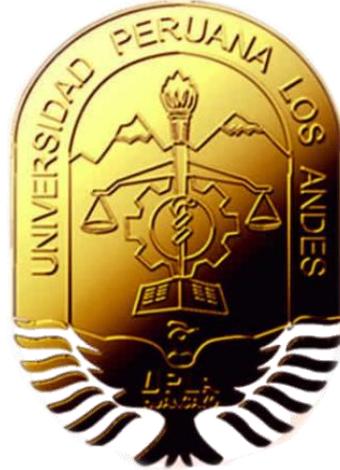


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA
SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS PARA LA GESTIÓN
EN HUANCAYO - JUNÍN**

Presentado por:

Bach. TEJEDA BURGOS, Jhuliana Mabel.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA CIVIL

Huancayo – Perú

2017

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio Torres López
Presidente

Ing. Yina Milagro Ninahuanca Zavala.
Jurado Revisor

Ing. Nataly Lucía Córdova Zorrila.
Jurado Revisor

Ing. Alfredo Miguel Otañe Rodríguez.
Jurado Revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales
Secretario Docente

Ing. Juan José Bullón Rosas.

ASESOR

Dedicatoria

*A Dios y a mi madre por el amor incondicional y
por estar ahí cuando más la necesito.*

Jhuliana Mabel Tejeda Burgos.

Agradecimiento

- *A Dios por guiar mi camino.*
- *A los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes por el apoyo en mi formación profesional y académica.*
- *A Rafael Ventura Cepida por su colaboración en esta elaboración.*

Jhuliana Mabel Tejeda Burgos.

Índice de contenidos

Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de cuadros	ix
Índice de gráficos	xi
Índice de anexos	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	xv
Capítulo I: Planteamiento del problema	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Objetivos de la investigación	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación de la investigación.....	18
1.4.1. Justificación práctica.....	18
1.4.2. Justificación metodológica.....	18
1.5. Limitaciones	18
1.5.1. Limitaciones de tiempo	18
1.5.2. Limitaciones de espacio o territorio.....	18
1.5.3. Limitaciones de recursos.....	19
1.6. Viabilidad del estudio.....	19
Capítulo II: Marco teórico	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Bases teóricas	23
2.2.1. Cuenca hidrológica	23
2.2.2. Análisis de recurso hídricos	24
2.2.3. Oferta hídrica	24
2.2.4. Precipitaciones (P)	25
2.2.5. Precipitación media de la cuenca	26
2.2.6. Precipitación Efectiva	26
2.2.7. Caudal	27
2.2.8. Demanda hídrica	28
2.2.9. Demanda de agua para uso doméstico	28
2.2.10. Demanda de agua para uso agrícola.....	29
2.2.11. Evapotranspiración.....	29
2.2.12. Evapotranspiración real de la cuenca.....	30
2.2.13. Balance hídrico	31
2.2.14. Índice de escasez.....	32
2.2.15. Justificación del índice de escasez	33
2.2.16. Categorías e interpretación del índice de escasez	34
2.2.17. Cambio climático	34

2.2.18. Los modelos climáticos (AOCGM) y previsiones del clima a futuro.....	35
2.2.19. Principios de la gestión de los recursos hídricos.....	36
2.2.20. Estrategias de la gestión de los recursos hídricos	37
2.2.21. Política y estrategia nacional de recursos hídricos.....	38
2.2.22. Eficiencia del uso de agua potable	38
2.2.23. Eficiencia de los sistemas de riego	39
2.3. Definiciones Conceptuales	39
2.3.1. Análisis de recursos hídricos.....	39
2.3.2. Balance hídrico	39
2.3.3. Oferta hídrica	40
2.3.4. Demanda hídrica	40
2.3.5. Escenarios climáticos.....	40
2.3.6. Incertidumbre de escenarios.....	40
2.3.7. Gestión de recursos hídricos	41
2.4. Formulación De Hipótesis.....	41
2.4.1. Hipótesis general.....	41
2.4.2. Hipótesis específicas	41
Capítulo III: Metodología de la investigación.....	42
3.1. Variables.....	42
3.1.1. Variable independiente 1, definición conceptual.....	42
3.1.2. Variable independiente 2, definición conceptual.....	42
3.1.3. Variable dependiente 1, definición conceptual.....	42
3.2. Método de investigación	43
3.3. Tipo de investigación	43
3.4. Alcance de la investigación.....	43
3.5. Diseño de investigación.....	43
3.6. Población y muestra	43
3.6.1. Población.....	43
3.6.2. Muestra.....	43
3.7. Operacionalización de variable: oferta hídrica.....	44
3.8. Operacionalización de la variable: demanda hídrica.....	44
3.9. Operacionalización de la variable: disponibilidad hídrica	44
3.10. Técnicas de recolección de datos	44
3.11. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	46
3.11.1. Criterios estadísticos	46
3.12. Lugar Y Periodo De La Investigación.....	46
3.12.1. Subcuenca del río Shullcas	47
3.12.2. Ubicación geográfica, extensión y límites de la subcuenca del río Shullcas.....	47
3.12.3. Hidrografía y fisiografía en la subcuenca del río Shullcas	47
3.12.4. Características geomorfológicas de la subcuenca del río Shullcas	48
Capítulo IV: Resultados	51
4.1. Disponibilidad hídrica actual de la subcuenca del río shullcas.....	51
4.1.1. Oferta hídrica actual.....	51
4.1.2. Contrastación estadística de la oferta hídrica.....	58
4.1.3. Demanda hídrica actual.....	58
4.1.4. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas actual	66
4.2. Índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas actual	67
4.3. Disponibilidad hídrica al 2039 considerando el escenario de cambio climático en la subcuenca del río Shullcas	68

4.3.1. Oferta hídrica al 2039	68
4.3.2. Demanda hídrica al 2039	73
4.3.3. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas al 2039.....	78
4.4. Índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas en el 2039	79
4.5. Variación Porcentual Entre El Escenario Actual Y Al 2039.....	80
4.6. Medios De Gestión De Recursos Hídricos En Base Al Análisis Hídrico De La Subcuenca Del Río Shullcas	81
4.6.1. Eficiencia del uso de agua potable	82
4.6.2. Eficiencia del sistema de riego.....	85
4.6.3. Disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los medios eficientes en el escenario actual	90
4.6.4. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas considerando el uso eficiente en el escenario actual	91
4.6.5. Disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los medios eficientes en el escenario del cambio climático al 2039	91
4.6.6. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas considerando el uso eficiente en el escenario del cambio climático al 2039	92
4.6.7. Variación Porcentual Entre El Escenario Actual Y Al 2039 Considerando Los Medios Eficientes De Uso	93
4.7. Lineamientos Para La Gestión De Recursos Hídricos	94
Capítulo V: Discusión	97
5.1. Disponibilidad hídrica de la subcuenca del río shullcas.....	97
5.1.1. Disponibilidad hídrica actual de la subcuenca del río Shullcas	97
5.1.2. Disponibilidad hídrica considerando el escenario del cambio climático al 2039 de la subcuenca del río Shullcas	100
5.2. Índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas	104
5.2.1. Índice de escasez actual de la subcuenca del río Shullcas	104
5.2.2. Índice de escasez considerando el escenario por el cambio climático al 2039 de la subcuenca del río Shullcas	105
5.3. Variación porcentual entre el escenario actual y al 2039	107
5.4. Medios de gestión de recursos hídricos en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas.....	107
5.5. Lineamientos para la gestión de recursos hídricos	110
Conclusiones	112
Recomendaciones	114
Referencias bibliográficas	115
Anexos	118

Índice de cuadros

Cuadro 2.2-1. Distribución de la precipitación efectiva.	26
Cuadro 2.2-2. Umbrales críticos de presión – índice de escasez.	32
Cuadro 2.2-3. Categorías del índice de escasez en función a la demanda.	34
Cuadro 2.2-4. Política y estrategia nacional de los recursos hídricos.	38
Cuadro 2.2-5. Eficiencia de los métodos de riego.	39
Cuadro 3.7-1. Operacionalización de la variable: Oferta hídrica.	44
Cuadro 3.8-1. Operacionalización de la variable: Demanda hídrica.	44
Cuadro 3.9-1. Operacionalidad de la variable: Disponibilidad hídrica.	44
Cuadro 3.10-1. Técnicas de recolección de datos.	45
Cuadro 3.11-1. Criterio de Nash - Sutcliffe.	46
Cuadro 3.12-1. Nacientes de la sub cuenca del río Shullcas.	48
Cuadro 3.12-2. Índice de Horton de la subcuenca del río Shullcas.	49
Cuadro 3.12-3. Cuadro de curva hipsométrica de la sub cuenca del río Shullcas.	49
Cuadro 4.1-1. Caudales aforados en la estación Shullcas en m ³ /s.	51
Cuadro 4.1-2. Caudales promedio aforados en campo (m ³ /s).	52
Cuadro 4.1-3. Precipitación promedio mensual de la estación Shullcas (mm)	53
Cuadro 4.1-4. Cálculo de la evapotranspiración real de la subcuenca del río Shullcas.	55
Cuadro 4.1-5. Cálculo de la escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas.	56
Cuadro 4.1-6. Escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas en MMC.	57
Cuadro 4.1-7. Contrastación estadística de la oferta hídrica.	58
Cuadro 4.1-8. Población por distritos involucrados.	59
Cuadro 4.1-9. Demanda hídrica por consumo humano en el 2016.	60
Cuadro 4.1-10. Cantidad parcelaria en el distrito de El Tambo.	61
Cuadro 4.1-11. Cantidad parcelaria en el distrito de Huancayo.	62
Cuadro 4.1-12. Uso consuntivo de los cultivos.	63
Cuadro 4.1-13. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas.	64
Cuadro 4.1-14. Demanda hídrica actual de la subcuenca del río Shullcas.	65
Cuadro 4.1-15. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas.	66
Cuadro 4.2-1. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas.	67
Cuadro 4.3-1. Precipitaciones promedio mensual para el año 2039.	68
Cuadro 4.3-2. Cálculo de la evapotranspiración real de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.	70
Cuadro 4.3-3. Cálculo de la escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.	71
Cuadro 4.3-4. Escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas en MMC considerando el escenario de cambio climático al 2039.	72
Cuadro 4.3-5. Población por distritos involucrado considerando la proyección al 2039.	73
Cuadro 4.3-6. Demanda hídrica por consumo humano en el 2039.	74
Cuadro 4.3-7. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas al 2039.	76
Cuadro 4.3-8. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas al 2039.	77
Cuadro 4.3-9. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas al 2039.	78
Cuadro 4.4-1. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas en el 2039.	79
Cuadro 4.5-1. Variación de la oferta hídrica entre el escenario actual y el del 2039.	80
Cuadro 4.5-2. Variación de la demanda hídrica entre el escenario actual y el del 2039.	80

Cuadro 4.5-3. Variación de la disponibilidad hídrica entre el escenario actual y el del 2039.	81
Cuadro 4.6-1. Demanda óptima en MMC de uso por consumo humano en el escenario actual.	82
Cuadro 4.6-2. Demanda óptima en MMC de uso por consumo humano en el escenario del cambio climático en el 2039.	83
Cuadro 4.6-3. Demanda por uso agrícola considerando una eficiencia de 80% en el escenario actual.	85
Cuadro 4.6-4. Demanda por uso agrícola considerando una eficiencia de 80% en el escenario del cambio climático al 2039.	86
Cuadro 4.6-5. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes en el escenario actual.	88
Cuadro 4.6-6. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes en el escenario del cambio climático al 2039.	89
Cuadro 4.6-7. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas.	90
Cuadro 4.6-8. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas con la aplicación del uso eficiente.	91
Cuadro 4.6-9. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas en el 2039 considerando medios eficientes.	91
Cuadro 4.6-10. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas con la aplicación del uso eficiente.	92
Cuadro 4.6-11. Variación de la oferta hídrica entre el escenario actual y el del 2039. ..	93
Cuadro 4.6-12. Variación de la demanda hídrica entre el escenario actual y el del 2039 considerando los medios eficientes de uso.	93
Cuadro 4.6-13. Variación de la disponibilidad hídrica entre el escenario actual y el del 2039 considerando los medios eficientes de uso.	94
Cuadro 4.7-1. Políticas/ programas para la gestión de recursos hídricos.	94
Cuadro 4.7-2. Planes de acción para la gestión de recursos hídricos.	95
Cuadro 5.5-1. Datos pluviométricos mensual de la estación Huayao.	120
Cuadro 5.5-2. Datos pluviométricos mensual de la estación Ingenio.	121
Cuadro 5.5-3. Datos pluviométricos mensual de la estación Santa Ana.	122

Índice de gráficos

Gráfico 3.12-1. Curva Hipsométrica sub cuenca del río Shullcas	50
Gráfico 3.12-2. Histograma de frecuencias de la sub cuenca del río Shullcas	50
Gráfico 4.1-1. Caudales promedio del río Shullcas.	52
Gráfico 4.1-2. Precipitación promedio de la subcuenca del río Shullcas (mm).	53
Gráfico 4.1-3. Escurrimiento promedio mensual (mm) de la subcuenca del río Shullcas.	56
Gráfico 4.1-4. Oferta en MMC de la subcuenca del río Shullcas.	57
Gráfico 4.1-5. Población de los distritos de El Tambo y Huancayo (2000 – 2016).	59
Gráfico 4.1-6. Demanda hídrica por uso poblacional.	60
Gráfico 4.1-7. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas.	65
Gráfico 4.1-8. Demanda hídrica total de la subcuenca del río Shullcas.	66
Gráfico 4.1-9. Disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas.	67
Gráfico 4.3-1. Precipitaciones promedio mensual para el año 2039.	68
Gráfico 4.3-2. Escurrimiento promedio mensual (mm) de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.	71
Gráfico 4.3-3. Oferta en MMC de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.	72
Gráfico 4.3-4. Población de los distritos de El Tambo y Huancayo proyectada al 2039.	74
Gráfico 4.3-5. Demanda hídrica por uso poblacional al 2039.	75
Gráfico 4.3-6. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas al 2039.	77
Gráfico 4.3-7. Demanda hídrica total de la subcuenca del río Shullcas al 2039.	78
Gráfico 4.3-8. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas al 2039.	79
Gráfico 4.6-1. Demanda hídrica por uso poblacional (MMC) considerando una dotación óptima.	83
Gráfico 4.6-2. Demanda hídrica por uso poblacional (MMC) considerando una dotación óptima en el 2039.	84
Gráfico 4.6-3. Demanda hídrica optimizada por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas.	87
Gráfico 4.6-4. Demanda hídrica optimizada por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas en el escenario del cambio climático al 2039.	87
Gráfico 4.6-5. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes.	88
Gráfico 4.6-6. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes y el escenario del cambio climático al 2039.	89
Gráfico 4.6-7. Disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas.	90
Gráfico 4.6-8. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas en el escenario del cambio climático al 2039.	92

Índice de anexos

Anexo 1- Matriz de consistencia.	119
Anexo 2- Datos pluviométricos.	120
Anexo 3- Análisis de consistencia de datos y corrección.	124
Anexo 4- Planos.	127
Anexo 5- Documentos.	128
Anexo 6- Panel fotográfico.	129

Resumen

La investigación titulada “Análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para la gestión en Huancayo - Junín” tiene como problema general: ¿Cuál es el análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para la gestión en Huancayo - Junín? para lo cual se ha planeado como objetivo general: Analizar los recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para la gestión en Huancayo – Junín; la hipótesis general de la investigación es: El análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas es determinante para la gestión en Huancayo – Junín.

La metodología de investigación en que se basa corresponde a un tipo de investigación aplicada, de alcance descriptivo – correlacional con diseño no experimental de corte transeccional; para ello se ha considerado como población a las subcuencas del río Mantaro y muestra a la subcuenca del río Shullcas.

La conclusión de la investigación es que ha logrado analizar los recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para la gestión en Huancayo – Junín, mediante el cálculo de la disponibilidad hídrica, la determinación del índice de escasez y los planteamientos de uso eficiente del recurso en las demandas por uso poblacional y agrícola.

Palabras clave: Oferta hídrica, demanda hídrica, disponibilidad hídrica, índice de escasez, eficiencia de uso, gestión de recursos hídricos.

Abstract

The research entitled "Analysis of water resources of the subbasin of the river Shullcas for management in Huancayo - Junín" has as general problem: What is the analysis of water resources of the subbasin of the river Shullcas for management in Huancayo - Junín? For which it has been planned as a general objective: To analyze the water resources of the subbasin of the river Shullcas for the management in Huancayo - Junín; The general hypothesis of the research is: The analysis of water resources of the subbasin of the river Shullcas is determinant for the management in Huancayo - Junín.

The research methodology that was used was considering a type of applied research, of descriptive scope - correlated with non - experimental design of transectional cut; For this purpose, it has been considered as population to the sub-basins of the river Mantaro and sample to the sub-basin of the river Shullcas.

The conclusion of the research is that it has been able to analyze the water resources of the sub - basin of the river Shullcas for the management in Huancayo - Junín, by calculating the water availability, determining the scarcity index and the approaches of efficient use of the resource in The demands for population and agricultural use.

Keywords: Water supply, water demand, water availability, scarcity index, efficiency of use, water resources management.

Introducción

La tesis titulada “Análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para la gestión en Huancayo – Junín” tiene como objetivo el análisis de los recursos hídricos de la subcuenca para plantear los medios de gestión, para lo que se determinó la oferta, demanda, disponibilidad hídrica y el índice de escasez, como medios de gestión se ha considerado la reducción de la dotación per cápita y la optimización del sistema de riego. Con los resultados obtenidos se pretende mostrar la situación actual y futura de los recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas y los medios de gestión. Siendo así que se consta de cinco capítulos, analizados y distribuidos de la siguiente manera:

El Capítulo I, sobre la descripción de la realidad problemática, la formulación de problema, los objetivos de la investigación general y específicos, la justificación de la investigación, limitaciones y viabilidad del estudio.

El Capítulo II, sobre el marco teórico, los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, las definiciones conceptuales, formulación de hipótesis general y específica.

El Capítulo III, sobre la metodología de la investigación, las variables, el método de investigación, el tipo investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, operacionalización de variables, técnicas de recolección de datos, técnicas para el procesamiento y el análisis de la información, lugar y periodo de la investigación.

El Capítulo IV: sobre los resultados, los resultados de la disponibilidad hídrica, el índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas y los medios de gestión de los recursos hídricos.

El Capítulo V: sobre la discusión y culminando esta investigación esta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Jhuliana Mabel Tejeda Burgos.

Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

La población mundial crece aproximadamente en 80 millones de personas al año y se estimó que alcance los 9260 millones en el año 2017, mencionado problema incrementa la cantidad de agua potable necesaria para la subsistencia, tal como menciona la ONU en el “Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo”, donde pronostica que: “en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual”.

Hoy por hoy en el planeta Tierra se cuenta con unos 7 300 millones de habitantes, se cree alcanzará los 8 500 millones en el año 2030 y los 9 700 millones en el año 2050 esto según la Revisión de las Perspectivas de Población Mundial (ONU, 2015). Por otro lado, se considera “sumamente probable que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie en el período de 1951 a 2010 haya sido causado por la combinación del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero y de otros forzamientos antropógenos de acuerdo a lo estipulado en el Informe de síntesis resumen para responsables de políticas (IPCC, 2014).

A nivel nacional, el INEI dio a conocer que la población ascendió a 30.38 millones de habitantes en el Perú, y que según el experto Aramburú (2015): “La población total continuaría creciendo, aunque a tasas menores a las de las décadas pasadas, hasta superar

los 40 millones de habitantes para el año 2050. El incremento absoluto sería de casi 9 millones de personas entre el 2015 y esa fecha, lo que es equivalente a toda la población que tenía el país en 1960, para el 2020 la población aumentará en más de 1.7 millones de habitantes”, a lo cual se agrega que, según los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012: “el Perú cuenta con un total de 38 millones 742 mil 465 hectáreas de superficie agropecuaria el cual representa el 30,1% del territorio nacional. Al compararlo con el Censo Agropecuario de 1994, este se ha incrementado en 3 millones 360 mil 700 hectáreas, es decir, que la superficie agropecuaria se amplió en 9,5% en los 18 últimos años y por ende la demanda de agua”. A nivel de la región Junín, la provincia más poblada es Huancayo con 501 mil 384 habitantes.

Por otro lado, los escenarios de cambio climático formulados por SENAMHI, “estima que habrá un progresivo incremento de las temperaturas máxima y mínima en toda la cuenca del Río Mantaro en promedio de 0.7°C y 0.9°C respectivamente, siendo particularmente la ciudad de Huancayo la más propensa a los impactos del cambio climático”. Otro aspecto importante que se suma a estos problemas es la falta de Gestión del Agua mediante políticas que regulen su uso; sin embargo, ésta recae en la falta de estudios especializados que den una mejor perspectiva de la situación actual y futura de la situación del agua en las sub cuencas del río Mantaro y en especial la del río Shullcas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para su gestión en Huancayo - Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto es la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas?
- ¿Cuál es el índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas?

- ¿Qué medios de gestión de los recursos hídricos se fundamentan en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar los recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para su gestión en Huancayo – Junín.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas.
- Estimar el índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas.
- Determinar los medios de gestión de recursos hídricos en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación práctica

La justificación práctica recae en resolver un problema real que es la disponibilidad de recursos hídricos y sobre todo el planteamiento de lineamientos para la gestión de éste.

1.4.2. Justificación metodológica

La justificación metodológica de la presente investigación viene a ser que se propone una estrategia para la gestión de recursos hídricos siendo el cálculo de la disponibilidad hídrica y la aplicación del índice de escasez para la toma de decisiones.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitaciones de tiempo

En la presente investigación se realizó el estudio de la subcuenca hidrográfica del río Shullcas en los meses de abril a diciembre de 2016 y enero a abril de 2017 siendo una investigación prospectiva y correspondiendo esta la limitación de tiempo.

1.5.2. Limitaciones de espacio o territorio

La limitación de espacio o territorio de la presente investigación son los distritos de El Tambo y Huancayo (distritos enmarcados en la subcuenca del río Shullcas) perteneciente a la provincia de Huancayo y región Junín.

1.5.3. Limitaciones de recursos

En la presente investigación no hubo limitaciones financieras, pero si limitaciones de información de datos hidrometereológicos por parte del SENAMHI, sin embargo, fueron absueltos.

1.6. Viabilidad del estudio

La investigación es viable por contar con variables reales y existentes siendo así, que para evaluarlos se ha utilizado instrumentos confiables.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Infante y Ortiz (2008) en la investigación titulada “Ajuste metodológico al índice de escasez de agua propuesto por el IDEAM en el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pamplonita, norte de Santander, Colombia” se realizó un ajuste metodológico al cálculo del índice de escasez nacional, permitiendo así mejorar el nivel de resolución de la información relacionada con la oferta hídrica superficial y la demanda de agua para hacer más confiable el cálculo del índice de escasez y su utilización como instrumento técnico-científico decisorio en la gestión del agua dentro del marco de la ordenación de cuencas hidrográficas. Los ajustes metodológicos realizados permitieron precisar el cálculo del índice de escasez a nivel municipal y demostraron la urgente necesidad de planificar el abastecimiento de las diversas demandas en la cuenca, debido a que más del 80% de su población se encuentra en un rango de escasez alto durante un año típico (Infante y Ortiz, 2008).

Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) en la investigación de pregrado “Cálculo del índice de escasez de la cuenca del río Opía, departamento del Tolima” presentó como objetivo general calcular el índice de escasez en la cuenca del Río Opía ubicado en el departamento del Tolima, los objetivos específicos fueron: Determinar la oferta hídrica del Río Opía en cuanto a sus caudales, con el fin de conocer el potencial hidrológico de

la cuenca, realizar el cálculo de la demanda hídrica bajo el escenario de clasificación de concesiones por uso y por medio del análisis de coberturas del suelo, para evaluar el porcentaje correspondiente a las diferentes líneas de consumo en la cuenca del Río Opía y calcular el índice de escasez en la cuenca del Río Opía y comparar resultados obtenidos con cada uno de los dos contextos de demanda con el objeto de conocer la eficiencia de la gestión del recurso hídrico en el sector; las conclusiones a la que se llegaron fueron: El índice de escasez para el río Opía es muy alto debido principalmente a la alta demanda del recurso en el sector agrícola, seguido del pecuario y por último del doméstico, por lo tanto se requiere con urgencia medidas efectivas y de choque para la gestión del recurso hídrico. El resultado de la comparación de los escenarios “sin información” y “con información” con una diferencia de 5 veces a 1, puso en evidencia las limitaciones e incertidumbres en la aplicación de los diferentes métodos, especialmente en el cálculo de la demanda. La metodología para calcular la oferta neta no necesariamente debe permitir generalizar una reducción por calidad del 25%, puesto que esta condición depende de los sistemas de vertimientos en la cuenca de tal manera que este puede ser un valor superior o inferior a la situación real, asimismo las Corporaciones autónomas regionales deben promover la generación de datos de los parámetros de calidad en las diferentes fuentes hídricas. El índice de escasez calculado bajo los dos escenarios denota una sobreexplotación del recurso hídrico superficial, no obstante, bastaría realizar una evaluación más objetiva a la metodología para el cálculo de este indicador que incluya tanto la oferta de aguas subterráneas como la calidad de las mismas. El índice de escasez es un parámetro de vital importancia para la toma de decisiones orientados al aprovechamiento y gestión del recurso, por lo tanto, es de suma importancia que se fortalezca en la institucionalidad, el levantamiento de información base para el mismo, se entregue de forma homogénea, oportuna y de buena calidad, que

se tenga más control sobre el uso del agua de forma informal, que se realicen continuos monitoreos entre otros (Gutierrez, Díaz y Muñoz, 2015).

Costa, Domínguez, Gonzalo y Vanegas (2005) en la investigación “El índice de escasez de agua ¿Un indicador de crisis o una alerta para orientar la gestión del recurso hídrico?” hace mención que la sostenibilidad del agua es fundamental para orientar la gestión pública y privada del recurso hídrico (hacia un desarrollo sostenible) por ello es necesario calcular el índice de escasez, siendo esta la relación entre la oferta hídrica disponible y la demanda de agua por parte de las actividades socioeconómicas; asimismo, hace mención que, a pesar que Colombia cuenta con una oferta generosa de agua, este recurso no es infinito ni está distribuido homogéneamente en el territorio nacional. Por esta razón, la administración y la gestión del recurso a escala nacional, regional y local debe tener en cuenta tendencias y escenarios futuros que permitan avanzar hacia un desarrollo sostenible (Costa, Domínguez, Gonzalo y Vanegas, 2005).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Untiveros (2010) en la investigación de pregrado “Balance Hídrico de la Laguna Parón, herramienta para la Gestión Integrada de los Recursos Hídrico (GIRH) en la cuenca del Río Santa” el objetivo principal del estudio es presentar una propuesta para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos de la Laguna Parón; el alcance del estudio es para el ámbito del estudio del balance hídrico en la cuenca del río Lullán – Parón de la cordillera Blanca ubicada en la Región de Ancash. Este estudio muestra la necesidad del acercamiento de la información de la situación de los recursos hídricos en la población de la cuenca del Rion Lullán – Parón con la finalidad de aporte a la Gestión Integrada de sus Recursos Hídricos para un aprovechamiento sostenible del agua (Untiveros, 2011).

Según el Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAEMI (2012) “Plan de Gestión Integrado de Recursos Hídricos de la Subcuenca del Río Shullcas” el objetivo era determinar los principales problemas y conflictos en la mencionada cuenca, realizar un balance hídrico calculando la oferta y la demanda actual y futura, así como proponer políticas, programas y proyectos; la investigación se centra en el desarrollo de un Plan de Gestión Hídrica proponiendo políticas, programas y proyectos para una administración sostenible del agua (SENAMI, 2012).

De acuerdo a Chipana y Orellana (2005) en la tesis de pregrado “Análisis de la Oferta – Demanda del Recurso Hídrico de la subcuenca del Río Shullcas al Año 2030” el objetivo fue determinar el déficit producido por la proyección de la oferta y demanda en los próximos 25 años para plantear alternativas estratégicas de solución. En dicho estudio se logra obtener datos básicos de la cuenca como su extensión, perímetro, índice de compacidad; también se logró una estimación de la oferta y demanda para el año 2030 mediante métodos empíricos y sin el uso de software especializados (Chipana y Orellana, 2005).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cuenca hidrológica

Según Chereque (1992) se define cuenca al área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido. La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano a curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium acuarum o líneas de las altas cumbres.

Asimismo, de acuerdo a Villón (2002) la cuenca es una zona de drenaje de una corriente o área de terreno donde las aguas caídas por precipitación se unen para formar

un solo curso de agua; asimismo se establece que, para el conocimiento de una cuenca hidrológica es necesario tener en cuenta:

- La superficie de la cuenca.
- El perímetro de la cuenca.
- La curva hipsométrica.
- La curva de frecuencias de altitudes.
- El índice o factor de forma de cuenca.
- Índice de compacidad (índice de Gravelious).
- Pendiente.

2.2.2. Análisis de recurso hídricos

Implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance (UNESCO, 2012).

2.2.3. Oferta hídrica

Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países (IDEAM, 2004).

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del

hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma.

El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca (CORPONARIÑO, 2009). Debido a que el estudio tiene una escala temporal, a nivel multianual, el término correspondiente al cambio de almacenamiento (ΔS) se considera que toma el valor de 0, debido a que la variabilidad del almacenamiento no experimenta cambios significativos a dicha escala, lo que no ocurre cuando se trabaja a escalas inferiores como son meses, semanas o días, donde esta variable si toma mayor importancia (SENAMHI, 2012).

La oferta hídrica se determinará con la ecuación simplificada del balance hídrico superficial, empleándose la expresión simplificada siguiente:

$$Esc = P - ET \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

Esc : Representa la salida superficial de la cuenca o aportaciones de la red fluvial, en mm o escorrentía superficial.

P : Precipitación en mm.

ET : Evapotranspiración en mm.

2.2.4. Precipitaciones (P)

Son aquellos elementos líquidos o sólidos procedentes de la condensación del vapor de agua que caen de las nubes o son depositados desde el aire en el suelo (UNESCO, 2012). Se define precipitación a toda forma de humedad que, originándose en nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación

(Chereque, 1992). Las precipitaciones se miden en mm lo cual se representa de la siguiente manera:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ litro}/1\text{m}^2 \quad \text{Ec. (2)}$$

2.2.5. Precipitación media de la cuenca

Para evaluar la lluvia sobre un área determinada se puede realizar mediante el uso de la posición relativa de los pluviómetros respecto del área. Si sólo hay un pluviómetro en la zona, el área de la cuenca puede estar representado por este pluviómetro.

Sin embargo, es usual que en la zona en cuestión existan varios pluviómetros para evaluar cuál es el valor de lluvia que se puede asociar al área en cuestión se utilizan muchos métodos; el método de la media aritmética, el método de los polígonos de Thiessen, el método del inverso de la distancia al cuadrado (Bateman, 2007) .

2.2.6. Precipitación Efectiva

Según Chipana y Orellana (2005) para obtener mejores resultados, se procede a calcular la precipitación efectiva, que es la precipitación total mensual descontando aquella que se pierde por evaporación e infiltración, es decir que con esta precipitación efectiva podemos cuantificar los caudales (generación de caudales).

En el sentido hidrológico se denomina precipitación efectiva a una parte de la precipitación total mensual que produce escurrimiento.

Para esto se tiene el método propuesto por el Water Power Resources Service (WPRS-USA) que considera la distribución de la precipitación efectiva con valores que se ajustan a la realidad y el criterio para el cálculo se basa tal como se muestra en el Cuadro 2.2-1 desarrollado en base a lo propuesto por Vásquez (2012).

Cuadro 2.2-1. Distribución de la precipitación efectiva.

Incremento de PP	% de la PE
5	0

30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
más 155	5

Fuente: Manejo de cuencas alto andinas, Absalón Vásquez Villanueva.

2.2.7. Caudal

Para llegar a conocer los recursos hidráulicos de una cuenca es necesario averiguar el caudal, diariamente, a la misma hora, y durante el mayor número posible de años. Así es como se llega a conocer el régimen de los ríos. En el Perú esta labor la realiza principalmente SENAMHI. Los términos caudales, gasto y descarga son sinónimos. Aforar significa medir caudales (Chereque, 1992) .

