	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Mar-65	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Abr-65	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
May-65	100.0	67.2	67.2	67.2	67.4	100.0	67.2	67.2	67.2	67.2	100.0