Caudales medios

En época de caudales estables es necesario determinar el caudal (m^3/seg) una vez al día, siempre a la misma hora. Ese valor es considerado el caudal medio diario. En época de variación de caudales es necesario determinar el caudal dos o tres veces al día a fin de obtener el caudal medio diario. Ahora, el promedio mensual de las descargas medias diarias proporciona la descarga media mensual y el promedio de éstas la descarga media anual (Chereque, 1992).

Medición de caudales

Según la FAO (2010) para la medición de los caudales existen:

- Métodos directos: Con algún aparato o procedimiento directo de medición del caudal.
- Métodos indirectos o continuos: Se mide el nivel del agua del cauce a partir del nivel del caudal.

Dentro de los métodos directos se tiene:

- Estimación aproximada con flotadores.
- Aforos químicos.

Dentro de los métodos indirectos se tiene:

- Escalas limnimétricas.
- Limnógrafos.
- Curva de gastos.
- Aforadores de vertederos (weirs).

2.2.8. Demanda hídrica

(CORPONARIÑO, 2009) La demanda hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en miles de metros cúbicos.

$$DT = DUD + DUA \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

DT : Demanda total de agua.

DUD : Demanda de agua para uso doméstico.

DUA : Demanda de agua para uso agrícola.

De acuerdo al tamaño de la cuenca de estudio se puede considerar solamente las demandas de agua para uso doméstico y agrícola.

2.2.9. Demanda de agua para uso doméstico

Según Corponariño (2009) la cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en metros cúbicos.

El cálculo de la demanda de agua para consumo humano se realiza empleando la siguiente expresión:

$$DUD = \text{demanda per cápita} * \text{número de hab.} \quad \text{Ec. (4)}$$

2.2.10. Demanda de agua para uso agrícola

La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación, los volúmenes adicionales necesarios para el desarrollo de cultivos, los cuales pueden ser calculados de manera indirecta mediante el cálculo de la evapotranspiración potencial y así estimar la demanda agrícola (CORPONARIÑO, 2009).

2.2.11. Evapotranspiración

Se define como la pérdida total de agua que ocurriría si en ningún momento existiera deficiencia de agua en el suelo, para uso de la vegetación (Villón, 2002).

La variable evapotranspiración ha sido analizada mediante el modelo de Hargreaves-Samani (1985), modelo que ha sido evaluado en el trabajo de Waldo Lavado, 2008 sobre Comparación de diferentes modelos de Evapotranspiración con el modelo estándar de la FAO Penman Monteith, en la cuenca amazónica peruana. El referido estudio concluye que el Modelo de Hargreaves-Samani es el que mejor se aproxima al método de Penman Monteith. Por otro lado, se justifica el uso de este método en la medida que no existe información climática suficiente para aplicar el método de Penman Monteith (SENAMHI, 2011).

El modelo de Evapotranspiración de Hargreaves- Samani es:

$$ETP = 0.0023 * (Tm + 17.8)(Tmáx - Tmín)0.5 * Ra \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración en mm/día.

Tm : Temperatura media (°C).

Tmáx : Temperatura máxima (°C).

Tmín : Temperatura mínima (°C).

Ra : Radiación extraterrestre (mm/día).

2.2.12. Evapotranspiración real de la cuenca

La evapotranspiración real, ETR, es la “verdadera cantidad aproximada” de vapor de agua que, en primer lugar, se evapora desde la superficie de suelo y, en segundo lugar, que se transpira a través de las estomas de las hojas de las plantas. Aunque estos subprocesos no son necesariamente simultáneos.

El principal factor que determina la evapotranspiración real es la humedad del suelo, el cual puede retener agua de acuerdo a su capacidad de retención específica de acuerdo al tipo de terreno. La humedad del suelo es generalmente por la infiltración, y constituye una reserva de agua a ser consumida por la evaporación del suelo y las plantas (García y Otero, 2005).

Método para la estimación de la evapotranspiración real de la cuenca: Ecuación de Turc

Turc (1954) desarrolla una ecuación a partir de una familia de curvas de la forma ETR: f (P, T) establecidas a partir de las observaciones hechas en 254 cuencas situadas en todos los climas de la Tierra, así:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{Ec. (6)}$$

Ecuación válida cuando $P/L > 0.316$

De lo contrario $ETR = P$ para $P/L < 0.316$

Donde ETR es la evapotranspiración real en mm/año, P es la precipitación del año considerado en mm y T es la temperatura media anual en °C.

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad \text{Ec. (7)}$$

2.2.13. Balance hídrico

Un balance hídrico analiza la entrada y salida de agua en un sector de una cuenca a lo largo del tiempo, tomando en consideración los cambios en el almacenamiento interno bajo diferentes escenarios. (UNOPS, 2013)

Asimismo se resumen en la ecuación que expresa el balance entre aportes, salidas y cambios en el almacenamiento en una masa de agua a lo largo de un período de tiempo (UNESCO, 2012)

La ecuación correspondiente al balance hídrico en MMC es de acuerdo a la Ec. (8):

$$Q_{entrada} = Q_{salida} \quad \text{Ec. (8)}$$

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dado, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas. Las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones, transformadas en escorrentía y eventualmente también con los aportes de transvases o derivaciones de otras cuencas. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración, así como también la infiltración del agua en el suelo.

Estas magnitudes se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie, pero se traducen generalmente en alturas de agua; la unidad más utilizada es el milímetro. Al ser estas magnitudes físicamente homogéneas, se las puede comparar calculando, ya sea su diferencia (precipitaciones menos evaporación + infiltración), ya sea su relación (precipitaciones sobre evaporación + infiltración) (MINEM, 2009).

El balance hídrico superficial se determina empleándose la expresión simplificada siguiente (SENAMHI, 2012) :

$$P - ET - Esc - \Delta s = 0 \quad \text{Ec. (9)}$$

P : Precipitación en mm.

ET : Evapotranspiración en mm.

Esc : Representa la salida superficial de la cuenca o aportaciones de la red fluvial, en mm.

ΔS : Cambio de almacenamiento en mm.

2.2.14. Índice de escasez

Se establece como la relación entre la oferta hídrica neta superficial y la demanda total de agua ejercida en el desarrollo de actividades económicas y sociales (CORPONARIÑO, 2009).

$$I_E = D/O_n * 100 \% \quad \text{Ec. (10)}$$

Dónde:

I_E : índice de escasez (%)

D : demanda de agua (m³)

O_n : oferta hídrica superficial neta (m³).

La escasez se registra cuando la cantidad de agua tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y las de las demandas potenciales (IDEAM, 2004).

En el Cuadro 2.2-2 se establece por categoría los umbrales críticos de presión sobre el recurso hídrico y la interpretación del porcentaje de oferta hídrica utilizada; indicando estos una categoría alta, media, moderada y baja según el porcentaje de la oferta hídrica utilizada en función de la demanda (uso poblacional y agrícola).

Cuadro 2.2-2. Umbrales críticos de presión – índice de escasez.

CATEGORÍA	% DE LA OFERTA HÍDRICA UTILIZADA	INTERPRETACIÓN
ALTO	> 40%	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable.
MEDIO	20 - 40 %	Cuando los límites de presión exigen entre el 20 y 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciben el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.
MODERADO	10 - 20 %	Indica que la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.
BAJO	< 10%	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad.

Fuente: Metodología índice de escasez. IDEAM, 2004.

2.2.15. Justificación del índice de escasez

(Gonzalo, Marín, & Vanegas, 2004) El índice de escasez representa la demanda de agua que ejercen en su conjunto las actividades económicas y sociales para su uso y aprovechamiento frente a la oferta hídrica disponible (neta). Esta relación calcula para condiciones hidrológicas medias y secas dando una visión general de la situación de la disponibilidad de agua actual y con las proyecciones futuras del abastecimiento a nivel nacional y regional de tal manera que las entidades del estado involucradas en la gestión ambiental y de los recursos hídricos, tomen las medidas necesarias para que los planes de ordenamiento del uso de los recursos naturales y manejo sostenible de las cuencas

hidrográficas, tengan en cuenta zonas que presentan índices de escasez con niveles preocupantes y otras características desfavorables.

2.2.16. Categorías e interpretación del índice de escasez

(Gonzalo, Marín, & Vanegas, 2004) Si bien el índice de escasez da cuenta de los niveles de abundancia o escasez, relacionando la oferta específica con la demanda correspondiente, debe tenerse en cuenta que el abastecimiento de agua para los diferentes usos involucra aspectos como el almacenamiento y transporte del recurso hídrico. El índice de escasez se agrupa en cinco categorías, en función a la demanda:

Cuadro 2.2-3. Categorías del índice de escasez en función a la demanda.

CATEGORÍA	RANGO	COLOR	EXPLICACIÓN
Alto	> 40%	Rojo	Demanda alta
Medio	20 - 40%	Naranja	Demanda apreciable
Moderado	10 - 20%	Verde	Demanda muy baja
Bajo	< 10%	Azul	Demanda no significativa

Fuente: Metodología índice de escasez. IDEAM, 2004.

2.2.17. Cambio climático

En estos últimos 35 años, han sucedido una serie de eventos climáticos de carácter global, como: la variación de la temperatura, cambio en el patrón de comportamiento del régimen pluviométrico, incremento de la radiación incidente, etc. En base a ello, se vienen realizando esfuerzos a nivel mundial, para minimizar esos impactos que ya se viene dando y generando en muchos casos problemas y conflictos asociados básicamente a la falta de disponibilidad del recurso hídrico (SENAMHI, 2012).

Una de estas grandes iniciativas, fue que la ONU, encargo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM) la conformación de un grupo de expertos para analizar los cambios y sus repercusiones. Este grupo se ha constituido como el “Panel Intergubernamental para el Cambio Climático” (IPCC), que desde su creación ha producido numerosos reportes, documentos técnicos, metodologías, etc.; relativos a los

cambios que se han producido hasta la situación actual, y la generación de escenarios que podrían ocurrir en el futuro.

Estos escenarios se basan en la utilización de “Modelos Globales Acoplados de Circulación General Atmósfera Océano” (AOCGM) que permiten simular las reacciones del sistema climático y prevenir su evolución hacia el futuro.

Una gran parte de la información proviene del reporte de evaluación editado por el IPCC en el 2007 (SENAMHI, 2012).

2.2.18. Los modelos climáticos (AOCGM) y previsiones del clima a futuro

Según el SENAMHI (2012) el modelo climático, es la representación numérica del sistema climático de la Tierra. La capacidad del modelo para simular las respuestas del sistema climático con forzamientos depende en una gran medida del grado de representación de los procesos físicos, geofísicos, químicos y biológicos que interactúan dentro del sistema. Los modelos climáticos, principalmente los que acoplan el sistema atmosférico y oceánico son llamados “modelos de circulación general océano-atmósfera” (AOGCM), son capaces de simular las regiones húmedas y muy secas observadas dentro de la zona tropical y subtropical, y la manera cómo éstas evolucionan (al curso de las estaciones) de un año a otro.

Estos modelos, dentro del dominio de la oceanografía, han obtenido un importante suceso previniendo, mediante la simulación los eventos de “El Niño”. El problema que presentan estos modelos ésta en relación con la representación de la cobertura vegetal de la superficie terrestre, que afecta el clima mundial de varias maneras, principalmente los incendios forestales (IPCC, 2001).

Una serie de estudios basados sobre los AOGCM concernientes a los fenómenos no lineales y al cambio climático rápido, muestran que existe posibilidad que se produzcan cambios rápidos e irreversibles dentro del sistema global: pero existe alta incertidumbre

sobre los mecanismos que están en juego, y por consecuencia también sobre la posibilidad o la escala temporal de estas transiciones. Muestras de hielo extraídas del Polo sur y Groenlandia, sugieren que los regímenes atmosféricos podrían cambiar en un lapso de tiempo de algunos años; y que los cambios hemisféricos de gran escala pueden evolucionar igualmente en algunos años. Los modelos acoplados han evolucionado y mejorado considerablemente, en general se puede decir que hacen simulaciones creíbles del clima, al menos a escala subcontinental y a escalas temporales que van de las estaciones a la década. Los modelos acoplados son considerados como instrumentos apropiados para hacer las previsiones útiles del clima a futuro. La confianza general en las previsiones de los modelos ha aumentado, y estos modelos producen actualmente simulaciones estables del clima a la superficie del planeta a lo largo de varios siglos que son considerados de calidad suficiente para ser utilizados en prever los cambios climáticos a venideros.

Todos estos escenarios toman en cuenta las principales fuerzas demográficas, económicas y tecnológicas que determinan las emisiones futuras del gas a efecto invernadero.

2.2.19. Principios de la gestión de los recursos hídricos

El término Gestión Integrada de los Recursos Hídricos apareció alrededor de los años 80', como respuesta al incremento de conflictos entre usuarios de recursos hídricos que iban disminuyendo.

La gestión integrada toma en cuenta lo técnico - ambiental y lo socio - económico, además de considerar la participación de todos los involucrados con el fin de entrelazar sus intereses sectoriales, requiriendo que el recurso hídrico sea gestionado holísticamente para el beneficio de todos (Untiveros, 2011).

Según el International Hydrological Programme IHP (Programa Hidrológico Internacional), la Gestión de los Recursos Hídricos tiene como objetivo lograr la seguridad del agua para todos los usos, al mismo tiempo que se responde también a una gestión de riegos y mitigación de posibles desastres.

Este enfoque trata de integrar la gestión del medio ambiente físico en una amplia red socio-económica y política.

Los antecedentes para la actual conceptualización de gestión integrada tuvieron un hito en la Declaración de Dublin presentada en “International Conference on Water and the Environment (ICWE)” (Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente) en Dublin, Irlanda en 1992, en la cual se establecen 4 principios rectores:

- Principio No. 1: El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
- Principio No. 2: El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.
- Principio No. 3: La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.
- Principio No. 4: El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico. (WWAP, 2008)

2.2.20. Estrategias de la gestión de los recursos hídricos

Según la experiencia recopilada en el “Report For Lake Basin Managers And Stakeholders”, basada en la experiencia aprendida de 28 casos estudiados a nivel del mundo, existen 6 componentes necesarios para una efectiva gestión (International Lake Environment Committee Foundation 2005: xii).:

- Instituciones adecuadas para la implementación de políticas de cambio.
- Políticas eficientes, efectivas y equitativas.
- Participación significativa de todos los interesados involucrados.
- Medidas técnicas para mejorar problemas que de todas maneras aparecerán.
- Información apropiada acerca de las actuales y futuras condiciones del recurso.
- Financiamiento que permita que los puntos mencionados anteriormente se cumplan.

2.2.21. Política y estrategia nacional de recursos hídricos

Según lo establecido por la A.N.A (2015) se ha establecido políticas nacionales para la gestión de recursos hídricos prevaleciendo lo siguiente tal como se muestra en el Cuadro 2.2-4:

Cuadro 2.2-4. Política y estrategia nacional de los recursos hídricos.

POLÍTICA NACIONAL DEL AGUA	ESTRATEGIAS ASOCIADAS
Gestión de la cantidad	Evaluar la oferta, disponibilidad y demanda de recurso hídricos.
	Conservar la oferta de recurso hídricos.
	Fomentar el uso eficiente y sostenible del agua.

Fuente: Elaboración propia en base a la A.N.A. (2015).

2.2.22. Eficiencia del uso de agua potable

Según datos de SEDAM (2016) se estima 49% de pérdidas que se da en el sistema de abastecimiento de agua potable, esto debido a las conexiones domiciliarias e instalaciones intradomiciliarias, el resto corresponde a fugas en las tuberías de distribución y reboses de reservorios (de forma esporádica).

A esto se suma las siguientes causas:

- El bajo nivel de medición existente.
- Falta de mantenimiento y/o reposición de tuberías de conducción y de distribución.

- Falta de cultura de uso de agua.
- Pérdidas de conexiones domiciliarias.
- Pérdidas operacionales.

2.2.23. Eficiencia de los sistemas de riego

Según García (2016) especifica que la eficiencia del riego se encuentra en base a la relación que expresa las pérdidas que ocurren desde la fuente de agua hasta las plantas y que generalmente se expresa en porcentajes.

Adicional a ello menciona que, esto depende directamente de:

- Tamaño de las parcelas.
- Periodo o número de riegos.
- Metodología empleada.

En cuanto a la metodología empleada se plantea de acuerdo a los estudios ya realizados los valores del Cuadro 2.2-5:

Cuadro 2.2-5. Eficiencia de los métodos de riego.

MÉTODO DE RIEGO	EFICIENCIA (%)
Surcos rectos	55 - 70
Surcos en contorno	50 - 55
Corrugación	50 - 70
Aspersión en clima seco y cálido	60
Aspersión en clima moderado	70
Aspersión en clima frío y húmedo	80

Fuente: Eficiencia de riego, García (2016).

2.3. Definiciones Conceptuales

2.3.1. Análisis de recursos hídricos

Implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance (UNESCO, 2012).

2.3.2. Balance hídrico

Un balance hídrico analiza la entrada y salida de agua en un sector de una cuenca a lo largo del tiempo, tomando en consideración los cambios en el almacenamiento interno bajo diferentes escenarios (UNOPS, 2013).

2.3.3. Oferta hídrica

Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países (IDEAM, 2004).

2.3.4. Demanda hídrica

La demanda hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en miles de metros cúbicos (CORPONARIÑO, 2009).

2.3.5. Escenarios climáticos

Según el SENAMHI (2012) los escenarios vienen a ser una forma simple de descripción de cómo las cosas pueden cambiar en el futuro; asimismo, menciona que, un escenario climático es “una estimación internamente consistente de cambios en el clima futuro, el cual es construido a partir de métodos que se basan en sólidos principios científicos, y que pueden ser usados para proporcionar un entendimiento de la respuesta de los sistemas ambientales y sociales al cambio climático futuro (Viner y Hulme, 1996)”.

2.3.6. Incertidumbre de escenarios

Aunque se puede decir que algunos cambios climáticos son inevitables, existe mucha incertidumbre con respecto a la predicción de propiedades del clima mundial, tales como la temperatura y precipitación. Todavía existe mayor incertidumbre con predicciones

climáticas regionales. Las principales áreas de incertidumbre científica son: las nubes, los océanos, los gases de efecto invernadero y los bancos de hielo polares (SENAMHI, 2012).

2.3.7. Gestión de recursos hídricos

Según el International Hydrological Programme IHP (Programa Hidrológico Internacional), la Gestión de los Recursos Hídricos tiene como objetivo lograr la seguridad del agua para todos los usos, al mismo tiempo que se responde también a una gestión de riego y mitigación de posibles desastres.

2.4. Formulación De Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas influye significativamente para su gestión en Huancayo – Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas presenta déficit.
- El índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas se encuentra en el umbral alto.
- Los medios de gestión de los recursos hídricos se fundamentan en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas corresponden al uso eficiente de agua para consumo humano y la agricultura.

Capítulo III: Metodología de la investigación

3.1. Variables

3.1.1. Variable independiente 1, definición conceptual

V1: Oferta hídrica, es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios. Las dimensiones son:

- Precipitación.
- Temperatura.
- Evapotranspiración.

3.1.2. Variable independiente 2, definición conceptual

V2: Demanda hídrica, la demanda hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en millones de metros cúbicos. Las dimensiones son:

- Demanda por consumo humano.
- Demanda por uso agrícola.

3.1.3. Variable dependiente 1, definición conceptual

V2: Disponibilidad hídrica, es el volumen total de agua ya precipitada sobre la cuenca, para ser utilizado, por ejemplo para el riego, para generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, etc.; donde las dimensiones son:

- Oferta hídrica.
- Demanda hídrica.

3.2. Método de investigación

El método de investigación para la presente tesis es el método científico; el método científico rechaza o elimina todo procedimiento que busque manipular la realidad en forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan (Ccanto, 2010).

3.3. Tipo de investigación

Según Hernández et al. (2006) la investigación es aplicada debido a que “se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ellas se derivan.

3.4. Alcance de la investigación

De acuerdo a Hernández et al. (2006) el alcance de la investigación es descriptiva - correlacional, porque se ha estudiado y medido las variables; y adicional a ello se ha realizado predicciones del comportamiento de las variables, así como la cuantificación de las relaciones entre ellas.

3.5. Diseño de investigación

Según Hernández et al. (2006) el diseño de la investigación por el que se guía esta tesis es no experimental de corte transeccional.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población estuvo conformada por las subcuencas del Mantaro.

3.6.2. Muestra

La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional; en este caso corresponde a la subcuenca del río Shullcas.

3.7. Operacionalización de variable: oferta hídrica

Cuadro 3.7-1. Operacionalización de la variable: Oferta hídrica.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente 1: Oferta hídrica.	1.1. Precipitación.	1.1.1. Precipitación media. 1.1.2. Precipitación por cambio climático.	Recolección de datos y muestreo
	1.2. Temperatura.	1.2.1 Temperatura media. 1.2.2. Temperatura por cambio climático.	
	1.3. Evapotranspiración.	1.3.1 Precipitación media.	
		1.3.2 Temperatura media.	

3.8. Operacionalización de la variable: demanda hídrica

Cuadro 3.8-1. Operacionalización de la variable: Demanda hídrica.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente 2: Demanda hídrica.	2.1. Demanda por consumo humano.	2.1.1. Población.	Recolección de datos.
		2.1.2. Dotación.	
		2.1.3. Tasa de crecimiento.	
	2.2. Demanda por uso agrícola.	2.2.1 Parcelas agrícolas (ha).	
		2.2.2 Coeficiente de cultivo.	
		2.2.3 Evapotranspiración.	

3.9. Operacionalización de la variable: disponibilidad hídrica

Cuadro 3.9-1. Operacionalidad de la variable: Disponibilidad hídrica.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable dependiente 1: Disponibilidad hídrica.	1.1. Oferta hídrica.	1.1.1 Precipitación.	Recolección de datos y muestreo.
		1.1.2 Temperatura.	
		1.1.3 Evapotranspiración.	
	1.2. Demanda hídrica.	1.2.1 Demanda por consumo humano.	
1.2.2 Demanda por uso agrícola.			

3.10. Técnicas de recolección de datos

Deza, Muñoz y Sabino (2008) establecen que, las técnicas de recolección de datos serán de: fuentes de los libros, revistas, etc. además archivos locales, archivos privados,

otros documentos, estadísticas y fichas bibliográficas; a partir de la observación y la entrevista”.

Asimismo, en el Cuadro 3.10-1 se detalla las técnicas de recolección de datos para la presente investigación:

Cuadro 3.10-1. Técnicas de recolección de datos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	DATOS A OBSERVAR
Fichaje	Fichas bibliográficas, resumen, transcripción y resumen.	Marco teórico y conceptual, recolección y detección de la mayor cantidad de información relacionada con la investigación.

Del procesamiento:

Las técnicas de recolección de datos fueron directas y de observación, se adoptó la forma sistemática y experimental en laboratorio siguiéndose el proceso:

- Se realizó la recolección de información concerniente a la precipitación, temperatura, humedad y caudales de la subcuenca del río Shullcas.
- Se determinó la oferta hídrica en base a la información recolectada.
- Se realizó los aforamientos correspondientes en el cauce del río Shullcas a fin de corroborar los datos resultantes.
- Se determinó tanto la demanda para uso poblacional y uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas para el escenario actual.
- Se realizó el cálculo de la disponibilidad hídrica presente en la subcuenca del río Shullcas.
- En base a la disponibilidad hídrica se identificó el índice de escasez para el planteamiento del modelo de gestión.
- Se determinó la oferta hídrica en considerando el escenario del cambio climático al 2039.

- Se determinó tanto la demanda para uso poblacional y uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas para el escenario considerando el cambio climático al 2039.
- Se realizó el cálculo de la disponibilidad hídrica al 2039 en la subcuenca del río Shullcas.
- En base a la disponibilidad hídrica al 2039 se identificó el índice de escasez para el planteamiento del modelo de gestión.
- Finalmente, en base a los resultados se determinó los medios para la gestión de recursos hídricos en la subcuenca del río Shullcas fundamentado en el análisis de los mismo.

3.11. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Se utilizó los modelos tabulares numéricos y gráficos, además el uso de los softwares aplicativos como el Ms-Excel 2016, Autocad2017, ArcMap 10.3; donde se consideró:

3.11.1. Criterios estadísticos

Nash-Sutcliffe

Establece que, entre más cerca de 1 mejor la correspondencia entre los datos observados y simulados.

Cuadro 3.11-1. Criterio de Nash - Sutcliffe

E	AJUSTE
<0.2	Insuficiente
0.2 - 0.4	Satisfactorio
0.4 - 0.6	Bueno
0.6 - 0.8	Muy bueno
> 0.8	Excelente

Fuente: Calibración de modelos hidrológicos (Cabrera, 2011)

3.12. Lugar Y Periodo De La Investigación

La investigación se realizó en la subcuenca del río Shullcas en los meses de mayo a diciembre de 2016 hasta mayo de 2017, determinándose las siguientes características:

3.12.1. Subcuenca del río Shullcas

La subcuenca del río Shullcas está ubicada en la región Junín, provincia de Huancayo y abarca los distritos de Huancayo y El Tambo; es uno de los afluentes del río Mantaro en su margen izquierda. La subcuenca del río Shullcas es de gran importancia para la provincia de Huancayo debido a que concentra la mayor población.

3.12.2. Ubicación geográfica, extensión y límites de la subcuenca del río Shullcas

La subcuenca del río Shullcas se ubica dentro de la región húmeda y drena una hoya hidrográfica de 223,11 km² hasta su confluencia con el río Mantaro.

Geográficamente se ubica entre los 11° 52' 13" a 12° 07' 00" de Latitud Sur y entre los meridianos 75° 01' 57" a 75° 14' 37" de Longitud Oeste, altitudinalmente, se encuentra entre los 3172 msnm a 4943 msnm, abarcando los distritos de Huancayo y El Tambo. La subcuenca del río Shullcas forma parte de la vertiente del Océano Atlántico y limita con:

- ↖ Por el norte: Con la subcuenca del río Viscas y la subcuenca del Tulumayo.
- ↘ Por el sur : Con la subcuenca del Río Chanchas.
- ↗ Por el Este : Con la subcuenca del Río Pariahuanca
- ↖ Por el Oeste: Con la cuenca del Mantaro.

3.12.3. Hidrografía y fisiografía en la subcuenca del río Shullcas

El río Shullcas se origina de los desagües de lagunas principalmente por la Chuspicocha y Lazo Huntay por lo que es de régimen nivo – lacustre. Determinado en:

Zona altoandina

Ubicada sobre los 3 800 msnm que cubre alrededor del 48,5% de la subcuenca, con vertientes montañosas, predominantemente rocosas, excavadas en valles en forma de U y cubiertas por morrénicas de diferente espesor.

Zona mesoandina

Que se encuentra entre 3 200 y 3 800 msnm, agrupa cerca del 48,5% del área total de la subcuenca y conforma paisajes agrestes de grandes vertientes montañosas, clima templado y lluvias suficientemente abundantes para sostener la tradicional agricultura andina. Existe además un sector en la parte alta de la subcuenca que se encuentra cubierto por nieves perpetuas; y que cubre aproximadamente el 2,7 % del área total, y presenta relieves directamente relacionados con la morfología de la roca base. El escurrimiento superficial es originado principalmente por las precipitaciones estacionales, que presentan un régimen irregular, siendo mayor en los meses de noviembre a abril.

El Río Shullcas se forma de la confluencia de las quebradas Ucushcancha y Ronda, otras quebradas que tributan al Río Shullcas son Pacchapata y Achapa. Las principales lagunas de la cuenca son Chuspicocha, Lazo Huntay y Huacracocha.

Cuadro 3.12-1. Nacientes de la sub cuenca del río Shullcas

ORÍGEN	LAGUNA	m³	APORTE
Glacial	Lazo Huntay	540000	7.7
	Chuspicocha	44000	6.3
	Duraznoyoc	358433	5.1
	Chico Chuspi	27513	0.4
Pluvial	Huacracocha	4549768	65.1
	Yanacocha	666700	9.5
	Quellacocha	131283	9.5
	Quinsacocha	108857	1.9
	Llacsacocha	108500	1.6
	Patococha	56990	0.8

Fuente: Disponibilidad hídrica actual y futura en la sub cuenca del río Shullcas (ANA, 2011).

3.12.4. Características geomorfológicas de la subcuenca del río Shullcas

Área superficial o área real de la subcuenca

El área de la subcuenca del río Shullcas es de 223,11 km².

Perímetro de la subcuenca del río Shullcas

El perímetro de la subcuenca del río Shullcas es de 66,52 km.

Longitud de la subcuenca del río Shullcas

La longitud de la subcuenca del río Shullcas (L) es de 19,32 Km, la cual es la longitud de la línea recta con dirección “paralela” al cauce principal.

Longitud del cauce principal (río Shullcas)

La longitud del río Shullcas (Lcp) es de 24.67 Km. Comprendiendo su longitud o distancia desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Ancho de la subcuenca del río Shullcas

Considerando el área de: 223,11 km² y longitud de 19.32 Km; el ancho es de 11.55 Km.

Índices de Horton de la subcuenca del río Shullcas

Cuadro 3.12-2. Índice de Horton de la subcuenca del río Shullcas.

ORDEN	SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS	
	N° de ríos	Longitud (Km)
1°	48	103.75
2°	9	25.59
3°	4	10.05
4°	1	23.53
Total	62	162.92

Fuente: SENAMHI (2011).

Pendiente media de la subcuenca del río Shullcas

La pendiente media es de 39%.

Altura media de la subcuenca del río Shullcas

La altura media es de 4148.72 msnm.

A continuación, se presentan los gráficos de la curva hipsométrica, del histograma de frecuencias y el perfil longitudinal del cauce principal.

Cuadro 3.12-3. Cuadro de curva hipsométrica de la subcuenca del río Shullcas

COTA INTERVALO (msnm)		COTA MEDIA	ÁREA (ha)	ÁREA ACUMULADA	% DE ÁREA TOTAL	
MENOR	MAYOR				INTERVALO	ACUMULADA
5200.00	5550.00	5375.00	197.41	197.41	1.09%	1.09%
5000.00	5200.00	5100.00	317.98	515.39	1.76%	2.86%

4800.00	5000.00	4900.00	544.92	1060.31	3.02%	5.88%
4600.00	4800.00	4700.00	3069.97	4130.28	17.03%	22.91%
4400.00	4600.00	4500.00	6178.40	10308.68	34.27%	57.17%
4200.00	4400.00	4300.00	3557.98	13866.66	19.73%	76.91%
4000.00	4200.00	4100.00	2234.85	16101.51	12.39%	89.30%
3800.00	4000.00	3900.00	1196.24	17297.75	6.63%	95.94%
3600.00	3800.00	3700.00	584.20	17881.95	3.24%	99.18%
3478.00	3600.00	3539.00	148.39	18030.34	0.82%	100.00%

Gráfico 3.12-1. Curva Hipsométrica sub cuenca del río Shullcas

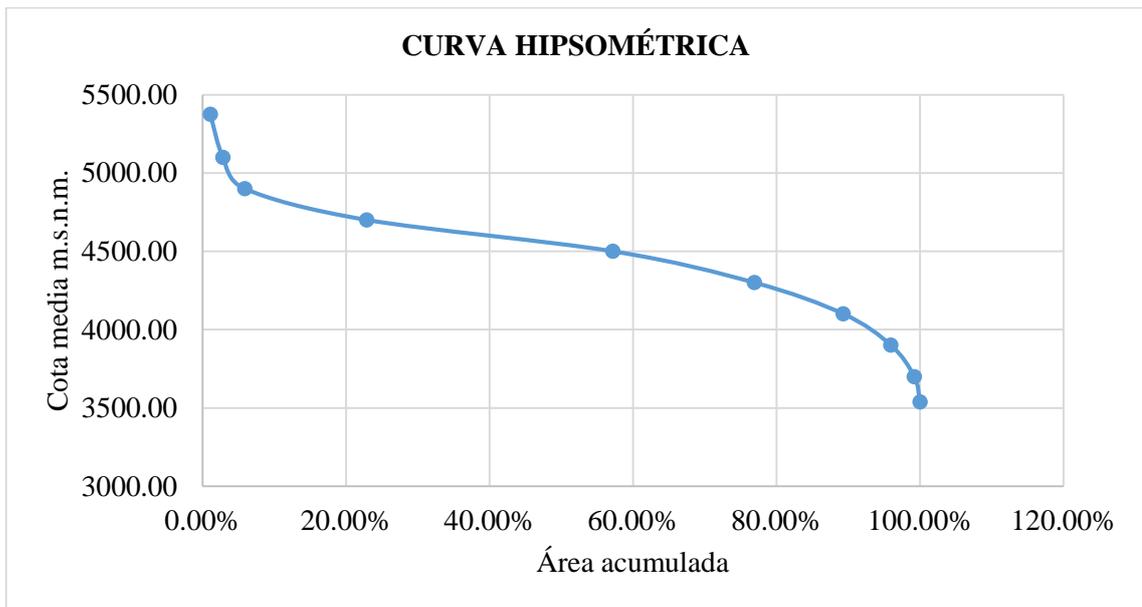
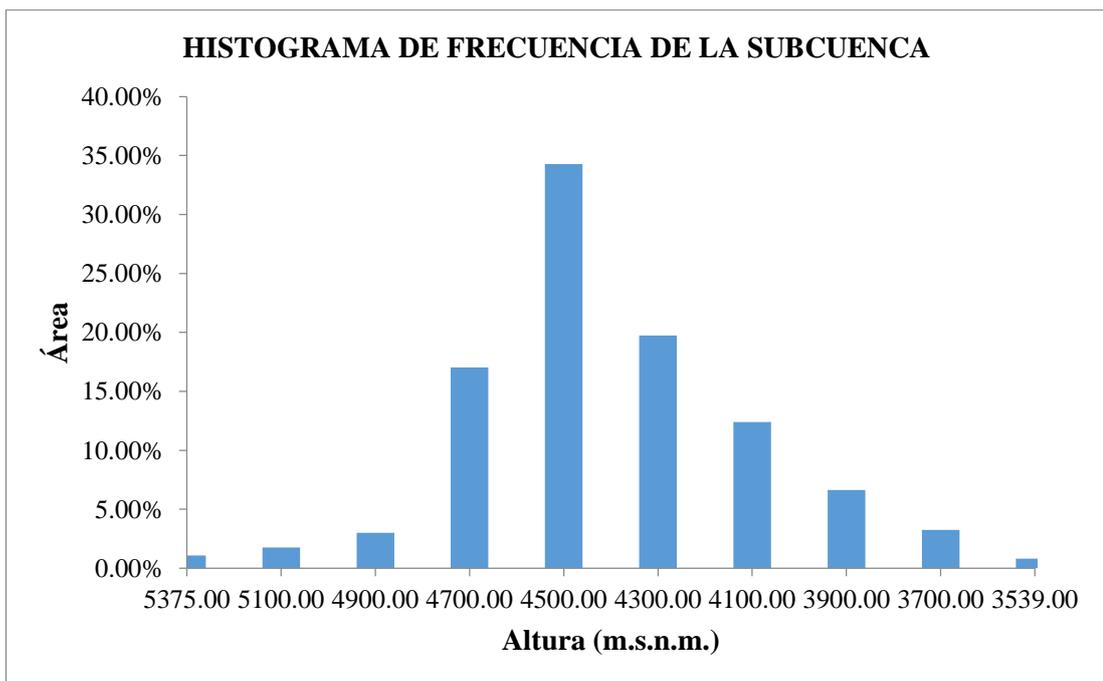


Gráfico 3.12-2. Histograma de frecuencias de la sub cuenca del río Shullcas



Capítulo IV: Resultados

4.1. Disponibilidad hídrica actual de la subcuenca del río shullcas

4.1.1. Oferta hídrica actual

Caudales según datos históricos

Cuadro 4.1-1. Caudales aforados en la estación Shullcas en m³/s.

CAUDALES ESTACIÓN SHULLCAS (m ³ /s)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1997	7.42	8.54	8.77	2.63	1.42	1.16	1.06	0.96	1.21	1.39	2.97	4.04
1998	9.47	15.92	10.02	4.43	1.69	1.11	1.06	0.96	1.21	1.39	3	4
1999	6.6	14.77	12.34	4.41	1.9	1.2	0.89	0.81	1.1	1.26	1.29	2.77
2000	8.75	23.01	17.33	5.25	1.5	1.2	0.89	0.81	1.1	1.26	1.19	1.85
2001	17.53	21.9	14.35	5.97	1.8	1.35	1.33	1.22	1.28	1.42	1.81	4.07
2002	2.26	10.71	12.73	6.11	1.9	1.36	1.12	1.1	1.33	1.63	2.34	4.14
2003	5.12	11.03	13.15	6.74	2.7	1.42	1.28	1.15	1.03	1.04	1.2	2.42
2004	4.05	8.93	5.84	2.54	1.97	1.76	1.4	1.08	1.23	1.23	1.89	5.14
2005	3.82	4.11	6.16	2	1.43	1.13	0.96	1.05	0.97	1.66	1.55	2.73
2006	8.24	8.74	4.47	3.6	1.65	1.5	1.25	1.2	1.17	1.26	1.76	3.21
2007	6.83	4.73	6.55	2.99	1.71	1.24	1.34	1.2	1.15	1.19	1.75	2.41
2008	8.94	6.49	5.24	1.67	1.07	0.97	1.04	1.04	1.03	1.13	1.17	1.36
2009	1.85	6.32	4.76	2.43	1.26	1.16	1.12	1.1	1.03	1.21	1.17	2.64
2010	16.72	16.56	15.35	10.95	3.06	1.35	1.12	1.12	1.15	1.13	1.16	3.54
2011	5.28	11.53	9.09	7.82	2.66	1.6	1.14	1.09	1.14	1.14	1.16	3.54

Fuente: SENAMHI 2011.

En el Cuadro 4.1-1 se muestra los caudales aforados promedio a nivel mensual desde el año 1997 hasta el 2011.

Esta información tomada de la estación hidrométrica del río Shullcas.

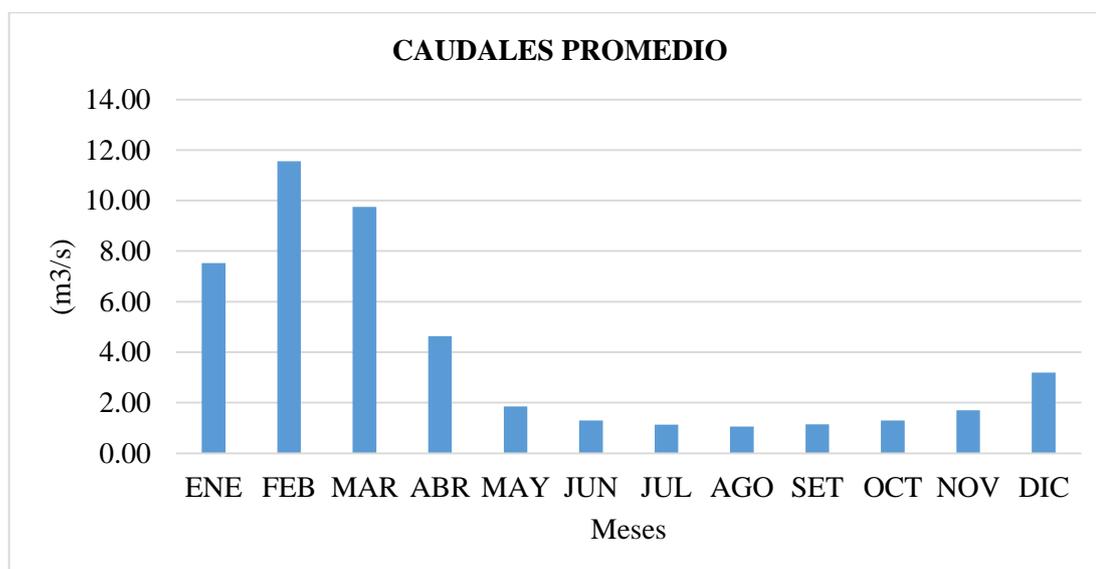
Caudales evaluados en campo

Cuadro 4.1-2. Caudales promedio aforados en campo (m³/s).

MES	CAUDAL (m ³ /s)
ENE	7.53
FEB	11.55
MAR	9.74
ABR	4.64
MAY	1.85
JUN	1.30
JUL	1.13
AGO	1.06
SET	1.14
OCT	1.29
NOV	1.69
DIC	3.19

En el Cuadro 4.1-2 se detalla los caudales promedio aforados en campo (m³/s) donde se detalla que los meses de mayor escorrentía son de diciembre hasta abril.

Gráfico 4.1-1. Caudales promedio del río Shullcas.



Fuente: Cuadro 4.1-1.

El En el Cuadro 4.1-2 se detalla los caudales promedio aforados en campo (m³/s) donde se detalla que los meses de mayor escorrentía son de diciembre hasta abril.

Gráfico 4.1-1 detalla que, los caudales máximos se dan en los meses de diciembre hasta marzo, mientras que en los otros meses este caudal se ve reducido.

Precipitaciones

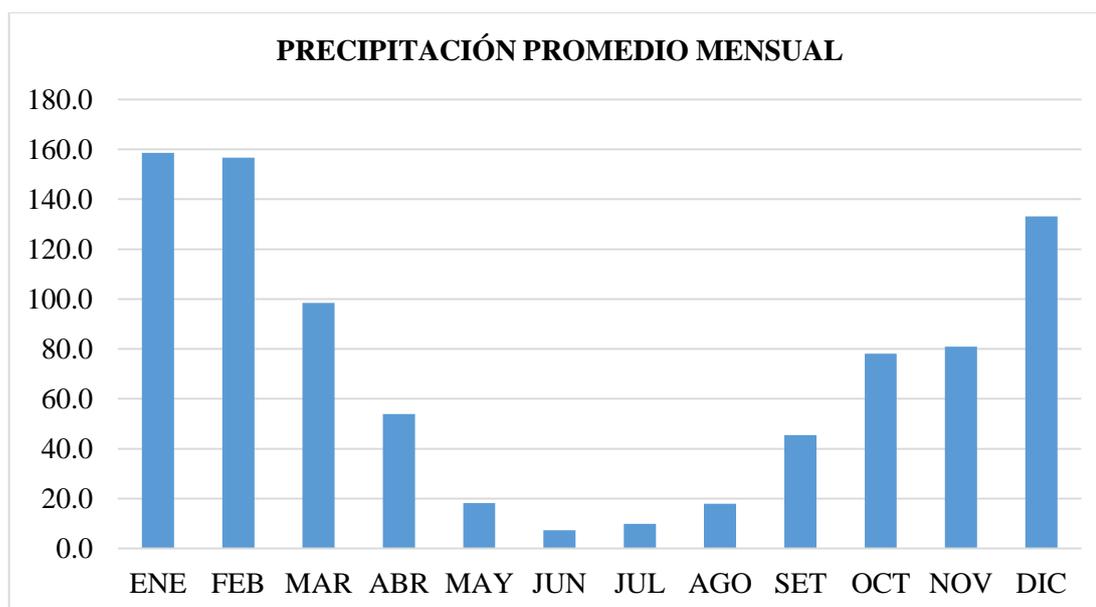
Cuadro 4.1-3. Precipitación promedio mensual de la estación Shullcas (mm)

PRECIPITACIÓN MENSUAL													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1997	139.6	180.2	122.0	45.0	12.6	1.5	1.0	20.3	43.0	79.9	116.6	204.1	965.8
1998	203.3	231.0	73.5	85.7	7.8	6.1	0.0	10.3	14.4	116.8	107.2	129.1	985.2
1999	125.6	212.9	144.8	31.1	21.0	23.3	13.8	0.3	59.3	80.9	84.5	106.9	904.4
2000	197.7	177.8	154.5	62.8	10.3	4.1	3.9	39.1	28.8	70.0	18.0	102.9	869.9
2001	249.4	107.8	127.7	36.5	33.3	2.9	11.8	4.3	35.3	51.5	67.3	107.7	835.5
2002	114.9	160.2	209.6	35.9	16.4	6.1	33.6	14.1	55.9	76.4	81.0	155.8	959.9
2003	175.5	181.9	169.1	77.1	27.5	0.9	1.4	53.6	53.3	45.0	73.5	165.5	1024.3
2004	51.6	165.4	102.9	26.1	22.9	14.1	17.9	20.0	50.9	93.0	104.1	168.3	837.2
2005	85.8	108.9	105.2	11.4	14.0	0.0	0.0	8.3	17.4	127.8	65.3	124.7	668.8
2006	224.7	110.1	116.4	43.1	2.8	11.4	0.0	25.7	36.4	92.4	108.5	132.7	904.2
2007	94.5	112.7	120.3	58.9	26.4	0.0	25.6	15.2	37.5	91.7	93.6	129.4	805.8
2008	217.0	123.3	56.6	45.2	15.5	8.2	0.0	8.0	33.9	116.4	68.7	122.9	815.7
2009	96.5	169.2	40.2	45.7	26.3	23.0	9.1	34.7	47.8	62.7	98.8	145.6	799.6
2010	328.0	278.7	54.0	54.9	0.9	5.1	11.2	10.9	25.5	67.8	54.7	118.2	1009.9
2011	159.5	210.5	55.6	89.6	15.2	0.0	10.6	11.4	80.8	67.7	84.8	129.5	915.2
2012	100.7	136.1	56.4	105.9	15.2	12.5	8.9	10.4	48.1	56.8	85.7	133.2	769.7
2013	153.6	135.9	54.2	59.5	6.7	7.5	9.6	27.2	68.1	58.1	65.5	108.7	754.7
2014	164.0	79.0	54.0	55.9	56.8	9.9	15.3	11.2	73.8	59.4	81.7	125.3	786.4
2015	132.3	96.3	53.9	53.9	13.9	3.8	13.6	16.7	54.6	68.6	79.1	118.5	705.2
Prom.	158.6	156.7	98.5	53.9	18.2	7.4	9.9	18.0	45.5	78.0	81.0	133.1	858.8
Máx.	328.0	278.7	209.6	105.9	56.8	23.3	33.6	53.6	80.8	127.8	116.6	204.1	328.0
Min.	51.6	79.0	40.2	11.4	0.9	0.0	0.0	0.3	14.4	45.0	18.0	102.9	0.0

Fuente: SENAMHI 2011.

En el Cuadro 4.1-3 se muestra las precipitaciones expresadas en mm promedio mensuales desde el año 1997 hasta el año 2015.

Gráfico 4.1-2. Precipitación promedio de la subcuenca del río Shullcas (mm).



Fuente: Cuadro 4.1-3.

El Gráfico 4.1-2 muestra los valores promedio mensuales de precipitación de la subcuenca del río Shullcas en bases a la estación hidrometeorológica Shullcas.

Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración se ha considerado la ecuación de Turc tal como se muestra en el numeral 2.2.11; para esto se ha determinado la precipitación anual en mm (ver Cuadro 4.1-3) siendo esta de 858.8 mm.

Para el desarrollo de la ecuación; no obstante, el Cuadro 4.1-4 muestra este cálculo.

Cuadro 4.1-4. Cálculo de la evapotranspiración real de la subcuenca del río Shullcas.

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	DÍAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
P (Precipitación en mm)	1997 - 2015	158.64	156.74	98.48	53.90	18.18	7.39	9.86	17.99	45.51	78.04	80.98	133.10	858.81
T° Máx. (Temperatura máxima)	2000-2014	19.47	18.84	18.70	19.74	20.50	19.99	19.67	20.10	20.65	20.56	21.21	20.01	19.95
T° Mín. (Temperatura mínima)	2000-2014	6.85	7.28	6.92	5.01	2.53	1.10	0.71	2.40	4.49	6.03	5.56	6.66	4.63
T° Med. (Temperatura media)	2000-2014	13.16	13.06	12.81	12.38	11.52	10.55	10.19	11.25	12.57	13.30	13.39	13.34	12.29
Radiación solar extraterrestre (mm/día)		16.40	16.20	15.40	13.90	12.30	11.49	11.79	13.10	14.70	15.80	16.20	16.31	14.46
Evapotranspiración Potencial		4.15	3.91	3.72	3.70	3.51	3.26	3.31	3.68	4.13	4.31	4.60	4.27	3.92
L (Función dependiente de la temperatura)		742.96	737.88	725.35	704.1	664.22	622.2	607.65	652.44	713.56	749.87	754.53	751.94	700.11
P/L		0.214	0.212	0.136	0.077	0.027	0.012	0.016	0.028	0.064	0.104	0.107	0.177	1.227
Evapotranspiración Real (mm)		47.04	42.48	47.04	45.52	47.04	45.52	47.04	47.04	45.52	47.04	45.52	47.04	553.81

En este cuadro se observa el cálculo de la evapotranspiración real de la subcuenca del río Shullcas, considerando la temperatura promedio anual, la precipitación anual y el factor “L” que se encuentra en función de la temperatura.

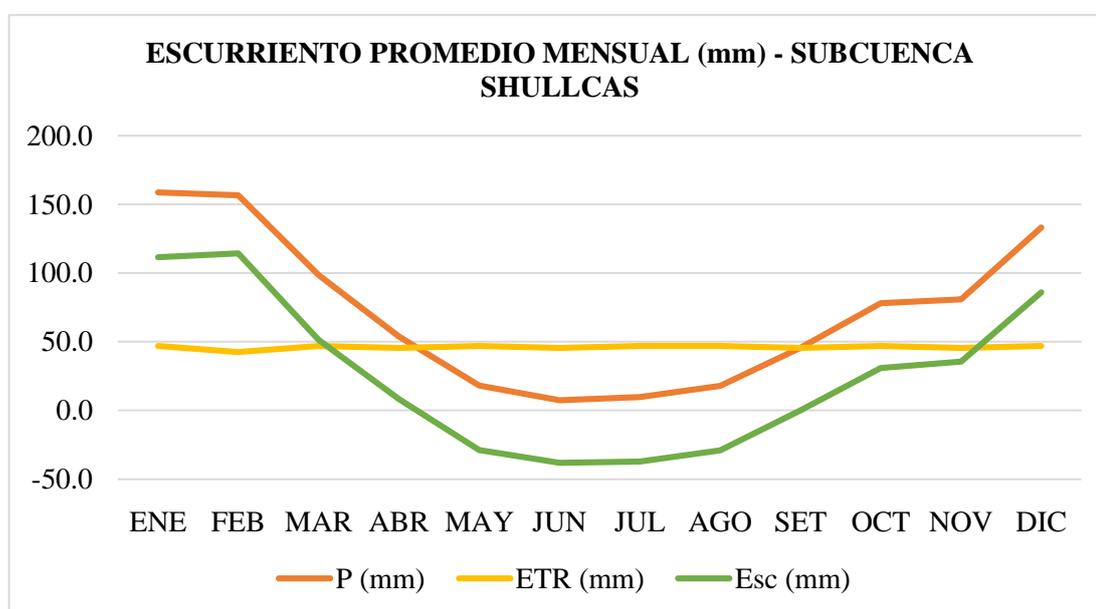
Escorrentía superficial

Cuadro 4.1-5. Cálculo de la escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas.

	P (mm)	ETR (mm)	Esc (mm)
ENE	158.64	47.04	111.61
FEB	156.74	42.48	114.25
MAR	98.48	47.04	51.44
ABR	53.90	45.52	8.38
MAY	18.18	47.04	-28.85
JUN	7.39	45.52	-38.13
JUL	9.86	47.04	-37.18
AGO	17.99	47.04	-29.05
SET	45.51	45.52	-0.01
OCT	78.04	47.04	31.01
NOV	80.98	45.52	35.46
DIC	133.10	47.04	86.07
ANUAL	858.81	553.81	305.00

Según lo calculado en el Cuadro 4.1-3 y Cuadro 4.1-4 se procedió al cálculo de la escorrentía de la subcuenca del río Shullcas que resulta de restar la precipitación con la evapotranspiración.

Gráfico 4.1-3. Esgurrimento promedio mensual (mm) de la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.1-5.

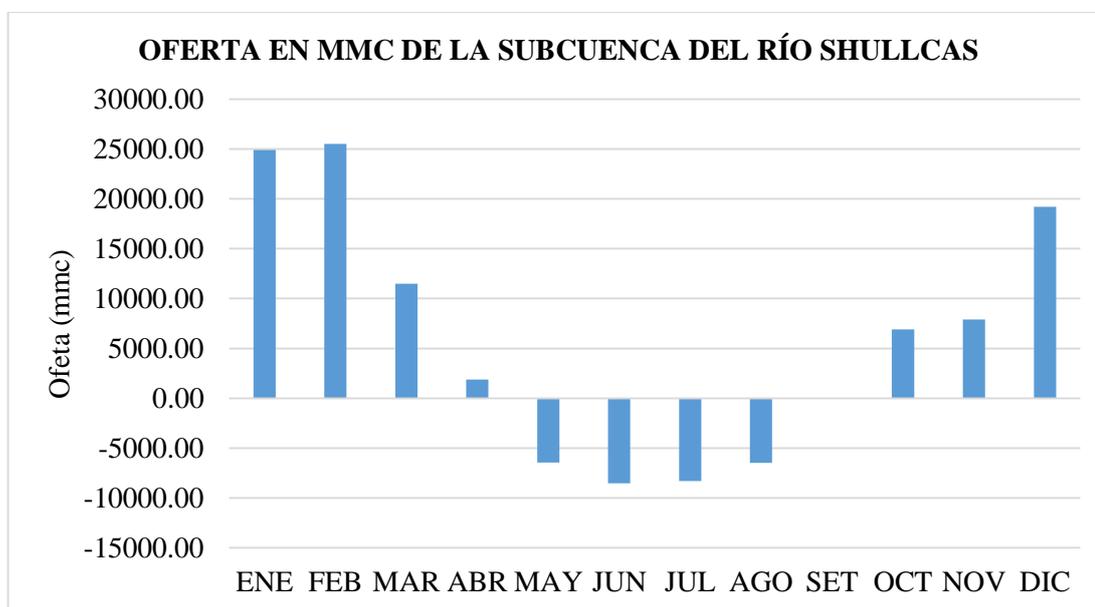
En el Gráfico 4.1-3 se muestra el comportamiento tanto de la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas.

Cuadro 4.1-6. Escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas en MMC.

	ESC (mm)	OFERTA (MMC)
ENE	111.61	24900.25
FEB	114.25	25491.08
MAR	51.44	11476.92
ABR	8.38	1870.20
MAY	-28.85	-6437.36
JUN	-38.13	-8507.70
JUL	-37.18	-8294.57
AGO	-29.05	-6481.08
SET	-0.01	-1.22
OCT	31.01	6917.91
NOV	35.46	7910.99
DIC	86.07	19202.15
ANUAL	305.00	68047.56

En el Cuadro 4.1-6 se muestra la escorrentía superficial en MMC (miles de metros cúbicos) de la subcuenca del río Shullcas, esto calculado en base a la extensión de la subcuenca que es de 223.11 km².

Gráfico 4.1-4. Oferta en MMC de la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.1-6.

El Gráfico 4.1-4 muestra que, la oferta hídrica de la subcuenca del río Shullcas se encuentra en déficit en los meses de mayo, junio, julio y agosto.

4.1.2. Contrastación estadística de la oferta hídrica

Tal como se detalla en el numeral 3.11.1 para la contrastación estadística del método para el cálculo de escorrentía superficial se detalla lo siguiente:

Cuadro 4.1-7. Contrastación estadística de la oferta hídrica.

MES	CAUDAL (m ³ /s)		Q _s -Q _A	(Q _s -Q _A) ²	Q-Q _A	(Q-Q _A) ²
	SIMULADO	AFORADO				
ENE	9.30	7.53	-1.77	3.14	5.45	29.74
FEB	10.54	11.55	1.02	1.03	6.69	44.81
MAR	4.28	9.74	5.46	29.79	0.44	0.20
ABR	0.72	4.64	3.91	15.32	-3.12	9.74
MAY	-2.40	1.85	4.25	18.07	-6.25	39.02
JUN	-3.28	1.30	4.58	21.00	-7.13	50.77
JUL	-3.10	1.13	4.23	17.89	-6.94	48.16
AGO	-2.42	1.06	3.48	12.10	-6.26	39.22
SET	0.00	1.14	1.14	1.31	-3.84	14.77
OCT	2.58	1.29	-1.29	1.67	-1.26	1.59
NOV	3.05	1.69	-1.36	1.84	-0.79	0.63
DIC	7.17	3.19	-3.98	15.83	3.33	11.06
PROMEDIO		3.84	SUMA:	139.01		289.71
					NASH=	0.52

En el Cuadro 4.1-7 se detalla la contrastación estadística de la oferta hídrica en base a la metodología de Nash Sutcliffe, resultando este valor 0.52 lo cual representa según lo especificado en el Cuadro 3.11-1 como buena la correlación entre lo calculado como lo aforado; con lo que se puede dar como aceptado el método empleado.

4.1.3. Demanda hídrica actual

Demanda per cápita

Según lo reportado por SEDAM Huancayo S.A. (2016) asegura una continuidad de 12 horas promedio de continuidad y el valor de dotación corresponde a 129 litros/habitantes-día; valor que fue considerado para el cálculo de la demanda poblacional.

Población involucrada

Para el cálculo de la población a servir se consideró lo estipulado en el Boletín del INEI: “Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 - 2015”; en el cual se ha calculado las poblaciones en base al

método logístico; de considerar que, la subcuenca del río Shullcas involucra los distritos de El Tambo y El Huancayo se ha tomado los valores que se muestran en el cuadro:

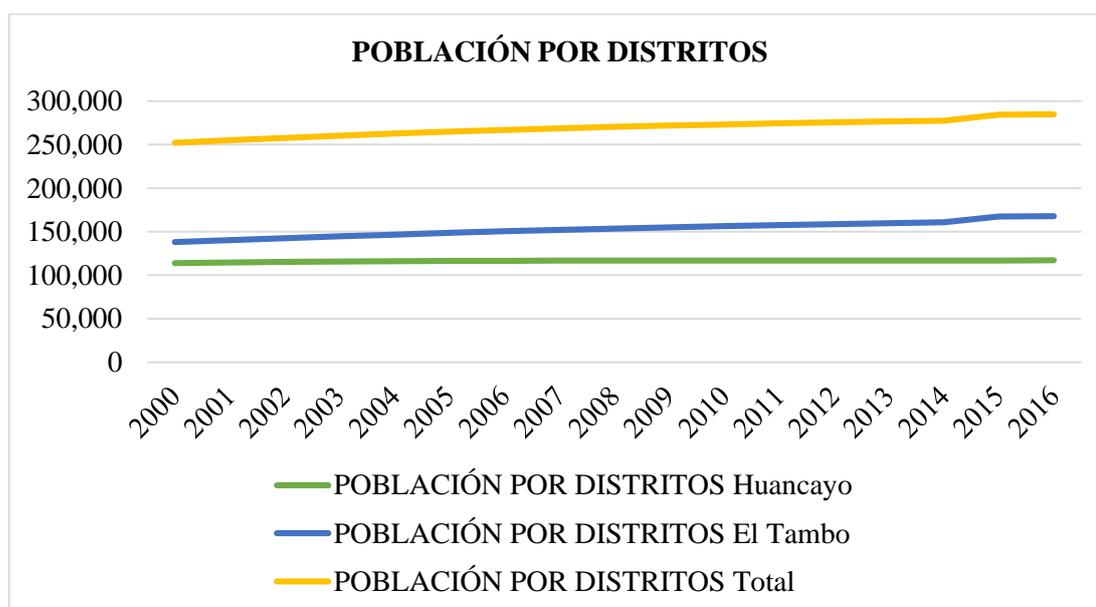
Cuadro 4.1-8. Población por distritos involucrados.

POBLACIÓN POR DISTRITOS			
Año	Huancayo	El Tambo	Total
2000	114,003	137,999	252,002
2001	114,645	140,284	254,929
2002	115,206	142,504	257,710
2003	115,683	144,636	260,319
2004	116,072	146,678	262,750
2005	116,367	148,621	264,988
2006	116,557	150,430	266,987
2007	116,692	152,073	268,765
2008	116,784	153,583	270,367
2009	116,842	154,987	271,829
2010	116,880	156,320	273,200
2011	116,898	157,593	274,491
2012	116,915	158,752	275,667
2013	116,930	159,787	276,717
2014	116,944	160,685	277,629
2015	116,953	167,429	284,382
2016	117,010	167,727	284,737

Fuente: Elaboración propia en base al INEI (2009).

El Cuadro 4.1-8 muestra la población de los distrito involucrados desde el año 2000 hasta 2016, mostrándose claramente que año tras año se va acrecentando.

Gráfico 4.1-5. Población de los distritos de El Tambo y Huancayo (2000 – 2016).



Fuente: En base al Cuadro 4.1-8.

El Gráfico 4.1-5 detalla la tendencia del crecimiento poblacional de los distritos de El Tambo y Huancayo.

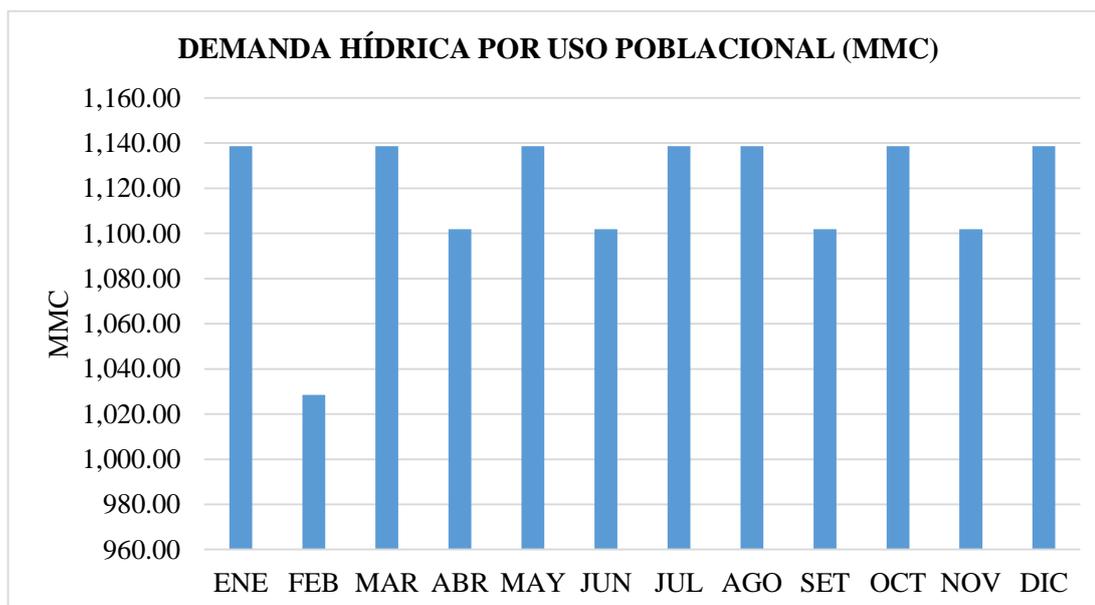
Demanda hídrica por consumo humano

Cuadro 4.1-9. Demanda hídrica por consumo humano en el 2016.

AÑO	POBLACIÓN
2016	284737
MES	DEMANDA EN MMC
ENE	1138.66
FEB	1028.47
MAR	1138.66
ABR	1101.93
MAY	1138.66
JUN	1101.93
JUL	1138.66
AGO	1138.66
SET	1101.93
OCT	1138.66
NOV	1101.93
DIC	1138.66
ANUAL	13406.84

En el Cuadro 4.1-9 se muestra la demanda hídrica en MMC que se presenta en la subcuenca del río Shullcas, esto considerando el número de habitantes y la demanda per cápita.

Gráfico 4.1-6. Demanda hídrica por uso poblacional.



En el Gráfico 4.1-6 muestra que, la demanda por uso poblacional (MMC) donde la variación mensual se da por el número de días de cada mes.

Cantidad parcelaria en el distrito de El Tambo

Cuadro 4.1-10. Cantidad parcelaria en el distrito de El Tambo.

EJECUCION Y PERSPECTIVAS DE LA INFORMACION AGRICOLA - DISTRITO DE EL TAMBO													
CAMPAÑA AGRICOLA: 2015 - 2016													
CULTIVO	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NOV	DIC	TOTAL
Ajo	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	2	12
Alcachofa	9	9	9	9	9	9	9	12	12	12	12	9	120
Alfalfa	98	98	98	98	98	98	98	81	84	87	93	98	1129
Arveja grano seco	32	32	32	32	20	5	-	-	-	8	16	32	209
Arveja grano verde	54	47	34	16	-	-	-	7	14	30	52	58	312
Avena forrajera	20	26	35	35	32	26	20	11	7	7	10	14	243
Cebada forrajera	9	12	17	17	16	15	12	7	6	6	7	8	132
Cebada grano	250	250	250	250	238	28	-	-	-	5	75	250	1596
Cebolla	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	10
Cirolero	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Col o repollo	-	-	-	1	1	1	1	2	1	1	1	1	10
Guindo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Haba grano seco	22	22	22	22	12	-	-	-	-	12	22	22	156
Haba grano verde	29	24	17	5	-	-	-	5	10	26	34	34	184
Linaza	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	3	3	18
Maíz amiláceo	48	48	48	48	36	-	-	-	-	14	44	48	334
Maíz choclo	174	167	132	52	-	-	-	14	49	114	154	174	1030
Manzano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Mashua o izano	2	2	2	2	-	-	-	-	-	2	2	2	14
Melocotonero	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Oca	5	5	5	5	3	-	-	-	1	4	5	5	38
Olluco	9	9	9	9	5	-	-	-	3	9	9	9	71
Papa	264	256	241	191	101	26	-	18	43	143	223	262	1768
Peral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Quinoa	10	10	10	10	6	-	-	-	-	6	10	10	72
Rye grass	98	103	103	103	103	103	103	71	74	80	85	90	1116
Trébol	65	65	65	65	65	65	65	51	54	58	65	65	748
Trigo	110	110	110	110	104	24	-	-	-	6	78	110	762

Zanahoria	1	1	1	1	2	1	1	1	1	-	-	-	10
Total hectáreas	1319	1307	1251	1092	859	407	315	286	365	636	1006	1311	10154

Fuente: Dirección Regional de Agricultura Junín (2016).

Según el Cuadro 4.1-10 basado en la Ejecución y perspectivas de la información agrícola del distrito de El Tambo en la campaña agrícola 2015 – 2016 se muestra que en total anualmente se utiliza 10154 hectáreas para uso agrícola.

Cantidad parcelaria en el distrito de Huancayo

Cuadro 4.1-11. Cantidad parcelaria en el distrito de Huancayo.

EJECUCION Y PERSPECTIVAS DE LA INFORMACION AGRICOLA - DISTRITO DE HUANCAYO													
CAMPAÑA AGRICOLA: 2015 - 2016													
CULTIVO	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	TOT AL
Alcachofa	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	156
Alfalfa	31	31	31	31	31	31	31	36	36	36	36	36	397
Arveja grano seco	7	7	7	7	4	-	-	-	-	3	7	7	49
Arveja grano verde	20	16	7	-	-	-	-	2	8	17	22	22	114
Avena forrajera	5	6	10	12	12	12	12	8	5	5	5	5	97
Cebada forrajera	7	8	11	12	12	12	11	7	6	6	6	6	104
Cebada grano	84	84	84	84	76	21	-	-	-	6	26	84	549
Cebolla	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	8
Cirolero	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Haba grano seco	8	8	8	8	5	-	-	-	-	3	8	8	56
Haba grano verde	14	14	10	-	-	-	-	-	4	9	14	14	79
Linaza	2	2	2	2	2	-	-	-	-	1	2	2	15
Maíz amiláceo	60	60	60	60	42	-	-	-	-	40	60	60	442
Maíz choclo	68	58	38	13	-	-	-	5	20	58	70	70	400
Manzano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Mashua o izano	3	3	3	3	-	-	-	-	-	2	3	3	20
Oca	3	3	3	3	-	-	-	-	-	2	3	3	20
Olluco	5	5	5	5	3	-	-	-	-	3	5	5	36
Papa	83	73	61	41	21	-	-	5	23	63	85	85	540
Rye grass	89	90	90	90	90	90	90	66	66	70	75	83	989
Trébol	42	42	42	42	42	42	42	25	25	27	30	34	435
Trigo	61	61	61	61	61	-	-	-	-	-	20	61	386
Zanahoria	1	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	6

Total hectáreas	608	588	549	490	417	224	202	171	209	367	493	604	4,922
------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------------

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Junín (2016).

De acuerdo al Cuadro 4.1-11 basado en la Ejecución y perspectivas de la información agrícola del distrito de Huancayo en la campaña agrícola 2015 – 2016 se muestra que en total anualmente se utiliza 4922 hectáreas para uso agrícola.

Uso consuntivo de los cultivos

Cuadro 4.1-12. Uso consuntivo de los cultivos.

CULTIVO	Kc	CULTIVO	Kc
Ajo	0.95	Maíz amiláceo	0.71
Alcachofa	0.95	Maíz choclo	0.71
Alfalfa	0.95	Manzano	0.87
Arveja grano seco	0.73	Mashua o izano	0.70
Arveja grano verde	0.73	Melocotonero	0.80
Avena forrajera	0.20	Oca	0.70
Cebada forrajera	0.20	Olluco	0.70
Cebada grano	0.20	Papa	0.70
Cebolla	0.71	Peral	0.75
Cirolero	0.65	Quinua	0.75
Col o repollo	0.85	Rye grass	0.75
Guindo	1.00	Trébol	1.00
Haba grano seco	0.71	Trigo	0.82
Haba grano verde	0.71	Zanahoria	0.82
Linaza	0.25		

El Cuadro 4.1-12 muestra el Kc de cada uno de los cultivos que se siembran tanto en el distrito de El Tambo y Huancayo, estos valores se han considerado de acuerdo a lo establecido por la FAO.

Demanda hídrica por uso agrícola

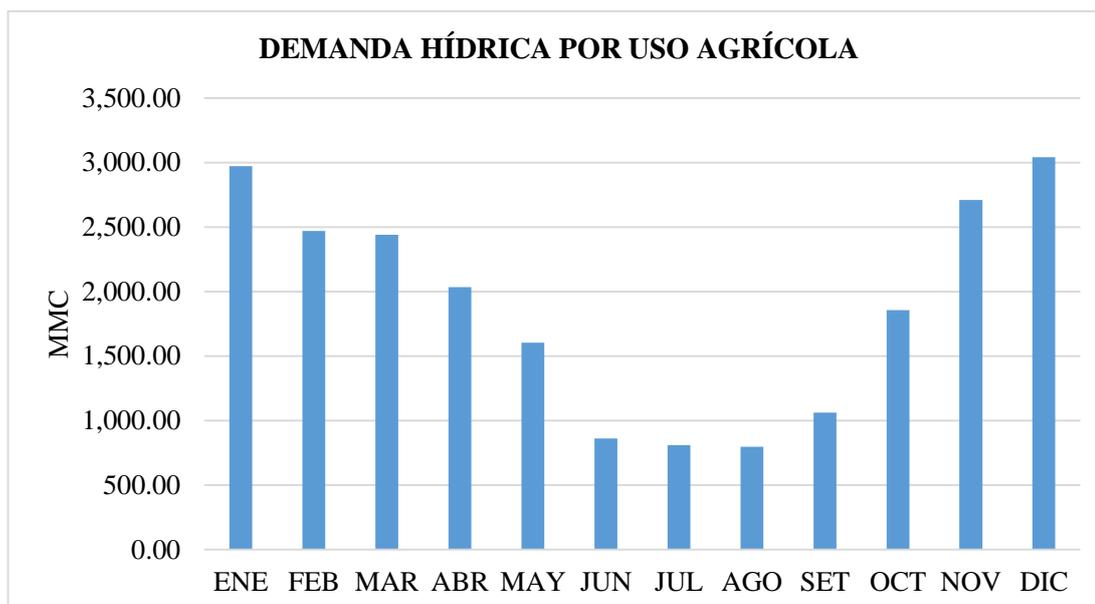
Cuadro 4.1-13. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas.

TABLA FINAL												
DÍAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Hectáreas	1,927.00	1,895.00	1,800.00	1,582.00	1,276.00	631.00	517.00	457.00	574.00	1,003.00	1,499.00	1,915.00
Promedio K^c	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63	0.77	0.84	0.84	0.82	0.76	0.72	0.66
ETP	128.63	109.47	115.35	111.03	108.94	97.70	102.48	114.11	123.80	133.53	137.93	132.25
ETA	84.82	71.69	74.56	70.76	69.12	75.07	86.06	95.82	101.67	101.74	99.40	87.34
Precipitación Potencial	118.98	117.55	73.86	40.43	13.64	5.54	7.39	13.49	34.13	58.53	60.73	99.83
Precipitación Efectiva	89.29	88.65	61.71	33.13	8.21	0.51	2.27	8.07	27.47	49.15	50.95	79.64
DHA (mm)	84.82	71.69	74.56	70.76	69.12	75.07	86.06	95.82	101.67	101.74	99.40	87.34
DHAER	154.22	130.35	135.56	128.65	125.68	136.48	156.47	174.22	184.85	184.97	180.72	158.80
Demanda de agua (MMC)	2,971.87	2,470.21	2,440.12	2,035.23	1,603.66	861.22	808.94	796.20	1,061.06	1,855.28	2,709.01	3,041.03

En el Cuadro 4.1-13 se detalla la demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas, esto considerando tanto el distrito de El Tambo y el distrito de Huancayo.

Por otro lado, se ha considerado una eficiencia de 55% y la demanda hídrica en MMC (miles de metros cúbicos) siendo así que, la mayor demanda se da en los meses de noviembre hasta abril.

Gráfico 4.1-7. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.1-13.

Asimismo, el Gráfico 4.1-7 muestra esta variación de la demanda hídrica por uso agrícola.

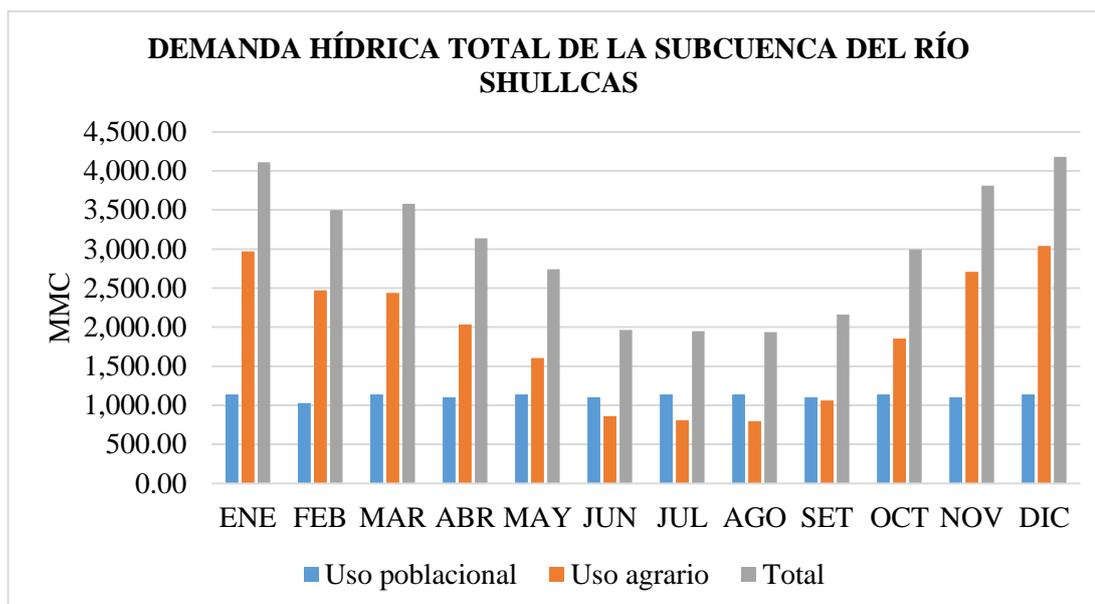
Demanda hídrica en la subcuenca del río Shullcas

Cuadro 4.1-14. Demanda hídrica actual de la subcuenca del río Shullcas.

TIPO DE USO	USO POBLACIONAL (MMC)	USO AGRARIO (MMC)	TOTAL (MMC)
ENE	1138.66	2971.87	4110.53
FEB	1028.47	2470.21	3498.68
MAR	1138.66	2440.12	3578.78
ABR	1101.93	2035.23	3137.17
MAY	1138.66	1603.66	2742.32
JUN	1101.93	861.22	1963.15
JUL	1138.66	808.94	1947.60
AGO	1138.66	796.20	1934.87
SET	1101.93	1061.06	2163.00
OCT	1138.66	1855.28	2993.94
NOV	1101.93	2709.01	3810.94
DIC	1138.66	3041.03	4179.70
ANUAL	13406.84	22653.82	36060.66

El Cuadro 4.1-14 detalla la demanda hídrica total en la subcuenca, considerando la demanda hídrica por consumo humano y la demanda hídrica por uso agrícola.

Gráfico 4.1-8. Demanda hídrica total de la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.1-14.

El Gráfico 4.1-8 detalla la demanda hídrica en la subcuenca del río Shullcas y su variación respecto a los meses.

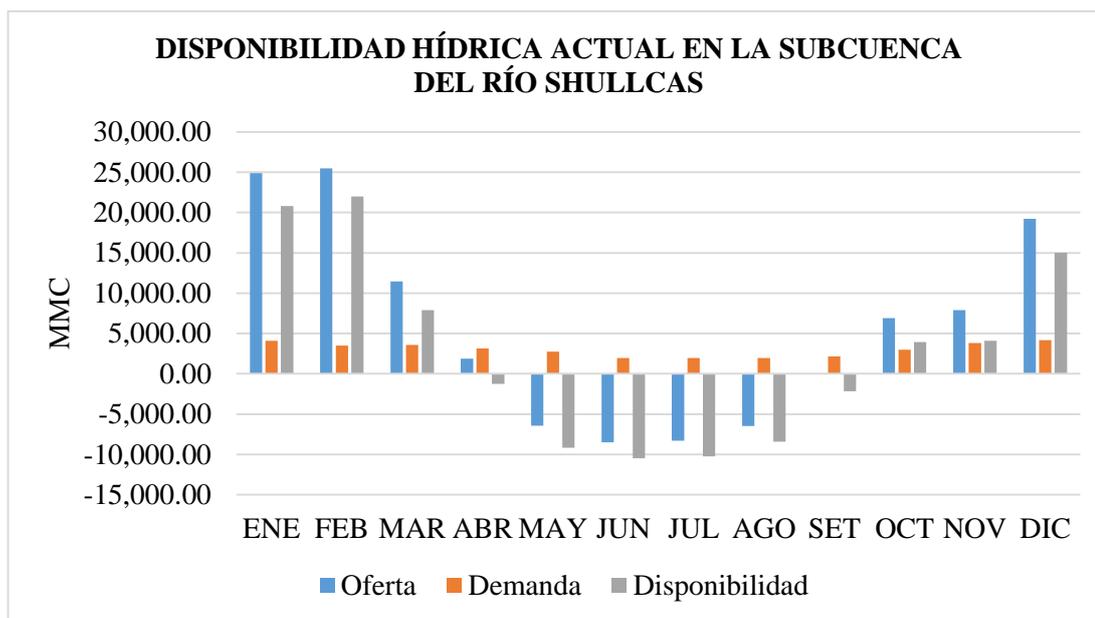
4.1.4. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas actual

Cuadro 4.1-15. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas.

	OFERTA (MMC)	DEMANDA (MMC)	DISPONIBILIDAD (MMC)
ENE	24900.25	4110.53	20789.72
FEB	25491.08	3498.68	21992.40
MAR	11476.92	3578.78	7898.14
ABR	1870.20	3137.17	-1266.97
MAY	-6437.36	2742.32	-9179.68
JUN	-8507.70	1963.15	-10470.84
JUL	-8294.57	1947.60	-10242.17
AGO	-6481.08	1934.87	-8415.95
SET	-1.22	2163.00	-2164.21
OCT	6917.91	2993.94	3923.97
NOV	7910.99	3810.94	4100.05
DIC	19202.15	4179.70	15022.45
ANUAL	68047.56	36060.66	31986.90

En el Cuadro 4.1-15 se muestra la disponibilidad hídrica basada en la resta de la oferta con la demanda hídrica en MMC.

Gráfico 4.1-9. Disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.1-15.

El Gráfico 4.1-9 da a conocer la disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas, donde se puede observar que, existe déficit en los meses de abril hasta setiembre; debido a que en estos meses la oferta también es crítica; no obstante, la demanda no es de gran consideración.

4.2. Índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas actual

Cuadro 4.2-1. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Índice de escasez (%)	CATEGORÍA
ENE	24900.25	4110.53	16.51	MODERADO
FEB	25491.08	3498.68	13.73	MODERADO
MAR	11476.92	3578.78	31.18	MEDIO
ABR	1870.20	3137.17	167.75	ALTO
MAY	-6437.36	2742.32	142.60	ALTO
JUN	-8507.70	1963.15	123.07	ALTO
JUL	-8294.57	1947.60	123.48	ALTO
AGO	-6481.08	1934.87	129.85	ALTO
SET	-1.22	2163.00	177932.00	ALTO
OCT	6917.91	2993.94	43.28	ALTO
NOV	7910.99	3810.94	48.17	ALTO
DIC	19202.15	4179.70	21.77	MEDIO
ANUAL	68047.56	36060.66	52.99	ALTO

En el Cuadro 4.2-1 se ha calculado el índice de escasez en base a la oferta y demanda hídrica a fin de calcular a la categoría en que se encuentra la subcuenca del río Shullcas y qué medidas se debe tomar.

4.3. Disponibilidad hídrica al 2039 considerando el escenario de cambio climático en la subcuenca del río Shullcas

4.3.1. Oferta hídrica al 2039

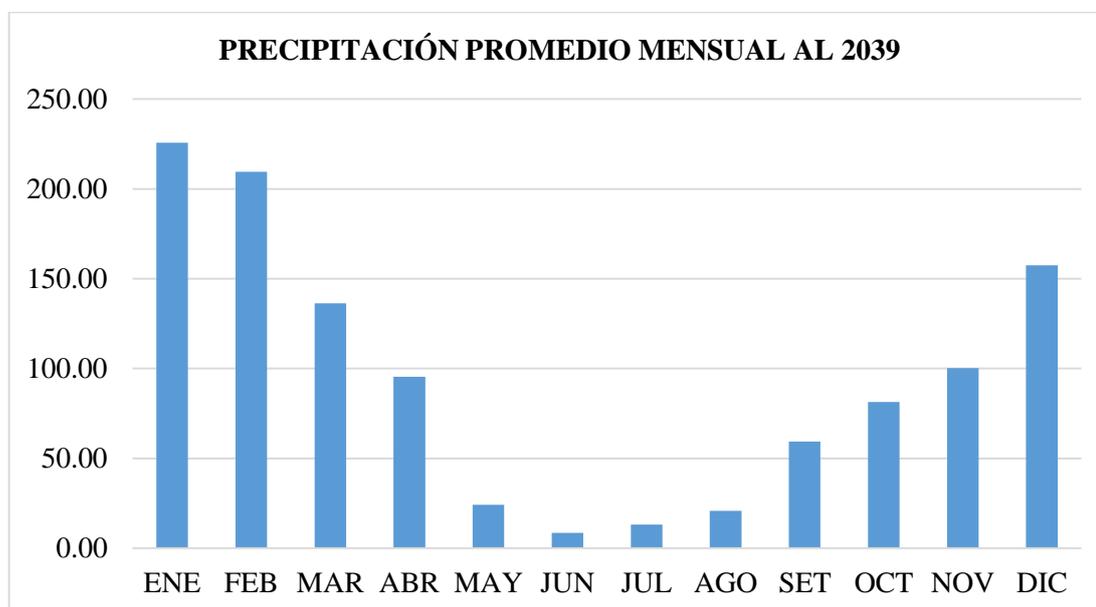
Precipitaciones

Cuadro 4.3-1. Precipitaciones promedio mensual para el año 2039.

PRECIPITACIONES AL 2039													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Prom.	158.6	156.7	98.5	53.9	18.2	7.4	9.9	18.0	45.5	78.0	81.0	133.1	858.8
+	42%	34%	38%	77%	33%	15%	34%	15%	31%	4%	24%	18%	31%
	225.7	209.5	136.2	95.4	24.09	8.50	13.1	20.7	59.4	81.3	100.2	157.4	1123.32

En el Cuadro 4.3-1 se muestra las precipitaciones expresadas en mm promedio mensuales para el año 2039, considerando el escenario de cambio climático.

Gráfico 4.3-1. Precipitaciones promedio mensual para el año 2039.



El Gráfico 4.3-1 muestra los valores promedio mensuales de precipitación de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático para el 2039.

Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración se ha considerado la ecuación de Turc; para esto se ha determinado la precipitación anual en mm (ver Cuadro 4.3-1) siendo esta de 1123.32 mm.

Para el desarrollo de la ecuación; no obstante, el Cuadro 4.1-4 muestra este cálculo.

Cuadro 4.3-2. Cálculo de la evapotranspiración real de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.

Información meteorológica	Periodo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P (Precipitación)	2030-2039	225.75	209.56	136.29	95.40	24.09	8.50	13.17	20.76	59.44	81.32	100.25	157.46	1131.9
T° Máx. (Temperatura máxima)	2030-2039	34.07	32.97	32.73	34.55	35.88	34.98	34.42	35.18	36.14	35.98	37.12	35.02	34.92
T° Mín. (Temperatura mínima)	2030-2039	11.99	12.74	12.11	8.77	4.43	1.93	1.24	4.20	7.86	10.55	9.73	11.66	8.10
T° Med. (Temperatura media)	2030-2039	23.03	22.86	22.42	21.66	20.15	18.45	17.83	19.69	22.00	23.27	23.42	23.34	21.51
Radiación solar extraterrestre (mm/día)		16.40	16.20	15.40	13.90	12.30	11.49	11.79	13.10	14.70	15.80	16.20	16.31	14.46
Evapotranspiración Potencial		7.24	6.81	6.47	6.40	6.02	5.51	5.57	6.28	7.15	7.53	8.04	7.46	6.77
L (Función dependiente de la temperatura)		1486.4	1468.29	1423.73	1349.24	1212.9	1075.5	1029.3	1173.7	1382.1	1511.3	1528.1	1518.8	1335.2
P/L		0.152	0.143	0.096	0.071	0.020	0.008	0.013	0.018	0.043	0.054	0.066	0.104	0.848
Evapotranspiración Real (mm)		75.57	68.25	75.57	73.13	75.57	73.13	75.57	75.57	73.13	75.57	73.13	75.57	889.73

En este cuadro se observa el cálculo de la evapotranspiración real de la subcuenca del río Shullcas, considerando la temperatura promedio anual, la precipitación anual y el factor “L” que se encuentra en función de la temperatura.

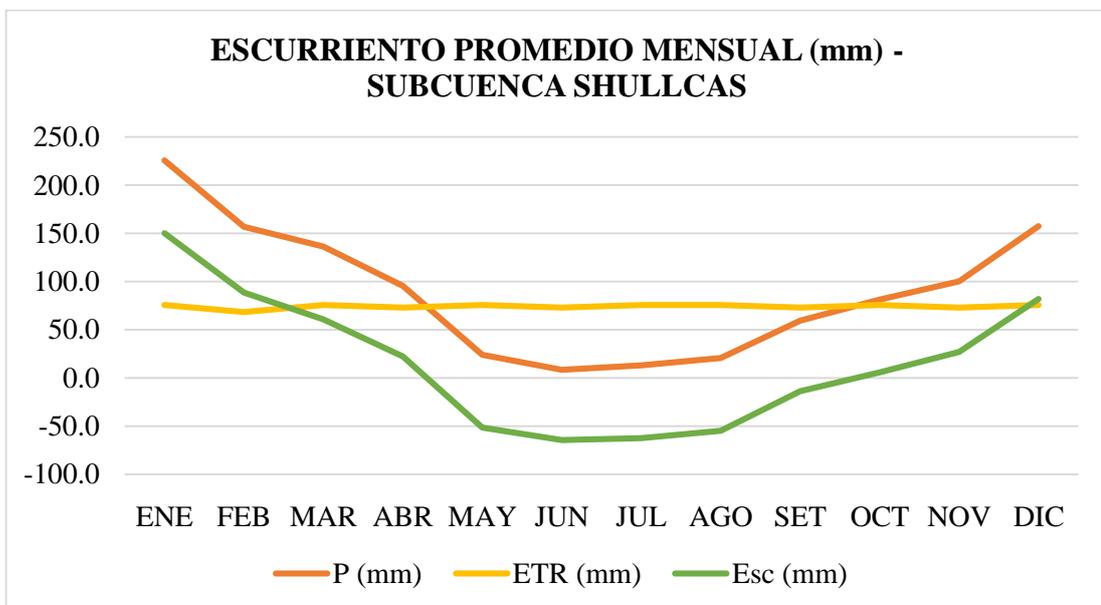
Escorrentía superficial

Cuadro 4.3-3. Cálculo de la escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.

	P (mm)	ETR (mm)	Esc (mm)
ENE	225.75	75.57	150.18
FEB	156.74	68.25	88.48
MAR	136.29	75.57	60.73
ABR	95.40	73.13	22.28
MAY	24.09	75.57	-51.47
JUN	8.50	73.13	-64.63
JUL	13.17	75.57	-62.39
AGO	20.76	75.57	-54.81
SET	59.44	73.13	-13.69
OCT	81.32	75.57	5.75
NOV	100.25	73.13	27.12
DIC	157.46	75.57	81.89
ANUAL	1079.17	889.73	189.44

Según lo calculado en el Cuadro 4.3-1 y Cuadro 4.3-2 se procedió al cálculo de la escorrentía de la subcuenca del río Shullcas que resulta de restar la precipitación con la evapotranspiración.

Gráfico 4.3-2. Esgurrimento promedio mensual (mm) de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.



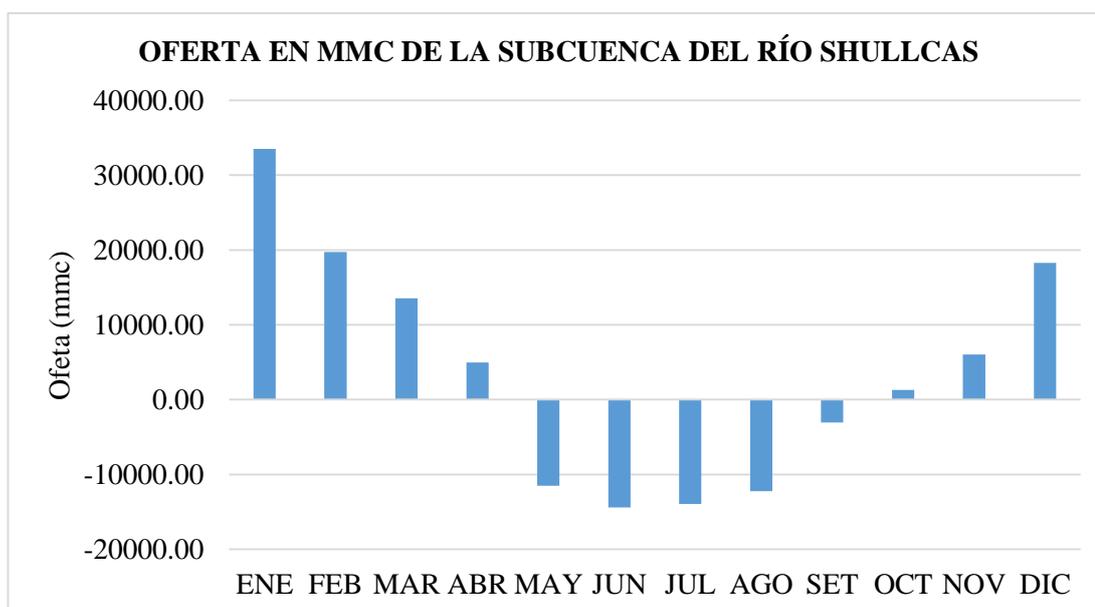
En el Gráfico 4.3-2 se muestra el comportamiento tanto de la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas.

Cuadro 4.3-4. Escorrentía superficial de la subcuenca del río Shullcas en MMC considerando el escenario de cambio climático al 2039.

	Esc (mm)	Oferta (mmc)
ENE	150.18	33506.68
FEB	88.48	19741.68
MAR	60.73	13548.41
ABR	22.28	4970.04
MAY	-51.47	-11484.31
JUN	-64.63	-14418.93
JUL	-62.39	-13920.91
AGO	-54.81	-12228.47
SET	-13.69	-3054.03
OCT	5.75	1283.81
NOV	27.12	6050.77
DIC	81.89	18271.17
ANUAL	189.44	42265.90

En el Cuadro 4.3-4 se muestra la escorrentía superficial en MMC (miles de metros cúbicos) de la subcuenca del río Shullcas, esto calculado en base a la extensión de la subcuenca que es de 223.11 km².

Gráfico 4.3-3. Oferta en MMC de la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario de cambio climático al 2039.



El Gráfico 4.3-3 muestra que, la oferta hídrica de la subcuenca del río Shullcas se encuentra en déficit en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre.

4.3.2. Demanda hídrica al 2039

Demanda per cápita

Según lo reportado por SEDAM Huancayo S.A. (2016) asegura una continuidad de 12 horas promedio de continuidad y el valor de dotación corresponde a 129 litros/habitantes-día; valor que fue considerado para el cálculo de la demanda poblacional.

Población involucrada

Para el cálculo de la población a servir a considerado lo estipulado en el Boletín del INEI: “Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 - 2015”; en el cual se ha calculado las poblaciones en base al método logístico; de considerar que, la subcuenca del río Shullcas involucra los distritos de El Tambo y El Huancayo y se ha proyectado tal como se muestra en el siguiente cuadro:

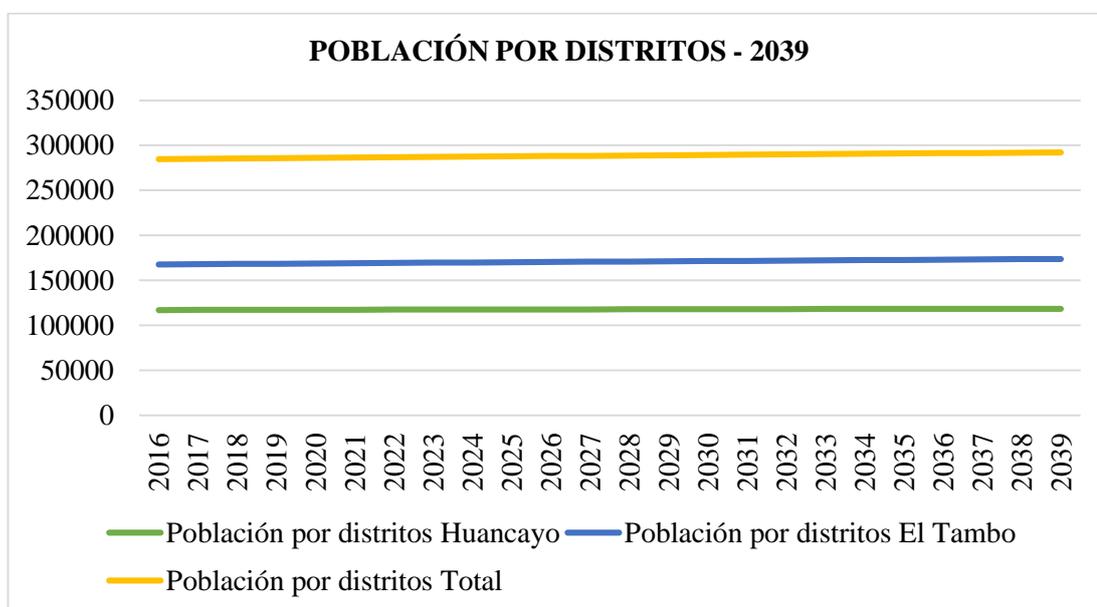
Cuadro 4.3-5. Población por distritos involucrado considerando la proyección al 2039.

POBLACIÓN PROYECTADA AL 2039			
Población por distritos			
Año	Huancayo	El Tambo	Total
2016	117028	167706	284,734
2017	117103	167981	285,084
2018	117176	168256	285,432
2019	117248	168529	285,777
2020	117318	168801	286,119
2021	117388	169072	286,460
2022	117457	169342	286,799
2023	117524	169611	287,135
2024	117591	169878	287,469
2025	117656	170144	287,800
2026	117721	170409	288,130
2027	117784	170673	288,457
2028	117847	170936	288,783
2029	117908	171198	289,106

2030	117969	171458	289,427
2031	118029	171717	289,746
2032	118087	171975	290,062
2033	118145	172232	290,377
2034	118202	172488	290,690
2035	118258	172742	291,000
2036	118313	172996	291,309
2037	118367	173248	291,615
2038	118421	173499	291,920
2039	118473	173749	292,222

El Cuadro 4.1-8 muestra la población de los distrito involucrados desde el año 2000 hasta 2016, mostrándose claramente que año tras año se va acrecentando.

Gráfico 4.3-4. Población de los distritos de El Tambo y Huancayo proyectada al 2039.



El Gráfico 4.3-4 detalla la tendencia del crecimiento poblacional de los distritos de El Tambo y Huancayo al 2039.

Demanda hídrica por consumo humano

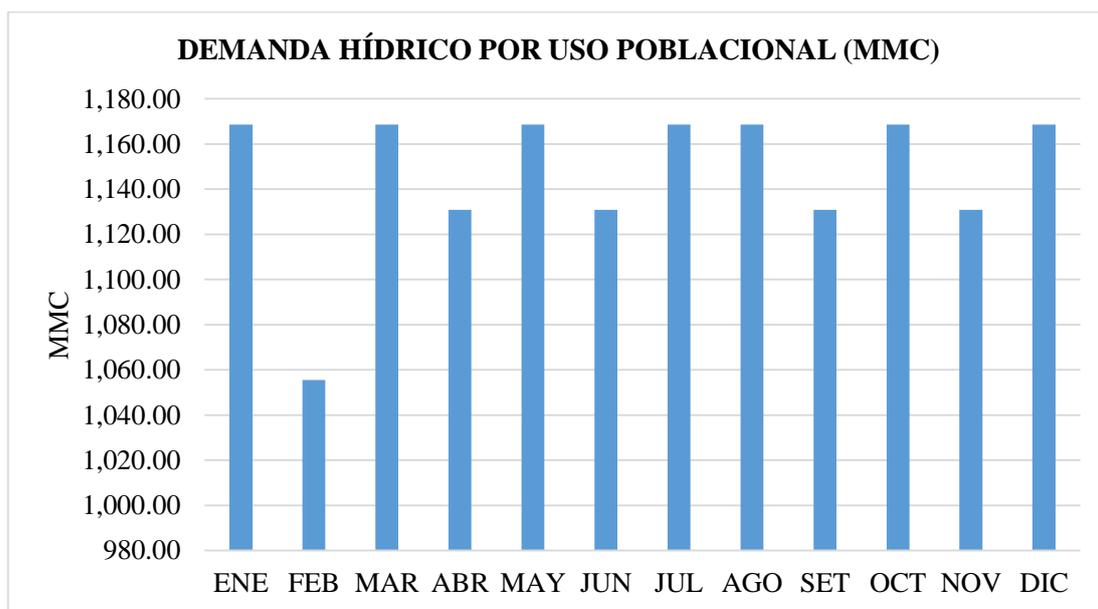
Cuadro 4.3-6. Demanda hídrica por consumo humano en el 2039.

Año	Población
2039	292222
MES	Demanda en MMC
ENE	1168.60
FEB	1055.51

MAR	1168.60
ABR	1130.90
MAY	1168.60
JUN	1130.90
JUL	1168.60
AGO	1168.60
SET	1130.90
OCT	1168.60
NOV	1130.90
DIC	1168.60
ANUAL	13759.27

En el Cuadro 4.3-6 se muestra la demanda hídrica en MMC que se presenta en la subcuenca del río Shullcas, esto considerando el número de habitantes y la demanda per cápita.

Gráfico 4.3-5. Demanda hídrica por uso poblacional al 2039.



En el Gráfico 4.3-5 muestra que, la demanda por uso poblacional (MMC) donde la variación mensual se da por el número de días de cada mes.

Considerando la misma cantidad de parcelas agrícolas y el uso consuntivo planteado en el Cuadro 4.1-10, Cuadro 4.1-11 y Cuadro 4.1-12 se tiene:

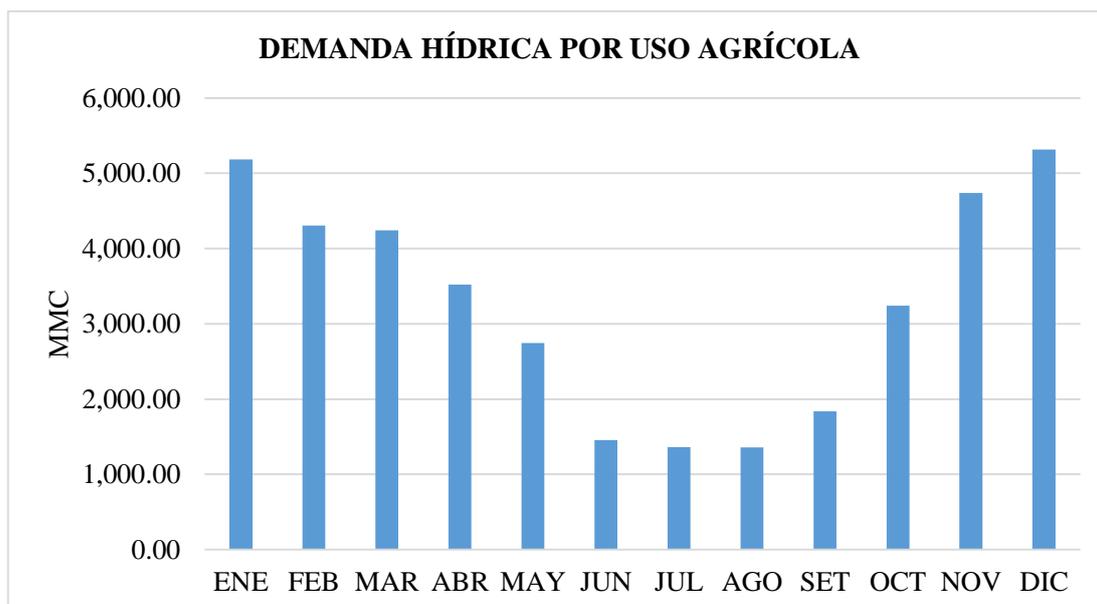
Cuadro 4.3-7. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas al 2039.

TABLA FINAL												
DÍAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Hectáreas	1,927.00	1,895.00	1,800.00	1,582.00	1,276.00	631.00	517.00	457.00	574.00	1,003.00	1,499.00	1,915.00
Promedio K`c	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63	0.77	0.84	0.84	0.82	0.76	0.72	0.66
ETP	224.41	190.77	200.48	192.06	186.57	165.31	172.59	194.80	214.62	233.28	241.20	231.15
ETA	147.98	124.95	129.59	122.39	118.38	127.01	144.93	163.58	176.25	177.74	173.82	152.65
Precipitación Potencial	169.31	157.17	102.22	71.55	18.07	6.38	9.88	15.57	44.58	60.99	75.19	118.09
Precipitación Efectiva	101.22	100.61	81.19	59.82	12.42	1.31	4.63	10.04	36.87	51.16	62.80	88.89
DHA (mm)	147.98	124.95	129.59	122.39	118.38	127.01	144.93	163.58	176.25	177.74	173.82	152.65
DHAER	269.06	227.18	235.62	222.53	215.24	230.93	263.50	297.42	320.45	323.16	316.03	277.55
Demanda de agua (MMC)	5,184.74	4,304.98	4,241.13	3,520.48	2,746.42	1,457.16	1,362.32	1,359.20	1,839.38	3,241.32	4,737.30	5,315.16

En el Cuadro 4.3-7 se detalla la demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas, esto considerando tanto el distrito de El Tambo y el distrito de Huancayo.

Por otro lado, se ha considerado una eficiencia de 55% y la demanda hídrica en MMC (miles de metros cúbicos) siendo así que, la mayor demanda se da en los meses de octubre hasta abril.

Gráfico 4.3-6. Demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas al 2039.



Asimismo, el Gráfico 4.3-6 muestra esta variación de la demanda hídrica por uso agrícola.

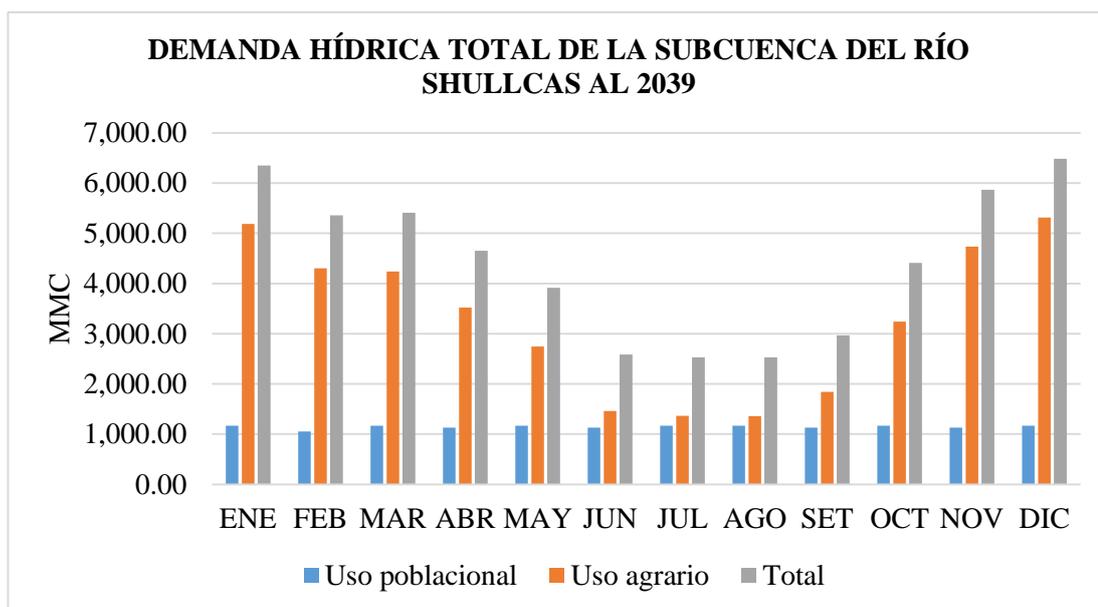
Demanda hídrica en la subcuenca del río Shullcas 2039

Cuadro 4.3-8. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas al 2039.

TIPO DE USO	Uso poblacional (MMC)	Uso agrario (MMC)	Total (MMC)
ENE	1168.60	5184.74	6353.33
FEB	1055.51	4304.98	5360.48
MAR	1168.60	4241.13	5409.72
ABR	1130.90	3520.48	4651.38
MAY	1168.60	2746.42	3915.01
JUN	1130.90	1457.16	2588.06
JUL	1168.60	1362.32	2530.91
AGO	1168.60	1359.20	2527.80
SET	1130.90	1839.38	2970.28
OCT	1168.60	3241.32	4409.92
NOV	1130.90	4737.30	5868.20
DIC	1168.60	5315.16	6483.75
ANUAL	13759.27	39309.57	53068.85

El Cuadro 4.3-8 detalla la demanda hídrica total en la subcuenca, considerando la demanda hídrica por consumo humano y la demanda hídrica por uso agrícola.

Gráfico 4.3-7. Demanda hídrica total de la subcuenca del río Shullcas al 2039.



El Gráfico 4.3-7 detalla la demanda hídrica en la subcuenca del río Shullcas y su variación respecto a los meses.

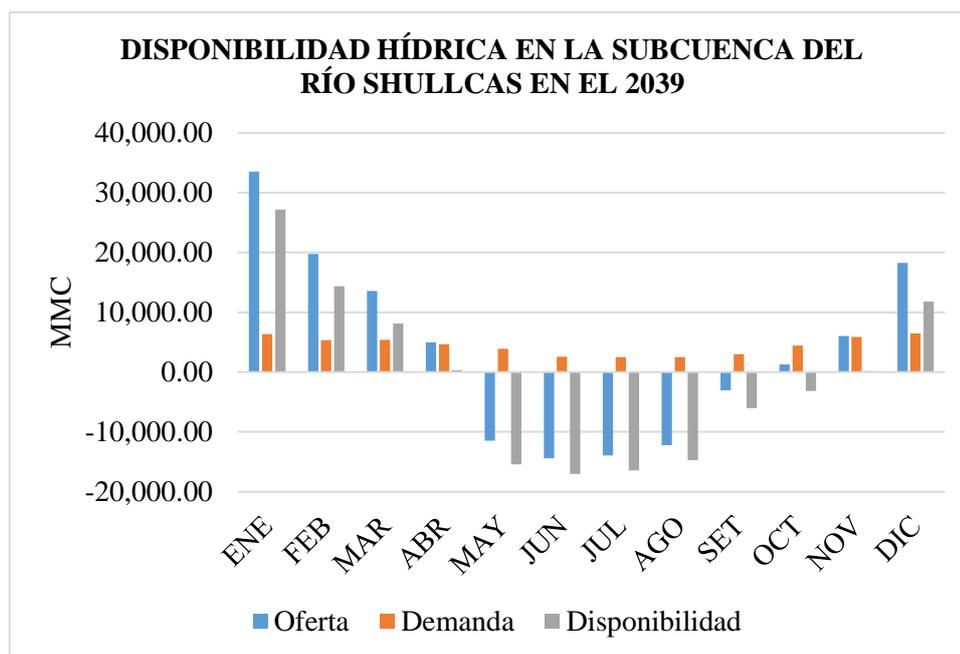
4.3.3. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas al 2039

Cuadro 4.3-9. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas al 2039.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Disponibilidad (MMC)
ENE	33506.68	6353.33	27153.35
FEB	19741.68	5360.48	14381.20
MAR	13548.41	5409.72	8138.69
ABR	4970.04	4651.38	318.66
MAY	-11484.31	3915.01	-15399.32
JUN	-14418.93	2588.06	-17006.99
JUL	-13920.91	2530.91	-16451.83
AGO	-12228.47	2527.80	-14756.27
SET	-3054.03	2970.28	-6024.31
OCT	1283.81	4409.92	-3126.11
NOV	6050.77	5868.20	182.58
DIC	18271.17	6483.75	11787.41
ANUAL	42265.90	53068.85	-10802.94

En el Cuadro 4.3-9 se muestra la disponibilidad hídrica basada en la resta de la oferta con la demanda hídrica en MMC.

Gráfico 4.3-8. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas al 2039.



El Gráfico 4.3-8 da a conocer la disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas considerando el escenario climático al 2039, donde se puede observar que, existe déficit en los meses de abril hasta octubre; debido a que en estos meses la oferta también es crítica; no obstante, la demanda no es de gran consideración.

4.4. Índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas en el 2039

Cuadro 4.4-1. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas en el 2039.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Índice de escasez (%)	CATEGORÍA
ENE	33506.68	6353.33	18.96	MODERADO
FEB	19741.68	5360.48	27.15	MEDIO
MAR	13548.41	5409.72	39.93	MEDIO
ABR	4970.04	4651.38	93.59	ALTO
MAY	-11484.31	3915.01	134.09	ALTO
JUN	-14418.93	2588.06	117.95	ALTO
JUL	-13920.91	2530.91	118.18	ALTO
AGO	-12228.47	2527.80	120.67	ALTO
SET	-3054.03	2970.28	197.26	ALTO
OCT	1283.81	4409.92	343.50	ALTO
NOV	6050.77	5868.20	96.98	ALTO
DIC	18271.17	6483.75	35.49	MEDIO
ANUAL	42265.90	53068.85	125.56	ALTO

En el Cuadro 4.4-1 se ha calculado el índice de escasez en base a la oferta y demanda hídrica a fin de calcular a la categoría en que se encuentra la subcuenca del río Shullcas y qué medidas se debe tomar.

4.5. Variación Porcentual Entre El Escenario Actual Y Al 2039

Cuadro 4.5-1. Variación de la oferta hídrica entre el escenario actual y el del 2039.

	Oferta (MMC) ACTUAL	Oferta (MMC) 2039	VARIACIÓN (MMC)	%
ENE	24900.25	33506.68	8606.43	35%
FEB	25491.08	19741.68	-5749.40	-23%
MAR	11476.92	13548.41	2071.49	18%
ABR	1870.20	4970.04	3099.84	166%
MAY	-6437.36	-11484.31	-5046.94	78%
JUN	-8507.70	-14418.93	-5911.23	69%
JUL	-8294.57	-13920.91	-5626.34	68%
AGO	-6481.08	-12228.47	-5747.39	89%
SET	-1.22	-3054.03	-3052.81	250989%
OCT	6917.91	1283.81	-5634.10	-81%
NOV	7910.99	6050.77	-1860.21	-24%
DIC	19202.15	18271.17	-930.98	-5%
ANUAL	68047.56	42265.90	-25781.66	-38%

En el Cuadro 4.5-1 se muestra la variación de la oferta hídrica considerando el periodo actual y el del escenario con el cambio climático al 2039.

Cuadro 4.5-2. Variación de la demanda hídrica entre el escenario actual y el del 2039.

	DEMANDA (MMC) ACTUAL	DEMANDA (MMC) 2039	VARIACIÓN (MMC)	%
ENE	4110.53	6353.33	2242.80	55%
FEB	3498.68	5360.48	1861.80	53%
MAR	3578.78	5409.72	1830.94	51%
ABR	3137.17	4651.38	1514.21	48%
MAY	2742.32	3915.01	1172.69	43%
JUN	1963.15	2588.06	624.91	32%
JUL	1947.60	2530.91	583.31	30%
AGO	1934.87	2527.80	592.93	31%
SET	2163.00	2970.28	807.28	37%
OCT	2993.94	4409.92	1415.98	47%
NOV	3810.94	5868.20	2057.26	54%

DIC	4179.70	6483.75	2304.06	55%
ANUAL	36060.66	53068.85	17008.18	47%

En el Cuadro 4.5-2 se muestra la variación de la demanda hídrica considerando el periodo actual y el del escenario con el cambio climático al 2039.

Cuadro 4.5-3. Variación de la disponibilidad hídrica entre el escenario actual y el del 2039.

	Disponibilidad actual (MMC)	Disponibilidad 2039 (MMC)	VARIACIÓN (MMC)	%
ENE	20789.72	27153.35	-6363.63	-31%
FEB	21992.40	14381.20	7611.21	35%
MAR	7898.14	8138.69	-240.55	-3%
ABR	-1266.97	318.66	-1585.62	125%
MAY	-9179.68	-15399.32	6219.64	-68%
JUN	-10470.84	-17006.99	6536.14	-62%
JUL	-10242.17	-16451.83	6209.65	-61%
AGO	-8415.95	-14756.27	6340.32	-75%
SET	-2164.21	-6024.31	3860.10	-178%
OCT	3923.97	-3126.11	7050.08	180%
NOV	4100.05	182.58	3917.47	96%
DIC	15022.45	11787.41	3235.04	22%
ANUAL	31986.90	-10802.94	42789.85	134%

En el Cuadro 4.5-3 se muestra la variación de la disponibilidad hídrica considerando el periodo actual y el del escenario con el cambio climático al 2039.

4.6. Medios De Gestión De Recursos Hídricos En Base Al Análisis Hídrico De La Subcuenca Del Río Shullcas

Según lo descrito en el numeral 2.2.21 la gestión de recursos hídricos se base en las políticas de:

- Evaluar la oferta, disponibilidad y demanda de recurso hídricos.
- Conservar la oferta de recursos hídricos.
- Fomentar el uso eficiente y sostenible del agua.

De los cuales ya se ha evaluado en los ítems anteriores los dos primeros; en cuanto al fomento del uso eficiente y sostenible del agua se plantea:

4.6.1. Eficiencia del uso de agua potable

De acuerdo a lo descrito en el numeral 2.2.22 la empresa SEDAM Huancayo S.A. percibe un déficit de 49% en el servicio de agua lo cual trae consigo la dotación per cápita de 129 Litros/hab.-día. Asimismo, de acuerdo a lo establecido por la OMS (2003) en el informe: “La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud” establece que, para asegurar un acceso óptimo de agua y con un servicio continuo para atender todas las necesidades de higiene se debe considerar 100 Litros/hab.-día dando consigo un nivel muy bajo en el efecto contra la salud.

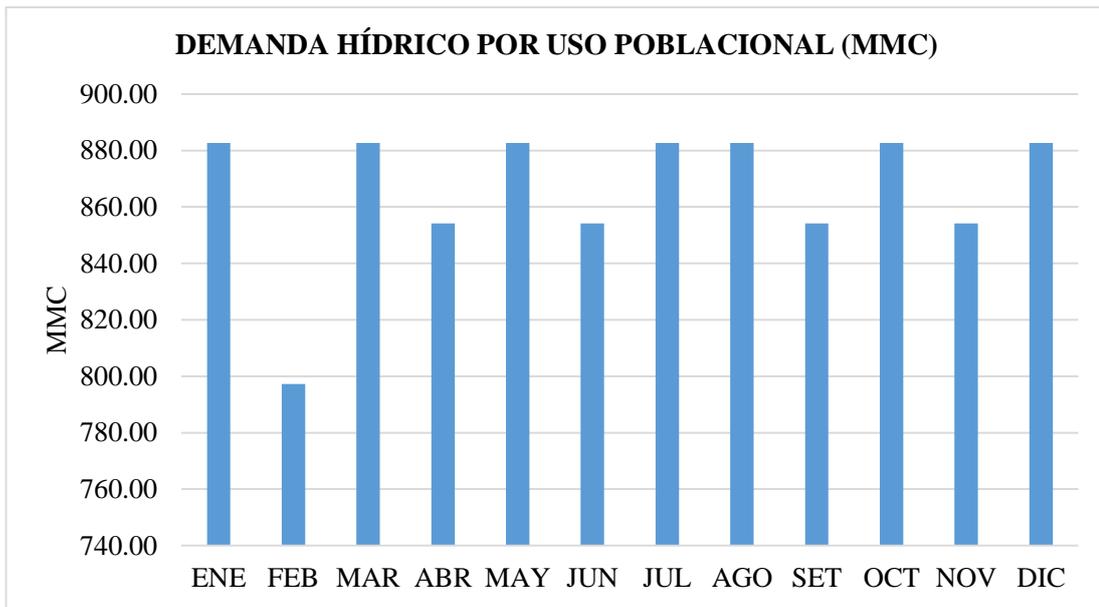
En base a esto se ha considerado la dotación de 100 Litros/hab. – día para el nuevo cálculo de la demanda por consumo humano, tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 4.6-1. Demanda óptima en MMC de uso por consumo humano en el escenario actual.

AÑO	POBLACIÓN
2016	284737
MES	DEMANDA EN MMC
ENE	882.68
FEB	797.26
MAR	882.68
ABR	854.21
MAY	882.68
JUN	854.21
JUL	882.68
AGO	882.68
SET	854.21
OCT	882.68
NOV	854.21
DIC	882.68
ANUAL	10,392.90

En el Cuadro 4.6-1 se muestra la demanda hídrica en MMC, esto considerando el número de habitantes y la demanda per cápita óptima de 100 Litros/hab. - día.

Gráfico 4.6-1. Demanda hídrica por uso poblacional (MMC) considerando una dotación óptima.



Fuente: En base al Cuadro 4.6-1.

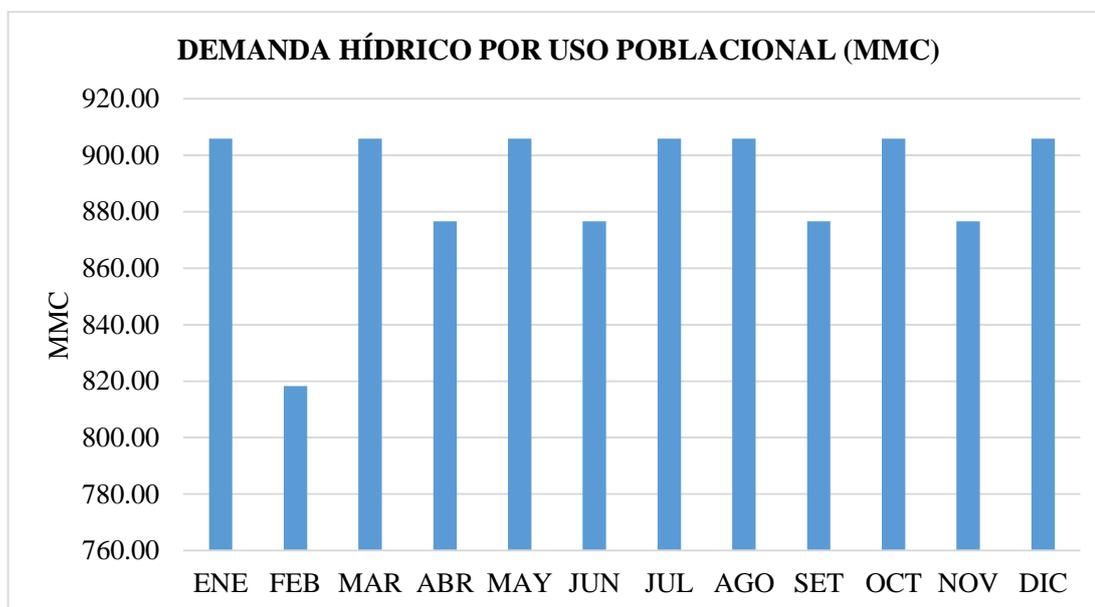
Según el Gráfico 4.6-1 la demanda por uso poblacional se ha reducido en comparación al Gráfico 4.1-6.

Cuadro 4.6-2. Demanda óptima en MMC de uso por consumo humano en el escenario del cambio climático en el 2039.

Año	Población
2039	292222
MES	Demanda en MMC
ENE	905.89
FEB	818.22
MAR	905.89
ABR	876.67
MAY	905.89
JUN	876.67
JUL	905.89
AGO	905.89
SET	876.67
OCT	905.89
NOV	876.67
DIC	905.89
ANUAL	10666.10

En el Cuadro 4.6-2 se muestra la demanda hídrica en MMC en el escenario del cambio climático del 2039, esto considerando el número de habitantes y la demanda per cápita óptima de 100 Litros/hab. - día.

Gráfico 4.6-2. Demanda hídrica por uso poblacional (MMC) considerando una dotación óptima en el 2039.



Según el Gráfico 4.6-2 la demanda por uso poblacional se ha reducido en comparación al Gráfico 4.3-5Gráfico 4.1-6.

4.6.2. Eficiencia del sistema de riego

Cuadro 4.6-3. Demanda por uso agrícola considerando una eficiencia de 80% en el escenario actual.

DÍAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Hectáreas	1,927.00	1,895.00	1,800.00	1,582.00	1,276.00	631.00	517.00	457.00	574.00	1,003.00	1,499.00	1,915.00
Promedio K`c	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63	0.77	0.84	0.84	0.82	0.76	0.72	0.66
ETP	128.63	109.47	115.35	111.03	108.94	97.70	102.48	114.11	123.80	133.53	137.93	132.25
ETA	84.82	71.69	74.56	70.76	69.12	75.07	86.06	95.82	101.67	101.74	99.40	87.34
Precipitación Potencial	118.98	117.55	73.86	40.43	13.64	5.54	7.39	13.49	34.13	58.53	60.73	99.83
Precipitación Efectiva	89.29	88.65	61.71	33.13	8.21	0.51	2.27	8.07	27.47	49.15	50.95	79.64
DHA (mm)	84.82	71.69	74.56	70.76	69.12	75.07	86.06	95.82	101.67	101.74	99.40	87.34
DHAER	106.03	89.62	93.20	88.45	86.40	93.83	107.57	119.78	127.09	127.17	124.25	109.18
Demanda de agua (MMC)	2,043.16	1,698.27	1,677.58	1,399.22	1,102.51	592.09	556.14	547.39	729.48	1,275.50	1,862.44	2,090.71

En el Cuadro 4.6-3 se detalla la demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas, esto considerando tanto el distrito de El Tambo y el distrito de Huancayo.

Por otro lado, se ha considerado una eficiencia de 80% y la demanda hídrica en MMC (miles de metros cúbicos) siendo así que, la mayor demanda se da en los meses de octubre hasta abril.

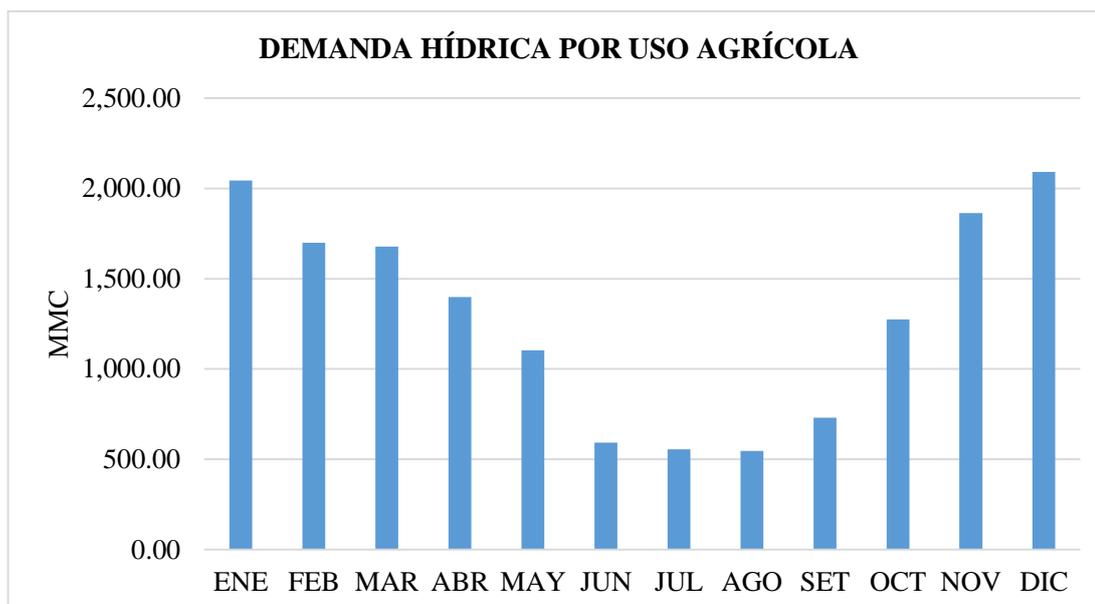
Cuadro 4.6-4. Demanda por uso agrícola considerando una eficiencia de 80% en el escenario del cambio climático al 2039.

TABLA FINAL												
DÍAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Hectáreas	1,927.00	1,895.00	1,800.00	1,582.00	1,276.00	631.00	517.00	457.00	574.00	1,003.00	1,499.00	1,915.00
Promedio K^c	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63	0.77	0.84	0.84	0.82	0.76	0.72	0.66
ETP	224.41	190.77	200.48	192.06	186.57	165.31	172.59	194.80	214.62	233.28	241.20	231.15
ETA	147.98	124.95	129.59	122.39	118.38	127.01	144.93	163.58	176.25	177.74	173.82	152.65
Precipitación Potencial	169.31	157.17	102.22	71.55	18.07	6.38	9.88	15.57	44.58	60.99	75.19	118.09
Precipitación Efectiva	101.22	100.61	81.19	59.82	12.42	1.31	4.63	10.04	36.87	51.16	62.80	88.89
DHA (mm)	147.98	124.95	129.59	122.39	118.38	127.01	144.93	163.58	176.25	177.74	173.82	152.65
DHAER	184.98	156.18	161.99	152.99	147.98	158.76	181.16	204.48	220.31	222.17	217.27	190.82
Demanda de agua (MMC)	3,564.51	2,959.67	2,915.77	2,420.33	1,888.16	1,001.80	936.59	934.45	1,264.58	2,228.41	3,256.89	3,654.17

En el Cuadro 4.6-4 se detalla la demanda hídrica por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas, esto considerando tanto el distrito de El Tambo y el distrito de Huancayo.

Por otro lado, se ha considerado una eficiencia de 80% y la demanda hídrica en MMC (miles de metros cúbicos) siendo así que, la mayor demanda se da en los meses de noviembre hasta enero.

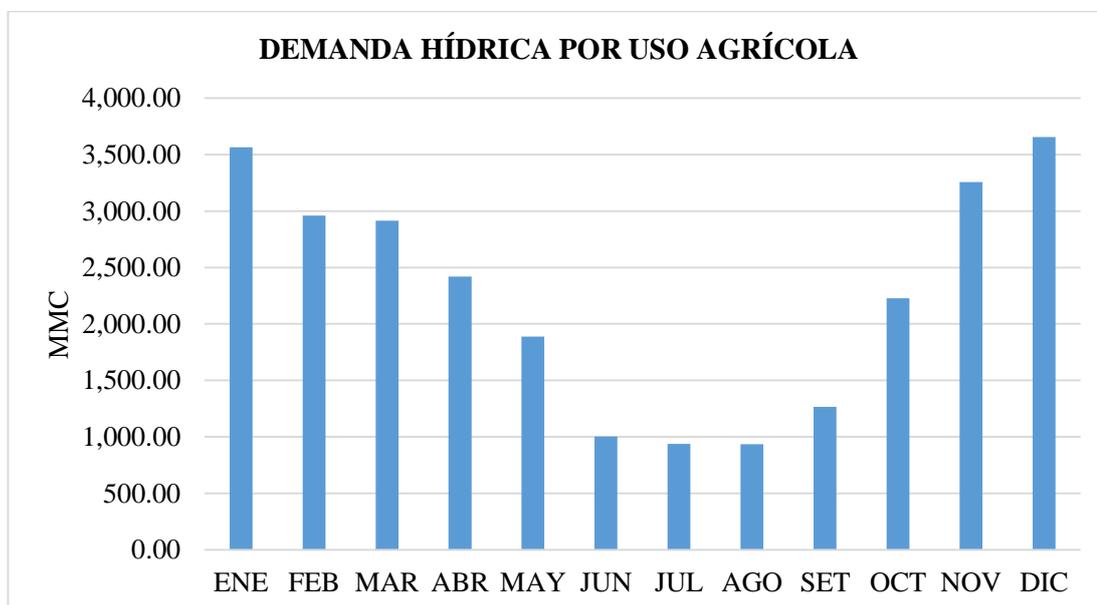
Gráfico 4.6-3. Demanda hídrica optimizada por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.6-3.

Asimismo, el Gráfico 4.6-3 muestra esta variación de la demanda hídrica por uso agrícola este considerando una eficiencia de 80%.

Gráfico 4.6-4. Demanda hídrica optimizada por uso agrícola en la subcuenca del río Shullcas en el escenario del cambio climático al 2039.



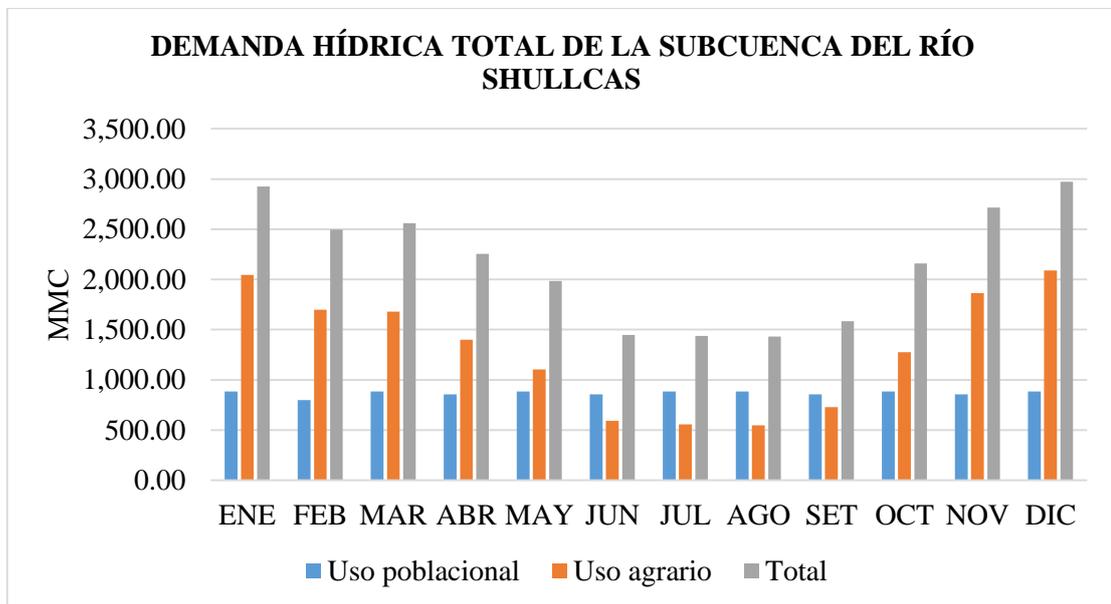
Asimismo, el Gráfico 4.6-4 muestra esta variación de la demanda hídrica por uso agrícola este considerando una eficiencia de 80%.

Cuadro 4.6-5. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes en el escenario actual.

TIPO DE USO	Uso poblacional (MMC)	Uso agrario (MMC)	Total (MMC)
ENE	882.68	2043.16	2925.84
FEB	797.26	1698.27	2495.53
MAR	882.68	1677.58	2560.26
ABR	854.21	1399.22	2253.43
MAY	882.68	1102.51	1985.20
JUN	854.21	592.09	1446.30
JUL	882.68	556.14	1438.83
AGO	882.68	547.39	1430.08
SET	854.21	729.48	1583.69
OCT	882.68	1275.50	2158.19
NOV	854.21	1862.44	2716.65
DIC	882.68	2090.71	2973.40
ANUAL	10392.90	15574.50	25967.40

El Cuadro 4.6-5 detalla la demanda hídrica total en la subcuenca del río Shullcas, considerando la demanda hídrica por consumo humano y la demanda hídrica por uso agrícola.

Gráfico 4.6-5. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes.



Fuente: En base al Cuadro 4.6-5.

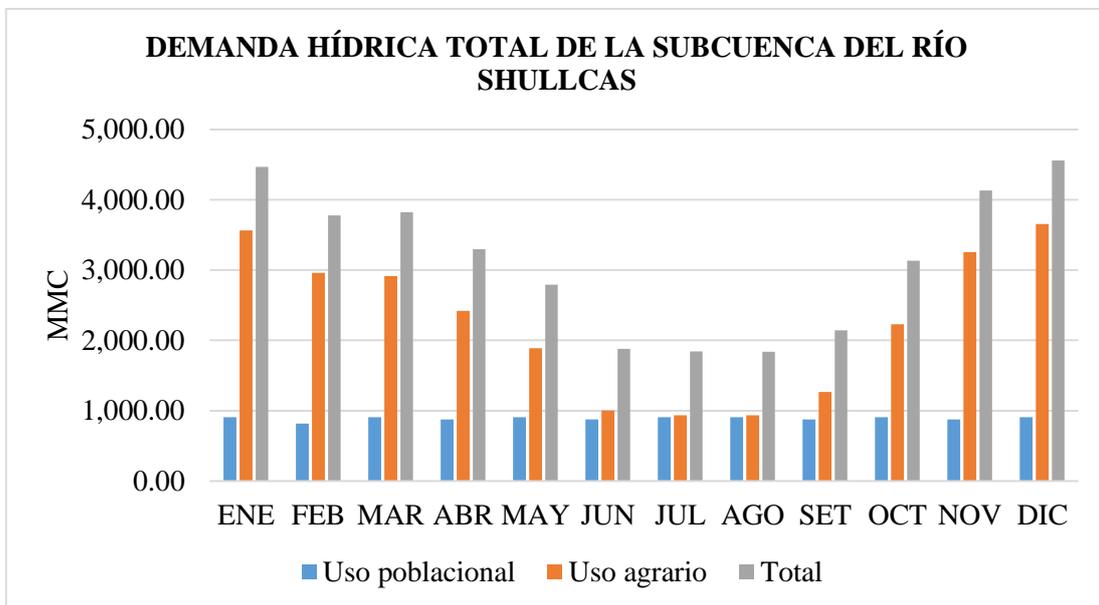
El Gráfico 4.6-5 detalla la demanda hídrica en la subcuenca del río Shullcas y su variación respecto a los meses.

Cuadro 4.6-6. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes en el escenario del cambio climático al 2039.

TIPO DE USO	Uso poblacional (MMC)	Uso agrario (MMC)	Total (MMC)
ENE	905.89	3564.51	4470.39
FEB	818.22	2959.67	3777.89
MAR	905.89	2915.77	3821.66
ABR	876.67	2420.33	3297.00
MAY	905.89	1888.16	2794.05
JUN	876.67	1001.80	1878.46
JUL	905.89	936.59	1842.48
AGO	905.89	934.45	1840.34
SET	876.67	1264.58	2141.24
OCT	905.89	2228.41	3134.30
NOV	876.67	3256.89	4133.56
DIC	905.89	3654.17	4560.06
ANUAL	10666.10	27025.33	37691.43

El Cuadro 4.6-6 detalla la demanda hídrica total en la subcuenca del río Shullcas, considerando la demanda hídrica por consumo humano y la demanda hídrica por uso agrícola.

Gráfico 4.6-6. Demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los usos eficientes y el escenario del cambio climático al 2039.



El Gráfico 4.6-6 detalla la demanda hídrica en la subcuenca del río Shullcas y su variación respecto a los meses.

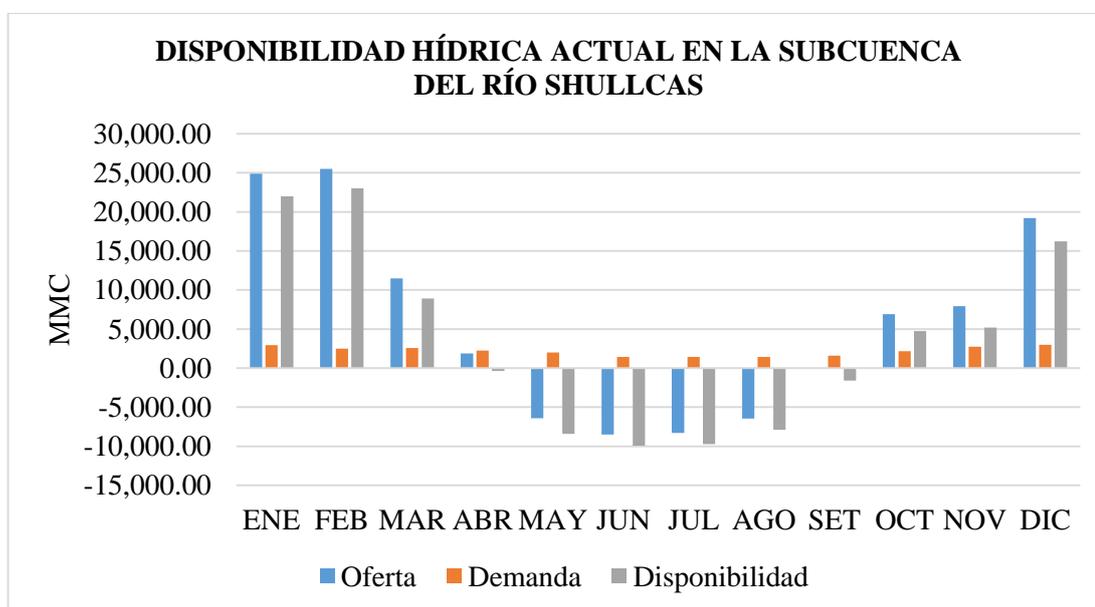
4.6.3. Disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los medios eficientes en el escenario actual

Cuadro 4.6-7. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Disponibilidad (MMC)
ENE	24900.25	2925.84	21974.40
FEB	25491.08	2495.53	22995.55
MAR	11476.92	2560.26	8916.66
ABR	1870.20	2253.43	-383.24
MAY	-6437.36	1985.20	-8422.56
JUN	-8507.70	1446.30	-9953.99
JUL	-8294.57	1438.83	-9733.40
AGO	-6481.08	1430.08	-7911.15
SET	-1.22	1583.69	-1584.91
OCT	6917.91	2158.19	4759.72
NOV	7910.99	2716.65	5194.33
DIC	19202.15	2973.40	16228.75
ANUAL	68047.56	25967.40	42080.16

En el Cuadro 4.6-7 se muestra la disponibilidad hídrica basada en la resta de la oferta con la demanda hídrica en MMC.

Gráfico 4.6-7. Disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas.



Fuente: En base al Cuadro 4.6-7.

El Gráfico 4.6-7 da a conocer la disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas, donde existe déficit en los meses de abril hasta setiembre.

4.6.4. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas considerando el uso eficiente en el escenario actual

Cuadro 4.6-8. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas con la aplicación del uso eficiente.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Índice de escasez (%)	CATEGORÍA
ENE	24900.25	2925.84	11.75	MODERADO
FEB	25491.08	2495.53	9.79	BAJO
MAR	11476.92	2560.26	22.31	MEDIO
ABR	1870.20	2253.43	120.49	ALTO
MAY	-6437.36	1985.20	130.84	ALTO
JUN	-8507.70	1446.30	117.00	ALTO
JUL	-8294.57	1438.83	117.35	ALTO
AGO	-6481.08	1430.08	122.07	ALTO
SET	-1.22	1583.69	130304.20	ALTO
OCT	6917.91	2158.19	31.20	MEDIO
NOV	7910.99	2716.65	34.34	MEDIO
DIC	19202.15	2973.40	15.48	MODERADO
ANUAL	68047.56	25967.40	38.16	MEDIO

En el Cuadro 4.6-8 se ha calculado el índice de escasez en base a la oferta y demanda hídrica a fin de calcular a la categoría en que se encuentra la subcuenca del río Shullcas y qué medidas se debe tomar.

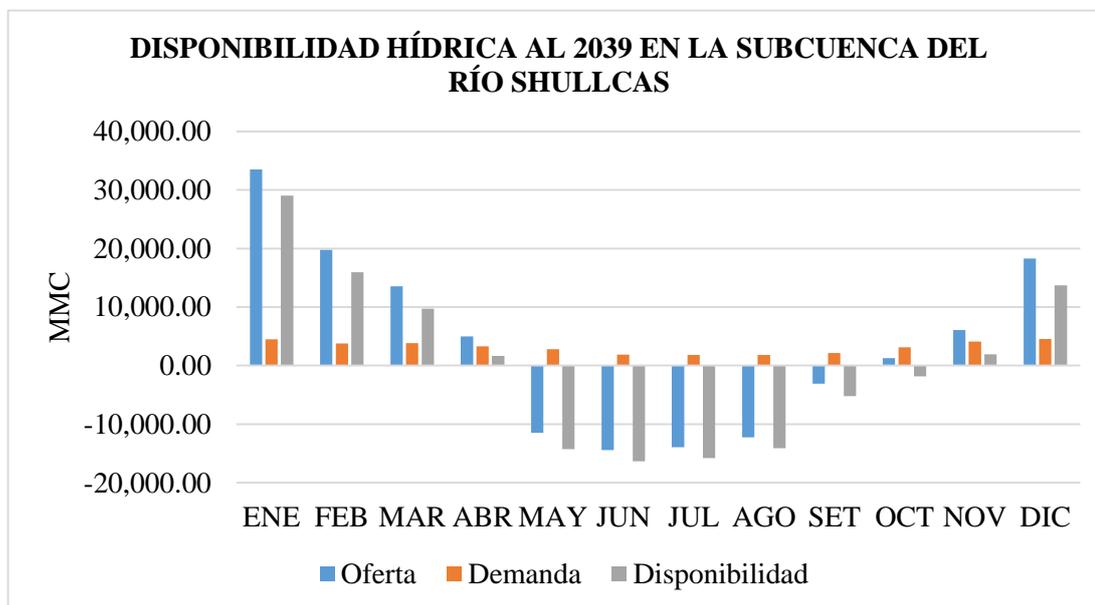
4.6.5. Disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando los medios eficientes en el escenario del cambio climático al 2039

Cuadro 4.6-9. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas en el 2039 considerando medios eficientes.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Disponibilidad (MMC)
ENE	33506.68	4470.39	29036.29
FEB	19741.68	3777.89	15963.79
MAR	13548.41	3821.66	9726.75
ABR	4970.04	3297.00	1673.04
MAY	-11484.31	2794.05	-14278.36
JUN	-14418.93	1878.46	-16297.39
JUL	-13920.91	1842.48	-15763.40
AGO	-12228.47	1840.34	-14068.81
SET	-3054.03	2141.24	-5195.27
OCT	1283.81	3134.30	-1850.49
NOV	6050.77	4133.56	1917.22
DIC	18271.17	4560.06	13711.11
ANUAL	42265.90	37691.43	4574.47

En el Cuadro 4.6-9 se muestra la disponibilidad hídrica basada en la resta de la oferta con la demanda hídrica en MMC.

Gráfico 4.6-8. Disponibilidad hídrica en la subcuenca del río Shullcas en el escenario del cambio climático al 2039.



El Gráfico 4.6-8 da a conocer la disponibilidad hídrica actual en la subcuenca del río Shullcas, donde se puede observar que, existe déficit en los meses de mayo hasta octubre; debido a que en estos meses la oferta también es crítica.

4.6.6. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas considerando el uso eficiente en el escenario del cambio climático al 2039

Cuadro 4.6-10. Índice e escasez de la subcuenca del río Shullcas con la aplicación del uso eficiente.

	Oferta (MMC)	Demanda (MMC)	Índice de escasez (%)	CATEGORÍA
ENE	33506.68	4470.39	13.34	MODERADO
FEB	19741.68	3777.89	19.14	MODERADO
MAR	13548.41	3821.66	28.21	MEDIO
ABR	4970.04	3297.00	66.34	ALTO
MAY	-11484.31	2794.05	124.33	ALTO
JUN	-14418.93	1878.46	113.03	ALTO
JUL	-13920.91	1842.48	113.24	ALTO
AGO	-12228.47	1840.34	115.05	ALTO
SET	-3054.03	2141.24	170.11	ALTO
OCT	1283.81	3134.30	244.14	ALTO
NOV	6050.77	4133.56	68.31	ALTO

DIC	18271.17	4560.06	24.96	MEDIO
ANUAL	42265.90	37691.43	89.18	ALTO

En el Cuadro 4.6-10 se ha calculado el índice de escasez en base a la oferta y demanda hídrica a fin de calcular a la categoría en que se encuentra la subcuenca del río Shullcas y qué medidas se debe tomar.

4.6.7. Variación Porcentual Entre El Escenario Actual Y Al 2039 Considerando Los Medios Eficientes De Uso

Cuadro 4.6-11. Variación de la oferta hídrica entre el escenario actual y el del 2039.

	Oferta (MMC) ACTUAL	Oferta (MMC) 2039	VARIACIÓN (MMC)	%
ENE	24900.25	33506.68	8606.43	35%
FEB	25491.08	19741.68	-5749.40	-23%
MAR	11476.92	13548.41	2071.49	18%
ABR	1870.20	4970.04	3099.84	166%
MAY	-6437.36	-11484.31	-5046.94	78%
JUN	-8507.70	-14418.93	-5911.23	69%
JUL	-8294.57	-13920.91	-5626.34	68%
AGO	-6481.08	-12228.47	-5747.39	89%
SET	-1.22	-3054.03	-3052.81	250989%
OCT	6917.91	1283.81	-5634.10	-81%
NOV	7910.99	6050.77	-1860.21	-24%
DIC	19202.15	18271.17	-930.98	-5%
ANUAL	68047.56	42265.90	-25781.66	-38%

En el Cuadro 4.6-11 se muestra la variación de la oferta hídrica considerando el periodo actual y el del escenario con el cambio climático al 2039.

Cuadro 4.6-12. Variación de la demanda hídrica entre el escenario actual y el del 2039 considerando los medios eficientes de uso.

	DEMANDA (MMC) ACTUAL	DEMANDA (MMC) 2039	VARIACIÓN (MMC)	%
ENE	4110.53	4470.39	359.87	9%
FEB	3498.68	3777.89	279.21	8%
MAR	3578.78	3821.66	242.88	7%
ABR	3137.17	3297.00	159.83	5%
MAY	2742.32	2794.05	51.73	2%
JUN	1963.15	1878.46	-84.68	-4%
JUL	1947.60	1842.48	-105.12	-5%

AGO	1934.87	1840.34	-94.53	-5%
SET	2163.00	2141.24	-21.76	-1%
OCT	2993.94	3134.30	140.36	5%
NOV	3810.94	4133.56	322.62	8%
DIC	4179.70	4560.06	380.36	9%
ANUAL	36060.66	37691.43	1630.77	5%

En el Cuadro 4.6-12 se muestra la variación de la demanda hídrica considerando el periodo actual, el del escenario con el cambio climático al 2039 y el uso de medios eficientes de uso del recurso agua.

Cuadro 4.6-13. Variación de la disponibilidad hídrica entre el escenario actual y el del 2039 considerando los medios eficientes de uso.

	Disponibilidad actual (MMC)	Disponibilidad 2039 /MMC)	VARIACIÓN (MMC)	%
ENE	20789.72	29036.29	-8246.57	-40%
FEB	21992.40	15963.79	6028.62	27%
MAR	7898.14	9726.75	-1828.61	-23%
ABR	-1266.97	1673.04	-2940.01	232%
MAY	-9179.68	-14278.36	5098.67	-56%
JUN	-10470.84	-16297.39	5826.55	-56%
JUL	-10242.17	-15763.40	5521.22	-54%
AGO	-8415.95	-14068.81	5652.86	-67%
SET	-2164.21	-5195.27	3031.06	-140%
OCT	3923.97	-1850.49	5774.46	147%
NOV	4100.05	1917.22	2182.83	53%
DIC	15022.45	13711.11	1311.34	9%
ANUAL	31986.90	4574.47	27412.43	86%

En el Cuadro 4.6-13 se muestra la variación de la disponibilidad hídrica considerando el periodo actual, el del escenario con el cambio climático al 2039 y el uso eficiente del recurso agua.

4.7. Lineamientos Para La Gestión De Recursos Hídricos

Cuadro 4.7-1. Políticas/ programas para la gestión de recursos hídricos.

UNIDAD DE GESTIÓN		POLÍTICAS/PROGRAMAS
Gestión de	Sistemas controlados	Almacenamiento
		Incrementar la capacidad de almacenamiento hídrico para cubrir la demanda al 2039 mediante la construcción de represas.

		Distribución	Renovar y ampliar la red de distribución de agua potable.
			Renovar y ampliar la red de distribución de agua de uso agrícola (mejorar eficiencia).
		Tratamiento	Mantener y mejorar la preservación de la calidad de los recursos hídricos mediante el tratamiento de efluentes.
	Sistemas no controlados	Protección de área de conservación	Mantenimiento y mejora de la capacidad de infiltración de las cabeceras de cuenca a través de zonas de protección, recuperación y proyectos de reforestación.
	Control de sistemas	Control de sistemas	Control hidráulico de las infraestructuras de uso poblacional y agrícola.
Gestión de sistemas socioeconómicos	Sensibilización		Internalizar la condición futura de reducción de oferta hídrica y de incremento de los costos de servicios (medios de comunicación).
	Recaudación		Mejorar y ampliar el financiamiento y la recaudación a través del fomento de la sensibilización y de la provisión restrictiva del servicio.
	Innovación productiva		Fomento de cultivos cuyo rentabilidad compense el uso de tecnologías de riego presurizado. Fomento de cultivos de bajo consumo de agua.
	Comunicación		Generar y fortalecer el subsistema de información y comunicación.

En el Cuadro 4.7-1 se detalla las políticas/programas para la gestión basado en la gestión de recurso hídricos y la gestión de sistemas socioeconómicos; a su vez con cada uno de los programas necesarios.

Cuadro 4.7-2. Planes de acción para la gestión de recursos hídricos.

PLANES DE ACCIÓN	
Recuperación de sistemas hídricos	Fortalecimiento de capacidades y apoyo en servicios básicos
Selección de los sitios y zonas prioritarias.	Inventario de las organizaciones.
Realización de estudios de base y diagnóstico situacional de las áreas a intervenir.	Abordaje a los líderes de las organizaciones.

Mejoramiento, manejo y protección de pastizales y bofedales que reciban aguas provenientes de los medios de recarga (subsuelo y/o acuífero).	Sensibilización sobre la importancia del proceso de fortalecer a las organizaciones.
Acompañamiento y orientación participativos en la formulación de la propuesta local de siembra y cosecha de agua.	Diagnóstico de necesidades de fortalecimiento organizacional.
Recuperación de recuperación de suelos y bosques	Metodología para el fortalecimiento organizacional.
Selección de los sitios y zonas prioritarias.	Acciones para el fortalecimiento (capacitaciones, talleres, etc.)
Realización de estudios de base y diagnóstico situacional de las áreas a intervenir.	Seguimiento a las actividades de capacitación y otras afines.
Manejo y conservación de los suelos a fin de incrementar la productividad y fertilidad de la tierra.	Gestión para el desarrollo económico y productivo
Intercambio de información, capacitación, diagnóstico y planificación territorial participativa, con actores locales y asesoramiento en torno a medidas de conservación de los suelos.	Sensibilizar a la población sobre la importancia de desarrollar los sectores primario, secundario y terciario en la subcuenca.
Monitoreo cualitativo y cuantitativo sobre los efectos e impactos de las medidas implementadas, incluyendo estudio de suelo.	Gestionar recursos para las innovaciones en la producción agrícola y pecuaria (nuevas variedades de semillas y razas de ganado; otros cultivos, etc.).

Según el Cuadro 4.7-2 se ha especificado las acciones necesarias para el cumplimiento de las políticas y programas; estos a su vez basados en recuperación de recursos hídricos, recuperación de suelos y bosques, fortalecimiento de capacidades y apoyo de servicios básicos y la gestión para el desarrollo económico y productivo.

Capítulo V: Discusión

5.1. Disponibilidad hídrica de la subcuenca del río shullcas

5.1.1. Disponibilidad hídrica actual de la subcuenca del río Shullcas

Para determinar la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas se ha determinado la oferta hídrica, a fin de contrastar el método utilizado se ha recopilado información concerniente a los caudales aforados del río Shullcas tal como se muestra en el Cuadro 4.1-1 y En el Cuadro 4.1-2 se detalla los caudales promedio aforados en campo (m³/s) donde se detalla que los meses de mayor escorrentía son de diciembre hasta abril.

Gráfico 4.1-1, esta información desde el año 1997 hasta el 2011 (datos proporcionados por el SENAMHI); según este cuadro se puede inferir que los mayores caudales promedio se da en los meses de diciembre hasta abril encontrándose entre los 3.19 m³/s hasta los 11.55 m³/s en el mes de febrero; asimismo, se realizó el aforamiento correspondiente entre los meses de mayo de 2016 hasta mayo de 2017 para contrastar estos datos; del mismo modo se ha considerado como estación referente a la Estación Shullcas en cuanto a datos de precipitación (mm) por ser la que se encuentra dentro de la subcuenca estudiada y fundamentándose lo descrito por Bateman (2007): “Si sólo hay un pluviómetro en la zona, el área de la cuenca puede estar representado por este pluviómetro”; estos datos de precipitación promedio mensual se enmarca desde el año 1997 hasta el año 2015 tal como se muestra en el Cuadro 4.1-3 y el Gráfico 4.1-2 especificándose que los meses de mayor

precipitación corresponden a los meses de octubre hasta marzo teniendo como valor máximo en enero con 158.6 mm y la precipitación anual correspondiente a 858.8 mm.

La evapotranspiración es un punto fundamental para determinar la oferta hídrica y esto se ha considerado en base a la ecuación de Turc según lo estipulado por la Autoridad Nacional del Agua (2013) y el numeral 2.2.3, adicional a ello se ha considerado para el cálculo la temperatura media, radiación solar extraterrestre, el factor L (que se encuentra en función dependiente de la temperatura) valores que se especifican en el Cuadro 4.1-4 y su cálculo, demostrando que no existe mucha variación de la evapotranspiración real (mm) mensual puesto que estos valores oscilan entre 42.48 mm hasta 47.04 mm.

Según lo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (2013) la expresión algebraica para determinar la oferta hídrica está representada por la esorrentía superficial siendo tal como se detalla en el numeral 2.2.3; para ello se ha determinado el Cuadro 4.1-5 y el Gráfico 4.1-3 valores que resultan de la resta aritmética entre la precipitación y la evapotranspiración real de la subcuenca; no obstante, estos valores están plasmados en mm para lo cual se ha multiplicado por la superficie de la subcuenca del río Shullcas siendo 223,11 km² donde los valores resultantes en MMC (miles de metros cúbicos) se muestran en el Cuadro 4.1-6 y el Gráfico 4.1-4; de estos se observa que, la oferta anual de la subcuenca del río Shullcas es de 68047.56 MMC; asimismo, existen meses donde se presenta un déficit siendo estos desde mayo hasta setiembre.

Con el fin de dar fiabilidad al método utilizado que se basa según lo especificado por la Autoridad Nacional del Agua (2013) se ha utilizado la contrastación estadística de Nash Sutcliffe el mismo que se ha utilizado en investigaciones relacionadas como las realizadas por el SENAMHI (2013) y Chipana (2005); esta contrastación estadística busca una correlación entre los caudales aforados (Cuadro 4.1-2) y el escurrimiento superficial cálculo por el método indirecto (Cuadro 4.1-5 y Cuadro 4.1-6) esto se muestra claramente

en el Cuadro 4.1-7 donde el coeficiente de Nash Sutcliffe da como resultado 0.52 lo cual representa según lo especificado en el Cuadro 3.11-1 como buena la correlación entre lo calculado como lo aforado; con lo que se puede dar como aceptado el método empleado.

Respecto a la demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas, según la Autoridad Nacional del Agua (2013) esta subcuenca abarca dos grandes componentes los cuales son el uso para consumo humano y el uso agrícola siendo así que, se ha calculado cada uno de ellos; según la demanda per cápita de acuerdo a lo reportado por SEDAM Huancayo S.A. (2016) asegurando una continuidad de 12 horas promedio el valor de dotación corresponde a 129 litros/hab.-día; valor que fue considerado para el cálculo de la demanda poblacional, en cuanto a la población servida se ha considerado lo estipulado en el Boletín del INEI: “Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 - 2015”; en el cual se ha calculado las poblaciones en base al método logístico tal como se muestra en el Cuadro 4.1-8 y Gráfico 4.1-5 dando así que, año tras año se da un incremento poblacional en los distritos de El Tambo y Huancayo; cabe resaltar que, en la presente investigación se pretendió el cálculo de la demanda actual por lo que se consideró los datos del año 2016. La demanda por consumo humano teniendo en cuenta una población de 284737 habitantes y una demanda per cápita de 129 Litros/hab. – día se detalla en el Cuadro 4.1-9 y Gráfico 4.1-6 resultando así una demanda anual por consumo promedio mensual de 1138.66 MMC y llegando anualmente a alcanzar los 13406.84 MMC.

Para determinar la demanda hídrica por consumo agrícola en primera instancia se ha realizado un inventario de las parcelas agrícolas tanto en el distrito de El Tambo (Cuadro 4.1-10) y Huancayo (Cuadro 4.1-11) así como de los tipos de cultivos que se siembran, esta información en base a la Campaña Agrícola: 2015 – 2016 realizada por la Dirección Regional de Agricultura - Junín (2016) llegándose a la conclusión que, en el distrito de

El Tambo aproximadamente se cultiva anualmente un promedio de 10154 hectáreas a diferencia de Huancayo que abarca anualmente 4922 hectáreas, esto debido al cambio de uso que se va dando en la zona de Huancayo.

El uso consuntivo promedio de los diferentes cultivos que se siembran en el distrito de El Tambo y Huancayo se muestra en el Cuadro 4.1-12 esto en base a lo estipulado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010).

La demanda hídrica por uso agrícola se ha calculado en base al Cuadro 4.1-13 y el Gráfico 4.1-7 sobre todo considerando una eficiencia de 55% (valor de acuerdo a lo estipulado en el Cuadro 2.2-5) según García (2016), dando como resultado que las mayores demandas se dan entre los meses noviembre hasta abril superando los 3000 MMC y llegando anualmente a 22653.82 MMC.

La demanda hídrica total en la subcuenca del río Shullcas viene a ser el resultado de la suma por el uso poblacional con el uso agrario tal como lo señala la Autoridad Nacional del Agua (2013), Corponariño (2009), Pérez y Alvarado (2005); esto se detalla en el Cuadro 4.1-14 y Gráfico 4.1-8 siendo así que, los meses que presentan mayor demanda son enero con 4110.53 MMC y diciembre con 4179.70 MMC llegando a tomar el valor de demanda hídrica anual de 36060.66 MMC.

Por último, la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas se muestra en el Cuadro 4.1-15 y el Gráfico 4.1-9 que viene a ser la diferencia de la oferta hídrica (MMC) y la demanda hídrica (MMC) teniendo como meses con déficit abril hasta setiembre donde la demanda hídrica supera lo ofertado por la subcuenca del río Shullcas; no obstante, la disponibilidad hídrica anual presenta un valor positivo (31986.90 MMC) lo cual representa que es posible abastecer los déficit ya mencionados.

5.1.2. Disponibilidad hídrica considerando el escenario del cambio climático al 2039 de la subcuenca del río Shullcas

Para determinar la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas teniendo en cuenta el escenario del cambio climático y la información establecida por el IPCC (2007) se ha procedido a determinar la oferta hídrica; del mismo modo se ha considerado como estación referente a la Estación Shullcas (mm) por ser la que se encuentra dentro de la subcuenca estudiada y fundamentándose lo descrito por Bateman (2007): “Si sólo hay un pluviómetro en la zona, el área de la cuenca puede estar representado por este pluviómetro”; estos datos de precipitación promedio mensual se enmarca desde el año 1997 hasta el año 2015 tal como se muestra en el Cuadro 4.1-3 y el Gráfico 4.1-2 especificándose que los meses de mayor precipitación corresponden a los meses de octubre hasta marzo teniendo como valor máximo en enero con 158.6 mm y la precipitación anual correspondiente a 858.8 mm; a esta información se ha aplicado la variación porcentual establecida por el IPCC (2007) tal como se detalla en el Cuadro 4.3-1 y Gráfico 4.3-1 donde se puede observar que, para el año 2039 se verá un incremento de precipitación siendo desde el 4% hasta los 77% en el mes de abril.

El cálculo de la evapotranspiración es un punto fundamental para determinar la oferta hídrica y esto se ha considerado en base a la ecuación de Turc según lo estipulado por la Autoridad Nacional del Agua (2013) y el numeral 2.2.3, adicional a ello se ha considerado para el cálculo la temperatura media, radiación solar extraterrestre, el factor L (que se encuentra en función dependiente de la temperatura) valores que se especifican en el Cuadro 4.3-2 y su cálculo, demostrando que existirá variación de la evapotranspiración real (mm) mensual llegando a más de 75.57 mm a diferencia de lo que se calculó para el escenario actual donde los oscilaban entre 42.48 mm hasta 47.04 mm; esto debido a la variación de la temperatura según lo indicado por el informe sobre el cambio climático del IPCC (2007).

Según lo establecido por la Autoridad Nacional del Agua (2013) la expresión algebraica para determinar la oferta hídrica está representada por la esorrentía superficial siendo tal como se detalla en el numeral 2.2.3; para ello se ha determinado el Cuadro 4.3-3 y el Gráfico 4.3-2 valores que resultan de la resta aritmética entre la precipitación y la evapotranspiración real de la subcuenca; no obstante, estos valores están plasmados en mm para lo cual se ha multiplicado por la superficie de la subcuenca del río Shullcas siendo 223,11 km² donde los valores resultantes en MMC (miles de metros cúbicos) se muestran en el Cuadro 4.3-4 y el Gráfico 4.3-3; de estos se observa que, la oferta anual de la subcuenca del río Shullcas será de 42265.90 MMC; asimismo, existen meses donde se presenta un déficit siendo estos desde mayo hasta setiembre.

Respecto a la demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas, según la Autoridad Nacional del Agua (2013) esta subcuenca abarca dos grandes componentes lo cuales son el uso para consumo humano y el uso agrícola siendo así que, se ha calculado cada uno de ellos; según la demanda per cápita de acuerdo a lo reportado por SEDAM Huancayo S.A. (2016) asegurando una continuidad de 12 horas promedio el valor de dotación corresponde a 129 litros/hab.-día; valor que fue considerado para el cálculo de la demanda poblacional, en cuanto a la población servida se ha considerado lo estipulado en el Boletín del INEI: “Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 - 2015” con el cual se ha realizado la proyección hasta el 2039 por ser año de simulación tal como se muestra en el Cuadro 4.3-5 y Gráfico 4.3-4 dando así que, año tras año se da un incremento poblacional en los distritos de El Tambo y Huancayo. La demanda por consumo humano teniendo en cuenta una población de 292222 y una demanda per cápita de 129 Litros/hab. – día se detalla en el Cuadro 4.3-6 y Gráfico 4.3-5 resultando así una demanda anual por consumo promedio mensual de 1168.60 MMC y llegando anualmente a alcanzar los 13759.27 MMC.

Para determinar la demanda hídrica por consumo agrícola en primera instancia se ha realizado un inventario de las parcelas agrícolas tanto en el distrito de El Tambo (Cuadro 4.1-10) y Huancayo (Cuadro 4.1-11) así como de los tipos de cultivos que se siembran, esta información en base a la Campaña Agrícola: 2015 – 2016 realizada por la Dirección Regional de Agricultura - Junín (2016) llegándose a la conclusión que, en el distrito de El Tambo aproximadamente se cultiva anualmente un promedio de 10154 hectáreas a diferencia de Huancayo que abarca anualmente 4922 hectáreas, esto debido al cambio de uso de la zona de Huancayo.

El uso consuntivo promedio de los diferentes cultivos que se siembran en el distrito de El Tambo y Huancayo se muestra en el Cuadro 4.1-12 esto en base a lo estipulado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010).

La demanda hídrica por uso agrícola se ha calculado en base al Cuadro 4.3-7 y el Gráfico 4.3-6 sobre todo considerando una eficiencia de 55% (valor de acuerdo a lo estipulado en el Cuadro 2.2-5) según García (2016), dando como resultado que las mayores demandas se darán entre los meses octubre hasta abril superando los 5000 MMC y llegando anualmente a 39309.57 MMC.

La demanda hídrica total en la subcuenca del río Shullcas viene a ser el resultado de la suma del uso poblacional con el uso agrario tal como lo señala la Autoridad Nacional del Agua (2013), Corponariño (2009), Pérez y Alvarado (2005); esto se detalla en el Cuadro 4.3-8 y Gráfico 4.3-7 siendo así que, los meses que presentan mayor demanda son enero con 6353.33 MMC y diciembre con 6483 MMC llegando a tomar el valor de demanda hídrica anual de 53068.85 MMC.

Por último, la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas se muestra en el Cuadro 4.3-9 y el Gráfico 4.3-8 que viene a ser la diferencia de la oferta hídrica (MMC) y la demanda hídrica (MMC) teniendo como meses con déficit mayo hasta octubre donde

la demanda hídrica supera lo ofertado por la subcuenca del río Shullcas; no obstante, la disponibilidad hídrica anual presenta un valor de -10802.94 MMC lo cual representa que no es posible abastecer los déficit ya mencionados.

5.2. Índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas

5.2.1. Índice de escasez actual de la subcuenca del río Shullcas

El índice de escasez corresponde a una metodología colombiana que es citada por autores como Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) donde a partir de la oferta hídrica y la demanda hídrica es posible determinar la categoría y así tomar decisiones al momento de gestionar los recursos hídricos.

Este cálculo se muestra en el Cuadro 4.2-1 teniendo que los meses de abril hasta noviembre están dentro de la categoría denominado “Alto” lo cual según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) especifica que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda., en estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico requiriendo fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable. En cuanto a los meses de marzo y diciembre están dentro de la categoría denominado “Medio” lo cual según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) muestra que, cuando los límites de presión exigen entre el 20 y 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda, es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciben el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la

eficiencia en la utilización de los recursos hídricos. En cambio los meses de enero y febrero se encuentran dentro de la categoría denominada “Moderado” lo cual según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) muestra que, la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo, seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.

No obstante, es necesario considerar el índice de escasez a nivel anual en la subcuenca del río Shullcas a fin de establecer planteamientos que abarque cada uno de los meses, para esto se tiene que a nivel anual el índice de escasez es de 52.99% lo cual a la cuenca dentro de la categoría denominada “Alto” lo que según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) especifica que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda, en estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

5.2.2. Índice de escasez considerando el escenario por el cambio climático al 2039 de la subcuenca del río Shullcas

El índice de escasez corresponde a una metodología colombiana que es citada por autores como Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) donde a partir de la oferta hídrica y la demanda hídrica es posible determinar la categoría y así tomar decisiones al momento de gestionar los recursos hídricos.

Este cálculo se muestra en el Cuadro 4.4-1 teniendo que los meses de abril hasta noviembre estarían dentro de la categoría denominado “Alto” lo cual según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) especifica que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda., en estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico requiriendo fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable. En cuanto a los meses de febrero, marzo y diciembre estarían dentro de la categoría denominado “Medio” lo cual según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) muestra que, cuando los límites de presión exigen entre el 20 y 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda, es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciben el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos. En cambio el mes de enero se encontraría dentro de la categoría denominada “Moderado” lo cual según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) muestra que, la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo, seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.

No obstante, es necesario considerar el índice de escasez a nivel anual en la subcuenca del río Shullcas a fin de establecer planteamientos que abarque cada uno de los meses,

para esto se tiene que a nivel anual el índice de escasez sería de 125.56% lo cual a la cuenca dentro de la categoría denominada “Alto” lo que según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) especifica que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda, en estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

5.3. Variación porcentual entre el escenario actual y al 2039

Asimismo, se ha calculado la variación de la oferta hídrica que se presentará considerando el escenario actual y el del 2039 afectado por el cambio climático, teniendo así los datos resultantes que se muestran en el Cuadro 4.5-1 pudiendo deducir que, en el mes de enero se dará un incremento de la oferta hídrica en un 35%, en febrero una reducción del 23%, en marzo un incremento 18%, en abril un 166% más, en mayo se reducirá en 78%, en junio se reducirá 69%, en julio se reducirá un 68%, en agosto una reducción del 89%, en setiembre una reducción del 250989%, en octubre una reducción del 81%, en noviembre 24% menos, en diciembre 5% menos y a nivel anual se verá reducido en un 38% (25781.66 MMC); en lo que concierne a la demanda hídrica se prevé que, para el año 2039 se presente un variación porcentual promedio de 47% más, mientras que en la disponibilidad hídrica se mostraría un 134% menos de lo estimado para el escenario actual.

5.4. Medios de gestión de recursos hídricos en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas

Según lo descrito en el numeral 2.2.21 la gestión de recursos hídricos se base en las políticas establecidas por la Autoridad Nacional del Agua (2015):

- Evaluar la oferta, disponibilidad y demanda de recurso hídricos; política que se ha cumplido tal como se muestra en los numerales 4.1.1, 4.1.3 y 4.1.4.
- Conservar la oferta de recursos hídricos; para el cumplimiento de esta política se pretende preservar la oferta otorgada por la subcuenca del río Shullcas.

Esto teniendo en cuenta que, según el Cuadro 4.1-6 y Cuadro 4.1-15 anualmente la oferta hídrica actual no cumple con lo demandado.

Es así que, fomentar el uso eficiente y sostenible del agua, para el cumplimiento de esta política se tiene que considera el numeral 2.2.22 donde se expresa que, la empresa SEDAM Huancayo S.A. percibe un déficit de 49% en el servicio de agua lo cual trae consigo la dotación per cápita de 129 Litros/hab.-día; asimismo de acuerdo a lo establecido por la OMS (2003) en el informe: “La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud” establece que, para asegurar un acceso óptimo de agua y con un servicio continuo para atender todas las necesidades de higiene se debe considerar 100 Litros/hab.-día dando consigo un nivel muy bajo en el efecto contra la salud; en base a esto se ha considerado la dotación de 100 Litros/hab. – día para el nuevo cálculo de la demanda por consumo humano, tal como se muestra en el Cuadro 4.6-1 donde la demanda anual ha reducido de 13406.84 MMC (según Cuadro 4.1-9) a 10392.90 MMC; del mismo modo realizada esta simulación para el año 2039 considerando la variación climática se tiene que anualmente se reduciría de 13759.27 MMC(según Cuadro 4.3-6) a 10666.10 MMC. En cuanto al uso eficiente del sistema de riego se ha considerado una eficiencia de 80% según lo estipulado por García (2016) como sistema por aspersión en clima frío donde la demanda por uso agrícola anual actual se reduciría de 22653.82 MMC (según Cuadro 4.1-14) a 15574.50 MMC (según Cuadro 4.6-5); del mismo modo para el

escenario 2039 la demanda agrícola considerando una eficiencia de 80% esta se reduciría de 39309.57 MMC (según Cuadro 4.3-8) a 27025.33 MMC (según Cuadro 4.6-5); de acuerdo a todo ello se tiene que, la demanda actual considerando los medios eficientes de uso se reduciría de 36060.66 MMC (Cuadro 4.1-14) a 25967.40 MMC (Cuadro 4.6-5) anuales lo que representa un 28% menos y en lo que concierne al escenario del 2039 se tiene que la demanda se reduciría de 53068.85 MMC (Cuadro 4.3-8) a 37691.43 MMC (Cuadro 4.6-6) lo que representa un 29% menos.

Lo que concierne a la disponibilidad hídrica actual tal como de detalla en el Cuadro 4.6-7 aún presenta déficit en los meses de abril hasta setiembre no obstante, a nivel anual la disponibilidad a incrementado a 42080.16 MMC a diferencia de lo calculado sin considerar los medios eficientes 31986.90 MMC, obteniendo así un volumen adicional de 10093.26 MMC. Lo que viene a ser la variación del índice de escasez por la aplicación de medios de uso eficiente se tiene el Cuadro 4.6-8 donde debido a las variaciones aplicadas ha hecho que, los meses que se encuentra dentro de la categoría “Alto” son abril hasta setiembre, en cuanto a los meses de marzo, octubre y noviembre se encuentran dentro de la categoría denominada “Medio”, la categoría “Moderado” alberga a los meses de enero y diciembre; no obstante como ya se mencionó anteriormente a fin de establecer consideraciones a nivel de subcuenca es necesario considerar un índice de escasez anual según lo estipulado por Corponariño (2009) donde el resultado es que, a nivel anual la subcuenca del río Shullcas se encuentra dentro de la categoría “Medio” lo que según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) muestra que, cuando los límites de presión exigen entre el 20 y 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos

para garantizar que reciben el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.

Lo que concierne a la disponibilidad hídrica considerando la variación por el cambio climático tal como de detalla en el Cuadro 4.6-9 aún presenta déficit en los meses de mayo hasta octubre no obstante, a nivel anual la disponibilidad a incrementado a 4575.47 MMC a diferencia de lo calculado sin considerar los medios eficientes -10802.94 MMC, obteniendo así un volumen adicional de 15378.41 MMC. Lo que viene a ser la variación del índice de escasez por la aplicación de medios de uso eficiente en el escenario del 2039 se tiene el Cuadro 4.6-10 donde debido a las variaciones aplicadas ha hecho que, los meses que se encontrarían dentro de la categoría “Alto” serían desde abril a noviembre, mas cabe resaltar que este índice de escasez se ha visto reducido a diferencia de no utilizar los medios de uso eficiente, en cuanto a los meses de marzo y diciembre se encontrarían dentro de la categoría denominada “Medio”, la categoría “Moderado” alberga a los meses de enero y febrero; no obstante como ya se mencionó anteriormente a fin de establecer consideraciones a nivel de subcuenca es necesario considerar un índice de escasez anual según lo estipulado por Corponariño (2009) donde el resultado es que, a nivel anual la subcuenca del río Shullcas se encontraría dentro de la categoría “Alto” con 89.18% lo que según el Cuadro 2.2-2 dado por Corponariño (2009) y utilizada también en las investigaciones de Infante y Ortiz (2008), Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) y Costa et al. (2005) especifica que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda, en estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

5.5. Lineamientos para la gestión de recursos hídricos

Los lineamientos para la gestión de recursos hídricos se especifican en el Cuadro 4.7-1 donde se ha considerado lo establecido por la Autoridad Nacional del Agua y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) siendo así que se ha considerado la gestión de sistemas hídricos teniendo presente los sistemas controlados, no controlados y control de sistemas y para ello se plantea políticas siendo estas la de incrementar la capacidad de almacenamiento hídrico para cubrir la demanda, renovar y ampliar la red de distribución de agua potable, renovar y ampliar la red de distribución de agua de uso agrícola (mejorar la eficiencia de riego), mantener y mejorar la preservación de la calidad de los recursos hídricos mediante tratamiento de efluentes, el mantenimiento y mejora de la capacidad de infiltración de las cabeceras de cuenca a través de zonas de protección, recuperación y proyectos de reforestación, el control hidráulico de las infraestructuras de uso poblacional y agrícola; asimismo se ha considerado la gestión de los sistemas socioeconómicos basados en la sensibilización, recaudación, innovación productiva y comunicación.

En el Cuadro 4.7-2 se describe las acciones necesarias para la gestión de los recursos hídricos, esto también basado en la recuperación de sistemas hídricos, la recuperación de suelos y bosques, el fortalecimiento de capacidades y apoyo en servicios básicos y la gestión para el desarrollo económico y productivo.

Conclusiones

1. Se ha determinado la disponibilidad hídrica actual de la subcuenca del río Shullcas, teniendo así que, la oferta hídrica alcanza los 68047.56 MMC (miles de metros cúbicos) presentando déficit en los meses de mayo a setiembre y la demanda hídrica considerando el consumo poblacional y el consumo agrícola es de 36060.66 MMC (miles de metros cúbicos); presentando una disponibilidad hídrica anual de 31986.90 MMC (miles de metros cúbicos). La disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas considerando el cambio climático y proyección al 2039, teniendo así que, la oferta hídrica alcanzaría los 42265.90 MMC (miles de metros cúbicos) presentando déficit en los meses de mayo a setiembre y la demanda hídrica considerando el consumo poblacional y el consumo agrícola es de 53068.85 MMC (miles de metros cúbicos); de la resta correspondiente se obtiene que la disponibilidad hídrica anual es de -10802.94 MMC (miles de metros cúbicos).
2. En base al cálculo de la oferta y demanda hídrica de la subcuenca del río Shullcas se ha determinado el índice de escasez actual anual siendo esta de 52.99% lo cual categoría a la subcuenca dentro del criterio “Alto” y demostrando que, lo que especifica que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda, en estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico, requiriendo fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua

en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable. El índice de escasez actual anual considerando la proyección al 2039 sería de 125.56 % lo cual también ubica a la subcuenca dentro del criterio “Alto”.

3. Se ha determinado los medios de gestión de recursos hídricos en base al análisis hídrico, siendo así el fomento del uso eficiente y sostenible del agua; en primera instancia reduciendo la dotación per cápita de 129 Litros/hab. – día a 100 Litros/hab. – día como recomienda la OMS se tiene una reducción de la demanda actual de 13406.84 MMC (miles de metros cúbicos) a 10392.90 MMC (miles de metros cúbicos); lo que concierne a la demanda agrícola actual optando con una eficiencia de uso de 80% se tiene una reducción de la demanda de 22653.82 MMC (miles de metros cúbicos) a 15574.50 MMC (miles de metros cúbicos); teniendo como resultado que, la demanda total se reduce de 36060.66 MMC a 25967.40 MMC, lo cual ofrece una disponibilidad hídrica de 42080.16 MMC y posicionando a la subcuenca según el índice de escasez a la categoría denominada “Medio” con 38.16%; en cuanto a la simulación para el año 2039 considerando la variación climática se tiene que anualmente la demanda poblacional se reducirá de 13759.27 MMC a 10666.10 MMC; del mismo modo la demandan agrícola considerando una eficiencia de 80% esta se reduciría de 53068.85 MMC a 27025.33 MMC; de acuerdo a todo ello se tiene que, la demanda se reduciría de 53068.85 MMC a 37691.43 MMC lo que representa una 29% menos no obstante a nivel anual la subcuenca del río Shullcas presentaría un índice de escasez de 125% lo que lo posiciona dentro de la categoría “Alto”.

Recomendaciones

1. Se sugiere la utilización del procedimiento de análisis de recursos hídricos a fin de determinar la disponibilidad hídrica de otras subcuencas de la cuenca del Mantaro tanto para un escenario actual y otro proyectado.
2. Se sugiere utilizar los índices de escasez en las evaluaciones de recursos hídricos, puesto que permiten la toma de decisiones de acuerdo a la influencia de la oferta y la demanda hídrica tanto para un escenario actual y otro proyectado.
3. Es necesario poner en marcha los lineamientos para la gestión de recursos hídricos, así como la implementación del riego tecnificado y la mejora de los servicios de agua potable a fin de reducir la dotación per cápita en la subcuenca del río Shullcas a fin de alcanzar la mayor seguridad del agua y el uso de este recurso en base a lo gestión de los recursos hídricos.

Referencias bibliográficas

- Bateman, A. (2007). *Hidrología Básica y aplicada*. Lima: UPC.
- Bernal, C. A. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Ccanto, G. (2010). *Metodología de la investigación cinetífica en ingeniería civil*. Lima: Gerccantom.
- Chereque, W. (1992). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Lima, Perú: Pontífice Universidad Católica del Perú.
- Chipana, S., & Orellana, R. (2005). *Análisis oferta - demanda del recurso hídrico de la subcuenca del río Shullcas*. Huancayo, Perú: UPLA.
- CORPONARIÑO. (2009). *Oferta y demanda hídrica*. Bogotá, D.C.: CORPONARIÑO.
- García, S., & Otero, D. (2005). *Estimación de la Evapotranspiración real en la cuenca superior del río Lebrija*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Gonzalo, H., Marín, R., & Vanegas, R. (2004). *Metodología de cálculo del índice de escasez*. Bogotá: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.
- Grimaldos, M. (2014). *Herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo utilizado ARGIS 10.1*. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja.
- GWP. (2009). *Aportes Metodológicos al Desarrollo de los Planes de Gestión Integrada de Cuencas*. En G. W. PARTNERSHIP. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación en Geografía Aplicada.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

- Hernández, R., Fernández, C., & Lucio, B. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- IDEAM. (2004). *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*. Bogota, D.C.: IDEAM.
- Méndez, C. (1995). *Metodología. Guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas*. Bogotá: McGraw - Hill.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2009). *Estudio Evaluaciones Ambientales complementarias del proyecto agroenergético Central Hidroeléctrica Pucará*. Lima, Perú: MINEM.
- SENAMHI. (2011). *Disponibilidad Hídrica Actual y Futura en la Subcuenca del Río Shullcas*. Lima: SENAMHI.
- SENAMHI. (2012). *Plan de gestión integrado de Recursos Hídricos de la subcuenca del río Shullcas*. Lima: SENAMHI.
- UNESCO. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*. Ginebra, Suiza: OMM.
- UNOPS. (2013). *Estudio De Balance Hídrico De La Cuenca Alta Del Río Apurímac "EBHICA"*. Recuperado el 29 de Setiembre de 2016, de <http://www.balancehidrico.org/balance-hidrico.html>
- Untiveros Lázaro, M. (2011). *Balance Hídrico de la laguna Parón, herramienta para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) en la cuenca del Río Santa*. Lima: PUCP.
- Ven Te, C., Maidnet, D., & May, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: McGraw-Will.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: MaxSoft.

WWAP. (2008). *Portal del Programa de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP)*.

Recuperado el 2016 de 11 de 08, de

http://www.unesco.org/water/wwap/milestones/index_es.shtml

Anexos



ANÁLISIS DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS PARA LA GESTIÓN EN HUANCAYO - JUNÍN

Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para su gestión en Huancayo - Junín?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar los recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas para su gestión en Huancayo – Junín.</p>	<p>Antecedentes:</p> <p>Antecedentes nacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Según Untiveros (2010) en la investigación de pregrado “Balance Hídrico de la Laguna Parón, herramienta para la Gestión Integrada de los Recursos Hídrico (GIRH) en la cuenca del Río Santa” - Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAEMI (2013) “Plan de Gestión Integrado de Recursos Hídricos de la Subcuenca del Río Shullcas”. - Chipana y Orellana (2005) en la tesis de pregrado “Análisis de la Oferta – Demanda del Recurso Hídrico de la subcuenca del Río Shullcas al Año 2030”. <p>Antecedentes internacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Infante y Ortiz (2008) en la investigación titulada “Ajuste metodológico al índice de escasez de agua propuesto por el IDEAM en el Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pamplonita, norte de Santander, Colombia” - Gutiérrez, Díaz y Muñoz (2015) en la investigación de pregrado “Cálculo del índice de escasez de la cuenca del río Opía, departamento del Tolima” - Costa et. al. (2005) en la investigación “El índice de escasez de agua ¿Un indicador de crisis o una alerta para orientar la gestión del recurso hídrico?”. 	<p>Hipótesis general:</p> <p>El análisis de recursos hídricos de la subcuenca del río Shullcas influye significativamente para su gestión en Huancayo – Junín.</p>	<p>Variable 1 independiente:</p> <p>Oferta hídrica.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precipitación. - Temperatura. - Evapotranspiración. 	<p>Método: Científico.</p> <p>Tipo de estudio: Aplicada.</p> <p>Alcance: Descriptivo – correlacional.</p> <p>Diseño de investigación: no experimental de corte transeccional.</p> <p>Cuando: 2016-2017</p> <p>Población y muestra:</p> <p>Población: Corresponde a las subcuencas del río Mantaro.</p> <p>Muestra: La muestra es de acuerdo al método no probabilístico intencional; en este caso corresponde a la subcuenca del río Shullcas.</p> <p>Técnicas e instrumentos:</p> <p>cuantitativo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Uso de Office, ArcMap 10.3, AutoCad2017, etc.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuánto es la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas? - ¿Cuál es el índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas? - ¿Qué medios de gestión de los recursos hídricos se fundamentan en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas. - Estimar el índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas. - Determinar los medios de gestión de recursos hídricos en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - La disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Shullcas presenta déficit. - El índice de escasez de la subcuenca del río Shullcas se encuentra en el umbral alto. - Los medios de gestión de los recursos hídricos se fundamentan en base al análisis hídrico de la subcuenca del río Shullcas corresponden al uso eficiente de agua para consumo humano y la agricultura. 	<p>Variable 2 independiente.:</p> <p>Demanda hídrica.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demanda por consumo humano. - Demanda por uso agrícola. <p>Variable 1 dependiente:</p> <p>Disponibilidad hídrica.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oferta hídrica. - Demanda hídrica. 		

Anexo 2- Datos pluviométricos.

Cuadro 5.5-1. Datos pluviométricos mensual de la estación Huayao.

PRECIPITACIÓN MENSUAL													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1985	77.00	161.50	80.50	55.60	19.10	5.60	9.60	10.10	89.70	76.10	89.10	136.90	810.80
1986	157.00	223.80	157.60	126.70	11.30	0.00	6.40	20.70	40.90	32.80	35.60	77.80	890.60
1987	156.00	146.70	68.10	72.60	14.20	15.30	11.70	6.00	39.90	33.80	41.30	118.10	723.70
1988	209.40	128.80	87.70	53.60	25.50	1.00	0.00	8.60	27.00	68.70	29.80	161.50	801.60
1989	96.40	188.80	145.00	88.80	19.00	15.00	0.30	17.20	13.50	122.70	45.10	40.60	792.40
1990	119.00	135.40	100.20	41.00	19.90	62.90	9.90	21.50	60.90	74.80	132.90	95.20	873.60
1991	70.90	54.20	162.90	81.80	34.20	16.60	1.30	0.00	57.20	57.20	65.10	38.50	639.90
1992	77.40	102.20	86.00	23.10	12.20	11.70	3.90	14.60	0.90	52.30	40.30	63.80	488.40
1993	139.70	144.50	107.10	102.80	18.50	1.00	3.60	24.90	31.60	65.70	109.00	133.50	881.90
1994	121.00	197.90	128.00	90.70	28.20	1.50	1.30	16.90	16.50	58.60	61.70	111.60	833.90
1995	68.90	131.30	125.30	19.60	26.80	2.60	9.20	16.50	36.50	76.00	56.00	98.30	667.00
1996	121.30	113.80	105.20	37.70	4.60	1.30	0.00	16.30	22.70	58.70	32.20	86.00	599.80
1997	103.90	137.90	70.60	37.50	2.90	0.30	1.30	18.20	46.60	34.40	74.90	125.50	654.00
1998	153.40	125.90	61.30	81.60	1.80	3.90	0.00	35.00	33.90	93.50	56.60	79.30	726.20
1999	113.30	148.70	75.50	59.70	6.60	22.60	8.10	7.90	62.80	51.20	82.60	76.80	715.80
2000	106.90	141.70	111.60	16.10	16.30	3.80	10.00	36.40	17.60	68.80	31.70	114.80	675.70
2001	166.00	92.30	161.00	26.10	15.80	1.50	18.60	5.90	62.70	104.90	57.70	115.80	828.30
2002	95.60	149.20	115.80	28.40	12.30	4.40	31.00	11.70	66.20	71.70	93.90	133.30	813.50
2003	127.70	111.60	133.60	99.60	26.00	2.60	1.50	22.30	31.20	37.70	65.70	116.30	775.80
2004	52.10	159.60	51.10	35.90	16.60	9.00	15.00	7.30	44.60	49.50	95.90	81.40	618.00
2005	52.10	73.40	74.30	25.60	14.00	0.60	6.30	5.80	19.30	116.70	61.10	71.50	520.70
2006	158.30	73.40	80.90	19.40	2.30	5.00	31.90	7.90	52.30	50.70	51.20	86.60	619.90
2007	97.40	36.30	145.10	55.60	13.00	0.00	2.60	2.20	15.90	64.40	50.60	80.30	563.40

2008	105.10	62.30	50.70	24.50	3.80	11.80	6.40	18.90	40.10	70.10	32.30	67.90	493.90
2009	92.50	89.70	131.00	62.90	16.40	9.70	7.40	32.10	26.40	40.10	114.60	111.30	734.10
2010	173.60	86.30	108.30	41.30	1.10	6.40	4.80	1.00	6.70	48.80	25.40	100.20	603.90
2011	157.30	231.80	111.80	72.90	19.30	0.00	3.60	1.90	68.60	48.70	71.30	124.90	912.10
2012	77.60	145.30	76.80	87.70	19.30	14.30	0.40	0.00	32.00	31.80	72.70	132.90	690.80
2013	149.40	145.10	58.70	45.50	8.50	9.00	1.80	30.20	54.40	33.80	41.90	79.40	657.70
2014	163.50	78.90	131.80	42.20	72.40	11.50	12.60	1.40	60.80	35.80	66.70	115.70	793.30
2015	120.437	99.06	94.90	40.34	17.69	5.02	9.30	11.32	39.32	50.04	62.72	100.79	650.93
Prom.	118.71	126.37	103.17	54.74	16.76	8.26	7.41	13.89	39.31	60.65	62.83	99.24	711.34
Máx.	209.40	231.80	162.90	126.70	72.40	62.90	31.90	36.40	89.70	122.70	132.90	161.50	231.80
Min.	52.10	36.30	50.70	16.10	1.10	0.00	0.00	0.00	0.90	31.80	25.40	38.50	0.00

Cuadro 5.5-2. Datos pluviométricos mensual de la estación Ingenio.

PRECIPITACIÓN MENSUAL													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	22.80	23.00	23.00	6.80	5.10	0.30	0.50	0.50	3.20	17.10	1.60	3.10	107.00
1992	4.20	6.20	4.30	2.30	0.90	16.50	0.70	13.50	6.30	16.00	17.40	7.60	95.90
1993	24.30	49.20	1.00	81.20	17.10	0.60	0.50	2.10	10.90	70.90	181.60	88.80	528.20
1994	96.20	66.40	55.00	35.60	12.80	3.80	1.60	2.50	10.00	39.70	68.60	52.80	445.00
1995	59.50	66.40	39.60	91.70	4.60	3.00	1.50	1.60	23.10	60.40	26.20	26.10	403.70
1996	69.60	76.60	27.60	35.70	0.00	1.90	0.20	14.20	26.00	79.20	54.30	156.30	541.60
1997	194.90	134.90	72.00	54.60	22.10	8.40	0.10	3.30	36.80	70.10	108.30	223.00	928.50
1998	197.10	123.20	106.80	49.90	10.60	14.00	0.00	11.70	23.90	0.00	90.90	134.20	762.30
1999	129.10	171.40	94.50	126.10	29.60	11.30	9.30	1.00	66.60	56.60	89.80	113.90	899.20
2000	117.50	168.50	116.50	31.60	11.80	0.00	8.70	8.40	25.40	59.40	55.70	115.50	719.00
2001	158.00	119.20	213.50	38.70	15.00	0.00	7.20	0.00	16.00	51.80	72.30	86.30	778.00
2002	29.60	73.80	71.30	36.30	1.20	1.00	10.10	0.00	26.10	98.30	87.80	111.60	547.10
2003	124.80	76.40	175.20	78.10	9.00	0.00	0.00	16.00	16.60	8.90	59.70	130.00	694.70

2004	100.40	155.50	147.00	24.80	3.80	6.40	12.00	0.00	27.00	66.90	83.80	143.30	770.90
2005	82.60	75.60	105.70	23.10	5.70	0.00	0.00	15.70	12.50	85.80	62.50	121.60	590.80
2006	135.10	85.00	127.50	39.30	0.00	2.30	1.50	1.30	21.10	58.50	105.40	90.10	667.10
2007	87.40	91.60	136.00	48.90	12.90	0.00	7.50	0.00	18.20	53.20	57.70	100.50	613.90
2008	118.30	86.40	64.90	26.00	6.80	11.80	8.10	2.70	38.90	82.30	36.70	96.80	579.70
2009	113.80	98.90	104.30	84.10	16.60	4.90	0.00	9.30	32.30	70.30	95.90	172.90	803.30
2010	155.50	133.90	84.00	55.60	2.20	0.00	0.00	2.80	8.70	61.90	57.20	130.00	691.80
2011	196.60	205.30	161.20	45.40	12.80	0.00	4.10	0.00	49.40	74.20	54.90	135.30	939.20
2012	88.60	132.20	75.70	135.70	19.90	28.00	0.00	3.80	28.40	51.60	67.10	186.10	817.10
2013	156.70	110.90	87.30	52.40	52.90	8.70	0.90	30.60	17.80	76.60	67.10	179.70	841.60
2014	157.70	139.50	131.50	67.40	17.80	3.80	5.80	4.40	61.40	43.10	74.80	106.70	813.90
2015	119.708548	126.23	113.19	51.86	16.62	6.18	14.13	5.36	46.96	58.80	60.08	95.30	714.41
Prom.	109.60	103.85	93.54	52.93	12.31	5.32	3.78	6.03	26.14	56.46	69.50	112.30	651.76
Máx.	197.10	205.30	213.50	135.70	52.90	28.00	14.13	30.60	66.60	98.30	181.60	223.00	223.00
Mín.	4.20	6.20	1.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	0.00	1.60	3.10	0.00

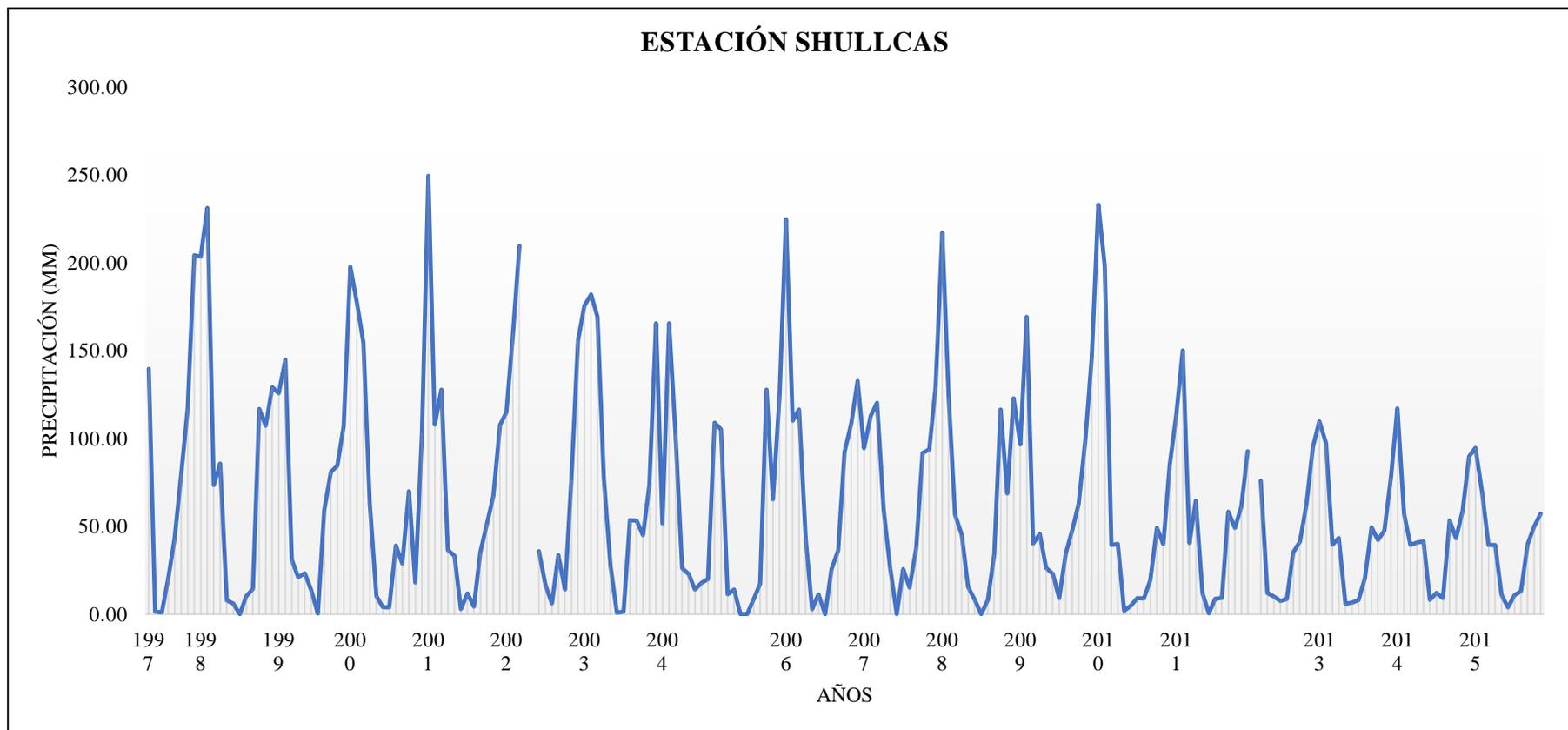
Cuadro 5.5-3. Datos pluviométricos mensual de la estación Santa Ana.

PRECIPITACIÓN MENSUAL													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1992	15.00	88.90	50.20	16.80	3.40	11.50	2.90	17.60	15.70	33.40	67.00	36.60	359.00
1993	112.50	106.40	109.10	88.50	23.40	1.80	3.40	13.00	14.50	19.60	63.20	66.20	621.60
1994	93.00	76.80	62.80	36.80	16.60	6.00	0.00	5.70	5.30	44.80	63.90	94.80	506.50
1995	77.60	78.70	108.20	19.60	7.40	1.50	6.40	8.70	17.80	86.70	77.10	120.10	609.80
1996	113.70	90.50	107.20	71.40	3.80	1.00	0.00	3.30	39.10	40.70	50.30	96.40	617.40
1997	120.90	146.30	60.90	30.30	3.30	2.10	2.40	20.20	32.40	44.20	74.20	155.80	693.00
1998	182.30	181.90	56.30	71.10	7.60	7.00	0.00	7.60	27.70	94.40	89.90	79.10	804.90
1999	83.60	159.80	81.50	31.60	6.20	20.40	11.10	3.60	60.50	67.40	102.00	83.40	711.10
2000	103.60	138.20	89.30	39.60	15.00	1.80	7.30	21.40	5.50	60.10	43.00	81.50	606.30

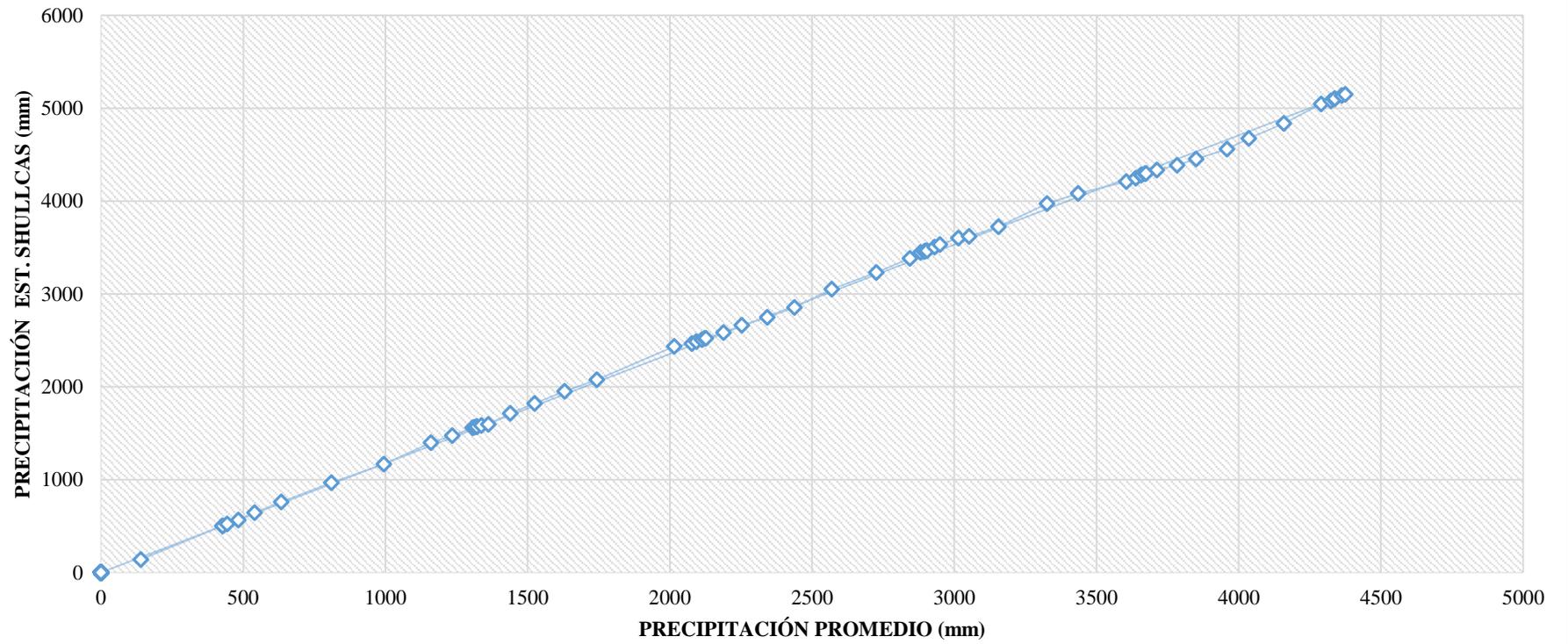
2001	108.90	117.50	178.60	31.50	9.90	0.80	8.40	4.10	40.20	78.30	71.30	120.70	770.20
2002	67.20	112.30	127.40	36.50	12.10	1.50	24.30	21.90	62.20	84.80	149.10	124.20	823.50
2003	95.50	126.60	166.90	64.30	30.90	0.00	0.50	21.00	23.30	25.70	83.80	166.40	804.90
2004	71.30	136.40	78.30	29.50	13.30	11.00	9.90	11.70	35.40	37.70	95.90	126.40	656.80
2005	139.04	134.87	138.15	11.67	19.67	1.51	0.00	10.95	33.36	102.82	71.18	149.07	812.29
2006	276.36	136.51	143.28	51.66	15.14	13.50	0.00	39.68	42.87	88.85	90.32	155.91	1054.08
2007	147.64	140.06	145.06	71.60	24.69	1.51	35.40	22.34	43.42	88.57	83.72	153.06	957.06
2008	268.74	154.53	115.89	54.31	20.28	10.13	0.00	10.45	41.62	98.32	72.68	147.44	994.40
2009	149.62	217.18	108.37	54.94	24.65	25.71	12.00	54.54	48.57	77.13	86.02	167.11	1025.83
2010	284.46	256.62	108.01	47.80	14.77	6.60	12.12	12.08	34.30	71.78	59.90	114.52	1022.95
2011	166.80	190.90	108.54	78.71	18.85	2.13	11.48	12.66	53.82	71.76	69.32	121.40	906.39
2012	125.77	119.16	108.80	93.19	18.85	12.13	9.79	11.43	42.28	68.71	69.61	123.63	803.34
2013	162.73	119.00	108.08	51.91	16.43	8.42	10.53	31.05	49.34	69.07	63.29	108.72	798.57
2014	169.99	64.10	108.02	48.68	30.76	10.17	16.24	12.34	51.36	69.43	68.38	118.84	768.31
2015	147.82	80.81	107.99	46.86	18.49	5.64	14.49	18.78	44.58	72.00	67.56	114.68	739.72
Prom.	136.84	132.25	107.37	49.12	15.65	6.83	8.28	16.50	36.05	66.51	76.36	117.75	769.50
Máx.	284.46	256.62	178.60	93.19	30.90	25.71	35.40	54.54	62.20	102.82	149.10	167.11	284.46
Min.	15.00	64.10	50.20	11.67	3.30	0.00	0.00	3.30	5.30	19.60	43.00	36.60	0.00

Anexo 3- Análisis de consistencia de datos y corrección.

Análisis de saltos en la media y la desviación estándar:

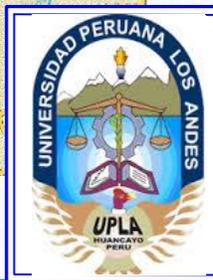
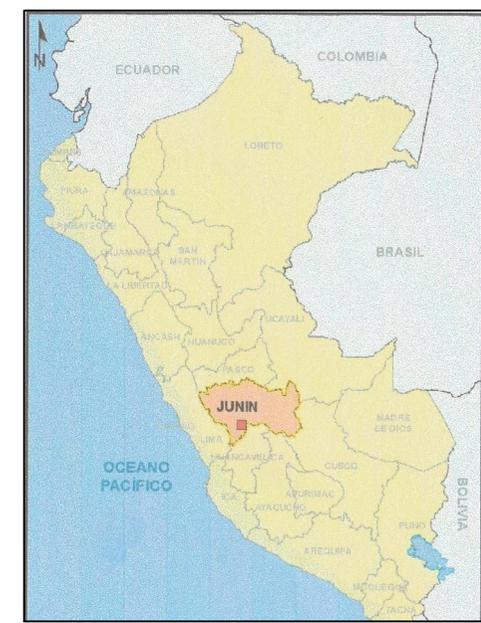
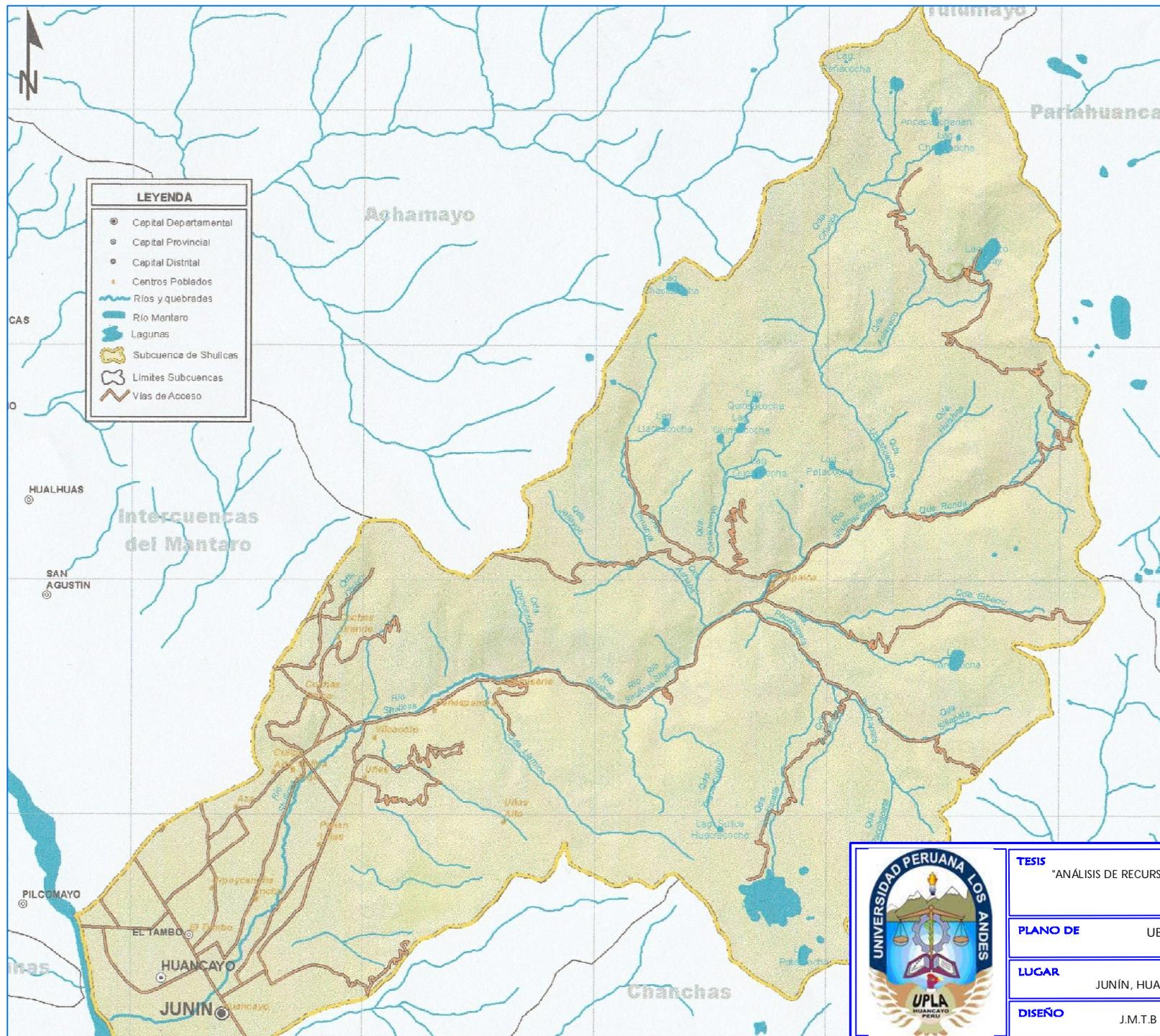


ANÁLISIS DOBLE MASA



CORRECCION DE LOS DATOS												
a) SE MUESTRA LOS DATOS HISTORICOS												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SET	OCT	NOV	DIC
2010	232.90	198.10	39.39	40.04	1.88	4.85	9.18	8.99	19.27	49.13	39.86	84.75
2011	113.88	149.95	40.56	64.54	11.97	0.59	8.73	9.34	58.29	49.09	61.12	92.72
2012	72.37	97.39	41.11	76.02	11.97	10.09	7.54	8.59	35.22	41.36	61.77	95.30
2013	109.77	97.27	39.55	43.30	5.98	6.57	8.06	20.47	49.34	42.27	47.50	78.04
2014	117.11	57.04	39.42	40.74	41.41	8.23	12.09	9.14	53.38	43.19	58.99	89.75
2015	94.68	69.29	39.35	39.29	11.08	3.93	10.86	13.05	39.83	49.70	57.15	84.94
b) LOS DATOS CORREGIDOS SERÁN												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SET	OCT	NOV	DIC
2010	327.99	278.72	53.99	54.91	0.88	5.08	11.21	10.94	25.50	67.79	54.65	118.21
2011	159.47	210.53	55.65	89.60	15.16	-0.94	10.58	11.44	80.76	67.72	84.76	129.50
2012	100.69	136.11	56.43	105.85	15.16	12.51	8.89	10.38	48.08	56.78	85.68	133.16
2013	153.64	135.94	54.21	59.52	6.69	7.52	9.63	27.20	68.08	58.07	65.48	108.71
2014	164.04	78.99	54.04	55.90	56.85	9.87	15.33	11.16	73.79	59.37	81.75	125.30
2015	132.28	96.33	53.94	53.85	13.90	3.78	13.59	16.69	54.61	68.59	79.14	118.48
LA SERIE CORREGIDA SERÁ												
AÑO	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1997	139.57	180.19	122.01	44.98	12.64	1.48	0.98	20.34	43.03	79.90	116.60	204.10
1998	203.30	231.00	73.50	85.70	7.80	6.10	0.00	10.30	14.40	116.80	107.20	129.10
1999	125.60	212.90	144.80	31.10	21.00	23.30	13.80	0.30	59.30	80.90	84.50	106.90
2000	197.70	177.80	154.50	62.80	10.30	4.10	3.90	39.10	28.80	70.00	18.00	102.90
2001	249.40	107.80	127.70	36.50	33.30	2.90	11.80	4.30	35.30	51.50	67.30	107.70
2002	114.90	160.20	209.60	35.90	16.40	6.10	33.60	14.10	55.90	76.40	81.00	155.80
2003	175.50	181.90	169.10	77.10	27.50	0.90	1.40	53.60	53.30	45.00	73.50	165.50
2004	51.60	165.40	102.90	26.10	22.90	14.10	17.90	20.00	50.90	93.00	104.10	168.30
2005	85.80	108.90	105.20	11.40	14.00	0.00	0.00	8.30	17.40	127.80	65.30	124.75
2006	224.70	110.10	116.40	43.10	2.80	11.40	0.00	25.70	36.40	92.40	108.50	132.67
2007	94.50	112.70	120.30	58.90	26.40	0.00	25.60	15.20	37.50	91.70	93.60	129.37
2008	217.00	123.30	56.60	45.20	15.50	8.20	0.00	8.00	33.90	116.40	68.70	122.86
2009	96.50	169.20	40.19	45.70	26.30	23.00	9.10	34.70	47.80	62.70	98.80	145.63
2010	327.99	278.72	53.99	54.91	0.88	5.08	11.21	10.94	25.50	67.79	54.65	118.21
2011	159.47	210.53	55.65	89.60	15.16	0.00	10.58	11.44	80.76	67.72	84.76	129.50
2012	100.69	136.11	56.43	105.85	15.16	12.51	8.89	10.38	48.08	56.78	85.68	133.16
2013	153.64	135.94	54.21	59.52	6.69	7.52	9.63	27.20	68.08	58.07	65.48	108.71
2014	164.04	78.99	54.04	55.90	56.85	9.87	15.33	11.16	73.79	59.37	81.75	125.30
2015	132.28	96.33	53.94	53.85	13.90	3.78	13.59	16.69	54.61	68.59	79.14	118.48
PROM	158.64	156.74	98.48	53.90	18.18	7.39	9.86	17.99	45.51	78.04	80.98	133.10

Anexo 4- Planos.



TESIS		
"ANÁLISIS DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS PARA LA GESTIÓN EN HUANCAYO - JUNÍN"		
PLANO DE		
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS		
LUGAR	JUNÍN, HUANCAYO	ESCALA
DISEÑO	J.M.T.B	1/ 100 000
		FECHA
		MAYO - 2017
		LÁMINA
		PU - 01

Anexo 5- Documentos.

Señor (a)

DIRECTORA ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DEL PERÚ – SENAMHI

Presente. -

TEJEDA BURGOS JHULIANA MABEL, con domicilio en el Pasaje San Alfonso N° 101 –
Huancayo – Huancayo, identificada con DNI N° 47517010, teléfono N° 970709312, e – mail:
mtejeda92@hotmail.com de la Universidad Peruana Los Andes, carrera: Ingeniería Civil.

Ante Ud. me presento y expongo:

Que, habiéndose en proceso de desarrollo de la tesis: “ANÁLISIS DE RECURSOS HÍDRICOS
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS PARA LA GESTIÓN EN HUANCAYO –
JUNÍN”, se requiere los datos hidrometeorológicos para desarrollar los diversos cálculos que
amerita el mencionado proyecto. Por lo que solicito la siguiente información:

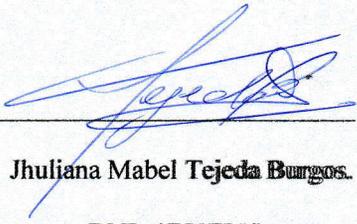
ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERIODOS
Acopalca	Caudal, temperatura (máx., mín.), velocidad de viento, precipitación y humedad.	2006 - 2016
Santa Ana	Precipitación	2006 - 2016

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico: mtejeda92@hotmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Huancayo, 26 de octubre de 2016.

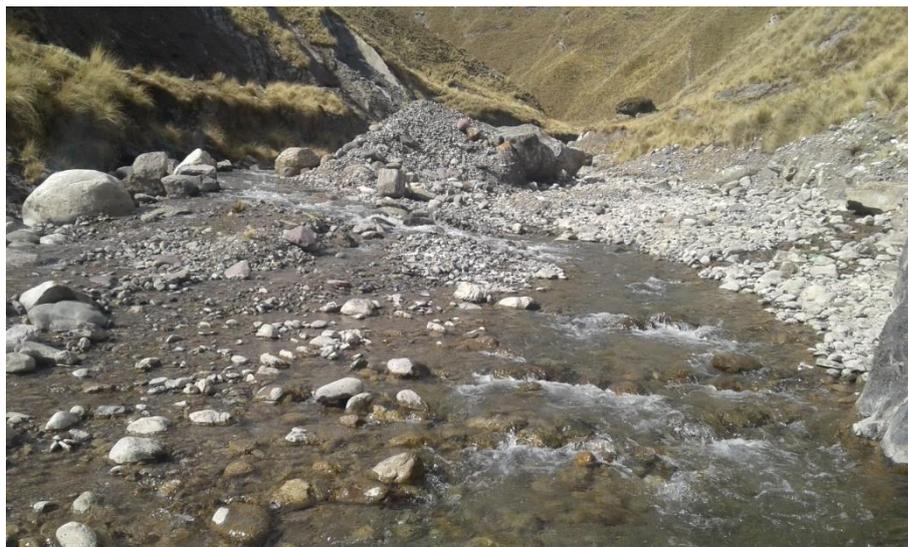



Jhuliana Mabel Tejada Burgos.

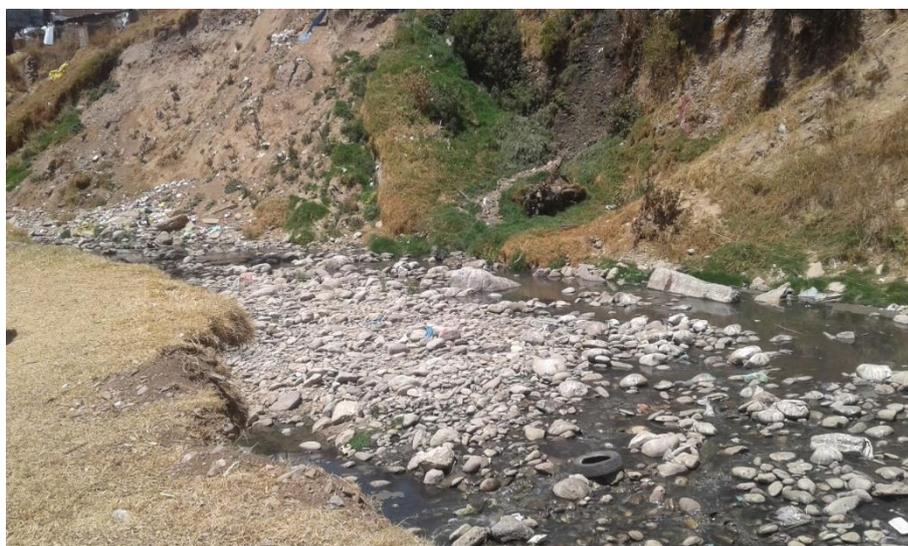
DNI: 47517010

Anexo 6- Panel fotográfico.

Fotografía 1. Vista del río Shullcas en la zona alta de la subcuenca.



Fotografía 2. Vista del río Shullcas en la zona media de la subcuenca.



Fotografía 3. Vista del río Shullcas en la zona baja de la subcuenca – ausencia del recurso hídrico.



Fotografía 4. Áreas de cultivo en la subcuenca del río Shullcas.



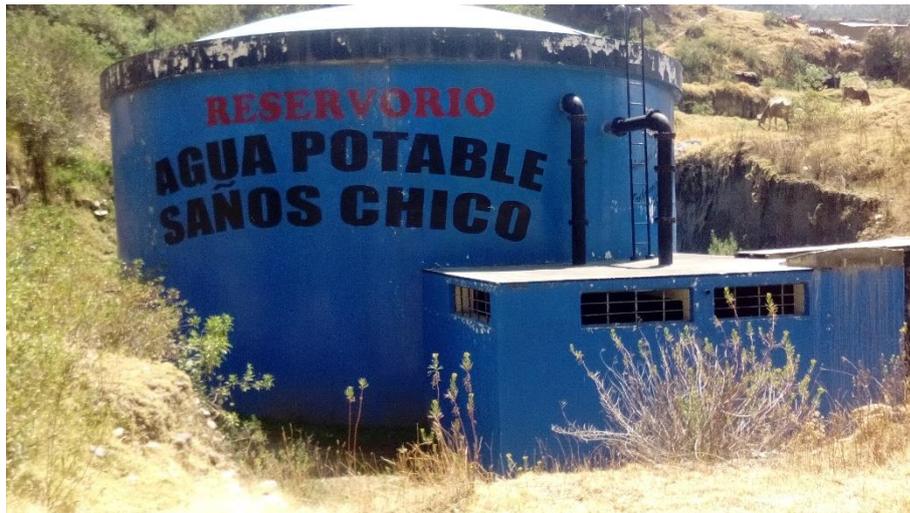
Fotografía 5. Riego a gravedad y canales en la subcuenca del río Shullcas.



Fotografía 6. Uso del agua del río Shullcas para el lavado de ropas (consumo poblacional).



Fotografía 7. Uso del agua del río Shullcas para el consumo humano mediante el almacenamiento.



Fotografía 8. Vista panorámica de la cuenca alta del Shullcas.



Fotografía 9. Visita de campo a la subcuenca del río Shullcas.



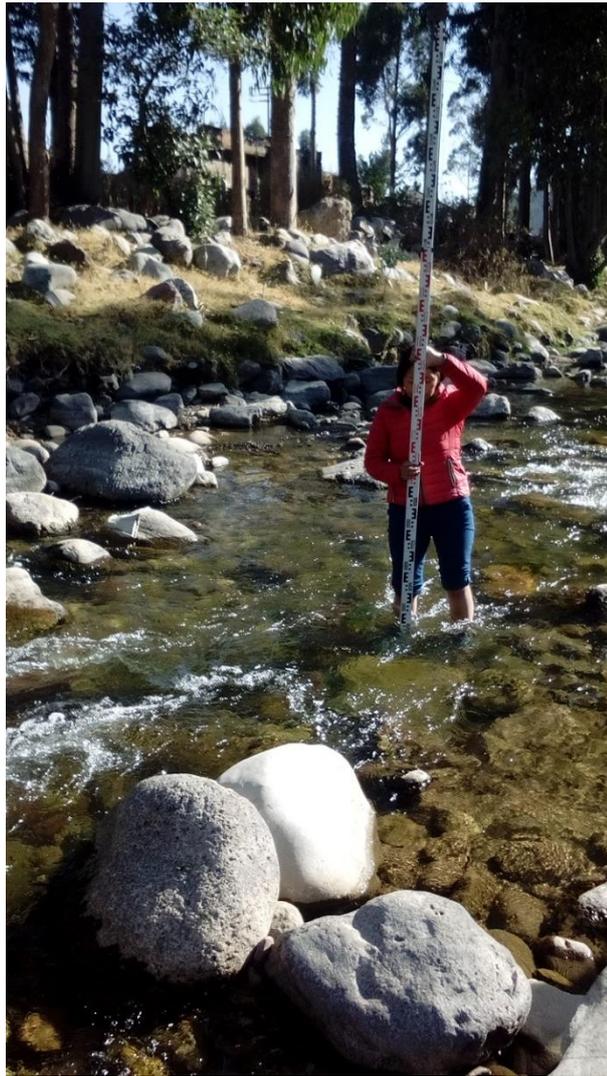
Fotografía 10. Aforamiento del río Shullcas, mes de octubre.



Fotografía 11. Toma de datos de aforo, mes de octubre.



Fotografía 12. Aforo del río Shullcas, mes de noviembre.



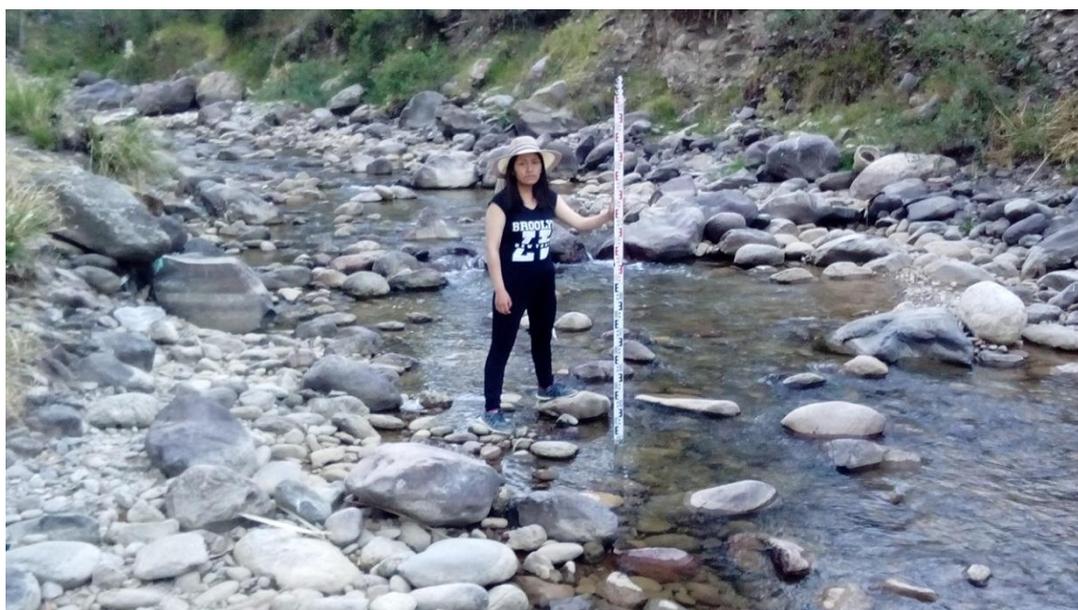
Fotografía 13. Aforo del río Shullcas, mes de diciembre.



Fotografía 14. Aforo del río Shullcas, mes de diciembre.



Fotografía 15. Aforo del río Shullcas, mes de junio.



Fotografía 16. Aforo del río Shullcas, mes de junio.



Fotografía 17. Aforo del río Shullcas, mes de julio.

